



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA SALUD Y
PRODUCCIÓN ANIMAL**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTOS DE LA POSICIÓN EN EL CAMIÓN DURANTE VIAJES DE LARGA
DISTANCIA EN INDICADORES TERMOFISIOLÓGICOS, HEMATOLÓGICOS Y
PRODUCTIVOS EN CORDEROS COMERCIALES**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS

P R E S E N T A

MAGALI RODRÍGUEZ PALOMARES

Tutor Principal:

Genaro Cvabodni Miranda de la Lama (UAM-L)

Comité Tutoral:

Francisco A. Galindo Maldonado (FMVZ)

Fernando Borderas Tordesillas (UAM- X)



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mi madre Teresa Palomares C. Por su apoyo incondicional en cada momento desde que decidí entrar en esta etapa, por las horas esperándome, por compartir situaciones y emociones que se vivieron en este tiempo de la aventura llamada Maestría.

A mi amor de toda la vida a ti Jeshua Basir porque estas presente en mi vida, ya que crecías en mi, mientras esta etapa terminaba y por ser la personita que me inspira a seguir siendo mejor cada día para poder educarte con valores y ejemplo para formarte como una persona responsable y preparada para este mundo.

A Jesús Hernández Lucero por ser el compañero incondicional y apoyo en toda esta etapa que pasar de la distancia física siempre me diste palabras de aliento, cuidados y buenos consejos los cuales me servían para no dejarme vencer para seguir la meta que estoy a punto de alcanzar.

A mis Sobrinos y Hermanos que me mostraron su apoyo porque sin esas palabras y acciones que me ayudan a seguir adelante para ser mejor cada día, por ustedes estoy siendo lo que he añorado gracias y recuerden esto es por ustedes y de ustedes también.

A mis Amigos de toda la vida a los cuales sé que puedo contar con una mano gracias por estar al pendiente de mí y por recordarme él porque estoy aquí y decirme esas palabras que ustedes saben para darme fuerza y aliento para alcanzar la meta.

Y a los Maestros teóricos y prácticos en esta etapa de mi formación gracias por compartirme lo más valioso que se puede dar su conocimiento.

Agradecimientos

Al Dr. Genaro C. Miranda de la Lama por la oportunidad de realizar junto a él , esta etapa de mi vida profesional, en la cual me enseñó hacer una profesionista en busca de una ciencia real como me gusta nombrar, resistiendo pruebas que pone la vida pero que al final alcanzamos la meta deseada.

Al Dr. Francisco A. Galindo Maldonado por las enseñanzas, los consejos, compañía y apoyo en este proceso complejo de lo que implica el posgrado. Por darme el conocimiento de la importancia del BA (Bienestar Animal).

Al Dr. Fernando Borderas T. por el apoyo durante esta maestría y brindarme el tiempo necesario para cumplirla.

A cada uno de los administrativos del posgrado por ayudarme con sus servicios y dedicación en la realización de los trámites y por las horas ocupadas en mi persona. En especial al Dr. Maya, Dr. Marcela y MC. Clara.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma los apoyos necesarios para llevar a cabo esta tesis, especialmente a los profesores del Departamento de Ciencias de la Alimentación.

A la Dra. Rosy Cruz Monterrosa por la ayuda en las mediciones de campo y el análisis de las muestras de carne.

Al Dr. Armando Rayas Amor, por el análisis de los datos de los equipos telemáticos de temperatura y vibración.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el programa becas de apoyo a los estudiantes en posgrado del cual estuve beneficiada para continuar con estos estudios y creer en nuestra preparación para mejor nuestro país. Además de la beca para estudios de Maestría y la beca mixta que me permitió realizar una estancia de un semestre en la Universidad de Caldas, de la Republica de Colombia.

Finalmente, al Centro de Acopio de Ovinos y Caprinos del Norte de Coahuila, perteneciente a la Unión Ganadera Regional de Coahuila, ubicado en el Municipio de Nava, Coahuila y a los introductores de ganado ovino de la “Empresa los Martínez” del Municipio de Calpulhuac, Estado de México por todas las prestaciones y facilidades que fueron otorgadas a este estudio, especialmente al C. Jesús Martínez y al MVZ Gustavo Palacios.

Financiamiento

Esta tesis fue financiada íntegramente por el Proyecto de Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP): *“Efectos del transporte y el manejo pre-sacrificio sobre el bienestar animal y la calidad de la carne en ovinos comerciales en México número 103.5/13/8925 UAM-PTC-417, de la convocatoria de Apoyo a la Incorporación de nuevos profesores de tiempo completo del Profesor Genaro Cvabodni Miranda De La Lama”*.

CONTENIDO

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Financiamiento	
CONTENIDO	I
LISTA DE CUADROS	III
LISTA DE FIGURAS	IV
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II.ANTECEDENTES.....	5
2.1. Bienestar animal.....	5
2.1.1. Las cinco libertades.....	8
2.1.2. Valoración del bienestar animal	9
2.2. Fisiología del estrés.....	10
2.3.1. Respuesta simpático-adrenal	10
2.3.2. Respuesta adreno-cortical	11
2.3. Transporte y operaciones pre-matanza en ovinos	12
2.4. Transporte ovino de larga distancia	16
2.5. Termorregulación y condiciones ambientales durante el transporte	17
2.6. Temperatura corporal e hipertermia por estrés	20
2.7. Estrés y calidad de la carne.....	22
2.8. Justificación.....	24
III. Objetivos.....	26
IV. MATERIAL Y MÉTODOS	27

4.1. Sujetos experimentales	27
4.2. Diseño experimental	28
4.3. Descripción de las condiciones de transporte	30
4.4. Temperatura corporal	33
4.5. Vibración y movimiento de los animales	36
4.6. Hematología y bioquímica sanguínea	37
4.7. Calidad de la carne.....	38
4.8. Análisis Estadístico.....	39
V. RESULTADOS	40
5.1. Temperatura corporal	40
5.2. Vibración y temperatura de los animales	45
5.3. Hematología y bioquímica sanguínea	47
5.4. Calidad de la carne.....	47
VI. DISCUSIÓN	49
6.1. Temperatura corporal	50
6.2. Vibración y temperatura de los animales	55
6.3. Hematología y bioquímica sanguínea	58
6.4. Calidad de la carne.....	60
VII. CONCLUSIONES.....	63
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
Anexo I	77

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Trayectos de la ruta de viaje desde Navas, Coahuila a Calpulhuac, Estado de México, con un total de 1,252 Km recorridos..... 32
- Cuadro 2.** Temperatura (°C) media durante el proceso de la cadena logística pre-matanza..... 40
- Cuadro 3.** Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para la variable de temperatura corporal (°C) por trayecto recorrido desde el origen en Navas-Coahuila, hasta el destino en Capulhuac-Estado de México..... 43
- Cuadro 4.** Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para la variable de temperatura corporal (°C) de acuerdo a la ubicación ocupada en el camión en las etapas que comprenden desde el pesaje hasta *la etapa post mortem*..... 44
- Cuadro 5.** Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para la variable vibración y movimiento de acuerdo a la ubicación de los animales ocupada en el camión en las etapas que comprenden desde el pesaje hasta la espera pre-matanza..... 46
- Cuadro 6.** Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables sanguíneas de acuerdo a la ubicación ocupada en el camión..... 48
- Cuadro 7.** Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables de calidad instrumental de acuerdo a la ubicación ocupada en el camión..... 48

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.** Esquema El tráiler usado fue un chasis modelo Silverstar PSDCL-411, marca Wilson (<http://www.wilsontrailer.com/livestock-trailers/silverstar/>). Con las zonas delimitadas en diferentes colores..... 30
- Fig. 2.** De izquierda a derecha: a) Estuche con los dispositivos usados en el estudio, b) Dispositivos adheridos el uno al otro y la cinta antes de ser colocados; c) Los dispositivos ya adheridos en los animales en el miembro posterior izquierdo..... 36
- Fig. 3.** Representación gráfica de la respuesta de hipertermia durante el transporte de larga distancia (n=50) de acuerdo a los registros de los sensores iButton® Thermochron®..... 41
- Fig. 4 .** Mapa del trayecto compuesto de 18 etapas..... 42
- Fig. 5.** Representación gráfica de la respuesta de vibración durante el transporte de larga distancia (n=50) de acuerdo a los registros de los sensores HOBO® Pendant®..... 45

RESUMEN

El presente estudio analizó los efectos de la ubicación en el camión durante viajes de larga distancia en indicadores termo-fisiológicos, hematológicos y productivos en corderos comerciales de pelo. Se emplearon 120 corderos machos de pelo (Kathadin/Dorper), con un peso de 46 ± 7.55 Kg de peso. Se valoraron 5 posiciones del remolque que fueron PC1: panza, PC2: nariz, PC3: área central, PC4: parte superior y PC5: parte final del remolque. Se evaluó la temperatura corporal con sensores, variables sanguíneas, vibración y movimiento del transporte y calidad del producto. En general, los resultados obtenidos indican que las posiciones en el camión PC1 y PC2 presentaron temperaturas corporales más altas ($P < 0,05$), en comparación PC3, PC4 y PC5. Fueron 7 trayectos (de un total de 18), que registraron las mayores temperaturas en promedio para los cinco compartimentos (más estresantes en términos de hipertermia) y que pudieran ser considerados como trayectos críticos. Los niveles de cortisol fueron significativamente más altos en los animales PC1 y PC2 ($P < 0,05$). Para el caso de glucosa, se encontró que los corderos PC1, y PC2, exhibieron niveles más bajos ($P < 0,05$), que el resto de grupos. En el caso de los niveles de CK (Creatinina kinasa), se encontró que los animales PC1, PC2 y PC4, exhibieron niveles más altos ($P < 0,05$), que los corderos PC3 y PC5. Para la relación neutrófilos/linfocitos se encontró que era más alta en los corderos provenientes del tratamiento PC1, comparado con el resto de tratamientos ($P < 0,05$). La carne evaluada podría ser considerada como cortes oscuros para los tratamientos PC1, PC2, PC3 y PC5 y carne DFD para el PC4, de acuerdo a los rangos que se manejan en la industria cárnica internacional. Este trabajo aporta un panorama inicial de las condiciones del transporte de larga distancia de ovinos en México. Los resultados del estudio sugieren que la ubicación de los animales en el camión en los viajes de larga distancia es una fuente importante de agentes inductores de estrés para los corderos que ponen en riesgo su bienestar y la calidad de la carne.

Palabras clave: Transporte larga distancia; Bienestar ovino; Calidad de la carne.

I INTRODUCCIÓN

Recientemente, el bienestar de los animales se ha convertido en una preocupación social y un atributo dentro de un amplio concepto de calidad de la carne, particularmente en países desarrollados y en los emergentes (María, 2006). 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. Considerando que a partir del 2013, México se integra al Centro Colaborador en Bienestar Animal de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), con Uruguay y Chile para América Latina, y que a partir del 2015, eligen a México por primera vez como miembro del Consejo de la Organización Mundial de Sanidad Animal y siendo que el director general de Salud Animal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), forma parte del Consejo de la OIE, en representación de América del Norte, Centroamérica y el Caribe es necesario que el transporte y matanza de los ovinos cumplan con las recomendaciones de la OIE por lo que se requiere conocer las condiciones en las que se realiza el transporte de animales de larga distancia en México.

Actualmente en México existe un inventario de 8.7 millones de cabezas de ganado ovino (SAGARPA, 2015), parte del cual está concentrado en las Entidades Federativas con altos índices de marginación y pobreza alimentaria, donde la producción ovina juega un papel esencial en los modos de vida de los campesinos y contribuye de manera importante a los ingresos económicos familiares. Más recientemente, estados como Chihuahua, Coahuila y Yucatán, entre otros, han iniciado procesos de reconversión de la actividad ganadera, y en pocos años se han elevado el censo y la productividad con ovinos mayormente de razas de pelo. Estas producciones están generalmente integradas al aprovechamiento de

residuos provenientes de la fruticultura y cereales (nogal, manzana, avena), con buenos rendimientos productivos, pero al igual que la producción en zonas marginadas, con problemas en términos de tipificación, calidad y tecnología de la carne para acceso a mercados diferenciados. En estos estados, la base de la producción ovina es realizada con razas de pelo que originalmente se criaron en los trópicos mexicanos, y es posible encontrarlas actualmente en casi todos los estados del territorio nacional, ocupando el 25% del total del inventario de ganado ovino en México.

En México existe un movimiento de más de 2.5 millones de corderos al año para matanza, lo que representa un valor anual de aproximadamente 125 mil millones de pesos (SAGARPA, 2015). En este contexto, el centro de la República Mexicana (Estado de México, Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala y Puebla), es un gran consumidor de carne ovina especialmente para la preparación de barbacoa. Lo cual ha propiciado una cadena logística que tiene el surgimiento de centros de acopio financiados por gobiernos locales y operados por uniones ganaderas en los estados del norte del país para ser vendidos en pie a introductores del centro de México. Esta dinámica comercial, implica una serie de viajes de larga distancia (más de 8 horas), especialmente provenientes de los estados de Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas hacia los Estados de Hidalgo y de México, principalmente (Mondragón et al., 2014). Por lo tanto, el transporte de larga distancia puede afectar la capacidad de adaptación de los animales a los cambios de ambiente que supone la movilización en grandes distancias. La asociación de factores tales como vibración, cambios de temperatura, mezcla social, paradas continuas a los que se ven sometidos los corderos, podrían tener un efecto sumatorio que afecta su bienestar y la calidad del producto. En México, la mayoría de estudios dirigidos a comprender estos efectos han sido realizados bajo condiciones experimentales y focalizados en algunas partes de la cadena logística pre-matanza. Son escasos los estudios que han analizado estos efectos en condiciones comerciales controladas que permitan comprender como todos los

componentes del proceso interactúan y su efecto sobre el bienestar animal y la calidad del producto.

Con las actuales exigencias del mercado mexicano, el bienestar animal no constituye un objetivo primordial para la industria. Sin embargo es previsible que siguiendo la tendencia de otros países latinoamericanos (Chile, Uruguay y Brasil), el bienestar animal pase a formar parte de la calidad comercial del producto que llega a los consumidores (Tadich et al, 2010). Por ello es fundamental el análisis y la planificación de una cadena logística que entregue un producto de calidad integral al mercado (María, 2008). La falta de organización y sincronía en esta cadena puede afectar su eficiencia y dinamismo. Es necesario desarrollar un concepto de calidad más amplio que incluya al bienestar animal de manera transversal en todo el sistema de producción, como un elemento más de la calidad comercial del producto (Miranda-de la Lama et al., 2013). El presente estudio tiene por objetivo general analizar los efectos del compartimento del camión en la respuesta termo-fisiológica, hematológica y bioquímica durante viajes de larga distancia en corderos comerciales mexicanos de raza de pelo.

II ANTECEDENTES

2.1. Bienestar animal

La intensificación de la producción ganadera internacional tuvo un gran impulso a partir de la década de 1950, como respuesta a la escasez alimentaria posterior a la segunda guerra mundial. Este progreso tuvo un profundo impacto en la agricultura y ganadería europea dirigido hacia la maximización de la producción y la alta rentabilidad económica (Vanhonacker et al., 2009). Esta intensificación ha dado lugar a un cambio radical en las condiciones de vida de los animales de granja, al pasar a condiciones de estabulación completa, altas densidades de población y restricciones espaciales en sus alojamientos. Sin embargo, en la actualidad la maximización de la producción ya no es el único hilo conductor de la producción animal (Vanhonacker et al., 2008). Donde una serie de características cualitativas en la calidad de los productos, la sostenibilidad de la actividad y los aspectos éticos en torno a los sistemas de producción, se han convertido en temas importantes para los consumidores y la opinión pública en general (Sepúlveda et al., 2008).

La preocupación social sobre el bienestar animal, se ha desarrollado de manera simultánea al progreso filosófico, ético y económico de la humanidad (LayWel, 2006). De acuerdo con Duncan y Fraser (1997) fue a partir de la preocupación ética sobre el trato hacia los animales cuando surgió el concepto de bienestar animal. De tal manera que el bienestar animal se ha constituido en una demanda social creciente y en una gran preocupación moral y económica para el sector ganadero (Dockès et al., 2004). Originalmente, la discusión sobre tema, se dio en los países Europeos con gran progreso urbano e industrial. Esto debido a que en las ciudades, el contacto con los animales de granja, ha prácticamente desaparecido; en contraste al número de animales de compañía, que ha crecido enormemente. Este desarrollo ha contribuido a cambiar el estatus de los animales

y ha estimulado la discusión sobre las “necesidades fisiológicas, emociones y derechos de los animales” (LayWel, 2006).

Esta preocupación social a favor del bienestar animal ha producido fuertes cambios en la legislación europea (María, 2006), que establece las normas mínimas para la protección de los animales de granja, tanto en los centros de producción como durante el transporte y la matanza (Piedrafita y Manteca, 2002). Obligando a las ciencias veterinarias y zootécnicas, a desarrollar sistemas productivos que reduzcan el estrés en los animales y por lo consiguiente tengan una vida con un nivel de bienestar apropiado, aún cuando tengan como destino la matanza (Miranda – de la Lama, 2008). Uno de los principales problemas para entender el término “bienestar animal” es el punto de partida del mismo, inherente a su uso inadecuado y abstracto, lo cual ha generado una serie de definiciones (Hemsworth et al., 1995), que pueden agruparse en tres categorías 1) Aquellas que definen al bienestar animal en términos de las emociones que experimentan los animales; 2) Aquellas que definen el bienestar animal en términos del fisiológicos y 3) Aquellas que lo definen en términos conductuales de adaptación al ambiente (Duncan y Fraser, 1997).

Para Duncan (2005), el bienestar tiene que ver con las emociones experimentadas por los animales, tales como las sensaciones negativas (frustración, miedo, ansiedad) y probablemente de otras positivas (placer, afiliación, amistad). Y que al evaluar problemas de bienestar, los parámetros fisiológicos y de salud, pudiesen ser pruebas confirmatorias de la pérdida del mismo. De acuerdo con este razonamiento, lo único relevante para el bienestar de un animal son sus emociones. Por lo cual su bienestar será mayor de acuerdo a la intensidad, calidad y durabilidad de sus emociones positivas (o placenteras). Por el contrario, el bienestar se verá amenazado o vulnerado cuanto más intensas y duraderas sean las emociones negativas que experimente, tales como dolor, ansiedad y miedo (Chandroo et al., 2004; Manteca, 2004). Esta definición genera polémica,

debido a la dificultad de aplicar el método científico en la medición objetiva de las emociones animales (Fraser, 2001). Por lo que existe una tendencia que busca remover cualquier referencia hacia las emociones y conciencia en los animales, para redefinirlo en términos de salud y función biológica (Rushen, 2003). Sin embargo, la capacidad de sufrimiento de los animales es un elemento esencial en cualquier discusión sobre bienestar animal. De hecho, si los animales no tuvieran capacidad de sufrir, probablemente no habría ninguna razón ética o moral para preocuparse por su bienestar (Duncan, 1996).

Una de las definiciones mayormente aceptadas es la de Broom (1986), que está dirigida a la habilidad individual que tiene un animal en relación a los mecanismos biológicos que utiliza para enfrentar los desafíos del ambiente. Esto debido a que los animales, tienen un amplio rango de necesidades, como consecuencia de la gran cantidad de sistemas funcionales que posibilitan la vida. Cuando una necesidad no puede ser cubierta, los individuos usan una variedad de métodos para intentar contrarrestar cualquier efecto adverso (Fraser y Broom, 2015). De acuerdo a Hurnik et al. (1995), un ambiente óptimo es aquel que provee las más apropiadas combinaciones de factores que hacen posible el mantenimiento de las funciones biológicas normales. Finalmente, el bienestar animal es el estado de vida temporal o permanente donde el individuo mantiene su salud física y mental, utilizando su habilidad inclusiva para adaptarse positivamente a los cambios en el medio en un ambiente impuesto por el hombre, donde se cubren sus necesidades específicas como su confort, alojamiento adecuado, manejo ético, nutrición y prevención de enfermedades. El estado de bienestar se logra cuando las necesidades nutricionales, ambientales, de salud, conductuales y los estados mentales sean satisfechas (Mellor y Stafford, 2004).

2.1.1. Las cinco libertades

En 1965, el gobierno del Reino Unido nombró una comisión técnica dirigida por Roger Brambell, para que investigase las condiciones de bienestar de los animales criados en los sistemas intensivos de producción animal. Lo cual, generó un informe que después se conocería como el Informe Brambell y originar las denominadas "Cinco Libertades". Este informe contendría varias recomendaciones para el manejo y alojamiento de los animales criados en condiciones intensivas (Broom y Jonson, 1993). Estas libertades son las directrices generales de los actuales códigos de recomendación para el bienestar de todas las especies de ganado, destinadas a salvaguardar las necesidades fisiológicas y conductuales de los animales (Fitzpatrick et al., 2006). De acuerdo a Broom y Johnson (1993), en 1992 el *Farm Animal Welfare Council* (FAWC) adoptó las "Cinco Libertades", enunciando que todo animal doméstico o cautivo debe estar:

1. Libre de hambre y sed: Los animales deben tener acceso a agua fresca y a una dieta que los mantenga saludables y con vigor.
2. Libre de agresiones físicas y térmicas: Se les debe proporcionar un ambiente adecuado, el cual incluye refugio o abrigo y un área confortable para el descanso.
3. Libre de dolor, lesiones y enfermedades: Se deben prevenir, diagnosticar las enfermedades y tratarlas rápidamente.
4. Libre de expresar comportamientos naturales: Se debe proporcionar suficiente espacio, apropiadas instalaciones, además de compañía de animales del mismo tipo.

5. Libre de miedo y diestress: Se deben asegurar las condiciones y tratamientos que eviten el sufrimiento mental.

2.1.2. Valoración del bienestar animal

El bienestar de los animales es un estado complejo y por tanto, difícil de medir objetivamente utilizando técnicas sencillas. Por lo cual, a menudo es difícil de interpretar conjuntamente los indicadores fisiológicos, productivos y conductuales del estrés (Mendl, 1991). Si el bienestar animal es un estado fisiológico, es posible valorarlo de manera objetiva. Sin embargo, el carácter complejo del estado de bienestar de un animal hace necesario abordar su valoración desde múltiples vertientes o perspectivas. Básicamente estas aproximaciones se pueden hacer desde la etología, la fisiología, la producción animal o la calidad del producto. Ninguna de ellas por sí sola sería suficiente para tener una valoración realista de las condiciones de bienestar del animal. Por ello es recomendable incluir en un sistema de evaluación del bienestar animal un menú de indicadores que abarquen todas estas perspectivas (Gregory, 2007; María, 2008; María, 2011). En general podemos decir que los indicadores para valorar el bienestar animal deben cumplir con tres requisitos indispensables:

1. Ser válidos. Que efectivamente valore el bienestar animal.
2. Ser fiables. Que su medida tenga un error aceptable y sea repetible.
3. Ser viables. Que se pueda poner en práctica en condiciones comerciales.

De acuerdo a María (2011), existen varios grupos de indicadores de bienestar animal. Podemos distinguir entre constantes fisiológicos, que agrupan las variables asociadas a la respuesta fisiológica inmediata de adaptación ante un estresor (i.e. temperatura corporal); indicadores etológicos, que integran las variables asociadas al cambio del comportamiento durante la adaptación (i.e. estereotipias); indicadores plasmáticos, que incluyen todas aquellas variables

asociadas a la respuesta fisiológica durante la adaptación (i.e. cortisol); indicadores productivos, que reúnen a las variables asociadas a la productividad (i.e. crecimiento medio diario); e indicadores de calidad del producto, que incluyen las variables asociadas a la calidad del producto del sistema que pueden sufrir las consecuencias del estrés (i.e. pH de la carne).

2.2. Fisiología del estrés

El Síndrome General de Adaptación (SGA) o estrés tiene dos mecanismos de respuesta, el primero es la respuesta simpático-adrenal a través del Sistema Nervioso Simpático y la segunda la adreno-cortical que esta mediada por el eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal, o eje corticotropo (Broom y Johnson, 1993). Ambas respuestas pueden llevarse a cabo simultáneamente o de manera independiente una de la otra, esto de acuerdo a la exposición al agente inductor de estrés y las experiencias previas del individuo.

2.2.1. Respuesta simpático-adrenal

En esta respuesta, también conocida como fase de estrés agudo del SGA, el agente inductor de estrés o estímulo es captado por el sistema nervioso central (SNC), el cual envía un mensaje al hipotálamo, el que a su vez, transmite una señal a través de la médula espinal para producir la activación del sistema nervioso simpático, y envía la señal a través de los nervios periféricos esplénicos estimulando a la médula adrenal, la cual produce la secreción hormonal de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) (Fraser y Broom, 2015). La adrenalina por ser un agente -adrenérgico aumenta la fuerza contractil del miocardio (acción inotrópica positiva) y aumenta la frecuencia con la que se contrae el miocardio (acción cronotrópica positiva), en consecuencia hay un aumento de trabajo cardíaco, habiendo una mayor demanda de oxígeno por el miocardio para poder contraerse. Por lo que indirectamente se incrementa el flujo sanguíneo hacia el corazón,

llevando consigo un mayor aporte de oxígeno (Broom y Johnson, 1993). La adrenalina posee algunas acciones metabólicas muy importantes que tienen como consecuencia el aumento de la glucemia, ácidos grasos libres y del metabolismo basal. La noradrenalina produce efectos similares, pero sólo se hacen evidentes en concentraciones elevadas. La adrenalina posee algunas acciones metabólicas muy importantes que tienen como consecuencia el aumento de la glucemia, ácidos grasos libres y del metabolismo basal. La noradrenalina produce efectos similares, pero sólo se hacen evidentes con niveles elevados (Moberg, 2000).

Las catecolaminas son difundidas a través de la sangre por medio de las terminaciones nerviosas, permitiéndole al animal tener la energía suficiente y las condiciones necesarias para una reacción rápida y drástica, como pelear o huir (Schilling et al., 2015). En la fase aguda del SGA también de acuerdo a la intensidad del estímulo, se produce un incremento en las concentraciones de glucocorticoides que producen un aumento en la gluconeogénesis (degradando las proteínas de las fibras musculares), sobre la lipólisis y el aumento en la concentración de ácidos grasos en la sangre, produciendo a su vez una reacción antiinflamatoria con efectos sobre el sistema inmune (Moberg, 2000). Así mismo durante el estrés existe la secreción de péptidos opioides del tallo cerebral y la medula adrenal como lo son las B- endorfinas, encefalinas y dinorfinas, las cuales están asociadas con la analgesia y la narcosis contrarrestando el dolor durante el estrés, así como la presentación de conductas estereotipadas (Möstl y Palme, 2002).

2.2.2. Respuesta adreno-cortical

Ante una respuesta de estrés el hipotálamo libera al factor liberador de corticotropina (CRF), que estimula, en los corticotropos de la adenohipófisis la producción de proopiomelanocortina (POMC), precursor del que se derivan la hormona adrenocorticotropa (ACTH), b-endorfinas y hormonas melanotropas. La

ACTH estimula la producción de glucocorticoides (cortisol y corticosterona) en la corteza de la glándula adrenal, los que a su vez ejercen una acción de retrocontrol sobre la liberación de CRF y ACTH (Sheriff et al., 2010). En respuesta a estrés agudo, los glucocorticoides pueden mostrar una progresiva respuesta, dependiendo de la severidad del agente inductor de estrés. La respuesta de estrés es catabólica, debido a que tiende a movilizar reservas energéticas del cuerpo para ponerlas a disposición organismos (Fraser y Broom, 2015). En este sentido, los glucocorticoides y las catecolaminas causan un aumento de la glucemia, a partir de los sustratos glucídicos y no glucídicos tales como proteínas y un aumento de los ácidos grasos no-esterificados (NEFA), derivados de la movilización de lípidos. Las catecolaminas aumentan la función cardiovascular y en conjunción con los glucocorticoides producen un incremento de la gluconeogénesis, la degradación proteica en las fibras musculares, la lipólisis y la concentración de ácidos grasos en sangre, a la vez que se produce una acción anti inflamatoria y efectos sobre el sistema inmunitario. En conjunto, estos efectos están destinados a producir una mayor disponibilidad de energía para el cerebro y los músculos, y por lo tanto un comportamiento más eficaz la respuesta al estrés (Moberg, 2000; Sheriff et al., 2010; 2011).

2.3. Transporte y operaciones pre-matanza en ovinos

El manejo y el transporte al final de la vida productiva de los animales son una actividad estratégica para la industria de la carne que requiere de una gran planificación e infraestructura (Speer et al., 2001). Normalmente la parte final de la engorda inicia con el embarque de los animales en la granja, el transporte al rastro y la espera previa la matanza (Ljungberg et al., 2007). Sin embargo, el incremento del nivel de especialización y complejidad logística para cubrir las demandas de un mercado globalizado y altamente competitivo, ha impulsado cambios en las cadenas logísticas pre-matanza que a su vez integran cadenas logísticas de suministros. Ello da origen a centros de acopio, mercados de subasta y

clasificación (Miranda- de la Lama et al., 2010b). El incremento en la complejidad en la logística y transporte animal representa, aún en las mejores condiciones un marcado estrés en los animales, cuyos resultados pueden traducirse en apreciables pérdidas de peso vivo, enfermedades e incluso muertes (Bak y Wajda, 1997). Con ello, los animales están expuestos a una serie de estímulos que incluyen: aumento de la manipulación y el contacto humano; ambientes novedosos; privación de alimento y agua; carga, transporte y descarga; cambios en la estructura social al reagrupar animales de diversos orígenes y cambios en las condiciones micro climáticas.

El bienestar de los animales como la calidad de la carne pueden mejorarse reduciendo los tiempos de comercialización y las distancias de viaje hasta los rastros, planificando adecuadamente el orden de matanza en los rastros, prevenir esperas prolongadas y procurando que las esperas se lleven a cabo en las mejores condiciones posibles (Miranda-de la Lama et al., 2014). Por esta razón, una de las labores más importantes y sensibles del proceso de producción cárnica radica en sistematizar el proceso final de engorda de los animales y el transporte de los mismos al rastro. Por lo cual es imprescindible hacer planes de viaje, que consideren a los vehículos, las densidades de carga, la duración del viaje (incluidos los períodos de descanso para el conductor y el ganado), los métodos de arreo, carga y descarga, el agua, las condiciones climáticas, tipo de ruta y caminos recorridos. Cockram et al. (2004) confirma la necesidad de aplicación de estas normas para garantizar el bienestar de los animales en tránsito, y demuestra que las condiciones de la cadena logística pre-matanza tienen un impacto significativo en los ovinos.

La carga y la descarga es una de las principales prácticas de manejo que más afectan al bienestar animal durante el transporte (Broom, 2005). Debido a que se somete a los animales a espacios novedosos y actividad física intensa. Por este motivo, se producen cambios fisiológicos que se ven exacerbados cuando se les

unen otros factores causantes de estrés como la mezcla de animales, el ruido, el cambio de luz o temperaturas altas. El incremento del cortisol plasmático y de la frecuencia cardiaca, son consecuencia fundamentalmente del proceso de carga, tanto si ésta se hace en rampas normales o mediante elevadores (Parrot et al., 1998). La carga y la descarga se deben realizar lo más calmada y eficazmente posible.

La intensidad de la experiencia del transporte en los animales depende de la calidad de la conducción y el estado del camino (vibración y el ruido), la duración del viaje, el tiempo de privación de alimento y agua, las condiciones atmosféricas, el diseño de los vehículos, la densidad de carga en el vehículo y la mezcla social (Miranda-de la Lama et al., 2011). A estos aspectos habría que sumar la novedad del ambiente para el animal, al constituir un fuerte cambio, el cual pasa de uno habitual en el que tiene sus necesidades básicas cubiertas y está sometido a factores causantes de estrés de baja intensidad de acción crónica, a otro en el que se halla sometido a factores de estrés del tipo agudo y de alta intensidad (Ferguson y Warner, 2008). La respuesta a todos estos factores son dependientes de la raza y tipo de animal. Aquellas razas provenientes de sistemas más extensivos tienen reacciones de estrés más altas que las que se han mantenido en sistemas intensivos (Hall et al., 1998). Ruiz de la Torre et al. (2001) encontró que los corderos transportados por carreteras bien asfaltadas tuvieron menor frecuencia cardiaca y niveles bajos de cortisol que los transportados por carreteras accidentadas. También encontraron que el pH último de la carne (24 horas) era mayor en los animales transportados por carreteras accidentadas. En un estudio realizado por Miranda de la Lama et al. (2011), en corderos comerciales para identificar el efecto de la vibración comparando carreteras pavimentadas con las no pavimentadas se encontró que los animales transportados en vías no pavimentadas tenían niveles más altos de cortisol, creatin kinasa, y la relación neutrófilos-linfocitos, además de pH muscular elevado (pH 5.80). Una tendencia similar fue observada para hematomas, textura y color. Lo cual indica que

transportes cortos en malas condiciones pueden suponer un riesgo para la calidad de la carne, aun incluso con un camión especialmente adaptado para el transporte de ganado. Esto pone en relevancia la importancia de la planificación de las rutas en el transporte del ganado. El tipo de carretera, el horario del transporte y el modo de conducción son elementos significativos cuando se organiza la logística que conecta y coordina los componentes del sistema.

La densidad de carga ha sido destacada como un factor importante inductor de estrés durante el transporte (Ibáñez et al., 2002). Densidades muy altas o muy bajas causan mayor estrés que densidades intermedias (Cockram et al., 1996). Los resbalones y caídas derivadas de la aceleración o paradas abruptas son causas de estrés que se ven agravados con densidades de carga bajas. No obstante, las densidades en viajes largos deben permitir que los animales se puedan echar de forma voluntaria (Knowles et al., 1998). Una de las consecuencias más graves del transporte ovino es la muerte de animales, (Knowles 1998), aunque a niveles menores en comparación con otras especies (polo de engorda 0,19%, cerdos 0,07%) (Knowles et al., 1994). Uno de los problemas de salud asociados al transporte ovino más comunes es la disminución de la función ruminal debida al estrés de transporte, que es mayor a la observada en animales a los que se ha privado de todo alimento. Si los animales se encuentran recién alimentados, suelen ser frecuentes las muertes en el transcurso de dicho transporte, más aún si se produce durante épocas de calor (Puterman et al., 2011). Según muchos autores, los animales que provienen de granjas en régimen intensivo son más susceptibles al estrés de transporte y al estrés provocado por el manejo antes de la matanza. Por lo cual, las muertes ocurridas durante el transporte, se deben en mayor medida al estrés adicional que implica el manejo en este proceso. Las contusiones, fracturas, disminución del rendimiento de la canal y alteraciones en las características de la carne, como un pH elevado o corte oscuro, también se producen a consecuencia del transporte y manejo ante mortem inadecuados,

reduciendo el valor del producto y dificultando su posterior procesamiento (Fisher et al., 2009).

2.4. Transporte ovino de larga distancia

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, además de influir en la calidad de la carne (Miranda-de la Lama et al., 2013). De acuerdo a la Unión Europea, se considera transporte largo aquel que excede las 8 horas de viaje, contadas éstas desde el inicio de las operaciones de carga en origen hasta el término de la descarga en destino. Para el ovino la Comunidad Europea 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; en ovinos adultos 14 horas de trayecto, seguidas de una hora de descanso para abreviar, seguida de 14 horas de trayecto. En el caso de la Organización Mundial para la Salud Animal (OIE, 2004), no establece límites de tiempo y a las condiciones de viaje, sin embargo, da líneas generales para proteger a los animales durante el transporte. México debido a su extensión territorial y la concentración de la matanza ovina en el centro del país, obliga a realizar transportes de larga distancia. Esto ha dado como resultado el aumento del uso de tráileres con jaula ganadera o “Pot-belly”, que tienen capacidad de mover hasta 500 animales en un solo viaje.

En transportes largos de hasta 24 horas, la frecuencia cardíaca y concentraciones de cortisol plasmático se incrementan. Siendo mayor al inicio del transporte, decreciendo gradualmente hasta alcanzar niveles mínimos a las 9 horas. En este momento los indicadores clásicos de estrés agudo son menos importantes, cobrando mayor importancia aquellos indicadores asociados al metabolismo energético y a los metabolitos asociados a la falta de alimentos (Knowless, 1995).

Dalmau et al. (2014), ó corderos transportados en viajes de 24 horas con corderos transportados una hora, encontrando que los de 24 horas tenían mayores niveles de cortisol fecal. Sin embargo, cuando comparó indicadores de calidad de la carne como pH, y color no encontraron diferencias importantes, concluyendo que los viajes de larga distancia deben ser normados usando como argumento principal al bienestar animal, y no la calidad de la carne.

2.5. Termorregulación y condiciones ambientales durante el transporte

En una zona termoneutral, el animal tiene una experiencia de confort óptimo en relación con la temperatura ambiental (Silanokove, 2000). Esta zona es el rango de temperatura ambiental dentro de la cual un organismo “endotermo” puede regular su temperatura sin elevar su tasa metabólica. Dentro de esta zona el animal tiene que invertir sólo un mínimo de energía en mantener su temperatura corporal (Silanokove, 2000). Por ello, en mamíferos la termorregulación es un determinante en el mantenimiento de la homeostasis y el correcto funcionamiento de todos los sistemas corporales, principalmente porque todas las reacciones bioquímicas del organismo actúan de forma óptima en un rango de temperatura definido. Fuera de esta zona, dicho organismo se encuentra expuesto a estrés por calor o frío. El estrés por frío resulta en una apropiada estimulación del sistema para producir calor mediante el incremento de la tasa metabólica, desde luego, la capacidad de adaptación de un animal durante estrés por frío dependerá de otros factores tales como su estado de salud y sus reservas de energía (Silanokove, 2000; Blache et al., 2011).

La termorregulación se convierte en un problema de bienestar cuando un organismo no puede regular su temperatura corporal mediante mecanismos fisiológicos. Ya que la pérdida de calor por evaporación es la principal defensa contra la hipertermia. Un animal en estrés calórico pero con acceso al agua tendrá mejor bienestar que un animal que comience a deshidratarse (Blache et al., 2011).

El intercambio de calor entre el ovino y el ambiente se da mediante cuatro diferentes mecanismos de acuerdo a Hansen et al. (2014):

- **Conducción:** Calor transferido de un cuerpo de mayor temperatura a otro con una temperatura menor, sin que se dé el movimiento de los cuerpos; por ejemplo: la transferencia de calor del animal al piso o viceversa.
- **Convección:** Transferencia de calor de una sustancia caliente, a una sustancia de menor temperatura, donde hay mediación de fluidos en movimiento; por ejemplo: la transferencia de calor entre un animal y el viento.
- **Radiación:** Absorción de radiación electromagnética de la superficie de un objeto; por ejemplo: intercambio de energía radiante entre un ovino y el sol o entre el animal y objetos como pisos, techos, árboles.

Evaporación: Procedimiento mediante el cual se convierte agua líquida en gas; por ejemplo: transpiración y respiración

En el contexto del transporte ganadero, el control efectivo del microclima en el interior del remolque puede mejorar el bienestar animal (Kadim et al., 2006). 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 (Villarreal et al., 2011). Las temperaturas macro-ambientales altas causan estados de estrés y deshidratación (Mota-Rojas et al., 2006); sin embargo, hay evidencia de viajes en climas fríos con niveles de deshidratación similares e incluso más pronunciados que en climas cálidos (Miranda-de la Lama et al., 2010). En climas fríos, los animales tienden a producir calor para mantener la temperatura corporal dentro 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 (Villarroel et al., 2011). De acuerdo con Kettlewell et al. (2001) estimaciones teóricas indican que en un remolque típico (13 x 6 m), con densidades recomendadas, con pesos aproximados de 30 kg para ovinos, el calor producido en el interior sería 8000 Watts, respectivamente. Por lo cual un sistema de ventilación es una necesidad operativa vital en los camiones y remolques.

En este sentido, 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 (Dalley et al., 1996). Este sistema es muy variable y depende principalmente del diseño exterior del vehículo y de la velocidad promedio del viento (Baker et al., 1996). Además, hay poco control sobre el régimen de ventilación, que no sea la apertura y cierre de las ventanas de ventilación, lo que requiere que el vehículo se detenga para que el operador haga las configuraciones pertinentes (Hoxey et al., 1996). 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 (Miranda-de la Lama et al., 2013). 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. En México los camiones de ganado utilizados comúnmente llamados jaulas ganaderas o panzonas tienen ventilación pasiva con configuraciones circulares y lineales, y no existe posibilidad de regularlas. 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, con entradas y salidas de aire en los lugares donde la corriente de aire pase por encima de todos los animales (Kettlewell et al., 2001).

2.6. Temperatura corporal e hipertermia por estrés

La temperatura corporal es la medida del grado de calor del organismo en animales de sangre fría y caliente. Los ovinos son estrictos homeotermos, es decir que estos animales se esfuerzan por mantener una temperatura corporal dentro de un rango bastante estrecho, incluso bajo condiciones climáticas adversas, gracias al equilibrio entre la termogénesis y la termólisis controlado por el centro termorregulador del hipotálamo. Un aumento en la temperatura del ambiente entre 18 a 35 °C está acompañada de un aumento significativo en la temperatura (Marai et al., 2007). Existen varios métodos para la medición de temperatura corporal en los animales domésticos. El patrón de referencia es la medición por medio de una sonda central, aunque éste es un método muy invasivo y solo utilizable con fines de investigación por su inviabilidad para efectos clínicos, siendo el valor de referencia en la mayoría de los libros de texto en medicina veterinaria (Pastor, 2006). En la práctica veterinaria, normalmente se usa un termómetro vía rectal que es un método fiable y pero invasivo, además de estar bien documentado que produce un estímulo robusto, reproducible y estable que induce una elevación de la temperatura entre 1-2 °C por estrés (Zethof et al., 1994). La detección de temperatura por medio de termómetros auriculares se ha utilizado en estudios de transporte por las ventajas relacionadas con su rapidez y poca invasividad. Sin embargo, la correlación con la temperatura rectal es baja y, sobre todo, las variaciones inter-medición son muy elevadas, por lo que es un método en la práctica poco utilizado (Greer et al., 2007).

En la actualidad se sabe que existen una serie de dispositivos autónomos que pueden dar mediciones de variaciones en la temperatura de los animales. Los dispositivos pueden ser sensores en el interior de una carcasa metálica como los iButton® Thermochron® (usados en este estudio) o sensores incorporados en un chip Biothermo®, como los que habitualmente se utilizan para la identificación de animales exóticos y de compañía. Las ventajas operativas de estos dispositivos son variadas, entre ellas serían su resistencia, su autonomía, la posibilidad de no interferir con el animal para las mediciones y su relativo bajo costo en términos de experimentación. Aunque hay que tomar en cuenta que temperaturas extremas muy frías o calurosas pueden influir en la temperatura medida con estos dispositivos. En el caso de los iButton® Thermochron®, han sido usados en estudios de campo en animales silvestres introducidos con una pequeña cirugía de manera subcutánea (Hilmer et al., 2010), con esponjas vía intravaginal en ovejas (Pascual-Alonso et al., 2016). Para esta investigación se ha propuesto adosarlas a la piel de la zona inguinal en ovinos de pelo.

En términos generales, clínicamente se diferencian dos temperaturas corporales:

- **Temperatura central o rectal:** La temperatura rectal en los ovinos varía entre 38,3 y 39,9 °C en condiciones termo-neutrales. Una temperatura rectal de 42 °C ó más, se considera como peligrosa (Marai et al., 2007).
- **Temperatura periférica o cutánea:** En general, suele ser 3 °C menor que la temperatura rectal. Las zonas de preferencia para evaluar la temperatura externa son las áreas de piel fina, con poco pelo y poco expuestas a las radiaciones solares, como la zona inguinal y la base de la oreja (Pastor, 2006). Para los ovinos la temperatura cutánea media es de 36 °C en condiciones termo-neutrales (Marai et al., 2007).

La inducción de hipertermia por estrés es una respuesta común de estrés fisiológico y emocional y ha sido reportado en ratones, ratas, cerdos, zorros y borregos (Sanger et al., 2011). En situaciones estresantes los animales pueden sufrir un cuadro de hipertermia y acidosis, esto se logra, estimulando la vía simpática del sistema nervioso autónomo y alterando el punto de ajuste de la termorregulación corporal (Procter y Carder, 2015). La hipertermia por estrés está acompañada por incremento de las concentraciones plasmáticas de ACTH, cortisol y glucosa. Además el sistema cardiovascular es estimulado, y se presenta un aumento en la secreción de opioides pituitarios y cerebrales (Dallmann et al., 2006). El determinante de la respuesta corporal a los cambios de temperatura dados por el clima, estrés o algún proceso patológico, es la temperatura con que la sangre alcanza a las regiones del hipotálamo (Bouwknicht et al., 2007). Cuando las neuronas del centro hipotalámico anterior o rostral (sensibles al calor) se excitan, se ponen en marcha una serie de mecanismos encaminados a producir termólisis, inhibiéndose el centro hipotalámico posterior (conservador de la temperatura), lo que origina una inoperancia de todos los mecanismos termogénicos, disminuyendo el metabolismo, el tono muscular también y de forma progresiva la producción de hormona tiroidea (Curley y Irwin, 1986). La inhibición de los centros simpáticos hipotalámicos conduce a una vasodilatación tal, que puede aumentar hasta ocho veces el índice de transferencia de calor a la piel. Todo ello conduce a una disminución de la temperatura (Curley y Irwin, 1986). En ovinos, la hipertermia ha sido validada como un indicador de estrés emocional (Ingram et al., 2002; Pedernera-Romano et al., 2010).

2.7. Estrés y calidad de la carne

El pH de la carne es el indicador instrumental más usado en estudios que evalúan el efecto del manejo pre-matanza y durante el transporte, debido a que es un estimador del equilibrio entre las vías metabólicas y el nivel de reserva energética del músculo (María, 2008). Después de la matanza, el glucógeno que se

encuentra en el músculo es convertido en ácido láctico, que reduce el pH. 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 de 5.5 aproximadamente a las 24 horas de la matanza (pH último). La carne de buena calidad tiene un pH último cercano al 5.5 (Ferguson y Warner, 2008). 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 funciona como un estresor ligero y los animales están en buenas condiciones de salud (Bianchi et al., 2004). La relación entre el contenido inicial en glucógeno del músculo y el pH último es lineal sólo con concentraciones de glucógeno muy bajas. Por lo cual, las concentraciones 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-matanza (Gregory, 2007).

Existen dos fenómenos que afectan la calidad de la carne derivado del transporte y las operaciones pre-matanza: 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. Las carnes PSE se presentan en cerdos, pollos y pavos, aunque recientemente se ha sugerido que ambos fenómenos se pueden producir en todas las especies (Adzitey y Nurul, 2011). Ambas condiciones se conservan peor en anaquel y son más sensibles a la contaminación bacteriana (Miranda-de la Lama et al., 2013). Las carnes DFD se presentan en condiciones de transporte altamente estresantes y físicamente demandantes, especialmente en climas con temperaturas extremas, 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 (Miranda-de la Lama et al., 2009).

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 (Gegory, 2007). 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 (María, 2008). 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.

2.8. Justificación

Durante los últimos 20 años la población ovina en México ha tenido un incremento de 23%. Esto debido a la creciente demanda de carne para barbacoa y recientemente cortes finos para la industria restaurantera. Donde la producción ovina empieza a constituir una actividad importante con tendencia a modernizarse, pasando del pastoreo trashumante a sistemas semi-intensivos o intensivos eficientes. Lo que está estimulando a Estados de la Republica Mexicana (Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Yucatán, entre otros), que tradicionalmente no participaban de manera notable en la producción ovina a reconvertirse y modernizar la actividad para vender los animales a los estados del centro de la República que son altos consumidores de este tipo de carne. Esto tiene como consecuencia, el uso de camiones altamente especializados para mover elevadas cantidades de ovinos a largas distancias. Esto implica el desarrollo de una gestión logística no siempre evidente en nuestro país. Esta presión del mercado y las tendencias internacionales, han motivado la investigación básica y aplicada en la zootecnia ovina, específicamente en áreas de etología aplicada y bienestar animal para implementar técnicas de manejo,

transporte y operaciones pre-matanza que atenúen los impactos al bienestar animal y calidad de los productos. Por lo cual, es de vital importancia hacer investigación a todos los niveles de esta incipiente cadena para poder aportar soluciones prácticas basadas en hallazgos científicos en aras del bienestar de los ovinos y de los consumidores mexicanos. Por lo tanto, es necesario investigar sobre los efectos de la ubicación de los animales en los diferentes compartimentos del camión en viajes largos cómo un inicio para entender como se estructura la respuesta fisiológica de los animales en las condiciones de nuestro país y así aportar información valiosa que pueda ser incorporada al conocimiento actual de la ovinocultura mexicana. Esta información será útil para mejorar las condiciones de transporte de larga distancia en México para la especie ovina.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar los efectos de la ubicación en el camión durante viajes de larga distancia en indicadores termo-fisiológicos, hematológicos y productivos en corderos comerciales de pelo mexicanos.

3.2. Objetivos específicos

- 3.2.1. Determinar los efectos de la ubicación de los animales en los compartimentos del camión en el perfil de temperatura corporal durante viajes de larga distancia en corderos comerciales de pelo mexicanos.
- 3.2.2. Estudiar los efectos de la ubicación de los animales en los diferentes compartimentos del camión relacionados con la vibración y el movimiento de los animales durante viajes de larga distancia en corderos comerciales de pelo mexicanos.
- 3.2.3. Evaluar los efectos de la ubicación de los animales en los diferentes compartimentos del camión en la respuesta hematológica y bioquímica sanguínea durante viajes de larga distancia en corderos comerciales de pelo mexicanos.
- 3.2.4. Evaluar el impacto de la ubicación de los animales en los diferentes compartimentos del camión sobre la calidad de la carne durante viajes de larga distancia en corderos comerciales de pelo mexicanos.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó de Noviembre a Diciembre del año 2014, con animales provenientes del Centro de Acopio de Ovinos y Caprinos del Norte de Coahuila, perteneciente a la Unión Ganadera Regional de Coahuila, ubicado en el Municipio de Nava, Coahuila. El municipio de Nava se localiza en el noreste del estado de Coahuila. Limita al norte con el municipio de Piedras Negras; al sur con el de Villa Unión; al suroeste con los de Allende y Morelos y al sureste con el de Guerrero. Los animales de este estudio provinieron del Norte de Coahuila, caracterizado por un clima semiárido con una precipitación anual media de 400mm y un promedio anual de temperatura 22° C. Esta región tiene una de las más extremas temperaturas en México como consecuencia de su posición continental, lejos de las costas del Océano Pacífico y el Golfo de México. Las estaciones son muy marcadas, con veranos calurosos y secos (media de máximas: 44.1°C, media de mínimas: 21.4°C) y ligeramente húmedo y frío invierno (media de máximas: 18°C, media de mínimas: 5.1°C), con una gran amplitud térmica. Todos los animales fueron criados, transportados y sacrificados, de acuerdo a las normativas vigentes por el Subcomité Institucional para Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (SICUAE) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

4.1. Sujetos experimentales

Se emplearon un total de 120 corderos machos biotipo de pelo (Kathadin/Dorper), con un peso promedio de 46 ± 7.55 Kg de peso, provenientes del Centro de Acopio de Ovinos y Caprinos del Norte de Coahuila (CA). El cual se encuentra situado en la localidad de Nava, Coahuila (en las coordenadas 100°46 '07" longitud oeste y 28°25 '15" latitud norte, a una altura de 324 metros sobre el nivel del mar), a 44 km de la ciudad de Piedras Negras. El CA está compuesto de dos naves comunicadas entre sí y cuenta con una área de embarque y desembarque de ganado, un

molinete de clasificado manual, con una manga de manejo provista de báscula y seis corraletas para animales clasificados, según su peso. El CA tiene una capacidad instalada para la recepción temporal y/o engorda de 4,480 corderos, aproximadamente. Cuenta con 112 corrales de engorda, cada uno con una capacidad para alojar a 40 corderos, contando con 6 metros de frente, por 3 metros de profundidad, con una superficie total de 18 m². Calculando para cada individuo un espacio de aproximadamente 0,45 m². El piso es de tierra, cada corral está delimitado perimetralmente por un cerco de reja de 1,40 m de altura. Las naves tienen techumbres de 4.5 m de altura sin muros y la ventilación es pasiva. El CA cuenta con un Médico Veterinario Zootecnista para el monitoreo de la salud de los corderos, además de una planta de alimento balanceado, invernadero para forraje verde hidropónico y una central de maquinaria. Actualmente este CA abastece al mercado nacional de 30 mil cabezas de ovino y caprino al año, los mayores compradores son el Estado de México e Hidalgo. La alimentación se basó en la disposición de ensilado y un concentrado comercial de la Cooperativa Productores de Ovinos y Caprinos del Norte de Coahuila elaborado a base de cebada, maíz, sorgo, soja, trigo, grasas vegetales, melaza de caña de azúcar, carbonato cálcico, cloruro sódico, un corrector vitamínico mineral y se les suministró agua *ad libitum*.

4.2. Diseño experimental

Para analizar el posible efecto de la ubicación de los animales en el camión en transportes de larga duración sobre los indicadores fisiológicos de bienestar animal y productivos se diseñó un experimento bajo un modelo factorial con cinco tratamientos y dos repeticiones (5 x 2). Los grupos fueron definidos de acuerdo a con tres criterios: 1) Referencias bibliográficas que reportaran efectos de la ubicación en el camión en otras especies debido a que no existen estudios en ovinos (porcinos: ; Correa et al., 2014; Conte et al., 2015), 2) Referencias bibliográficas que reportaran efectos de la ubicación del camión en remolques tipo

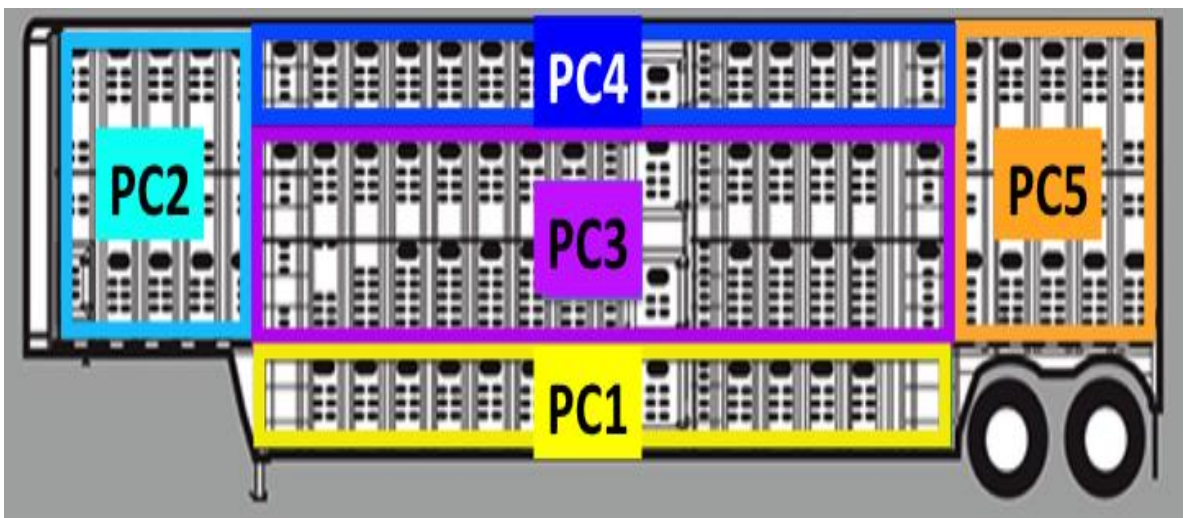
jaula ganadera (Potbelly) en rumiantes, 3) Aspectos de diseño y técnicos del remolque usado tales como compartimentos con colindancia a las zonas de exposición térmica y la rutina de carga de acuerdo a las rampas interiores que obligan a los transportistas a embarcar a los animales por etapas. Quedando definidas de la siguiente manera (**Fig. 1**):

- **Ubicación en el Camión 1 o PC1:** Los corderos fueron colocados en la zona más baja del camión con respecto al suelo y a nivel de los ejes, normalmente denominada por los transportistas como “pan a”. Durante el embarque y por el diseño del remolque esta es la zona donde se cargan siempre los primeros animales.
- **Ubicación en el Camión 2 o PC2:** Esta zona es normalmente denominada por los transportistas como “nari”. Esta tiene colindancia con el tracto camión y es considerada el frente del remolque.
- **Ubicación en el Camión 3 o PC3:** Es la zona central y está rodeada por los cuatro flancos de los demás espacios del remolque.
- **Ubicación en el Camión 4 o PC4:** Se localiza en la zona del centro del remolque pero a nivel superior con respecto a la PC3.
- **Ubicación en el Camión 5 o PC5:** Esta zona es normalmente denominada por los transportistas como “perrera”. Esta sección es la parte trasera del remolque.

Cada grupo muestreado constó de 15 corderos, aunque era parte de lotes más grandes (30 a 40 corderos), respetando la rutina comercial del CA y el transportador. Es decir, se evaluaron 75 animales por viaje, totalizando 150. Todos los animales fueron marcados con pintura ganadera (color verde) para

diferenciarlos de los demás corderos, adicionalmente cada animal fue numerado en los costados con pintura color negro para mantener la trazabilidad y la secuencia de animales cargados.

Fig. 1. Esquema El tráiler usado fue un chasis modelo Silverstar PSDCL-411, marca Wilson (<http://www.wilsontrailer.com/livestock-trailers/silverstar/>). Con las zonas delimitadas en diferentes colores.



4.3. Descripción de las condiciones de transporte

En los viajes evaluados siempre se utilizó el mismo camión, el mismo conductor, y la misma ruta. Se utilizó un tracto-camión Kenworth-Kenmex T600, modelo 2000,

dos ejes (2 ruedas delanteras y cuatro traseras), motor cummins ISM 370 Hp, transmisión spicer 14 velocidades, diferenciales 40,000 Lbs, suspensión neumática 8 bolsas, y habitáculo o camarote. El tráiler usado fue un chasis Modelo Silverstar PSDCL-411, marca Wilson especial para transporte ovino de 1994, de dos ejes, de tres pisos, con ventilación pasiva, y una área baja a nivel de las llantas conocida comúnmente como panza. Con tres niveles y cada uno de ellos dividido en 3 secciones. La densidad de carga de los corderos del estudio fue de 0,30 m².

Todos los transportes se realizaron desde el CA localizado en Nava, Coahuila al Rastro “Los Mart ne ”, ubicado en Capulhuac, Estado de México. La distancia entre ambos lugares es de 1,252 km y el tiempo de recorrido es de 15 horas aproximadamente. En cada uno de los dos viajes se colocaron tres dispositivos electrónicos data logger (HOBO®), que registraban cada cinco minutos la temperatura ambiental. Cada dispositivo se ubicó en la parte media y trasera del camión, la temperatura fue medida en grados centígrados. Los periodos de carga tardaron 3 horas y la descarga 1 hora, por lo cual si se suma con el tiempo de viaje se totalizan 19 horas de operaciones de logística pre-matanza. La ruta estuvo compuesta en su 85.3% por la Autopista Federal 57 (vía de tres carriles para cada sentido y asfaltada), 11.7 % por la Autopista Federal 55 (vía de dos carriles para cada sentido y asfaltada) y 2.3% por la Autopista Federal 15 (vía de tres carriles para cada sentido y asfaltada) y Estatal México 36 (Vía de un carril para cada sentido y asfaltada) (Cuadro 1).

A la llegada a Calpulhuac, los animales fueron descargados en el rastro privado “Los Mart ne ”, donde fueron alojados en el rea de espera. Los 75 animales por viaje fueron descargados y alojados en una área especial de espera. El corral tenía una superficie de 50 m², provisto de bebederos con agua fresca y limpia, pisos de cemento, cama de paja, con tres muros y una cortina de lona que los protegían de los cambios de temperatura. El tiempo de espera fue de 16 horas,

tiempo después del cual eran ingresados a la sala de matanza, y aislados en un corral pequeño de 10m² donde esperaban su ingreso al área de matanza y desangrado.

Cuadro 1. Trayectos de la ruta de viaje desde Navas, Coahuila a Calpulhuac, Estado de México, con un total de 1,252 Km recorridos.

Estado	Puntos de referencia durante el trayecto	Kilometraje Recorrido
<i>Autopista Federal 57</i>		
Coahuila	Nava, Allende, Nueva Rosita, Sabinas, Monclova, Castaños, Ramos Arizpe, Saltillo.	395 Km
Nuevo León	San Roberto.	180 Km
San Luis Potosí	Matehuala, Villa Hidalgo, San Luis Potosí, Santa María del Río, Soledad de Graciano Sánchez.	316 Km
Guanajuato	San Luis de la Paz, San José Iturbide, San Diego de la Unión.	88 Km
Querétaro	Santa Rosa Jáuregui, Santiago de Querétaro, Pedro Escobedo, San Juan del Río, Puerta de Palmillas.	97 Km
<i>Autopista Federal 55</i>		
Estado de México	San Jerónimo, Acambay, Atlacomulco, San Pedro de los Baños, Santiago Domínguez de Guzmán, Ixtlahuaca, San Cayetano de Morelos, Toluca.	147 Km
<i>Autopista Federal 15 y México 36</i>		
Estado de México	San Mateo Atenco, Lerma, Capulhuac.	29 Km
Total de kilómetros recorridos:		1252 Km

Cada animal fue llevado al área de matanza, donde se utilizó el método de puntilla que consiste en seccionar o herir la médula espinal a la altura del espacio occipito-atlantoideo. Provoca una parálisis general de los animales y su caída al suelo y una disminución de la presión arterial. Los movimientos respiratorios se paralizan y la sangre circulante cargada de CO₂ produce la asfixia e hipoxia del encéfalo. El

instrumento utilizado es una hoja corta con doble corte. El animal tendrá la cabeza flexionada y con un solo corte se secciona a la vez los tejidos y la médula.

A pesar de que el método puntilla ha sido desaconsejado por la legislación internacional como la OIE (Organización Internacional de Epizootias), existen pruebas de que todavía se utiliza en muchos países en desarrollo. En México, especialmente en el ganado ovino es una práctica cotidiana en los rastros de pequeño formato, aunque no está previsto en la legislación nacional. En este estudio no fue posible disuadir al rastro para que usara aturdimiento eléctrico, lamentablemente la incipiente industria ovina en nuestro país esta poco regulada y en poblaciones como Calpulhuac, donde la economía esta basada en el comercio de carne ovina y el rastro municipal ha sido rebasado por la oferta, existen al menos 15 obradores con cierta infraestructura (el de este estudio es que mejores instalaciones cuenta), las autoridades correspondientes no han podido hacer valer ORMA Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, matanza humanitario de los animales domésticos y silvestres. En términos de evidencias científicas de acuerdo a Limón et al. (2010), el método de puntilla puede utilizarse enmatanza de emergencia y de manera regular si el operario tiene entrenamiento y experiencia. En nuestro caso los tres operarios tenían más de 15 años dedicándose a este tipo de aturdimiento. Tras el aturdimiento de cada individuo se seccionaba las arterias carótidas y yugulares para ser desangrados en posición vertical para posteriormente ser conducidos por un riel para los siguientes procesos para la obtención de la canal.

4.4. Temperatura corporal

En el presente estudio, se registró la temperatura corporal periférica o cutánea, a 25 animales por viaje (cinco por tratamiento), usando un sensor iButton® ThermoChron® DS1921G. Para cada animal se colocaron dos sensores, uno para registrar temperatura y otro para vibración, ambos pegados entre sí con un pegamento de alto contacto, posteriormente fueron fijados a una cinta adhesiva de

alta resistencia, la cual a su vez fue adherida a la cara medial del miembro pelviano izquierdo (Fig. 2), en el momento del pesaje, previo al embarque y se retiraron a los 15 minutos después de la matanza. El *ermochron i utton* está compuesto por un sensor semiconductor de temperatura, a tiempo real, con memoria y batería de litio. Dentro de sus especificaciones técnicas incluye: rango de temperatura de - 40 a 85°C, así como una precisión de 0.0625°C. La memoria permite grabar 2048 valores tomados con un intervalo regular de 1 a 255 minutos, que en este caso fue cada 5 minutos. La información almacenada se transfirió mediante un adaptador (DS1402D) a la computadora, usando un software especializado (EXPRESS-THERMO 2007, Eclo, Leiria, Portugal). Si la temperatura cambia de un rango definido por el usuario, ya sea por debajo o por encima de valores permitidos, el DS1921G registrará ese evento como una alerta. Cada DS1921G tiene su propio número de serie de 64 bits ROM grabado de fábrica en el chip, que brinda la garantía de identificar inequívocamente el dispositivo, lo que permite su trazabilidad en forma global. La coraza que lo protege es de acero inoxidable, altamente resistente a la suciedad, humedad, y golpes. Es de fácil montaje sobre cualquier objeto, como así también de cómoda portabilidad. En el estudio se definieron diez etapas consecutivas que fueron medidas por los dispositivos y que de acuerdo a los puntos críticos y operacionales descritos en Miranda-de la Lama et al. (2014), de la siguiente manera:

1. **Pesaje (E1):** Se inició la toma de datos 5 minutos después de colocados los dispositivos en cada animal. El procedimiento constó en pesar de manera individual los animales en una báscula digital del CA y su paso al embarcadero que constaba de un pasillo de 5 m de largo, donde esperaron a todos los animales que irían en la ubicación en el camión a evaluar.
2. **Embarque (E2):** Fue desde el momento que todo el grupo subía en origen, a la ubicación concreta del camión, desde el pasillo largo pre-embarque, su

paso por la rampa, su ubicación en el compartimento del camión asignado y el cierre del compartimento.

3. **Embarcados (E3):** Es la etapa en la que cada grupo se mantiene en su compartimento desde su cierre hasta la partida del camión.
4. **Viaje (E4):** Comprende desde que el camión se mueve de su posición en la rampa de carga e inicia el viaje propiamente dicho.
5. **Desembarque (E5):** Es el periodo desde que el camión para en la plataforma de descarga en destino y se inicia la descarga.
6. **Espera pre-matanza (E6):** Periodo de 16 horas de descanso en los corrales de pre-matanza, con la intención de que los animales repongan las reservas de glucógeno antes de ser sacrificados.
7. **Conducción a la matanza (E7):** Etapa que considera las mediciones del dispositivo por el tramo de 76 m por los cuales los animales fueron arreados hasta la sala de matanza.
8. **Matanza (E8):** Comprende desde que cada animal manipulado para la matanza por el operario hasta que es aturdido.
9. **Desangrado (E9):** Inicia con el corte yugo-carotideo y el desangrado propiamente dicho.
10. **Alegor mortis (E10):** Los animales ya desangrados, colocados en las perchas de la sala de despiece.

Fig. 2. De izquierda a derecha: a) Estuche con los dispositivos usados en el estudio, b) Dispositivos adheridos el uno al otro y la cinta antes de ser colocados; c) Los dispositivos ya adheridos en los animales en el miembro posterior izquierdo.



4.5. Vibración y movimiento de los animales

En este estudio se analizó el impacto de la vibración transmitida por el camión hacia los animales de acuerdo al compartimento que ocuparon. Los registros se obtuvieron empleando acelerómetros tridimensionales (HOBO® Pendant Acceleration Data Logger, Onset Computer Corporation, Pocasset, MA) que estuvieron sujetos a la cara medial del miembro pelviano izquierdo, en una posición tal que el eje “X” estuvo paralelo al suelo, el eje “Y” estuvo perpendicular al suelo apuntando hacia arriba, y el eje “Z” paralelo al suelo apuntando a la parte externa del plano sagital. Los acelerómetros permanecieron sujetos en la misma posición durante el viaje. Los acelerómetros se retiraron media hora después de la matanza para la descarga de los datos mediante el software HOBOWare (Onset Computer Corporation), que convierte la fuerza-g en lecturas de aceleración (m/s²). Las lecturas de aceleración en el eje “X” ($4.17 < X < 7.6$) y las lecturas de inclinación en “Y” $29^\circ < Y < 57^\circ$ indicaron que cada animal estaba parado, o si se había caído durante el viaje. Los datos fueron exportados a Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA).

4.6. Hematología y bioquímica sanguínea

Después del degüello, se colectaron dos muestras de sangre por cada individuo (n=120), la primera con un tubo de 10 ml - con EDTA-K3 15% (BD Vacutainer system™) y la segunda con un tubo sin ningún aditivo (BD Vacutainer system™). Las muestras se mantuvieron en frío durante 2 horas hasta la llegada al laboratorio privado DIAGSA (<http://www.diagsa.com.mx>), para realizar las siguientes pruebas:

- *Hematología:* Las determinaciones hematológicas se llevaron a cabo en muestras de sangre con EDTA-K3. Se utilizó un contador automático (Microcellcounter F-800 y Auto dilutor AD-260, ambos de Sysmex™). En el caso de los eritrocitos y leucocitos se expresaron en número por mm³ y hematocrito en porcentaje (%).
- *Fórmula leucocitaria - Relación N/L:* Se trabajó con una muestra de sangre con EDTA-K3, se realizaron extensiones sobre portaobjetos limpios para después teñir, con el objetivo de realizar un recuento de leucocitos. Se utilizó el colorante Panóptico Rápido (QCA©) que es un sistema de tinción diferencial de los elementos formes de la sangre. Posteriormente mediante microscopía óptica de inmersión a 1000 X (x iolab re, Carl Zeiss™), para realizar el recuento e identificación de 100 leucocitos por muestra. Se contabilizaron neutrófilos, linfocitos, eosinófilos, basófilos y monocitos. Para después calcular la relación neutrófilo / linfocitos (N/L).
- *Cortisol plasmático:* Las concentraciones plasmáticas de cortisol se determinaron, mediante la técnica de ELIS, utilizando un "Home-Kit". Cada muestra se trabajó por duplicado a partir de un volumen de 50 microlitros de plasma y los resultados se expresaron en ng/ml., estableciéndose los controles pertinentes.

- Glucosa: Se determinó con muestras de suero, con una técnica de química húmeda mediante un multianalizador (ACE®. Clinical Chemistry System de Alfa Wasserman) utilizando kits comerciales (Glucosa Ref. AE2-17) Los resultados se expresaron en mg/dl.
- Creatinina kinasa (CK): En muestras de suero con una técnica de química húmeda mediante un multianalizador (ACE®. Clinical Chemistry System de Alfa Wasserman) utilizando kits comerciales (CK NAC Ref. AE1-13 de Alfa Wasserman). Los resultados fueron expresados en UI/l.

4.7. Calidad de la carne

Los animales fueron procesados en la planta “Los Mart ne ” de acuerdo a la línea de matanza con una cadena manual: desangrado, eviscerado y desollado. Una vez obtenida la canal, éstas se dejaban reposar aproximadamente 2 horas en un extremo de la sala de matanza a temperatura ambiente (15°C). Se seleccionaron 8 canales por tratamiento (n=40). Se procedió a tomar una muestra de *Longissimus dorsi* no mayor a 200 g. Todas las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Calidad de la Carne del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Estado de México, en un medio de transporte frío a 3°C. Al término de las 24 horas contabilizadas desde la matanza, se procedió a realizar las mediciones de pH, capacidad de retención de agua (CRA), color y textura.

- Determinación del pH: La determinación se realizó a las 24 horas *post mortem*, introduciendo el electrodo en la porción de muestra recién desempacada en el laboratorio. Para la obtención de los datos, se empleó un pH-metro portátil Hanna HI 99163 (HANNA Instruments®, USA) previamente calibrado.

- Determinación del color: Al momento del corte transversal de la porción se empleó el método físico basado en la técnica de reflectancia. La determinación se realizó mediante un espectro color metro Minolta™ CM 2002. Se analizó el color externo de cada muestra, midiéndose por el sistema CIE L* a* b*, las variables de color L* (luminosidad o claridad) cuyos valores van del blanco (100) al negro (0); a* (índice de rojo) y b* (índice de amarillo). Para estas últimas los valores oscilan entre el rango de -60 a +60. Para cada muestra se hicieron tres lecturas colocando la muestra perpendicular al espectrofotómetro y en contacto con éste en tres sitios distintos para evitar los problemas derivados de la dirección de las fibras musculares en la superficie y de la heterogeneidad.
- Determinación de textura: Se realizó en muestras de carne del músculo *Longissimus dorsi*, con una navaja de Warner-Bratzler, usando un equipo analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). Cubos de carne cruda de 1 cm², se colocaron con las fibras del músculo transversalmente a la dirección de la aplicación de la fuerza. Los resultados se obtuvieron en gramos de fuerza.

4.8. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados empleando la procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS, 1988). Se utilizó un modelo de una vía de efectos fijos incluyendo la ubicación en el camión (CP1, CP2, CP3, CP4 y CP5). La probabilidad de valores de $p < 0,05$ fueron considerados estadísticamente significativos.

V. RESULTADOS

Este estudio ha demostrado que los viajes de larga distancia en las condiciones comerciales que fueron evaluadas, se compromete el bienestar de los corderos al corroborarse la respuesta fisiológica de indicadores de estrés, además de tener impactos importantes en parámetros de la calidad instrumental de la carne evaluada. La temperatura ambiental media registrada durante los viajes fue de 16,12 (\pm 2,22) °C, con una humedad relativa del 61,30 (\pm 5,33) %.(Cuadro 2).

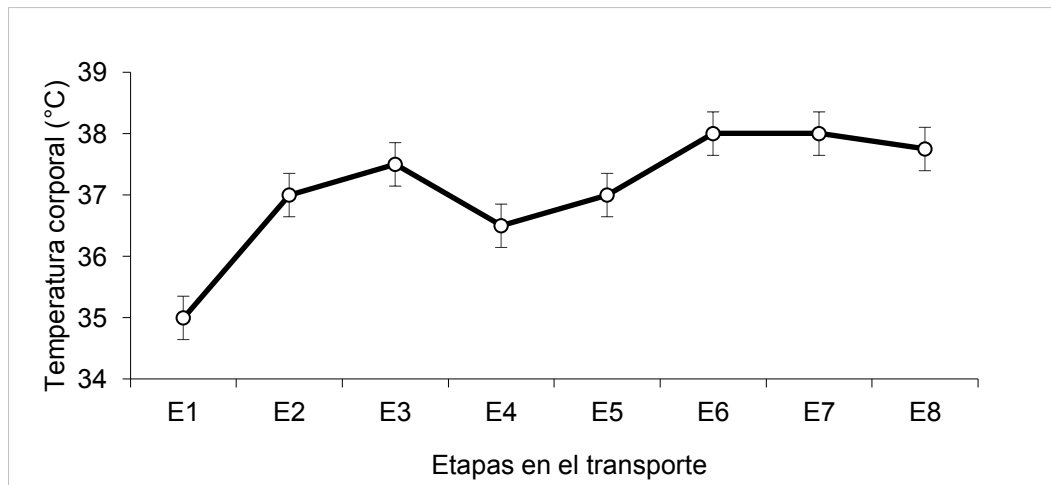
Cuadro 2. Temperatura (°C) media durante el proceso de la cadena logística pre-matanza.

<i>Etapas</i>	<i>Invierno</i>	
	<i>Temp. ° C</i>	<i>Mín. y Máx.</i>
Embarque	18,23 \pm 1,46	16,0 – 22,2
Embarcados	16,78 \pm 1,47	16,4 – 18,9
Viaje	16,12 \pm 2,22	12,7 - 17,2
Descarga	15,61 \pm 2,23	13,5 – 18,5
Espera pre-matanza	14,65 \pm 7,8	5,6 – 24,3

5.1. Temperatura corporal

En general, el transporte de larga distancia causa una marcada respuesta de hipertermia de manera progresiva a lo largo de las 8 etapas del viaje, la cual inicia con 35°C durante el pesaje y termina con ligero descenso durante la etapa de espera pre-matanza de 37.75°C (Fig. 3).

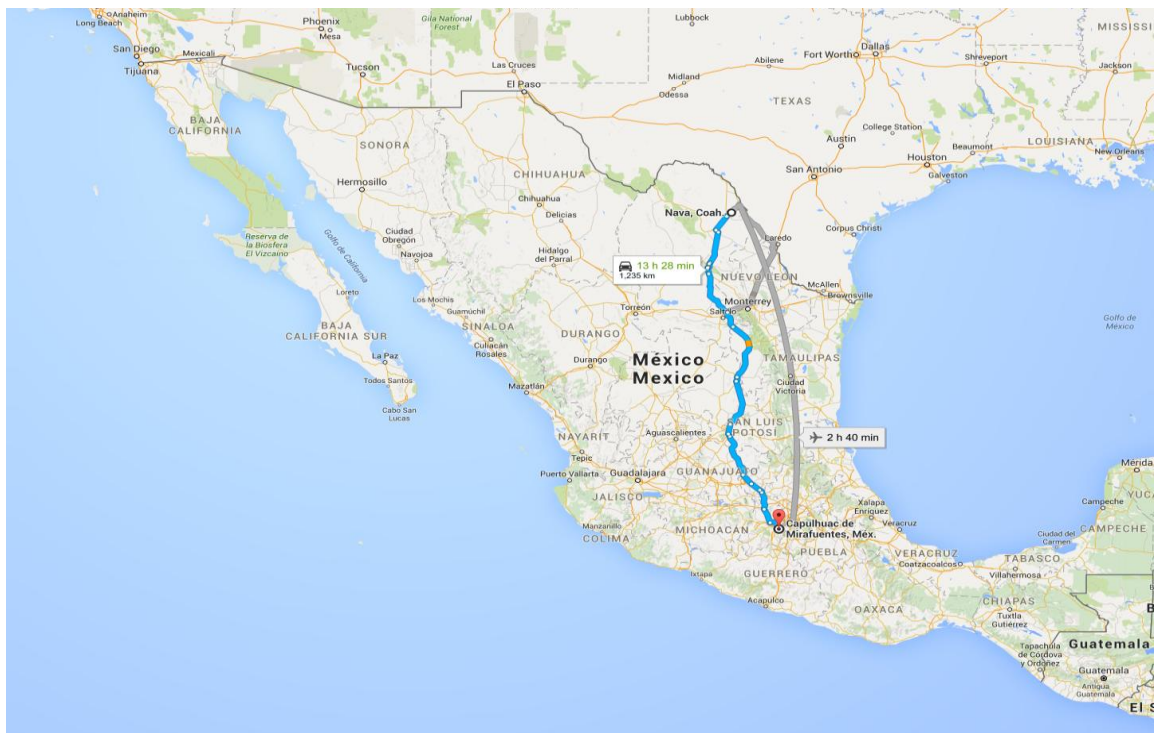
Fig. 3. Representación gráfica de la respuesta de hipertermia durante el transporte de larga distancia (n=50) de acuerdo a los registros de los sensores iButton® Thermochron®.



En el caso del análisis del comportamiento de la temperatura corporal de los corderos durante cada uno de los 18 trayectos (Fig. 4), en los que se dividió la ruta que recorren los camiones, se encontró que los grupos de animales de los compartimentos PC1 y PC2 exhibieron mayores temperaturas corporales ($P < 0,05$), comparados con los animales de los compartimentos PC3, PC4 y PC5 en todos los trayectos (Cuadro 3). La media de temperatura corporal registrada con menor valor fue de 34.4°C para el grupo PC4 en el trayecto Sabinas-Monclova, y la mayor de 38.4°C para el grupo PC2 en el trayecto final de Toluca al destino final. Fueron 7 trayectos (de un total de 18), los que registraron las mayores temperaturas en promedio para los cinco compartimentos (causaron una respuesta mayor de estrés en términos de hipertermia) y que pudieran ser considerados como trayectos críticos: San Rafael-San Roberto (36.64°C ; cruce de la Sierra Madre Oriental), Matehuala-Huizache (36.52°C), Huizache-San Luis Potosí (36.42°C), San Luis Potosí-San Diego (36.42°C), Palmillas-Atzacomulco (36.56°C), Atzacomulco-Toluca (36.94°C), y Toluca-Capulhuac (37.08°C).

De acuerdo a la logística, este estudio consideró 10 etapas que comprendieron desde el pesaje previo al embarque hasta el enfriamiento de la canal. En general, los resultados obtenidos indican que las posiciones en el camión PC1 y PC2 presentaron temperaturas corporales más altas ($P < 0,05$), en comparación PC3, PC4 y PC25 en las diez etapas evaluadas (Cuadro 4). Aunque existieron dos etapas con excepciones a lo anteriormente explicado. La primera fue la etapa de E2 Embarque, donde los corderos PC1, PC2 y PC5 presentaron temperaturas mayores ($P < 0,05$), comparados con los grupos PC3 y PC4. En el caso de la etapa E6 espera pre-matanza, los corderos provenientes de los grupos PC1, PC2 y PC5 tuvieron valores de temperatura mayores, comparados con los grupos PC3 y PC4 ($P < 0,05$).

Fig. 4 . Mapa del trayecto compuesto de 18 etapas (ver anexo I).



Cuadro 3. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para la variable de temperatura corporal ($^{\circ}$ C) por trayecto recorrido desde el origen en Navas-Coahuila, hasta el destino en Capulhuac-Estado de México.

Trayecto	Promedio m.s.n.m.	Posiciones en el Camión				
		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Nava-Allende	480.5	37.6(\pm 0.05) ^a	37.7(\pm 0.05) ^a	35.2(\pm 0.05) ^b	35.9(\pm 0.04) ^b	35.5(\pm 0.05) ^b
Allende-Rosita	387.5	37.7(\pm 0.07) ^a	37.2(\pm 0.07) ^a	35.3(\pm 0.07) ^b	35.3(\pm 0.07) ^b	35.3(\pm 0.06) ^b
Rosita-Sabinas	360	37.2(\pm 0.07) ^a	37.6(\pm 0.06) ^a	34.5(\pm 0.06) ^b	34.5(\pm 0.07) ^b	34.2(\pm 0.07) ^b
Sabinas-Monclova	495	37.5(\pm 0.05) ^a	37.3(\pm 0.06) ^a	34.6(\pm 0.07) ^b	34.4(\pm 0.09) ^b	34.8(\pm 0.07) ^b
Monclova-Castaños	673.5	37.8(\pm 0.07) ^a	37.9(\pm 0.07) ^a	35.4(\pm 0.06) ^b	36.0(\pm 0.06) ^b	35.0(\pm 0.08) ^b
Castaños-Saltillo	1,153.5	37.9(\pm 0.07) ^a	37.7(\pm 0.05) ^a	35.8(\pm 0.08) ^b	35.7(\pm 0.07) ^b	34.7(\pm 0.06) ^b
Saltillo-San Rafael	1,795	37.7(\pm 0.06) ^a	37.6(\pm 0.05) ^a	35.4(\pm 0.07) ^b	35.3(\pm 0.06) ^b	35.1(\pm 0.06) ^b
San Rafael-San Roberto*	1,824.5	37.9(\pm 0.06) ^a	38.0(\pm 0.06) ^a	35.4(\pm 0.06) ^b	36.1(\pm 0.06) ^b	35.8(\pm 0.07) ^b
San Roberto-Matehuala	1,368	37.9(\pm 0.07) ^a	37.8(\pm 0.08) ^a	35.3(\pm 0.07) ^b	35.8(\pm 0.07) ^b	35.7(\pm 0.07) ^b
Matehuala-Huizache*	1,577	37.5(\pm 0.07) ^a	37.8(\pm 0.07) ^a	36.0(\pm 0.05) ^b	35.4(\pm 0.06) ^b	35.9(\pm 0.07) ^b
Huizache-San Luis Potosí*	1,748	37.5(\pm 0.01) ^a	37.8(\pm 0.07) ^a	35.5(\pm 0.06) ^b	35.5(\pm 0.06) ^b	35.8(\pm 0.06) ^b
San Luis Potosí-San Diego *	1,967	37.4(\pm 0.01) ^a	37.6(\pm 0.07) ^a	35.3(\pm 0.06) ^b	35.7(\pm 0.06) ^b	36.1(\pm 0.08) ^b
San Diego -Querétaro	1,935	37.1(\pm 0.06) ^a	37.2(\pm 0.06) ^a	34.9(\pm 0.06) ^b	35.7(\pm 0.06) ^b	35.8(\pm 0.07) ^b
Querétaro-San Juan del Rio	1,858.5	37.5(\pm 0.05) ^a	37.6(\pm 0.08) ^a	35.5(\pm 0.015) ^b	35.5(\pm 0.06) ^b	35.6(\pm 0.07) ^b
San Juan del Rio-Palmillas	2,108.5	37.3(\pm 0.06) ^a	37.7(\pm 0.06) ^a	35.7(\pm 0.05) ^b	35.7(\pm 0.05) ^b	35.6(\pm 0.07) ^b
Palmillas-Atacomulco*	2,506.6	37.5(\pm 0.06) ^a	37.6(\pm 0.07) ^a	35.8(\pm 0.07) ^b	35.9(\pm 0.07) ^b	36.0(\pm 0.06) ^b
Atacomulco-Toluca*	2,635	38.1(\pm 0.06) ^a	38.1(\pm 0.06) ^a	36.3(\pm 0.06) ^b	35.6(\pm 0.06) ^b	36.6(\pm 0.07) ^b
Toluca-Capulhuac*	2,700	38.0(\pm 0.08) ^a	38.4(\pm 0.08) ^a	36.5(\pm 0.07) ^b	36.0(\pm 0.07) ^b	36.5(\pm 0.08) ^b

a,b,c, Letras distintas dentro de fila y tratamiento significan diferencias significativas ($P \leq 0,05$). *Trayectos considerados críticos por la media obtenida para los 5 compartimentos.

Cuadro 4. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para la variable de temperatura corporal ($^{\circ}$ C) de acuerdo a la ubicación ocupada en el camión en las etapas que comprenden desde el pesaje hasta *la etapa post mortem*.

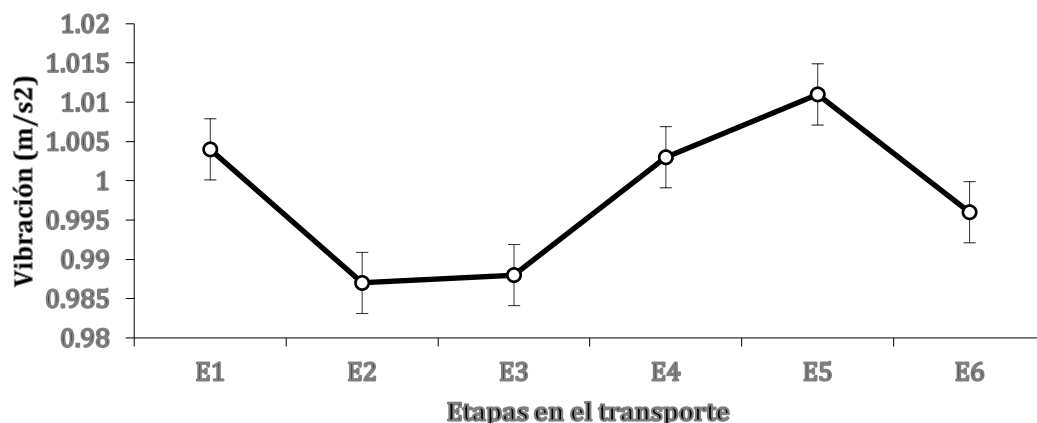
Etapa	Posiciones en el Camión				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
E1 Pesaje	35.5(\pm 0.07) ^a	35.5(\pm 0.09) ^a	35.0(\pm 0.04) ^b	35.0(\pm 0.08) ^b	35.0(\pm 0.03) ^b
E2 Embarque	37.0(\pm 0.07) ^a	37.0(\pm 0.05) ^a	36.5 (\pm 0.07) ^b	36.5 (\pm 0.09) ^b	37.0(\pm 0.08) ^a
E3 Embarcados	38.0(\pm 0.08) ^a	38.0(\pm 0.05) ^a	37.0(\pm 0.08) ^b	37.0(\pm 0.09) ^b	37.0(\pm 0.02) ^b
E4 Viaje	38.5(\pm 0.06) ^a	38.0(\pm 0.07) ^a	36.5(\pm 0.07) ^b	35.5(\pm 0.07) ^b	36.0(\pm 0.07) ^b
E5 Desembarque	38.0(\pm 0.03) ^a	38.5(\pm 0.08) ^b	36.5(\pm 0.03) ^c	36.25(\pm 0.01) ^c	36.5(\pm 0.04) ^c
E6 Espera pre-matanza	38.5(\pm 0.07) ^a	38.5(\pm 0.07) ^a	37.5(\pm 0.01) ^b	37.5(\pm 0.07) ^b	38.0(\pm 0.06) ^a
E7 Conduc. a la matanza	38.5(\pm 0.04) ^a	38.0(\pm 0.07) ^b	37.5(\pm 0.06) ^b	37.5(\pm 0.05) ^b	37.5(\pm 0.08) ^b
E8 Matanza	38.5(\pm 0.04) ^a	38.0(\pm 0.06) ^a	36.75(\pm 0.06) ^b	37.5(\pm 0.04) ^b	37.5(\pm 0.04) ^b
E9 Desangrado	31.25(\pm 0.08) ^a	27.0(\pm 0.08) ^b	26.25(\pm 0.08) ^b	28.0(\pm 0.06) ^b	28.0(\pm 0.03) ^b
E10 <i>Alegor mortis</i>	19.5(\pm 0.09) ^a	18.0(\pm 0.09) ^a	17.0(\pm 0.06) ^b	17.5(\pm 0.09) ^b	17.0(\pm 0.09) ^b

a,b,c, Letras distintas dentro de fila y tratamiento significan diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

5.2. Vibración y movimiento de los animales

En general, los resultados de los umbrales de vibración expresada en m/s^2 , se usaron como indicadores de movimientos durante los procesos de pre-matanza (incluido el transporte), indican una serie de respuestas diferenciadas entre etapas (Fig. 5) y entre tratamientos (Cuadro 5). En el caso de la etapa de pesaje, los animales de los grupos PC1, PC2, y PC3, tuvieron un umbral de movimiento significativamente mayor comparados con los corderos PC4 y PC5 ($P < 0,05$). Durante el embarque los animales que tuvieron de manera significativa ($P < 0,05$) un mayor movimiento fueron los corderos de los grupos PC2 y PC4. Cuando los animales estuvieron en sus posiciones para viajar, los grupos que registraron mayor actividad fueron PC4 y PC5 ($P < 0,05$). En el viaje, las posiciones que registraron mayor vibración transmitida del camión fueron los corderos en las posiciones PC2, PC5, seguidas en magnitud PC4 ($P < 0,05$). En el desembarque en el destino todos los corderos presentaron mayor cantidad de movimientos, a excepción del grupo PC3 ($P < 0,05$). Finalmente, durante la espera pre-matanza el grupo más activo fue el PC4 ($P < 0,05$).

Fig. 5. Representación gráfica de la respuesta de vibración durante el transporte de larga distancia ($n=50$) de acuerdo a los registros de los sensores HOBO® Pendant®.



Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para la variable vibración y movimiento de acuerdo a la ubicación de los animales ocupada en el camión en las etapas que comprenden desde el pesaje hasta la espera pre-matanza.

Etapa	Posiciones en el Camión				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
E1 Pesaje	1.001(\pm 0.026) ^a	1.035(\pm 0.005) ^a	1.0715 (\pm 0.067) ^a	0.981(\pm 0.002) ^b	0.9755(\pm 0.007) ^b
E2 Embarque	0.973(\pm 0.014) ^a	1.004(\pm 0.034) ^b	0.9600(\pm 0.027) ^a	1.013(\pm 0.030) ^b	0.987(\pm 0.065) ^a
E3 Embarcados	0.973(\pm 0.019) ^a	0.988(\pm 0.020) ^a	0.986(\pm 0.024) ^a	1.016(\pm 0.023) ^b	1.005(\pm 0.028) ^b
E4 Viaje	0.998(\pm 0.045) ^a	1.003(\pm 0.045) ^b	0.992(\pm 0.046) ^a	1.019(\pm 0.045) ^c	1.009(\pm 0.060) ^b
E5 Desembarque	1.011(\pm 0.050) ^a	1.003(\pm 0.053) ^a	0.9955 (\pm 0.053) ^b	1.02(\pm 0.051) ^a	1.015(\pm 0.091) ^a
E6 Espera pre-matanza	0.996(\pm 0.032) ^a	0.982(\pm 0.028) ^a	0.985(\pm 0.044) ^a	1.002(\pm 0.041) ^b	1.032(\pm 0.048) ^c

a,b,c, Letras distintas dentro de fila y tratamiento significan diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

5.3. Hematología y bioquímica sanguínea

Los resultados obtenidos de nuestro estudio, indican que los transportes de larga distancia, fueron los que indujeron más estrés en los corderos que viajaron en las posiciones PC1 y PC2 (Cuadro 6), lo que indicaría que este tipo de transporte, en las condiciones que se realiza y la ruta que se evaluó suponen un desbalance homeostático para los animales. En este sentido, las concentraciones de cortisol fueron significativamente más altos en los animales PC1 y PC2 ($P < 0,05$). Para el caso de glucosa, se encontró que los corderos PC1, y PC2, exhibieron niveles más bajos ($P < 0,05$), que el resto de grupos. En el caso de los niveles de CK, se encontró que los animales PC1, PC2 y PC4, exhibieron niveles más altos ($P < 0,05$), que los corderos PC3 y PC5. Para la variable de hematocrito no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Finalmente para la relación neutrófilos/linfocitos se encontró que era significativamente más alta en los corderos provenientes del tratamiento PC1, comparado con el resto de tratamientos ($P < 0,05$).

5.4. Calidad del producto

De acuerdo con los resultados de este estudio, los transportes de larga distancia en ovinos mexicanos de pelo tuvieron un impacto en la calidad del producto (Cuadro 7). Donde, la carne obtenida de los 40 animales muestreados tuvo pH altos (promedio 5.8), capacidad de retención de agua elevada, textura más dura y de baja luminosidad (carne oscura). En el caso de los tratamientos, para todas las variables analizadas (a excepción de CRA, y de color a, y b), hubo una diferencia significativa ($P < 0,05$), donde los animales de PC4 exhibieron valores más altos en comparación con los grupos PC1, PC2, PC3 y PC5 ($P < 0,05$). Esto indicaría que la carne evaluada podría ser considerada como cortes oscuros para los tratamientos PC1, PC2, PC3 y PC5 y carne DFD para el PC4, de acuerdo a los rangos que se manejan en la industria cárnica internacional (Miranda-de la Lama et al., 2009).

Cuadro 6. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables sanguíneas de acuerdo a la ubicación ocupada en el camión.

Variables	Posiciones en el Camión				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Cortisol (ng/ml)	19,13 (\pm 1,22) ^a	18,18(\pm 1,22) ^a	10,18(\pm 1,22) ^b	12,35(\pm 1,22) ^b	10,44(\pm 1,22) ^a
Glucosa (mg/ml)	55,42(\pm 1,68) ^a	57,16(\pm 1,68) ^a	67,78(\pm 1,68) ^b	59,16(\pm 1,68) ^b	63,16(\pm 1,68) ^b
CK (U/l)	889(\pm 90) ^a	901(\pm 90) ^a	767(\pm 90) ^b	841(\pm 90) ^a	703(\pm 90) ^b
Hematocrito %	47,27(\pm 0,33)	46,45(\pm 0,33)	47,17(\pm 0,33)	47,33(\pm 0,33)	47,38(\pm 0,33)
Relación N/L	1.04(\pm 0.07) ^a	0.74(\pm 0.07) ^b	0.66(\pm 0.07) ^b	0.79(\pm 0.07) ^b	0.64(\pm 0.07) ^b

a,b Letras distintas dentro de fila y tratamiento significan diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

Cuadro 7. Medias de mínimos cuadrados (\pm SE) para las variables de calidad instrumental de acuerdo a la ubicación ocupada en el camión.

Variables	Posiciones en el Camión				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
pHu ₂₄	5,81(\pm 0,08) ^a	5,81(\pm 0,08) ^a	5,79(\pm 0,08) ^a	6,04(\pm 0,08) ^b	5,76(\pm 0,08) ^a
CRA mL/10g	1,91(\pm 0,20)	1,88(\pm 0,20)	1,96(\pm 0,20)	2,58(\pm 0,20)	2,25(\pm 0,20)
Textura (gf)	19,38(\pm 0,97) ^a	17,68(\pm 0,97) ^a	18,28(\pm 0,97) ^a	21,72(\pm 0,97) ^b	17,96(\pm 0,97) ^a
<i>Color</i>					
<i>L*</i>	36,08(\pm 0,58) ^a	37,00(\pm 0,58) ^a	37,62(\pm 0,58) ^a	35,83(\pm 0,58) ^b	36,75(\pm 0,58) ^a
<i>a*</i>	9,46(\pm 1,0)	9,25(\pm 1,0)	9,59(\pm 1,0)	9,75(\pm 1,0)	9,41(\pm 1,0)
<i>b*</i>	10,43(\pm 0,19)	10,55(\pm 0,18)	10,41(\pm 0,18)	10,36(\pm 0,18)	10,52(\pm 0,18)

a,b Letras distintas dentro de fila y tratamiento significan diferencias significativas ($P \leq 0,05$).

VI. DISCUSIÓN

El bienestar animal es un tema de creciente importancia en México, pudiendo constituir en un futuro no muy lejano, un factor determinante en la creación y actualización de leyes, reglamentos y normas que rigen la producción ganadera, el transporte y la matanza. Además de formar parte de una tendencia a ser un valor agregado a la calidad del producto que se entrega a los consumidores (María, 2006). Esta nueva situación es una oportunidad para ofrecer productos de calidad en la acepción más amplia del concepto. En este sentido, el transporte y matanza de los animales constituyen la última etapa del proceso primario de producción cárnica, la cual es muy visible a la opinión pública en general (María et al., 2004). En este contexto, el transporte de larga distancia es una práctica cada vez menos aconsejada alrededor del mundo e incluso altamente normada en los países pertenecientes a la Comunidad Europea (Ritter et al., 2008). En nuestro país, este tipo de transporte es más una regla que una excepción, debido a la creciente tendencia de especializar la engorda en estados diferentes a los de origen inicial de los animales. Esto sucede en el ganado bovino, donde los estados como Guerrero, Oaxaca, Tabasco, Campeche, y Chiapas que proveen de becerros a los grandes centros de engorda de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sonora, Chihuahua y Baja California Norte.

En México, debido a su extensión territorial y la concentración de la matanza ovino en el centro del país, obliga a realizar transportes de larga distancia. Esto ha dado como resultado el aumento del uso de trailers con jaula ganadera o "Pot-belly", que tienen capacidad de mover hasta 500 animales en un solo viaje. Además de que el sector ovino ha tenido un crecimiento sostenido los últimos 10 años, y el transporte se empieza a hacer más complejo, pero de manera inversa a lo que sucede con el bovino, donde los animales son engordados en estados del norte, occidente y del sureste y son transportados hacia el centro del país, especialmente a los estados de Hidalgo y de México. En general, nuestros

resultados indican que este proceso es altamente estresante para todos los corderos evaluados desde la óptica de los perfiles de temperatura, la respuesta fisiológica proveniente de indicadores hematológicos, bioquímicos, y la calidad de la carne. Además el transporte de largas distancias, presentó repercusiones diferenciadas entre las posiciones que ocuparon los animales en los compartimentos del camión. Este estudio, es el primero dirigido a la comprensión del fenómeno de los viajes de larga distancia en el ganado ovino en nuestro país.

6.1. Temperatura corporal

Normalmente, la temperatura rectal se ha utilizado como indicador para medir la temperatura corporal de los animales, aunque recientemente se usan termómetros infrarrojos a distancia. Sin embargo, estos dos métodos tienen en su implementación práctica el inconveniente que en menor o mayor grado pueden alterar una respuesta de estrés e hipertermia en el momento del muestreo, y no medir lo que originalmente se está buscando (Piccione et al., 2014). En este contexto, recientemente se han empezado a utilizar dispositivos telemáticos que permiten valorar la temperatura de los animales sin tener un contacto directo con ellos y sin alterar el patrón de respuesta. En esta tesis, proponemos el uso del sensor iButton® ThermoChron® DS1921G, que previamente ha sido validado en estudios de transporte ovino (Pascual-Alonso et al., 2016), con resultados que indican una alta fiabilidad en viajes de no más de 4 horas y su comparación con animales sin transportar.

Los resultados de este estudio, mostraron una buena sensibilidad del método de medición de la temperatura utilizado en nuestro estudio. Cabe señalar que al colocar el dispositivo en la zona inguinal, la temperatura reportada en este estudio es la temperatura periférica la cual según Pastor (2006), es 3°C menor que la temperatura rectal. Para los ovinos temperatura cutánea media es de 36°C y la rectal de 39°C en condiciones termo-neutrales (Marai et al., 2007). Por lo cual,

nuestros resultados de temperatura periférica deben ser tomados ponderando los 3°C menos comparados con la rectal. La zona de colocación fue elegida, debido a que en condiciones comerciales es difícil implantar los sensores o introducirlos vía intra-vaginal como Pascual-Alonso et al. (2016). Nuestros resultados demuestran que los transportes de larga distancia en ovinos de pelo causan una hipertermia que puede ser detectada con el uso de los sensores iButton® Thermochron®. La utilidad de estos sensores radica que se pueden obtener mediciones automatizadas en series de tiempo precisas y que pueden ser relacionadas de manera eficaz con las etapas de todo el proceso logístico que supone mover un animal desde el CA hasta incluso en la etapa *post mortem*. Adicionalmente también se puede vincular con rutas específicas y arrojar datos que nos permitan inferir sobre segmentos de las rutas que pueden ser problemáticos para los animales. En este contexto, nuestros resultados indican que en los 18 segmentos operativos en que fue dividido el viaje, los corderos de los compartimentos PC1 y PC2 exhibieron mayores temperaturas corporales, comparados con los animales de los compartimentos PC3, PC4 y PC5 en todos los trayectos. Estos resultados concuerdan con estudios en otras especies, que indican que la ubicación en el camión es un determinante en la respuesta de estrés (conejos, Liste et al., 2010; aves, Nazareno et al., 2015; cerdos, Dalla Costa et al., 2007).

En cuanto a los trayectos que indujeron más estrés en términos de hipertermia, fueron 7 los trayectos que registraron las mayores temperaturas en promedio para los cinco compartimentos. Una posible explicación sobre estos resultados es que las temperaturas de los animales empiezan a aumentar a medida que el camión sube de los 480 msnm de manera gradual hasta que llega a la cota de los 1800 msnm cuando se cruza la Sierra Madre Oriental, y la respuesta se mantiene durante varios trayectos más, después ya en alturas superiores a los 1500 msnm los animales tienen cierta adaptación hasta que inicia el asenso a alturas superiores a los 2,500 msnm en el centro del país hacia el altiplano mexicano.

Los resultados obtenidos en este estudio, indican que la altura sobre el nivel del mar podría ser un factor inductor de estrés adicional a otros ampliamente descritos. Por lo cual, el transporte debe ser planificado con una logística eficaz y dinámica, teniendo en cuenta las condiciones de la carretera, el clima, las condiciones del tráfico, el transporte, tiempos de espera de ingreso al rastro, la espera pre-matanza (Ljungberg et al., 2007) e incluso los cambios de altura sobre el nivel del mar en las rutas. El estrés asociado a un viaje largo provocado por la pérdida de balance, hacinamiento, hambre y sed, puede ser reducido con los descansos obligatorios (Cockram, 2007). Sin embargo, puede aumentar el estrés asociado con la manipulación, carga, descarga y la exposición a un ambiente novedoso. Por lo tanto, tiempo de viaje debe ser lo suficientemente corto como para evitar el requisito de descarga de los animales para el descanso (Cockram et al., 2000). El efecto de la descarga de animales para los períodos de descanso, podría ser un aumento del costo biológico para los animales.

En términos de la influencia de las posiciones en el camión y su efecto en la respuesta en la temperatura corporal durante las diez etapas en las que se dividió esta parte del estudio, los resultados obtenidos indican que las posiciones en el camión PC1 y PC2 presentaron temperaturas corporales más altas en comparación con PC3, PC4 y PC5 en las diez etapas evaluadas. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Bianchi et al. (2004), en un estudio en transporte en ovinos en Uruguay, donde sólo se valoraron dos posiciones en el camión (arriba y abajo). Los resultados indican que los animales con mayores niveles de estrés fueron los corderos de la parte baja del camión y que este efecto se estableció aun con 9 horas de espera pre-matanza e incluso se trasladó hasta la calidad de la carne. Estos resultados y los nuestros destacan que las partes bajas de los camiones son una área donde los animales pueden tener mayores niveles de estrés, esto quizás dado porque por gravedad, reciben las filtraciones de orina, agua y excremento de los niveles superiores. Otro punto importante a destacar que los remolques que se usan en México están a nivel de los ejes (cosa que no

sucede con el estudio uruguayo), lo que influye en que el viaje en este compartimento tenga las características de un ambiente con menor iluminación, mayor temperatura y humedad ambiental, sumado a la descarga de orina y heces del piso superior del camión, explicarían estos resultados.

En el caso de los corderos ubicados en la nariz del camión (PC2) y que de acuerdo con nuestros resultados tiene estadísticamente los mismos niveles de respuesta de hipertermia que los animales PC1, en ovinos no hay evidencias que expliquen este efecto, sin embargo en porcinos se ha reportado que si bien el efecto de arriba-abajo no es claro en términos de estrés, el efecto entre la parte delantera-medio y final, si lo tienen (Dalla Costa et al., 2007). Esto debido a que en la parte de la nariz del remolque tiene una resistencia aerodinámica, que puede ser definida como resistencia del aire a la fuerza que sufre un chasis al moverse a través del aire (Hoxel et al., 1996). Por lo cual, es de suponer que PC2 es una área más fría, y que adicionalmente en nuestro caso es colindante con los dos escapes elevados y que puede ser una fuente de ruido constante, sobre todo en los trayectos donde el camión baja de las montañas y el frenado con motor eleva los niveles de ruido a los que estarían más expuestos los corderos en esta ubicación. Este efecto ha sido descrito curiosamente como un estresor para los choferes de camiones de ganado en viajes de larga distancia que hacen turnos de conducción y que deben dormir durante ciertos trayectos, por lo cual los diseños actuales en términos de ergonomía incluyen aislamiento sonoro para estos compartimentos (Darwent et al., 2010).

En cuanto a las diferencias de temperatura de los animales durante las operaciones de embarque los animales, donde los corderos PC1, PC2 y PC5 presentaron temperaturas mayores, comparados con los grupos PC3 y PC4. Estos resultados pueden deberse a las diferencias en el arreo de los animales, debido a que los manejadores no tienen un comportamiento homogéneo a la hora de subir animales al camión (Romero et al., 2013), aunque claramente pueden ser

afectados por las demoras y/o urgencia para que el camión pueda partir, hecho que es común en las compañías de transporte ganadero (Miranda-de la Lama et al., 2011). Otra posible explicación es que los animales PC1 y PC2 requieren más manejo para entrar en los compartimentos y usar las rampas internas del remolque, y los animales del PC5, podrían tener mayores niveles debido a que son los últimos en embarcar, pasan más tiempo en los corrales de pre-embarque y están presentes los estímulos a los que han sido expuestos los demás animales. Aunado a esto, el uso de bastón eléctrico es una constante en el manejo de ovinos en los estados del norte del país, en nuestro estudio este implemento fue utilizado frecuentemente por los manejadores.

Hay tres razones fundamentales por las que los animales después de ser transportados al rastro, tengan un tiempo de espera antes de ser sacrificados. Primero, permite la planificación de la matanza por lotes de acuerdo a los requerimientos de la planta; en segundo lugar el poder inspeccionar al ganado y finalmente permite a los animales descansar y recuperarse de los rigores del viaje (Gregory, 2007). En nuestros resultados, durante la espera pre-matanza, los corderos provenientes de los grupos PC1, PC2 y PC5 tuvieron valores de temperatura mayores, comparados con los grupos PC3 y PC4. Estos resultados, podrían estar vinculados a lo descrito en el párrafo anterior, además de que los animales del PC5 son los primeros en ser desembarcados lo cual supondría reactividad emocional mayor, debido a que son movilizados inmediatamente a un ambiente desconocido que son los corrales de recepción (Miranda-de la Lama et al., 2012). En el caso de los corderos PC1 y PC2, estos por su ubicación en el camión fueron los últimos en desembarcar lo cual explicaría que tuvieran niveles elevados de temperatura debido a que reciben los estímulos de manejo de otros animales como ruidos y olores, además de la posible expectativa de bajar del camión, y no poder hacerlo. De acuerdo a Krawczel et al. (2007), uno de los estímulos más estresantes para los corderos es la espera en el camión detenido después de un viaje. Esto confirmaría que los animales estarían en la espera pre-

matanza estresados y que a pesar de las 16 horas de reposo, presentaran valores más elevados de temperatura.

6.2. Vibración y movimiento de los animales

Un punto importante a considerar en la planeación de una rutas para los viajes de larga distancia es el estado general de las carreteras elegidas (Miranda-de la Lama et al., 20011). 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, lo cual crea incomodidad, desplazamientos del centro de gravedad de los animales y pérdida del equilibrio (Gebresenbet et al., 2011).

Es importante mencionar que en este estudio, durante las 5 etapas, que fueron pesaje, embarque, embarcados, desembarque y espera pre-matanza, los sensores indican los movimientos de los animales por metro por segundo al cuadrado o m/s^2 que es una unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades (SI) para medir la aceleración de un cuerpo, en este caso de los corderos. La medias para los cinco compartimentos nos indican que los animales expresaron mayores umbrales de movimiento durante el pesaje, el desembarque (medida que depende de los animales), y el transporte (medida que depende de la ruta y el camión). Lo cual indicaría que el movimiento de los animales se intensifica cuando el manejo es mucho más directo, lo cual haría a los corderos más reactivos y dinámicos (Fazio y Ferlazzo, 2003). Esto sería parcialmente confirmado por las temperaturas corporales obtenidas para las mismas etapas, aunque no para las otras.

En este estudio, se inició la toma de datos 5 minutos después de colocados los dispositivos en cada animal. Los resultados indican en términos de movimiento

que los animales de los grupos PC1, PC2, y PC3 tuvieron un umbral de movimiento significativamente mayor, comparados con los corderos PC4 y PC5. Estas diferencias pueden deberse a que los corderos PC1, PC2, PC3 fueron embarcados primero y requieren manejo inicial en el pre-embarque, que cuando empiezan las maniobras suele ser más lento, hasta que los operarios se coordinan bien y manejan los animales eficientemente (María et al., 2004), como lo muestran los umbrales de movimiento menor es los tratamientos PC3 y PC5.

Durante el embarque, los animales que tuvieron de manera significativa un mayor movimiento fueron los corderos PC2 y PC4. Esto se puede deber a que son justamente las dos áreas del camión de mayor dificultad de acceso para los animales debido a que se deben abrir todos los separadores internos para que los animales puedan ubicarse en la ubicación final por lo tanto, los animales son más difíciles de manejar (Correa et al., 2014). Por lo cual, la carga y la descarga en este tipo de vehículos es crítica y son proclives a mayor riesgo de pérdidas de animales durante el transporte en comparación con otros tipos de vehículos (Ritter et al., 2008; Torrey et al., 2013). Cuando los animales estuvieron en sus posiciones para viajar, los grupos que registraron mayor actividad fueron PC4 y PC5. Es probable que los animales que fueron cargados al principio, después de un tiempo determinado tomen posiciones cómodas y tengan un descenso en la actividad, sin embargo los corderos que fueron embarcados al final estarían más activos debido a que tienen menos tiempo en el camión y aun no han encontrado una posición de confort. En cabras, Das et al. (2001), han reportado que la posición de confort antes de iniciar el viaje es en paralelo a la dirección del vehículo. Sin embargo, cuando el vehículo entra en movimiento, la orientación de los animales cambia con frecuencia durante el transporte.

La vibración en un vehículo determinado está influenciada por el contacto con el asfalto, la suspensión, la velocidad, el número de ejes e incluso por la calibración de aire de las llantas (Ranathunga et al., 2010). Durante el transporte, la vibración

pasa primero por las ruedas, luego el eje de la suspensión y el chasis, hasta que se transmite a los animales (Nazareno et al., 2015). Nuestros resultados indican que durante el viaje, las posiciones que registraron mayores movimientos de manera significativa, fueron los corderos en las posiciones PC2, PC5, seguidas en magnitud PC4. Estos resultados indican que la vibración *per se* en una autopista asfaltada como lo es la 57 Federal, no sería un factor determinante en la respuesta de hipertermia por estrés, aunque si coadyuvante como lo demuestran los resultados para los animales del PC2. Aunque otros factores asociados al transporte podrían también ser responsables de las respuestas de estrés como olores y ruidos novedosos, privación de alimento, variaciones de temperatura durante el viaje, transporte por períodos prolongados, ejercicio, mezcla de grupos de animales de distinto origen y el contacto con los operadores (Kettlewell et al., 2001).

El tiempo de desembarque, es generalmente dependiente de las facilidades para realizarlo y de las técnicas de arreo (María et al., 2014). En nuestras condiciones experimentales, el desembarque fue mucho más rápido, comparado con el embarque. Nuestros resultados indican que el desembarque en el destino, todos los corderos presentaron mayores movimientos, excepción del grupo PC3. Finalmente, durante la espera pre-matanza en nuestro estudio el tratamiento más activo fue el PC4. La espera pre-matanza es el periodo de descanso posterior al transporte y antes de la matanza, donde los animales no son alimentados, pero tienen acceso libre al agua (Miranda- de la Lama, 2013). En las condiciones de este trabajo, aunque los corrales de espera fueron de dimensiones similares, es probable que los animales de PC4 tuviesen una mejor condición debido a su ubicación preferente en el camión y les permitiera ya en la espera tener mayor actividad.

6.3. Hematología y bioquímica sanguínea

El cortisol es una buena medida indirecta del estrés experimentado por un animal (Baldock y Sibly, 1990), y tiende a incrementarse cuando los corderos están expuestos a condiciones adversas, tales como los viajes de larga distancia (Fisher et al., 2010), malas condiciones de las carreteras (Ruiz de la Torre et al., 2001; Miranda-de la Lama et al., 2011), viajes de larga distancia combinados por carretera/barco (Tadich et al., 2009), los viajes de larga distancia con paradas intermitentes (Krawczel et al., 2007) y paradas de descanso en viajes de larga distancia (Messori et al., 2015). En nuestros resultados, las concentraciones de cortisol fueron mayores en los grupos PC1 y PC2, lo que sugiere que estas dos posiciones en el camión (“pan a” y “nari”), son claramente problemáticas para los corderos transportados en las condiciones de nuestro estudio. Los resultados obtenidos de nuestro estudio, indican que los transportes de larga distancia son mayormente estresantes para los corderos que van en las posiciones PC1 y PC2, que adicionalmente presentaron una disminución en las concentraciones de glucosa. Diversos estudios en diferentes especies han encontrado concentraciones plasmáticas de glucosa más bajas especialmente en los viajes de larga distancia (Vošmero et al., 2010; Garcia et al., 2015). Esto debido a la acción catabólica mediada por el cortisol, secretado durante largos periodos de tiempo debido a lo demandante que es un transporte de larga distancia en términos energéticos y que movilizaría la glucosa en sangre para afrontar el viaje (Miranda-de la Lama et al., 2011). Esto explicaría un descenso en los niveles de glucosa en sangre de nuestro estudio.

Un aumento de la concentración de catecolaminas en general, aumenta el hematocrito, que se acentúa por los viajes largos debido a la deshidratación (Cockram et al., 1996; María, 2008). Los cambios en el hematocrito reflejan también la movilización de los glóbulos rojos del bazo, en respuesta a las catecolaminas (Broom y Johnson, 1993). Sin embargo, en nuestro estudio, para la

variable de hematocrito no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque si altos porcentajes para los 5 tratamientos que indicarían el impacto del estrés por el viaje largo independientemente de la ubicación que ocuparon en el remolque.

La actividad plasmática de la enzima CK es generalmente considerada como un indicador de daño muscular y fatiga, aunque también es liberada, en circunstancias rutinarias, como el ejercicio vigoroso (Miranda-de la Lama et al., 2010). En nuestro estudio, los valores plasmáticos de CK fueron más altos en los animales PC1, PC2 y PC4 en comparación con los corderos PC5 y PC5, lo cual indica una mayor respuesta de ejercicio físico durante el viaje y también a las etapas previas y posteriores a este. Otra posible explicación, es que los animales PC1 y PC2 requieren más manejo para entrar en los compartimentos y usar las rampas internas del remolque, y los animales del PC4, podrían tener mayores niveles debido a que durante la espera pre-matanza, pasan más tiempo en estos corrales y están presentes los estímulos a los que han sido expuestos los demás animales. Adicionalmente, cuando los rumiantes son expuestos de manera reiterada a temperaturas ambientales extremas (como el marcado invierno mexicano), hay un aumento en CK y una disminución en la secreción de cortisol plasmático (Habeeb et al., 1992).

Finalmente para la relación neutrófilos/linfocitos se encontró que esta relación era significativamente más alta en los corderos provenientes del tratamiento PC1, comparado con el resto de tratamientos, lo cual indicaría que esta ubicación en el camión comúnmente denominada panza, no solo tiene efectos estresantes, sino que también tiene un papel importante en la inmunosupresión de los animales. Esto cobra especial importancia en transportes de translocación, donde se mueven cantidades importantes de animales para venta en pie, alternancia de pastoreo o animales jóvenes para engorda, debido a que los animales que viajan en este compartimento tendrían más posibilidades de enfermarse. El estrés activa

el HPA y el eje simpático-adrenal, que afecta la cuenta normal de glóbulos blancos y otros valores hematológicos. Por lo cual, una medida útil del efecto sostenido de estrés es la relación N/L (Blecha, 2000). El transporte y la estación del año pueden afectar a esta relación mediante el aumento de la cantidad de neutrófilos y la disminución de la cantidad de linfocitos y eosinófilos, lo que aumenta la relación N/L (Kannan et al., 2000).

6.4. Calidad de la carne

Una consecuencia negativa de las operaciones pre-matanza, es la presencia de carne clasificada como DFD (dark, firm and dry, por sus siglas en inglés) ya que provoca problemas de comercialización debido a que los consumidores asocian el color oscuro con carne vieja o inadecuadamente almacenada (Gregory, 2007). Para la industria de la carne, el pH se establece como un valor de referencia para discriminar entre una carne normal y DFD. Comúnmente se considera que una carne DFD con un pH_{24} mayor a 6, aunque existen muchas evidencias en carne bovina y ovina que el valor en el cual la carne ya tiene alteradas sus características instrumentales como pH, CRA, textura y color es a partir de 5.8 (Wulf et al., 2002). Existen evidencias que indican que la presencia de carne DFD está altamente influenciada por climas extremos (Pérez-Linares et al., 2006).

Este estudio fue realizado en invierno del 2014-2015 y en estas condiciones experimentales, la carne obtenida de los 40 animales muestreados tiene pH altos (promedio 5.8), capacidad de retención de agua elevada, textura más dura y de baja luminosidad (carne oscura). Estos resultados, concuerdan por lo reportado para transporte de invierno por Knowles et al., (1998), Miranda-de la Lama et al., 2009, 2010 y con Zahner et al., (2004), que encontraron en bovino una fuerte influencia del clima frío en la respuesta al estrés. Sin embargo, esto tendría especial relevancia, si la carne tuviese como fin el mercado de cortes finos. No obstante, nuestro trabajo fue desarrollado en una empresa dedicada a producir su

propia barbacoa, vender animales en pie o en canal a otros mayoristas y minoristas de barbacoa. Aunado a esto, no existen estudios que indiquen la problemática de usar carne DFD para la preparación de barbacoa en términos de textura, color, CRA, calidad sensorial e incluso por inocuidad. En este sentido se requiere generar más investigación al respecto que permita a futuro consolidar un segmento del mercado que tenga al bienestar animal como una exigencia de calidad y que obligue a la cadena de la barbacoa en todos sus eslabones a garantizarlo y cumplir con las normas oficiales mexicanas o internacionales en materia de matanza para el abasto, manejo pre-matanza y operación de establecimientos para tal efecto.

En el caso de los tratamientos, para todas las variables analizadas a excepción de CRA, hubo una diferencia significativa, donde los animales de PC4 exhibieron valores más altos en comparación con los grupos PC1, PC2, PC3 y PC5. En este estudio, los animales PC4 alcanzaron el valor máximo de $pH_{u_{24}}$ que fue de 6, una posible causa puede ser dada con la información recabada en los acelerómetros que demostraron que los animales PC4 tuvieron unos niveles de movimiento mayores comparados con los demás tratamientos durante 5 de las 6 etapas evaluadas con estos dispositivos. Lo cual indicaría que un posible efecto del sobre ejercicio tendría un efecto en el pH final. Asimismo, los presentes resultados concuerdan plenamente con lo encontrado por Geesink et al. (2001), donde un pH muscular de entre 5,8 y 6,1, está asociado con una mayor dureza post mortem. También coinciden con Kadim et al. (2006), que encontraron valores significativamente más altos para la variable de fuerza máxima en cabritos con estrés por transporte y Vergara et al. (2005), que encontró un efecto significativo del estrés pre-matanza sobre las variables de fuerza de corte en corderos lechales. Sin embargo, la relación entre el pH y la textura de la carne no es lineal cuando el rango de pH es inferior al valor límite comercialmente aceptado para una carne de calidad (Ferguson y Warner, 2008).

El pH también tiene una gran influencia sobre el color de la carne. En este caso, el pH más alto se corresponde con los valores de luminosidad más bajos, similar a lo comunicado por Hopkins et al. (1995), que observaron una correlación significativa y de signo negativo entre los valores de luminosidad e índice de amarillo con el pH muscular. En la carne de nuestros corderos solo fue significativa la variable de luminosidad (L), que presentó mayores bajos y fue más oscura que la carne de animales sacrificados PC1, PC2, PC3 y PC5 (valores más bajos de luminosidad), aunque en términos de color en general toda la carne de este estudio puede ser considerada carne oscura. Algunos estudios indican que el estrés tiene una tendencia a hacer la carne más oscura (Klont et al., 2000; Kadim et al., 2006). A medida que el pH se aleja del punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares (pH=5.5), éstas presentan cargas libres, mostrando por lo tanto el músculo una estructura abierta, que hace que la reflexión de la luz se reduzca produciéndose un oscurecimiento de la carne (Gregory, 2007).

VII. CONCLUSIONES

Este trabajo aporta un panorama inicial de las condiciones del transporte de larga distancia en México en general, y en particular para la especie ovina. Los resultados del estudio sugieren que la ubicación de los animales en el camión en los viajes de larga distancia es una fuente importante de factores que inducen estrés muy potentes para los corderos, que ponen en riesgo su bienestar y la calidad de la carne. El efecto combinado de factores propios del camión como la vibración, la ruta, temperatura, estilo de conducción y los inherentes al manejo en las etapas pre-matanza ponen a prueba los mecanismos de adaptación de los animales, que por efecto acumulativo afectan el bienestar de los corderos. Por lo cual, podemos concluir que:

- 7.1. La medición de temperatura corporal con los dispositivos y la posición en el pliegue inguinal son herramientas útiles y no invasivas para la evaluación de los cambios de temperatura durante transportes de larga distancia.
- 7.2. La medición de vibración transferida del camión a los animales y los movimientos de los animales con los dispositivos y la posición en el pliegue inguinal son herramientas útiles y no invasivas para la evaluación de los cambios de movimientos tridimensionales durante transportes de larga distancia.
- 7.3. Los compartimentos PC1 y PC2 tienen un efecto altamente inductor de estrés en los corderos, al presentar éstos mayor temperatura corporal, cortisol, ratio N/L, CK en comparación con los otros espacios testados.
- 7.4. El transporte de larga distancia demostró tener un efecto negativo en las variables de carne analizadas y que podrían ser catalogadas como DFD, independientemente de la ubicación que ocupen los animales en el mismo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adzitey, F., Nurul, H. 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: Causes and measures to reduce these incidences-a mini review. *International Food Research Journal*, 18, 11-20.
- Baker, C. J., Dalley, S., Yang, X., Kettlewell, P., Hoxey, R. 1996. An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles: Part 2, wind tunnel experiments. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65, 97-113.
- Bak, T., Wajda, S. 1997. Effect of different ways of watering porkers transported for 50 or 100 km before slaughter. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis Veterinaria*, 6, 63–73.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Van Lier, E., Franco, J., Feed, O., Peculio, A., Fernández, M.E. 2004. Efecto del transporte y tiempo de espera en frigorífico sobre los niveles de cortisol plasmático, características de la canal y de la carne de corderos pesados. *Agrociencia*, 8, 89-97.
- Blecha, F. 2000. Immune system response to stress. In: G. P. Moberg and J. A. Mench, Editors. *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*. CABI Publishing, New York, New York, USA. pp. 111-122.
- Bouwknicht, J.A., Olivier, B., Paylor, R.E., 2007. The stress-induced hyperthermia paradigm as a physiological animal model for anxiety: a review of pharmacological and genetic studies in the mouse. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 31, 41-59.
- Broom, D.M. 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal*, 142, 524-526.
- Broom, D.M., Johnson K.G. 1993. *Stress and animal welfare*. Champman and Hall. Animal Behaviour Series, London, U. K.

- Broom, D.M. 2005. The effects of land transport on animal welfare. *Revue Scientifique Et Technique De L Office International Des Epizooties*, 24, 683-691.
- Broom, D.M., Fraser, A.F. 2015. *Domestic Animal Behaviour and Welfare*. 5th edn. Wallingford: CABI.
- Chandroo, K.P, Duncan, I.J., Moccia, R.D. 2004. Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress. *Applied Animal Behaviour Science*, 86, 225-250.
- Cockram, M.S., Kent, J.E., Goddard, P.J., Waran, N.K., McGilp, I.M., Jackson, R.E., Muwanga, G.M., Prytherch, S. 1996. Effect of space allowance during transport on the behavioural and physiological responses of lambs during and after transport. *Animal Science* 62, 461-477.
- Cockram, M.S., Kent, J. E., Goddard, P.J., Waran, N.K., Jackson, R.E., McGilp, I.M., Southall, E.L., Moriarty, J.R., McConnell, J.I., O’Riordan, J., Wilkins, B.S. 2000. Behavioural and physiological responses of sheep to 16 h transport and a novel environment post transport. *Veterinary Journal*, 159, 139-146.
- Cockram, M.S., Baxter, E.M., Smith, L.A., Bell, S., Howard, C.M., Prescott, R.J., Mitchell, M. A. 2004. Effect of driver behaviour, driving events and road type on the stability and resting behaviour of sheep in transit. *Animal Science*, 79, 165-176.
- Cockram, M.S. 2007. Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, 106, 234-243.
- Conte, S., Faucitano, L., Bergeron, R., Torrey, S., Gonyou, H. W., Crowe, T., Widowski, T.M. 2015. Effects of season, truck type, and location within truck on gastrointestinal tract temperature of market-weight pigs during transport. *Journal of Animal Science*, 93, 5840-5848.
- Correa, J. A., Gonyou, H., Torrey, S., Widowski, T., Bergeron, R., Crowe, T., Faucitano, L. 2014. *Welfare of Pigs Being Transported over Long*

- Distances Using a Pot-Belly Trailer during Winter and Summer. *Animals*, 4, 200-213.
- Curley, F.J., Irwin, R.S., 1986. Analytic Review: Disorders of Temperature Control: Part I. Hyperthermia. *Journal of Intensive Care Medicine*, 1, 5-14.
- Dalmau, A., Di Nardo, A., Realini, C. E., Rodríguez, P., Llonch, P., Temple, D., Dalla Villa, P. 2014. Effect of the duration of road transport on the physiology and meat quality of lambs. *Animal Production Science*, 54, 179-186.
- Dalla Costa, O.A., Faucitano, L., Coldebella, A., Ludke, J.V., Peloso, J.V., Dalla Roza, D., da Costa, M.P. 2007. Effects of the season of the year, truck type and location on truck on skin bruises and meat quality in pigs. *Livestock Science*, 107, 29-36.
- Dalley, S., Baker, C.J., Yang, X., Kettlewell, P., Hoxey, R. 1996. An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles: Part 3, internal flow field calculations. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65, 115-127.
- Dallmann, R., Steinlechner, S., von Horsten, S., Karl, T., 2006. Stress-induced hyperthermia in the rat: comparison of classical and novel recording methods. *Laboratory Animals*, 40, 186–193.
- Darwent, D., Roach, G., Dawson, D. 2012. How well do truck drivers sleep in cabin sleeper berths?. *Applied Ergonomics*, 43, 442-446.
- Das, K.S., Srivastava, B.B., Das, N. 2001. Standing orientation and behaviour of goats during short-haul road transportation. *Small Ruminant Research*, 41, 91-94.
- Duncan, I.H. 1996. Animal welfare defined in terms of feelings. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 27, 29-35.
- Duncan, I.H. 2005. Science-based assessment of animal welfare: farm animals. *Revue Scientifique Et Technique De L Office International Des Epizooties*, 24, 483-492.

- Duncan, I.H., Fraser, D. 1997. Understanding animal welfare. In: Appleby, M.C. and Hughes, B.O. (Edits.) *Animal Welfare*. CAB International. Wallingford, U.K.
- Dockès, A.C., Kling-Eveillard, F., Wisner-Bourgeois, C. 2004. Livestock farmers and technicians representations of animals and animal welfare. In: 55 th Annual meeting of the European Association for Animal Production. EAAP. Sept. 5-9. Bled, Slovenia.
- Fazio, E., Ferlazzo, A. 2003. Evaluation of stress during transport. *Veterinary Research Communications*, 27, 519-524.
- Ferguson, D.M., Warner, R.D. 2008. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants?. *Meat Science*, 80, 12-19.
- Fisher, A.D., Colditz, I. G., Lee, C., Ferguson, D.M. 2009. The influence of land transport on animal welfare in extensive farming systems. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 4, 157-162.
- Fisher, A.D., Niemeyer, D.O., Lea, J.M., Lee, C., Paull, D.R., Reed, M.T., Ferguson, D.M. 2010. The effects of 12, 30, or 48 hours of road transport on the physiological and behavioral responses of sheep. *Journal of Animal Science*, 88, 2144-2152.
- Fraser, D., 2001. The “new perception” of animal agriculture: legless cows, featherless chickens, and a need for a genuine analysis. *Journal of Animal Science*, 79, 634–641.
- Fitzpatrick, J., Scott, M., Nolan, A. 2006. Assessment of pain and welfare in sheep. *Small Ruminant Research*, 62, 55-61.
- Garcia, A., Pirner, G., Picinin, G., May, M., Guay, K., Backus, B., McGlone, J. 2015. Effect of Provision of Feed and Water during Transport on the Welfare of Weaned Pigs. *Animals*, 5, 407-425.
- Gebresenbet, G., Aradom, S., Bulitta, F. S., Hjerpe, E. 2011. Vibration levels and frequencies on vehicle and animals during transport. *Biosystems Engineering*, 110, 10-19.

- Geesink, G., Mareko, J.M.H.D., Morton, J.D., Bickerstaffe, R. 2001. Effects of stress and high voltage electrical stimulation on tenderness of lamb m. longissimus. *Meat Science*, 57, 265-271.
- Greer, R.J., Cohn, L.A., Dodam, J.R., Wagner-Mann, C.C., Mann, F.A. 2007. Comparison of three methods of temperature measurement in hypothermic, euthermic, and hyperthermic dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 23012, 1841-1848.
- Gregory, N.G. 2007. *Animal welfare and meat production*. 2nd Edition, CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- Habeeb, A.A., Marai, I.F., Kamal, T.H., 1992. Heat stress. In: Phillips, C., Piggins, D. (Edit.), *Farm Animals and the Environment*. CAB International, Wallingford, UK.
- Hall, S.J.G., Kirkpatrick, S.M., Broom, D.M. 1998. Behavioural and physiological responses of sheep of different breeds to supplementary feeding, social mixing and taming, in the context of transport. *Animal Science*, 67,475-483.
- Hansen P.J., Dikmen S., Sakatani M., Dahl G.E., 2014. Cooling strategies during heat stress. Disponible en: http://www.extension.org/pages/63354/cooling-strategies-during-heat-stress#.VfoplRF_Oko. Consultado en Enero de 2016.
- Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Beveridge, L., Matthews, L.R. 1995. The welfare of extensively managed a review dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 42, 161-182.
- Hilmer S, Algara D, Neckc D, Schleucher E. 2010. Remote sensing of physiological data: impact of long term captivity on body temperature variation of the feral cat (*Felis catus*) in Australia, recorded via Thermochron iButtons. *Journal of Thermal Biology*, 35, 205–210.
- Hopkins, D.L., Ferrier, G.R., Channon, H.A., Mac Donald, B.A. 1995. Assessment of lamb meat quality in Sydney and Melbourne. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 55, 114-116.

- Hoxey, R.P., Kettlewell, P. J., Meehan, A.M., Baker, C.J., & Yang, X. 1996. An investigation of the aerodynamic and ventilation characteristics of poultry transport vehicles: Part I, full-scale measurements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65, 77-83.
- Hurnik, J.F. 1995. *Dictionary of farm animal behaviour*. Iowa State University Press, Iowa.
- Ibañez, M., De la Fuente, J., Thos, J., Gonzalez de Chavarri, E., 2002. Behavioural and physiological responses of suckling lambs to transport and lairage. *Animal Welfare*, 11, 223- 230.
- Ingram, J.; Cook, C.; Harris, P., 2002. The effect of transport on core and peripheral body temperatures and heart rate of sheep. *Animal Welfare*, 11, 103–112.
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Kindi, A., Al-Marzooqi, W., & Al-Saqri, N.M. 2006. Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of Omani goats. *Meat Science*, 73, 626-634.
- Kannan, G., Terrill, T.H., Kouakou, B., Gazal, O.S., Gelaye, S., Amoah, E.A., Samake, S., 2000. Transportation of goats: effect on physiological stress responses and live weight loss. *Journal of Animal Science*, 78, 1450–1457.
- Kettlewell, P.J., Hoxey, R.P., Hampson, C.J., Green, N.R., Veale, B.M., & Mitchell, M.A. 2001. Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79, 429-439.
- Klont, R.E., Barnier, V.M.H., Van Dijk, A., Smulders, F.J.M., Hoving-Bolink, A.H., Hulsegge, B., Eikelenboom, G. 2000. Effects of rate pH fall, time of deboning, aging period, and their interaction on veal quality characteristics. *Journal of Animal Science*, 78, 1845-11851
- Knowles, T.G, Maunder, P., Warris, P.D. 1994. Factors affecting the incidence of bruising in lambs arriving at one slaughterhouse. *Veterinary Record*, 134, 107-110.

- Knowles, T.G. 1998. A review of the road transport of slaughter sheep. *Veterinary Record*, 143, 212-219.
- Krawczel, P.D., Friend, T., Caldwell, D.J., Archer, G., Ameiss, K. 2007. Effects of continuous versus intermittent transport on plasma constituents and antibody response of lambs. *Journal of Animal Science*, 85, 468-476.
- LayWel. 2006. Welfare implications of changes in production systems for laying hens. In: Results of the European Project: Welfare implications of changes in production systems for laying hens. <http://www.laywel.eu/>
- Limón, G., Guitian, J., Gregory, N.G. 2010. An evaluation of the humaneness of puntilla in cattle. *Meat Science*, 84, 352-355.
- Liste, M.G., María, G.A., García-Belenguer, S., Chacón, G., Gazzola, P., Villarroel, M. 2010. The effect of transport time, season and position on the truck on stress response in rabbits. *World Rabbit Science*, 16, 229-235.
- Ljungberg, D., Gebresenbet, G., Aradom, S. 2007. Logistics chain of animal transport and abattoir operations. *Biosystems Engineering*, 96, 267-277.
- Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M. A. M. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep—a review. *Small Ruminant Research*, 71, 1-12.
- María, G.A., Villarroel, M., Chacon, G., Gebresenbet, G. 2004. Scoring system for evaluating the stress to cattle of commercial loading and unloading. *Veterinary Record*, 154, 818-821.
- María, G.A. 2006. Public perception of farm animal welfare in Spain. *Livestock Science*, 103, 250-256.
- María, G.A. 2008. Meat quality. In: Long distance transport and welfare of farms animals. M.C. Appleby et al. Editors. CABI Publishing, Wallingford, U.K. pp. 77-112.
- María, G.A. 2011. Bienestar Animal. Guía docente. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza.
- Manteca, X. 2004. Tendencias de la Investigación Científica en Bienestar Animal. En: Seminario la institucionalización del bienestar animal, un requisito para

su desarrollo normativo, científico y productivo. 11-12 Nov. Santiago de Chile, Chile.

- Mellor, D.J., Stafford, K.J. 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *Veterinary Journal*, 168, 118-133.
- Mendl, M. 1991. Some problems with the concept of a cut-off point for determining when an animal's welfare is at risk. *Applied Animal Behaviour Science*, 31, 139-146.
- Mench J., Olsson A., and Hughes B.O., CABI International, *Animal Welfare* pp.155–182. Oxfordshire, U.K.
- Messori, S., Pedernera-Romano, C., Magnani, D., Rodriguez, P., Barnard, S., Dalmau, A., Dalla Villa, P. 2015. Unloading or not unloading? Sheep welfare implication of rest stop at control post after a 29h transport. *Small Ruminant Research*, 130, 221-228.
- Miranda-de la Lama, G.C., Villarroel, M., Olleta, J.L., Alierta, S., Sañudo, C., María, G.A. 2009. Effect of the pre-slaughter logistic chain on meat quality of lambs. *Meat Science*, 83, 604-609.
- Miranda-de la Lama, G.C., Rivero, L., Chacón, G., Garcia-Belenguer, S., Villarroel, M., & María, G.A. 2010. Effect of the pre-slaughter logistic chain on some indicators of welfare in lambs. *Livestock Science*, 128, 52-59.
- Miranda-de la Lama, G.C., Monge, P., Villarroel, M., Olleta, J.L., García-Belenguer, S., María, G.A. 2011. Effects of road type during transport on lamb welfare and meat quality in dry hot climates. *Tropical Animal Health and Production*, 43, 915-922.
- Miranda-de la Lama, G.C., Sepúlveda, W.S., Villarroel, M., María, G.A. 2011. Livestock vehicle accidents in Spain: causes, consequences, and effects on animal welfare. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 14, 109-123.
- Miranda-de la Lama, G.C. 2013. Transporte y logística pre-matanza: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44, 31-56.

- Miranda-de la Lama, G. C., Sepúlveda, W. S., Villarroel, M., María, G. A. 2013. Attitudes of meat retailers to animal welfare in Spain. *Meat Science*, 95, 569-575.
- Miranda-de la Lama, G.C., Villarroel, M., María, G.A. 2014. Livestock transport from the perspective of the pre-slaughter logistic chain: a review. *Meat Science*, 98, 9-20.
- Moberg, G.P. 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*, 1-21. CABI Publishing, Wallingford, U.K.
- Mondragón-Ancelmo, J., Hernández-Martínez, J., Rebollar-Rebollar, S., Salem, A. Z. M., Rojo-Rubio, R., Domínguez-Vara, I. A., García-Martínez, A. 2014. Marketing of meat sheep with intensive finishing in southern state of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 46, 1427-1433.
- Möstl, E., Palme, R. 2002. Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology*, 23, 67-74.
- Mota-Rojas, D., Becerril, M., Lemus, C., Sánchez, P., González, M., Olmos, S.A., & Alonso-Spilsbury, M. 2006. Effects of mid-summer transport duration on pre-and post-slaughter performance and pork quality in Mexico. *Meat Science*, 73, 404-412.
- Nazareno, A.C., da Silva, I.J., Donofre, A. C., Vieira, F., Castro, A.C.D. 2015. Vibration and mechanical shocks in one day-old chicks transported in different roads. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, 680-685.
- Parrott, R. F., Hall, S.J., Lloyd, D.M. 1998. Heart rate and stress hormone responses of sheep to road transport following two different loading procedures. *Animal Welfare*, 7, 257-267.
- Pascual-Alonso, M., Miranda-de la Lama, G.C., Aguayo-Ulloa, L., Villarroel, M., Mitchell, M., María, G.A. 2016. Thermophysiological, haematological, biochemical and behavioural stress responses of sheep transported on

- road. *Journal of Animal Nutrition and Animal Physiology*, DOI: 10.1111/jpn.12455.
- Pastor J.M. 2006. *Manual de Propedéutica y i opatolog a cl nicas eterinarias*. 3a Ed. Ed. Mira Editores. Zaragoza, España.
- Pedernera-Romano, C.; Ruiz de la Torre, J.L.; Badiella, L.; Manteca, X., 2010: Effect of perphenazine enanthate on open field test behaviour and stress-induced hyperthermia in domestic sheep. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 94, 329–332.
- Pérez-Linares, C. P., Saavedra, F.F., Serrano, A.B. 2006. Relationship between management factors and the occurrence of DFD meat in cattle. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5, 578-581.
- Piccione, G.; Casella, S.; Giannetto, C.; Giudice, E.; Fazio, F., 2012: Utility of acute phase proteins as biomarkers of transport stress in ewes. *Small Ruminant Research* 107, 167–171.
- Piccione, G.; Rizzo, M.; Casella, S.; Marafioti, S.; Fazio, F., 2014: Application of the iButton for measurement of the rumen temperature circadian rhythms in lambs. *Biological Rhythm Research* 45, 375–381.
- Piedrafita, J. Manteca, X. 2002. Mejora genética del comportamiento y del bienestar del ganado rumiante. En: XI Reunión Nacional de Mejora Genética Animal. Universidad Pública de Navarra. Junio 6-7. Pamplona, España.
- Proctor, H. S.; Carder, G., 2015. Nasal temperatures in dairy cows are influenced by positive emotional state. *Physiology & Behavior*, 138, 340–344.
- Puterman, E., O'Donovan, . , dler, N. E., omyama, . J., Kemeny, M., Wolkowitz, O. M., Epel, E. 2011. Physical activity moderates stressor-induced rumination on cortisol reactivity. *Psychosomatic Medicine*, 73, 604.
- Ranathunga, C.L., Jayaweera, H.H.E., Suraweera, S.K.K., Wattage, S.C. Ruvinda, K.K.D.L., Ariyaratne, T.R. 2010. Vibration effects in vehicular road transportation. *Proceedings of the Technical Sessions*, 26, 9-16.

- Ritter, M.J., Ellis, M., Bowman, R., Brinkmann, J., Curtis, S.E., DeDecker, J.M., Rojo, A. 2008. Effects of season and distance moved during loading on transport losses of market-weight pigs in two commercially available types of trailer. *Journal of Animal Science*, 86, 3137-3145.
- Romero, M.H., Uribe-Velásquez, L.F., Sánchez, J.A., Miranda-de La Lama, G.C. 2013. Risk factors influencing bruising and high muscle pH in Colombian cattle carcasses due to transport and pre-slaughter operations. *Meat Science*, 95, 256-263.
- Ruiz-de la Torre, J.L., Velarde, A., Diestre, A., Gispert, M., Hall, S.J., Broom, D.M., Manteca, X. 2001. Effects of vehicle movements during transport on the stress responses and meat quality of sheep. *Veterinary Record*, 148, 227-229.
- Rushen, J. 2003. Changing concepts of farm animal welfare: bridging the gap between applied and basic research. *Applied Animal Behaviour Science*, 81, 199-214.
- SAGARPA, 2015. Plan rector del sistema producto ovinos. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación. México.
- Sanger, M. E., Doyle, R. E., Hinch, G. N., Lee, C. 2011. Sheep exhibit a positive judgement bias and stress-induced hyperthermia following shearing. *Applied Animal Behaviour Science*, 131, 94-103.
- Schilling, A.K., Reese, S., Palme, R., Erhard, M., Wöhr, A.C. 2015. Stress assessment in small ruminants kept on city farms in southern Germany. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 18, 119-132.
- Sheriff, M.J., Krebs, C.J., Boonstra, R. 2010. Assessing stress in animal populations: Do fecal and plasma glucocorticoids tell the same story?. *General and Comparative Endocrinology*, 166, 614-619.
- Sheriff, M. J., Dantzer, B., Delehanty, B., Palme, R., Boonstra, R. 2011. Measuring stress in wildlife: techniques for quantifying glucocorticoids. *Oecologia*, 166, 869-887.

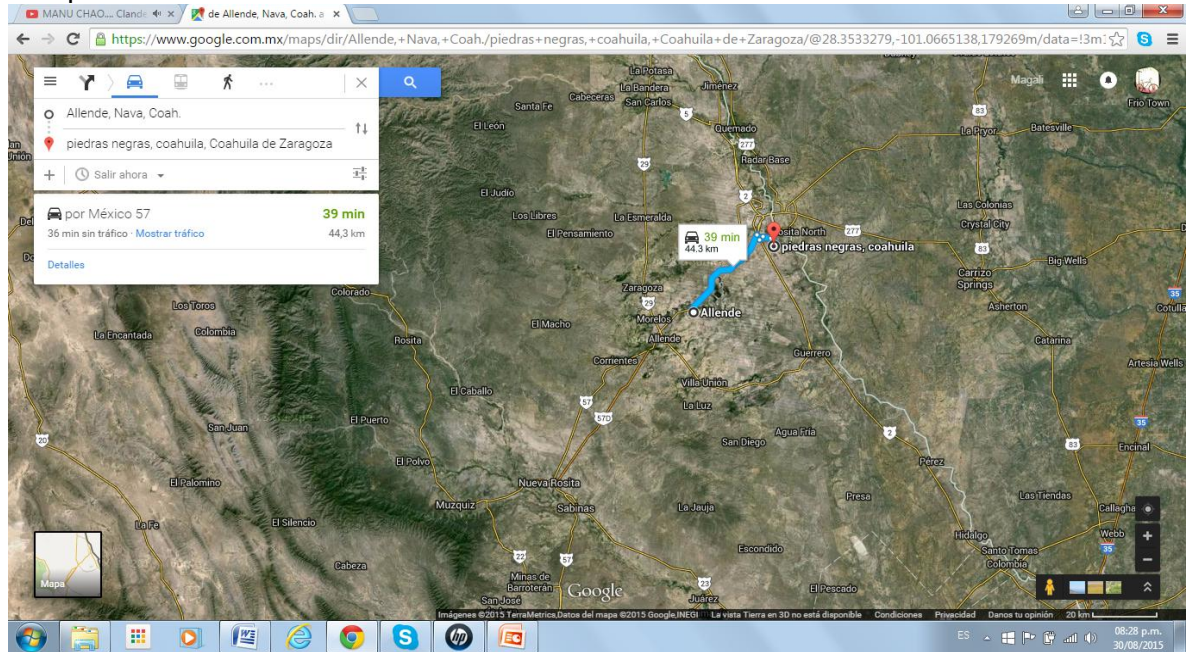
- Silanikove N., 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*, 67, 1-18.
- Speer, N.C., Slack, G., Troyer, E. 2001. Economic factors associated with livestock transportation. *Journal of Animal Science*, 79, E166-E170.
- Tadich, N., Gallo, C., Brito, M., Broom, D.M. 2009. Effects of weaning and 48 h transport by road and ferry on some blood indicators of welfare in lambs. *Livestock Science*, 121,132-136.
- Tadich, N.A., Molento, C.F.M., Gallo, C.B. 2010. Teaching animal welfare in some veterinary schools in Latin America. *Journal of Veterinary Medicine Education* 37, 69-73.
- Torrey, S., Bergeron, R., Gonyou, H.W., Widowski, T., Lewis, N., Crowe, T., Correa, J.A., Brown, J. Faucitano, L. 2013. Transportation of market weight pigs 1. Effect of season and truck type on behaviour with a 2 hour transport. *Journal of Animal Science*, 91, 2863–2871.
- Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van Poucke, E., Tuytens, F.A.M. 2008. Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently? *Livestock Science*, 116, 126-136.
- Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van Poucke, E., Buijs, S., Tuytens, F. 2009. Societal concern related to stocking density, pen size and group size in farm animal production. *Livestock Science* 123, 16-22.
- Villarroel, M., Barreiro, P., Kettlewell, P., Farish, M., & Mitchell, M. 2011. Time derivatives in air temperature and enthalpy as non-invasive welfare indicators during long distance animal transport. *Biosystems Engineering*, 110, 253-260.
- Vergara, H., Linares, M.B., Berruga, M.I., Gallego, L. 2005. Meat quality in suckling lambs: effect of pre-slaughter handling. *Meat Science*, 69, 473-478.
- Vošmero, P., e d ňo, I., Chloupek, P., Chloupek, J., Suchý, P., Večerek, V. 2010. Transport-induced changes in selected biochemical indices in broilers as affected by ambient temperatures. *Acta Veterinaria Brno*, 79, 41-46.

- Wulf, D.M., Emnett, R.S., Leheska, J.M., Moeller, S.J. 2002. Relationships among glycolytic potential, dark cutting (dark, firm, and dry) beef, and cooked beef palatability. *Journal of Animal Science*, 80, 1895-1903.
- Zethof, T.J., Van Der Heyden, J.A., Tolboom, J.T., Olivier, B. 1994. Stress-induced hyperthermia in mice: a methodological study. *Physiology & Behavior*, 55, 109-115.

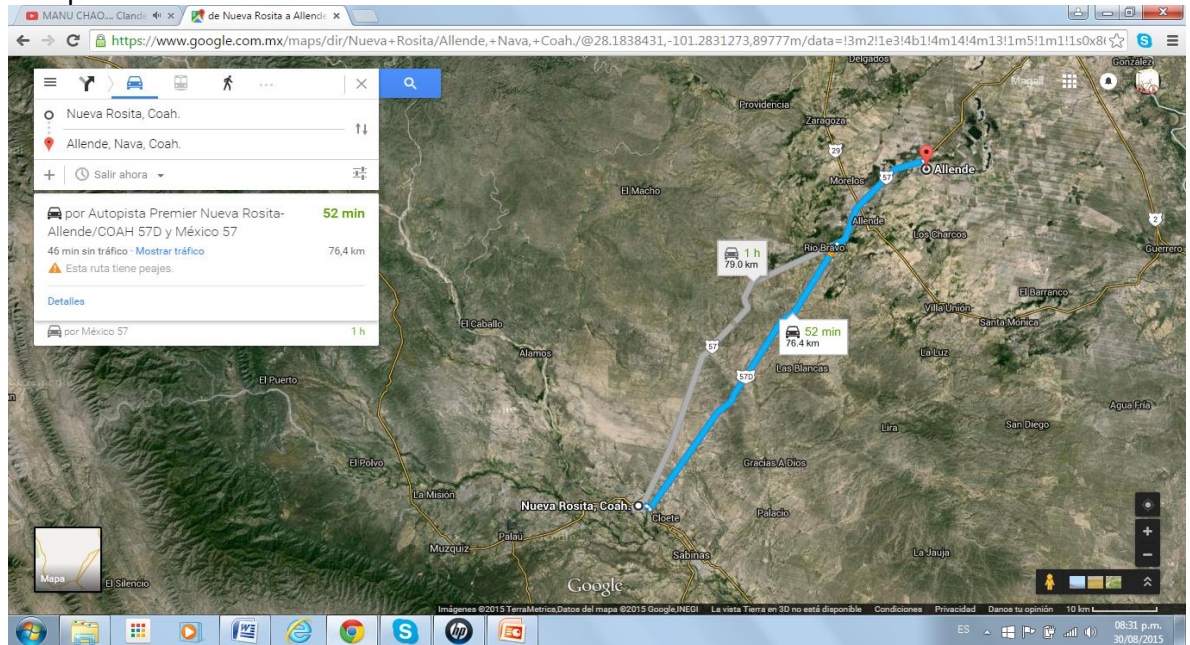
Anexo I

Ruta del transporte de ovinos de Navas, Coahuila a Capulhuac Estado de México

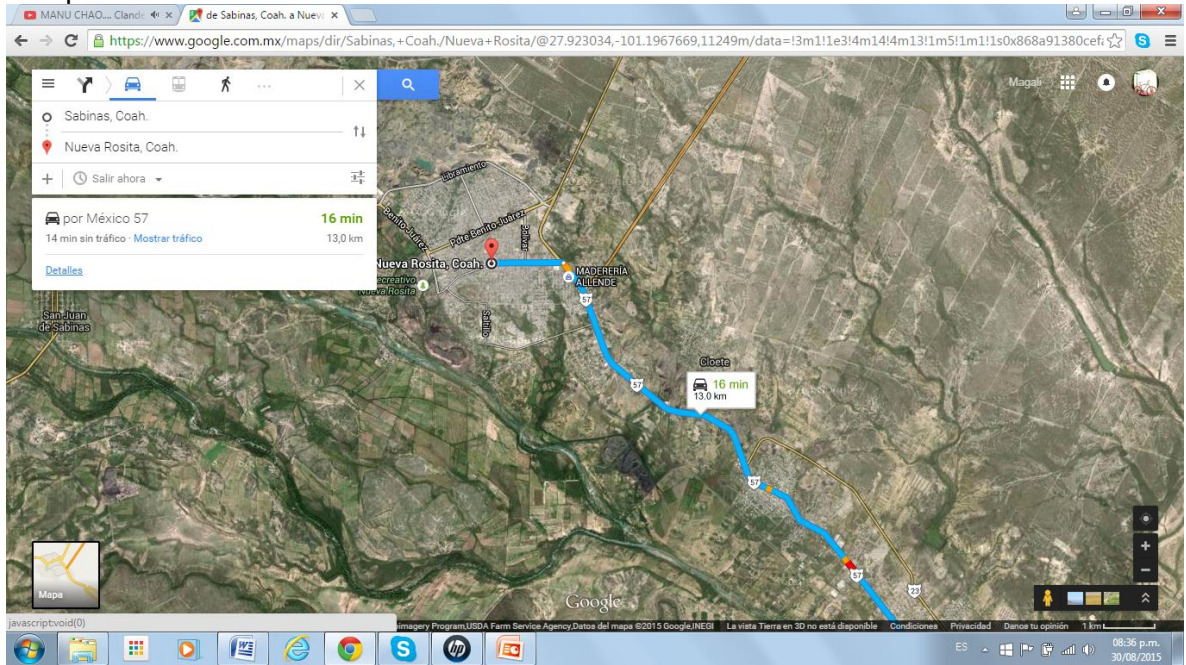
-Piedras Negras (navas) a Allende Tiempo: 53 min Km:57.6
Temperatura media en nov-dic. 2014: 17.1°C Camino: semirecto dos curvas



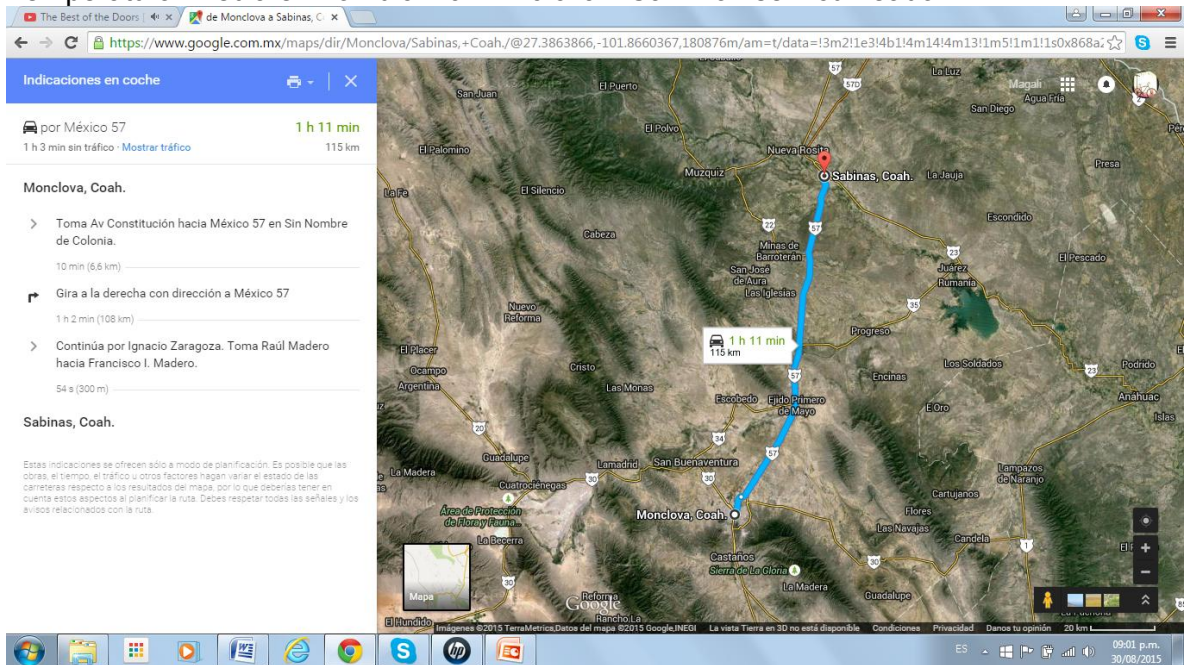
-Allende a Nueva Rosita Tiempo:57min Km:87.4
Temperatura media en nov: 16.3°C Camino: semirecto dos curvas



-Nueva Rosita a Sabinas Tiempo:56 Km:72.7
Temperatura media en nov-dic.: 15.8°C Camino: curvado



-Sabinas a Monclova Tiempo:1.17hr min Km:114
Temperatura media en nov-dic. 2014: 16.9°C Camino: semicurvado



-Monclova a Castaños Tiempo:15 Km:13.8
 Temperatura media en nov: 21°C Camino: semicurvado

Indicaciones en coche

por México 57 18 min
 16 min sin tráfico · [Mostrar tráfico](#) 14.3 km

Castaños, Coah.

- > Sigue por Zaragoza y Hidalgo hacia Monclova - Castanos/Monterrey-Monclova/México 57 en California.
4 min (1.5 km)
- > Sigue por México 57 hacia Jesús Silva Sur en Zona Centro, Monclova.
9 min (11.1 km)
- > Continúa por Jesús Silva Sur hacia tu destino.
4 min (1.7 km)

Monclova, Coah.

Estas indicaciones se ofrecen sólo a modo de planificación. Es posible que las obras, el tiempo, el tráfico u otros factores hagan variar el estado de las carreteras respecto a los resultados del mapa, por lo que deberías tener en cuenta estos aspectos al planificar la ruta. Debes respetar todas las señales y los avisos relacionados con la ruta.

-Castaños a Saltillo Tiempo:2hr Km:189
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 15.6°C Camino: semicurvado *zona con cerros

Indicaciones en coche

por Saltillo - Castaños/México 57 1 h 57 min
 1 h 43 min sin tráfico · [Mostrar tráfico](#) 184 km

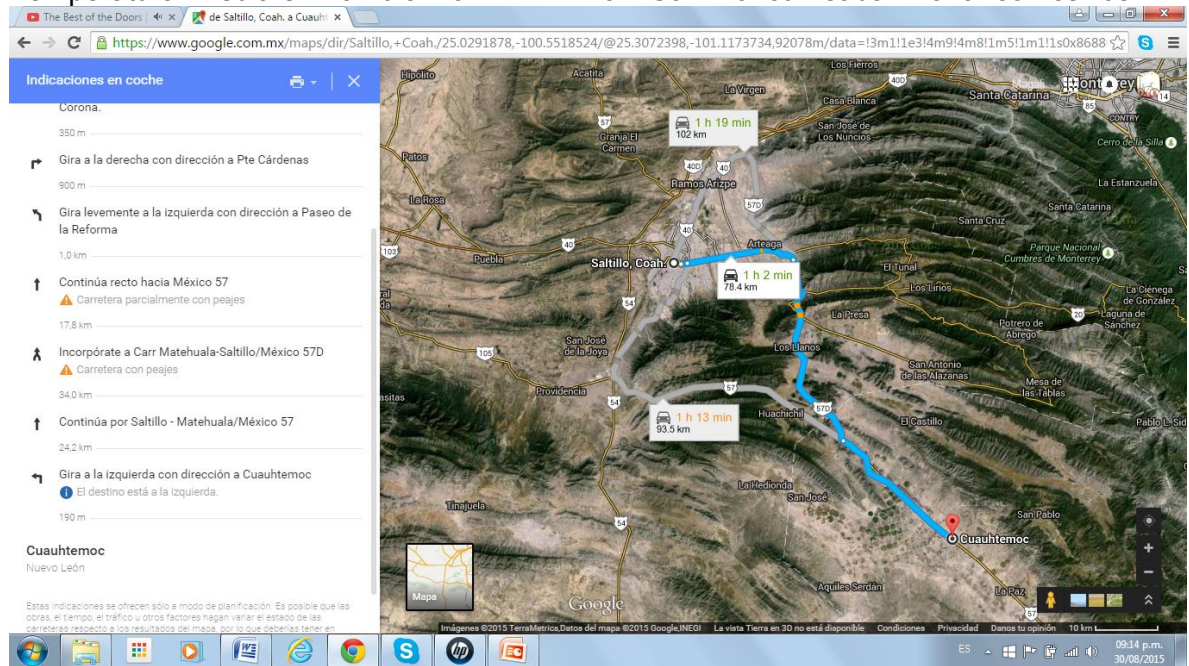
Saltillo, Coah.

- ↑ Dirígete al nordeste por Rayon hacia Gral Ramón Corona.
2 min (600 m)
- > Sigue por Carr. Saltillo-Monterrey/México 40 y Saltillo - Castaños/México 57 hacia Juárez en Villas de Guadalupe, Castaños.
1 h 53 min (182 km)
- > Continúa por Juárez. Conduce hacia Zaragoza en Zona Centro Norte.
4 min (1.4 km)

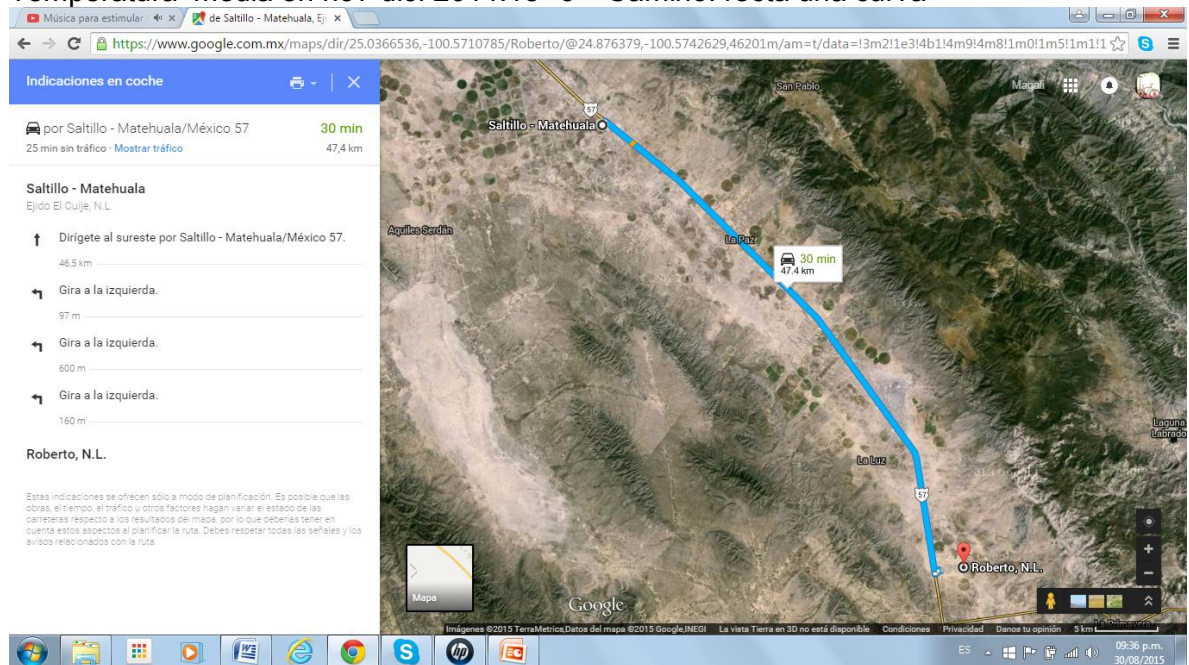
Castaños, Coah.

Estas indicaciones se ofrecen sólo a modo de planificación. Es posible que las obras, el tiempo, el tráfico u otros factores hagan variar el estado de las carreteras respecto a los resultados del mapa, por lo que deberías tener en cuenta estos aspectos al planificar la ruta. Debes respetar todas las señales y los avisos relacionados con la ruta.

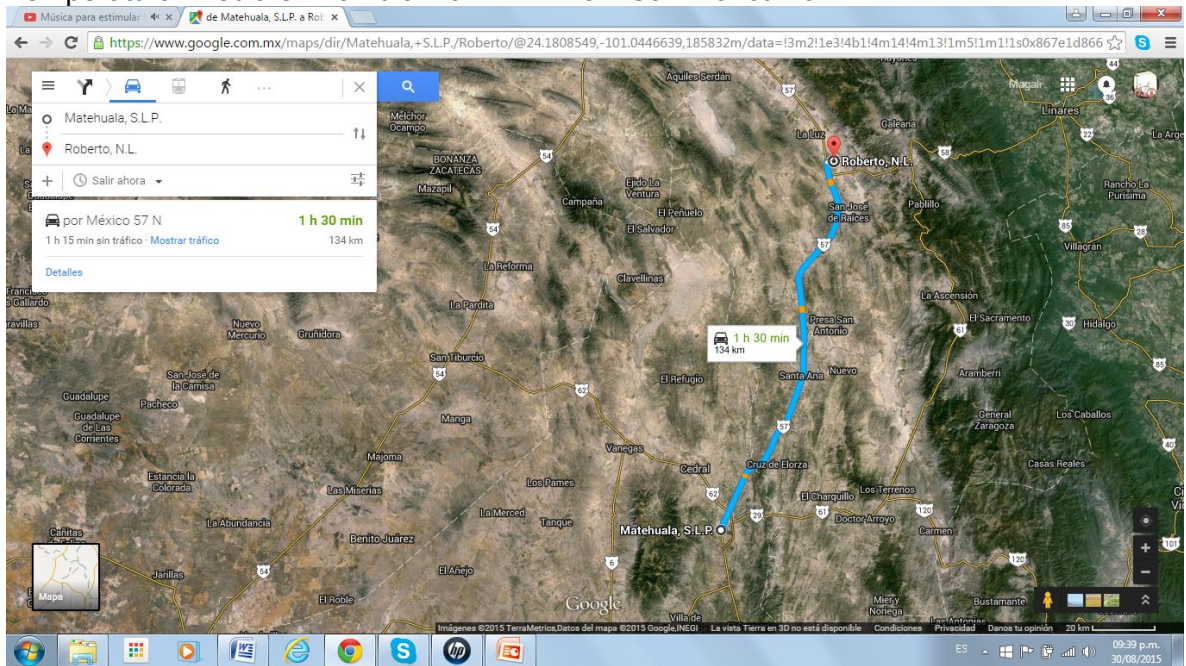
-Saltillo a San Rafael(Cuatemoc) Tiempo:2.17hrs Km:162
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 21 - 7°C Camino: curvada *zona con cerros



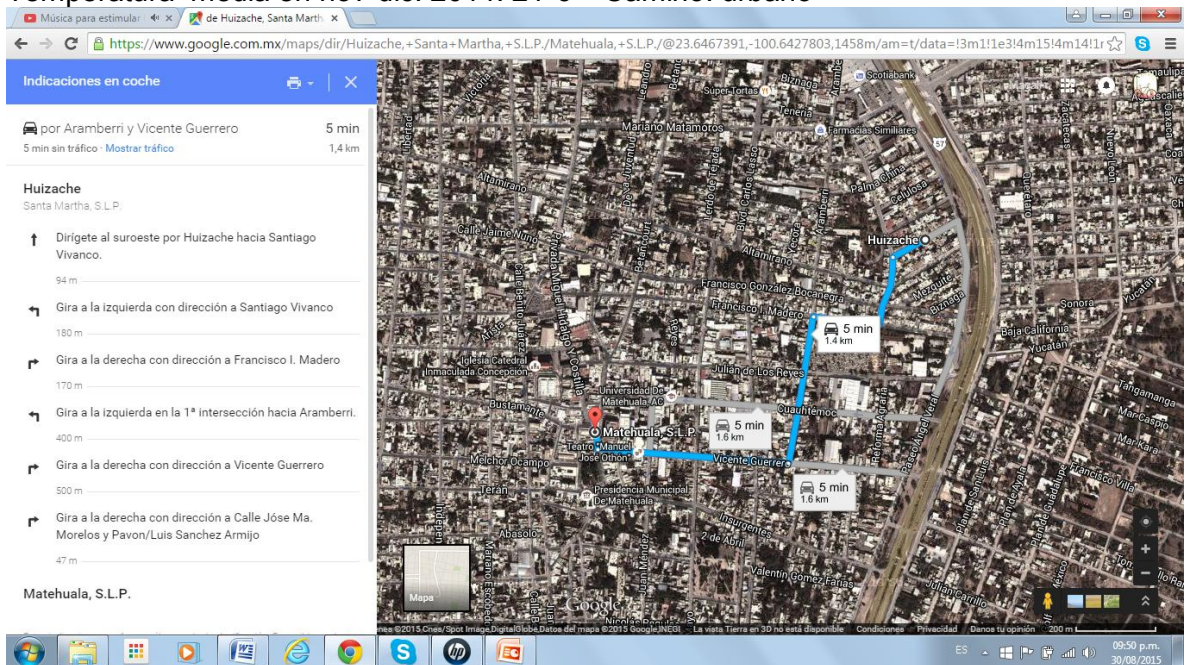
-San Rafael a San Roberto Tiempo:1.4hrs Km:94.1
 Temperatura media en nov-dic. 2014:18 °C Camino: recta una curva



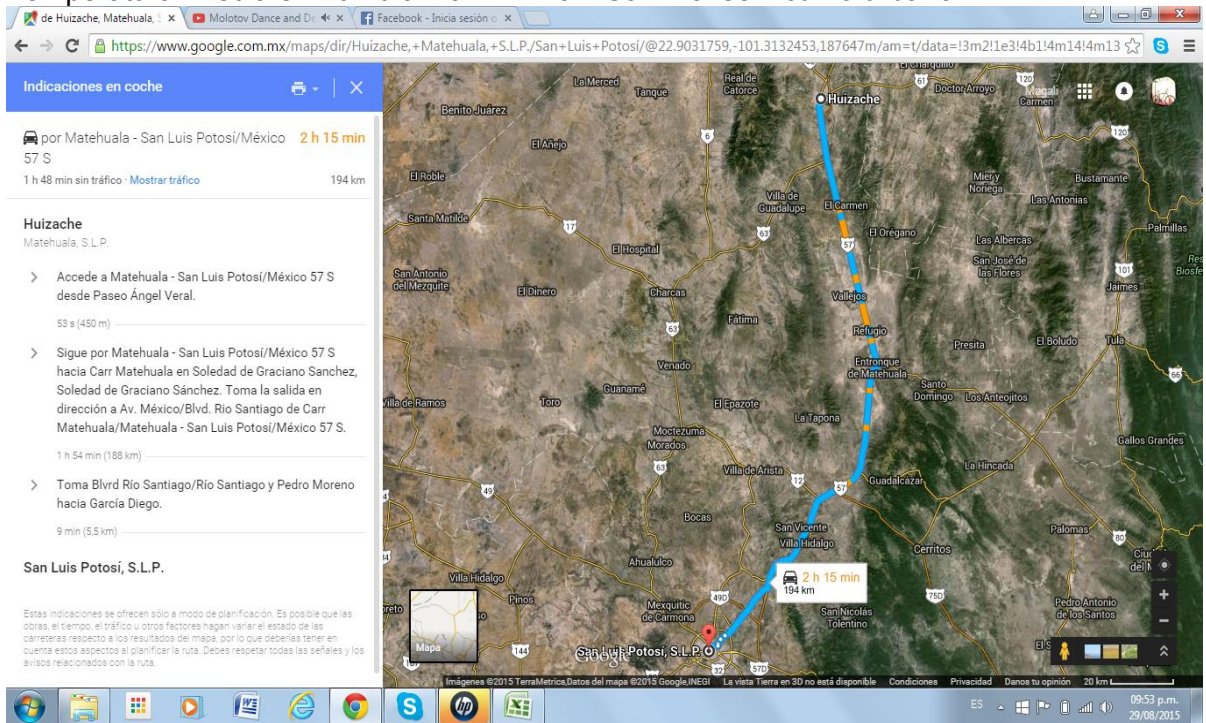
-San Roberto a Matehuala Tiempo:1.22hrs Km:129
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 14.4°C Camino: curvo



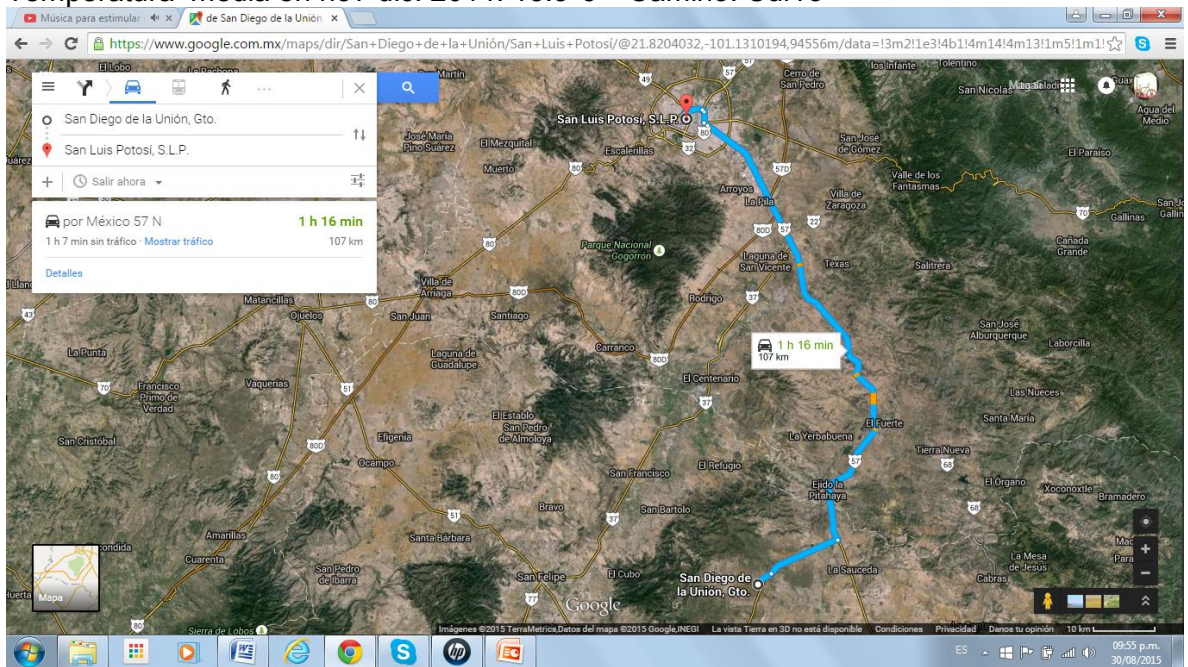
-Matehuala a Huizache Tiempo:5min Km: 2
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 21°C Camino: urbano



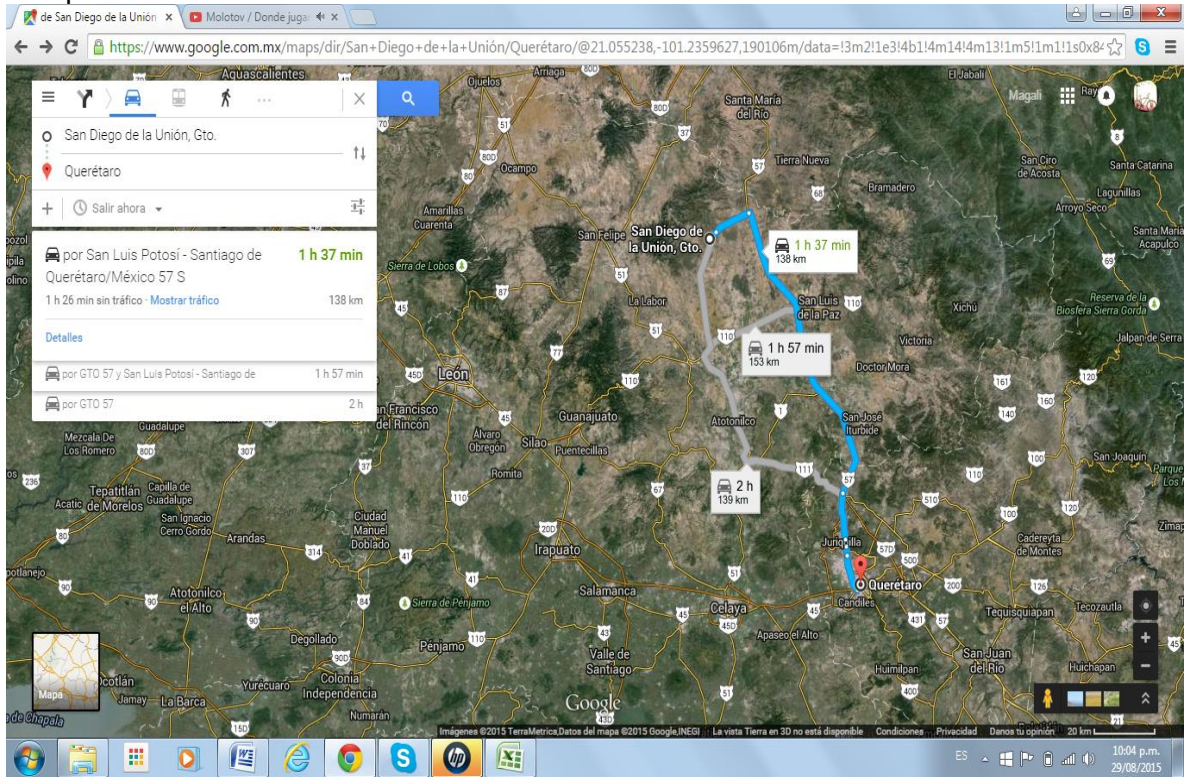
-Huizache a SLP Tiempo:2.15hrs Km:194
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 21°C Camino: semicurvo urbano



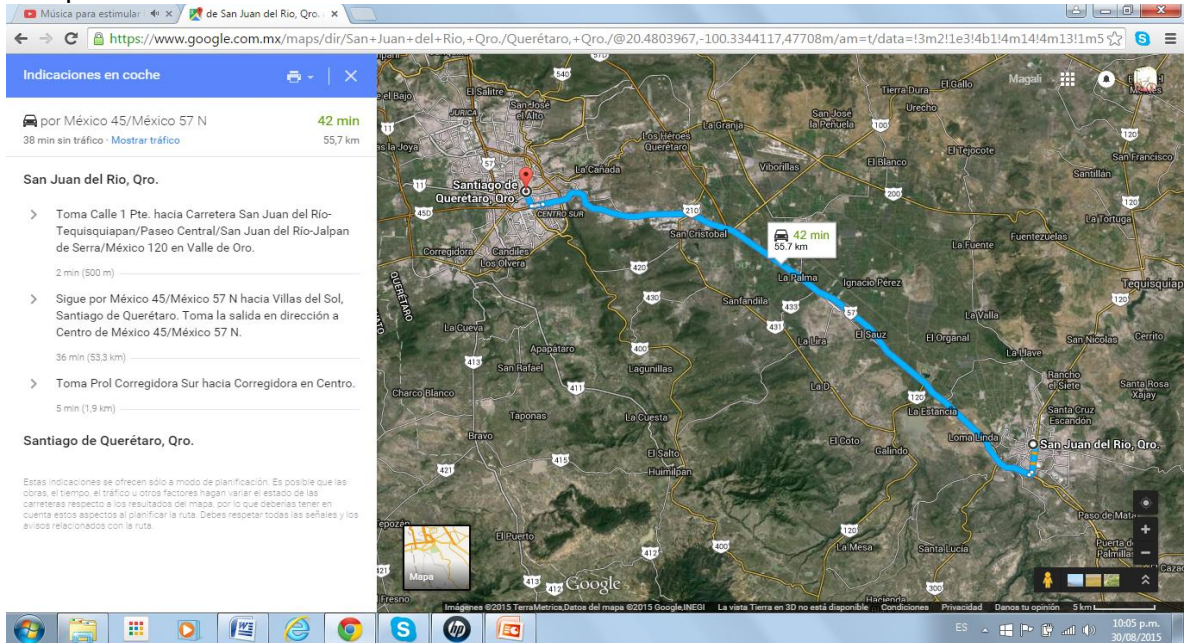
-SLP a San diego la union Tiempo:1.18hrs Km:106
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 15.3°C Camino: Curvo



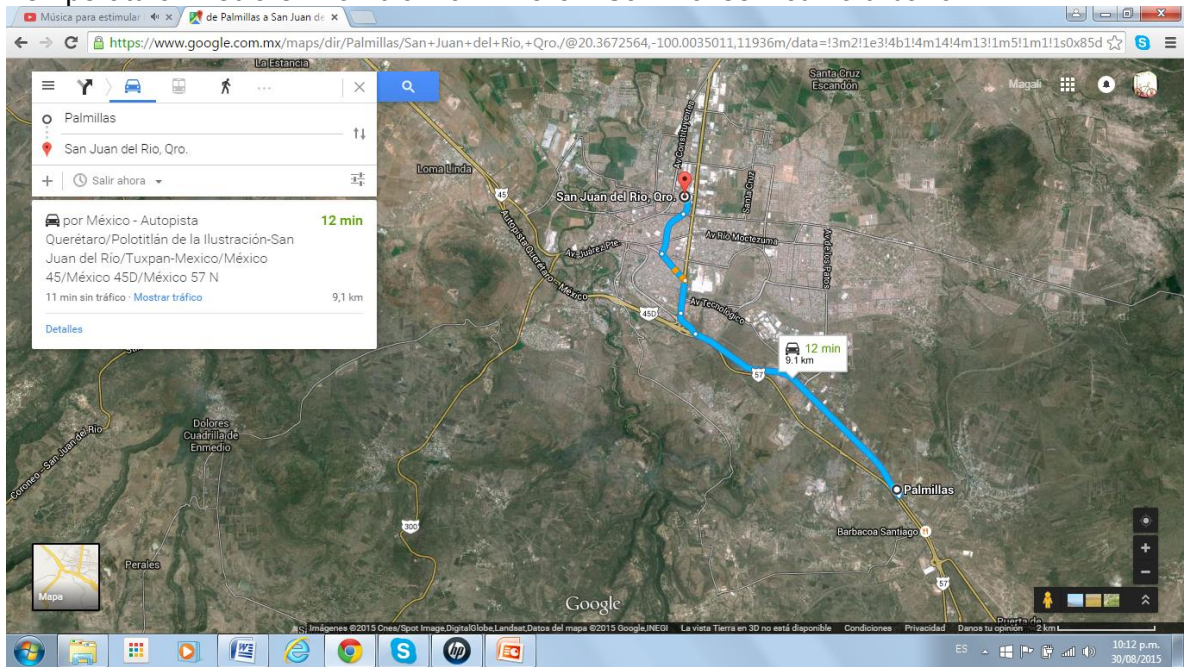
-San Diego a Querétaro Tiempo:1.37hr Km:153
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 18°C Camino: semicurvo urbano



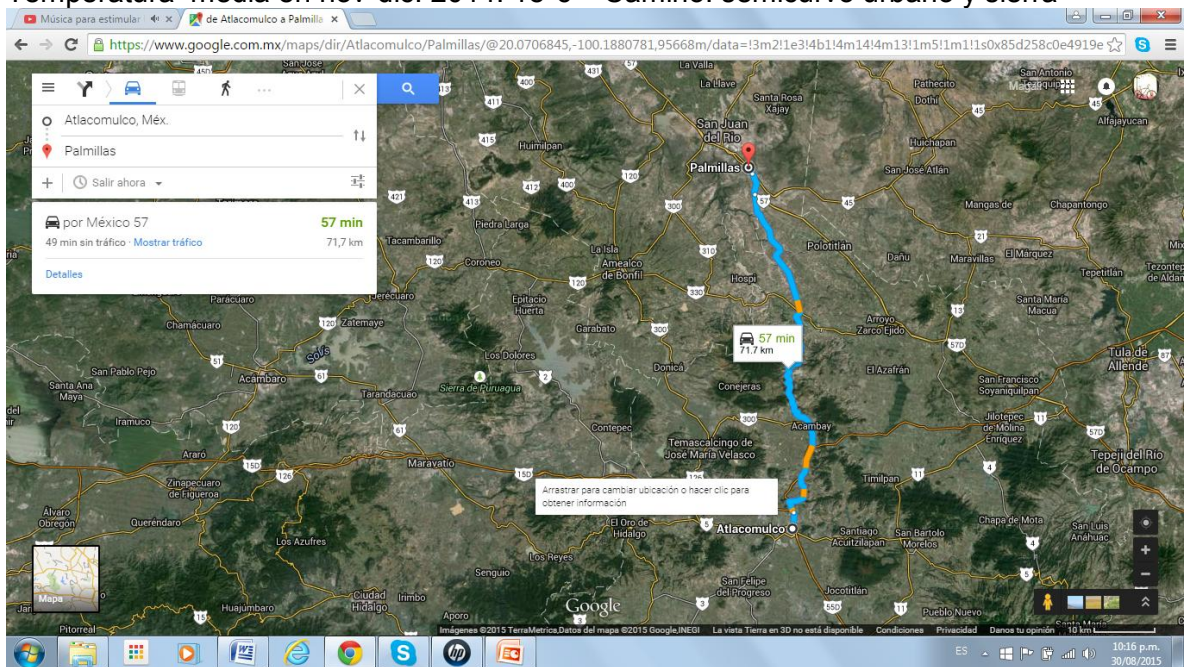
-Querétaro a San Juan de l rio Tiempo:43min Km:55.7
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 18°C Camino: semicurvo urbano



-San Juan del Rio a Palmillas Tiempo:25min Km:8.1
Temperatura media en nov-dic. 2014: 18°C Camino: semicurvo urbano



-Palmillas a atacomulco Tiempo:1.36hr Km:114
Temperatura media en nov-dic. 2014: 18°C Camino: semicurvo urbano y sierra



-Atlacomulco a Toluca Tiempo: 1.5hr Km:66.6
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 11.9°C Camino: semicurvo

Indicaciones en coche

por Toluca - Atlacomulco/México 55D 1 h 3 min
 55 min sin tráfico · Mostrar tráfico 66,2 km
 ⚠️ Esta ruta tiene peajes.

Toluca de Lerdo, Méx.

- Toma Isidro Fabela y Toluca - Ixtlahuaca de Rayón/México 55 hacia Toluca - Atlacomulco/México 55D.
 25 min (15,5 km)
- Sigue por Toluca - Atlacomulco/México 55D hacia Lic. Isidro Fabela Sur en Atlacomulco de Fabela. Toma la salida en dirección a México 55D/Toluca/El Oro de Toluca - Atlacomulco/México 55D.
 32 min (49,0 km)
- Sigue por Lic. Isidro Fabela Sur hacia Calle Lic Isidro Fabela Alfaro.
 5 min (1,6 km)

Atlacomulco
 Méx.

Estas indicaciones se ofrecen sólo a modo de planificación. Es posible que las horas, el tiempo, el tráfico u otros factores hagan variar el estado de las carreteras respecto a los resultados del mapa, por lo que debes tener en cuenta estos aspectos al planificar la ruta. Debes respetar todas las señales y los avisos relacionados con la ruta.

-Toluca a Capulhuac Tiempo: 42min Km:32.9
 Temperatura media en nov-dic. 2014: 8.4°C Camino: semicurvo urbano

Indicaciones en coche

por Autopista Lerma - Tenango del Valle/Tenango - Lerma y Carr Toluca - México/Paseo Tollocan/México 15 42 min
 37 min sin tráfico · Mostrar tráfico 32,9 km
 ⚠️ Esta ruta tiene peajes.

Palacio Municipal Capulhuac de Mirafuentes
 Plaza Homónes Ilustres, Homónes Ilustres 13, Centro, 52700 Capulhuac de Mirafuentes, Méx.

- Accede a Autopista Lerma - Tenango del Valle/Tenango - Lerma en Colonia San Isidro desde MEX 36 y MEX 44.
 16 min (7,3 km)
- Continúa por Autopista Lerma - Tenango del Valle/Tenango - Lerma. Toma Carr Toluca - México/Paseo Tollocan/México 15 hacia Av. Paseo Tollocan 28 Ote./Toluca - Cd Altamirano/México 134 en Américas Cárdenas, Toluca de Lerdo.
 18 min (24,0 km)
- Toma Calle Rafael M. Hidalgo hacia Calle José Ma. Artega en Francisco Murguía.
 6 min (1,6 km)

Toluca de Lerdo, Méx.

Estas indicaciones se ofrecen sólo a modo de planificación. Es posible que las horas, el tiempo, el tráfico u otros factores hagan variar el estado de las carreteras respecto a los resultados del mapa, por lo que debes tener en cuenta estos aspectos al planificar la ruta. Debes respetar todas las señales y los avisos relacionados con la ruta.