

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**USO DE SOLUCIONES ELECTROLÍTICAS Y GLICEROL PARA REDUCIR EL  
ESTRÉS Y LAS MERMAS DEL GANADO DURANTE EL TRANSPORTE**

**TESIS**

**QUE PRESENTA**

**MVZ URIEL RAMÍREZ RAMÍREZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE: MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL**

ESCOBEDO, N.L. MÉXICO

JULIO 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**USO DE SOLUCIONES ELECTROLÍTICAS Y GLICEROL PARA REDUCIR EL  
ESTRÉS Y LAS MERMAS DEL GANADO DURANTE EL TRANSPORTE**

**TESIS**

**QUE PRESENTA**

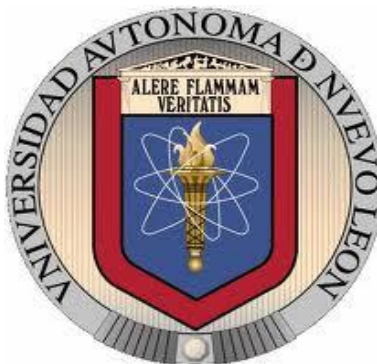
**MVZ URIEL RAMÍREZ RAMÍREZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE: MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL**

**ESCOBEDO, N.L. MÉXICO**

**JULIO 2014**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**USO DE SOLUCIONES ELECTROLÍTICAS Y GLICEROL PARA REDUCIR EL  
ESTRÉS Y LAS MERMAS DEL GANADO DURANTE EL TRANSPORTE**

**Aprobación de tesis por el comité particular de  
MVZ Uriel Ramírez Ramírez**

---

**Ph.D. Jorge R Kawas Garza**  
**Director de Tesis**

---

**Dr. Hector Fimbres Durazo**  
**Asesor**

---

**Dr. Héctor Andrade Montemayor**  
**Asesor**

---

**Ph.D. María Esther Ortega Cerrilla**  
**Asesor**

---

**Dr. Sergio Bernal García**  
**Asesor**

## DEDICATORIA

Sr. José Salud Ramírez Rodríguez y Sra. Celia Ramírez Barrera (†), por enseñarme que Dios está conmigo en toda circunstancia; ¡gracias por todo!

A María, José, Gabriel, Rafael (†), Celia, por sus enseñanzas.

A mi tía Sra. Josefina Ramírez Barrera y mi tío Sr. Alfredo Ramírez Rodríguez, con sus oraciones y palabras de aliento han mantenido encendida una reconfortante lucecilla en la vereda de mi vida. Que esa luz siga encendida por mucho tiempo.

A Verónica Ivonne Órnelas Cruz, mi esposa; a Celia, Rafael y Danilo, nuestros hijos. Por su entusiasmo, inocencia y amor. Intrépidos navegantes en la embarcación de este novel Capitán.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Posgrado Conjunto Agronomía - Veterinaria, de la Universidad Autónoma de Nuevo León; académicos, administrativos y compañeros, en verdad lo mejor de dos mundos.

A la Dra. Diana Elisa Zamora; ejemplo de docencia con calidad humana. Mi admiración y respeto.

Al staff de la Biblioteca de Ciencias Agropecuarias y del Centro de Idiomas; con su disponibilidad y entusiasmo, confirman que el conocimiento no solo está en los libros. Conocimiento con calidez.

A GANAMEX, por las facilidades otorgadas para la realización del proyecto de investigación.

Al MVZ Arturo Torres Berrum y familia; por sus atenciones y apoyo.

A MNA de México, S.A. y su staff por su disponibilidad y prestancia.

A AQUA Laboratorios, S.A. de C.V., y a su staff; en especial por el invaluable apoyo y asesoría de la QFB Marisol Galván Gutiérrez.

A los colegas de gremio; MVZ Juan Garza Barrera, Ing. Leopoldo García Guerrero, M.C. Luis Alberto Martínez Galindo, M.C. Jorge Simroth, Dr. Sergio Bernal García, Dr. Fernando Garza Cázares, e Ing. Emanuel Ramos Acevedo.

Al HCP (Adán, Beto, Eric, Toño) por su apoyo y buena convivencia, sin importar la brecha generacional. Mi admiración por quienes son y por lo que llegaron a ser.

Ed Burr, Pate Chavez, Jason Swain, Jesús Cañez, Colt Hatfield, Todd Harris; así como al resto del equipo de Cimarron Feeders, empresa integrante de JBS Five Rivers Cattle Feeding, por su apoyo.

Dr. Jorge Ramsy Kawas Garza; en el trayecto de la vida tenemos la certeza que encontraremos a nuestro paso, personas que serán significativas en nuestro crecimiento personal y profesional; para su servidor usted es una de ellas.

La verdadera sabiduría está en reconocer la propia ignorancia  
- Sócrates-

No dejes que termine el día sin haber crecido un poco,  
sin haber sido feliz, sin haber aumentado tus sueños.  
No te dejes vencer por el desaliento.  
No permitas que nadie te quite el derecho a expresarte,  
que es casi un deber.  
No abandones las ansias de hacer de tu vida algo extraordinario.  
No dejes de creer que las palabras y las poesías  
sí pueden cambiar el mundo.  
Pase lo que pase nuestra esencia está intacta.  
Somos seres llenos de pasión.  
La vida es desierto y oasis.  
Nos derriba, nos lastima,  
nos enseña,  
nos convierte en protagonistas  
de nuestra propia historia.  
Aunque el viento sople en contra,  
la poderosa obra continúa:  
Tu puedes aportar una estrofa.  
No dejes nunca de soñar,  
porque en sueños es libre el hombre.  
No caigas en el peor de los errores:  
el silencio.  
La mayoría vive en un silencio espantoso.  
No te resignes...

Walt Whitman

## NOMENLATURA

<b>GLU</b>	Glucosa
<b>CK</b>	Creatinfosfoquinasa
<b><math>\beta</math>-HBA</b>	$\beta$ -Hidroxibutirato
<b>AST</b>	Aspartato aminotransferasa
<b>LDH</b>	Lactato deshidrogenasa
<b>LAC</b>	Lactato en sangre
<b>BUN</b>	Nitrógeno ureico en sangre
<b>Na<sup>++</sup></b>	Sodio
<b>K<sup>+</sup></b>	Potasio
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Cloro
<b>g</b>	Gramos
<b>GDP</b>	Ganancia diaria de peso
<b>HCO<sub>3</sub></b>	Bicarbonato
<b>INS</b>	Insulina
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>L</b>	Efecto Lineal

<b>MS</b>	Materia seca
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>NEFA</b>	Ácidos grasos no-esterificados
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>P</b>	Probabilidad
<b>PC</b>	Proteína cruda
<b>TG</b>	Triglicéridos
<b>TIF</b>	Tipo Inspección Federal
<b>VLDL</b>	Lipoproteínas de muy baja densidad
<b>FWD</b>	Practica de privación de alimento y agua
<b>OP</b>	Presión osmótica del plasma
<b>PG</b>	Propilenglicol
<b>GL</b>	Glicerol
<b>AQP</b>	Acuaporinas
<b>AQP3</b>	Acuaporinas 3
<b>AQP7</b>	Acuaporinas 7



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	xi
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
1.1. Objetivo .....	8
1.2. Hipótesis.....	8
1.3. Justificación .....	8
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>9</b>
2.1. Usos y características del glicerol.....	9
2.2. Usos y características de los electrolitos .....	16
2.3. Definición de estrés .....	17
2.3.1. Estrés por transporte .....	19
2.3.2. Datos históricos sobre el transporte de ganado.....	20
2.3.3. Cambios ruminales y fisiológicos que causan el estrés .....	23
2.3.4. Consumo.....	24
2.4. Tipos y causas de la merma .....	27
2.5. Tiempo de tránsito .....	28
2.5.1. Distancia .....	30
2.5.2. Grasa corporal .....	30
2.6. Como reducir las mermas.....	31
2.6.1. Manejo de recepción.....	31

2.6.2. Perfil nutricional de alimento para adaptación .....	32
2.6.3. Minerales .....	33
2.7. Enfermedad y desempeño .....	35
2.8. Cambios endocrinos y metabólicos .....	37
2.9. Parámetros usados para medir el estrés .....	39
2.10. Metabolismo ruminal del glicerol.....	46
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>50</b>
3.1. Ubicación e instalaciones .....	50
3.2. Características de los animales .....	50
3.3. Tratamientos.....	50
3.4. Manejo del ganado en origen .....	51
3.5. Manejo del ganado en destino.....	52
3.6. Obtención de muestras y análisis de sangre .....	52
3.7. Análisis estadístico .....	53
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>54</b>
4.1. Mermas y su recuperación después del transporte .....	54
4.2. Temperatura rectal.....	59
4.3. Química sanguínea.....	62
4.4. Concentración de enzimas hepáticas .....	67
4.5. Concentración de electrolitos en suero.....	67
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>76</b>

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición del glicerol dependiendo de su pureza.....	10
Cuadro 2. Consumo de materia seca (% del peso corporal) y ganancia diaria de peso (g/día) promedio de becerros durante el período de adaptación en los corrales <sup>1</sup> .....	26
Cuadro 3. Efecto del tiempo de tránsito en la merma y días requeridos para recuperar el peso de compra.....	29
Cuadro 4. Efecto de la suplementación de electrolitos y/o glicerol en la merma y recuperación de merma en vaquillas livianas (<275 Kg) cruce suizo-cebú.....	55
Cuadro 5. Efecto de la suplementación de electrolitos y/o glicerol en la merma y recuperación de merma en vaquillas pesadas (≥270 Kg) cruce suizo-cebú.....	57
Cuadro 6. Efecto de la suplementación de glicerol y/o electrolitos en la temperatura rectal de vaquillas livianas (<275) suizo-cebú.....	60
Cuadro 7. Efecto de la suplementación de electrolitos y/o glicerol en la temperatura rectal de vaquillas pesadas (≥275) suizo-cebu.....	61
Cuadro 8. Perfil químico en sangre de vaquillas livianas (<275 kg) cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos, al arribo a los corrales.....	63
Cuadro 9. Perfil químico en sangre de vaquillas pesadas (≥275 kg) cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos, al arribo a	

los corrales.....	66
Cuadro 10. Concentración de enzimas hepáticas de vaquillas pesadas (<275 kg) de cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos antes del transporte.....	68
Cuadro 11. Concentración de enzimas hepáticas de vaquillas pesadas ( $\geq$ 275 kg) de cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos antes del transporte.....	69
Cuadro 12. Electrolitos en suero de vaquillas livianas (<275 kg) cruce suizo-cebú suplementados con electrolitos y/o glicerol antes del transporte.....	73
Cuadro 13. Electrolitos en suero de vaquillas livianas (<275 kg) cruce suizo-cebú suplementados con electrolitos y/o glicerol antes del transporte.....	74

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Metabolismo del glicerol	12
Figura 2. Integración neurobiológica del estrés	41

## RESUMEN

El estrés y la deshidratación provocan perjuicios en la salud y productividad del ganado transportado por largas distancias de las praderas del sur de México a los corrales de engorda en el Noreste del país. Un estudio se llevó a cabo para determinar si el consumo de electrolitos y/o glicerol, un compuesto gluconeogénico, el cual es convertido en ácido propiónico en el rumen y posteriormente en glucosa en el hígado, pueden reducir el estrés y las mermas ocasionadas por el transporte del ganado en viajes con duración mayor a 48 horas, y mejorar la recuperación de la merma post-arribo. Setenta hembras de cruza con suizo y cebú, con peso promedio de 332 kg, fueron divididas en dos grupos, uno pesando  $\leq 275$  kg y otro pesando  $> 275$ . Cada grupo fue distribuido en 4 tratamientos en diseño completamente al azar y estadísticamente analizado independiente. Los tratamientos fueron: (1) Control (sin electrolitos o glicerol); (2) Electrolitos (400 ml de solución); (3) Glicerol (400 ml); y (4) Electrolitos y Glicerol (400 ml de cada uno). El ganado fue transportado de un centro de acopio en Balancán, Tabasco, a corrales de engorda en el municipio de Pesquería, Nuevo León. El peso de los animales y la temperatura rectal fueron registrados al llegar a la engorda, y a los 15 y 30 días después del arribo. Muestras de sangre fueron obtenidas antes del embarque para determinar glucosa (GLU), creatinfosfoquinasa (CK), aspartato aminotransferasa (AST), lactato deshidrogenasa (LDH), lactato (LAC), nitrógeno ureico en sangre (BUN), proteínas totales (TP), albumina (Alb), globulina (Glob), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl) y fósforo (P). En el grupo de vaquillas livianas, no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) de peso al arribo entre tratamientos. Sin embargo, a 15 días después del arribo, el ganado que recibió

ambos, el glicerol y los electrolitos, peso menos ( $P < 0.10$ ) que las vaquillas del grupo control. Aparentemente, el manejo al aplicar los tratamientos al ganado liviano causó estrés, el cual afectó la recuperación del peso del ganado. Con respecto a las mermas, no hubo diferencia ( $P > 0.10$ ) entre los tratamientos, variando de 10.8 a 12.1% del peso vivo de las vaquillas. En vaquillas pesadas, las variables de química sanguínea no fueron diferentes ( $P > 0.10$ ) entre tratamientos para tiempos de muestreo en origen, al arribo, o a 15 y 30 días post-arribo a los corrales. La mermas variaron de 10.0 al 11.6% del peso vivo. La recuperación de la merma a los 15 días varió de -0.3 kg en el grupo testigo a 33.2 kg para el tratamiento suplementado con electrolitos, siendo esta diferencia significativa ( $P = 0.10$ ). A los 30 días post-arribo, la recuperación de la merma fue de 145.3% para el ganado que recibió electrolitos, mientras que el ganado del grupo control solamente recuperó 87.1% del peso perdido durante el transporte. Las concentraciones de glucosa ( $P = 0.006$ ) y globulina ( $P = 0.084$ ) en sangre de vaquillas livianas recibiendo el tratamiento con electrolitos fue mayor que en vaquillas del grupo control (sin electrolitos), lo que no se observó para el grupo de vaquillas pesadas. Los resultados de este estudio sugieren que la suplementación de electrolitos puede reducir las mermas e incrementar la recuperación del ganado después del arribo a los corrales.

## ABSTRACT

Stress and dehydration can negatively affect health and productivity of cattle transported long distances from pastures in south Mexico to the feedlots in the north. A study was conducted to determine if supplementation of electrolytes and/or glycerol, a gluconeogenic compound, which is converted to propionic acid in the rumen and further to glucose in the liver, can reduce stress and shrinkage caused by cattle transport with journeys over 48 hours of duration, and improve shrinkage recovery after arrival. Seventy Brown Swiss-Cebu cross-bred heifers, with an average weight of 332 kg, were divided into two groups of cattle, one weighing  $\leq 275$  kg and another weighing  $> 275$ . Each group was assigned to four treatments in a completely random design, and statistically analyzed independently. Treatments were: (1) Control (without electrolytes or glycerol); (2) Electrolytes (400 ml of electrolytic de solution); (3) Glycerol (400 ml); y (4) Electrolytes y Glycerol (400 ml of each). Cattle were transported from a gathering center in Balancan, Tabasco, to a feedlot in Pesqueria, Nuevo León. Heifer weight and rectal temperature were registered at arrival and at 15 and 30 days after arrival. Blood samples were obtained before the journey and after arrival to determine glucose (GLU), creatine phosphokinase (CK), aspartate aminotransferase (AST), lactate dehydrogenase (LDH), lactate (LAC), blood urea nitrogen (BUN), total protein (TP), albumin (ALB), globulin (GLOB), sodium (Na), potassium (K), chlorine (Cl) y phosphorus (P). In the light weight heifer group, no difference ( $P > 0.05$ ) in body weight at arrival was observed between treatments. However, at 15 days post-arrival, heifers that received both glycerol and electrolytes weighed less ( $P < 0.10$ ) than heifers of the control group. Apparently



handling of light-weight heifers caused stress which affected weight recovery post-arrival. With respect to shrinkage, no difference ( $P > 0.10$ ) was observed between treatments, varying from 10.8 to 12.1% of heifer live-weight. In the heavy-weight group, blood chemistry variables were not different ( $P > 0.10$ ) between treatments for sampling at origin, at arrival, or at 15 and 30 days post-arrival. Shrinkage varied from 10.0 to 11.6% of live weight. Shrinkage recovery at 15 days varied from -0.3 kg in the control group to 33.2 kg for the electrolyte supplemented treatment, the difference being significantly ( $P = 0.10$ ) different. At 30 days post-arrival, shrinkage recovery was 145.3% for cattle supplemented with electrolytes, whereas the control group recovered only 87.1% of weight lost during transport. In the light-weight group, blood concentrations of glucose ( $P = 0.006$ ) and globulin ( $P = 0.084$ ) were greater for the electrolyte supplemented treatment than for the control group. These changes in blood glucose and globulin concentrations were not observed in the heavy weight heifers. The results obtained in this study suggest that supplementation of electrolytes can reduce shrinkage and improve shrinkage recovery of cattle after arrival at the feedlot.

## 1. INTRODUCCIÓN

La engorda de ganado bovino en corral es una de las principales actividades pecuarias en el noreste del país. La mayor proporción del ganado engordado en los corrales de la región noreste de México proviene del sur-sureste del país. El ganado comúnmente es transportado por largas distancias, en ocasiones mayores a los 1,000 km y por períodos de más de 48 horas, pudiendo sufrir cambios fisiológicos y metabólicos significativos, en especial durante los días de intenso calor en verano, con alta humedad relativa, aunado a los cambios súbitos en su entorno y ubicación.

Hutcheson y Cole (1986) definieron el estrés como la respuesta inespecífica del organismo a cualquier demanda del ambiente. El estrés puede alterar el *estatus quo* del organismo, retando a los procesos fisiológicos de adaptación; adicionalmente debemos considerar que la nutrición y el estrés, son interactivos y consecuenciales, ya que el estrés puede producir o agravar deficiencias nutricionales, o tales deficiencias pueden producir una respuesta de estrés (NRC, 2000).

Grandin (1997) informo que los animales pueden ser estresados por tanto estrés psicológico (la sujeción, el manejo o la novedad) o estrés físico (por hambre, sed, cansancio, lesión o condiciones térmicas extremas); las reacciones de los animales serán gobernadas por una compleja interacción de factores genéticos y experiencias previas. Von Borrel (2001) mencionó que el estrés se define como una condición en el animal que resulta de la acción de uno o más agentes estresores que pueden ser de origen externo o interno; el estrés puede ser medido y monitoreado en términos de alteraciones fisiológicas y de comportamiento que pueden ser indicativo del bienestar individual.

Fisiológicamente, el miedo es una emoción universal en el reino animal y motiva a los animales a evitar depredadores. La amígdala en el cerebro es probablemente el sistema central del miedo que está involucrado en el comportamiento temeroso y en la adquisición del miedo condicionado. En más de 20 estudios con animales de muchos laboratorios diferentes, se demostró que la estimulación eléctrica de la amígdala con un electrodo implantado, desencadena un complejo patrón de comportamiento y los cambios en las respuestas autónomas que se asemejan al miedo en los seres humanos (Davis, 1992).

Los bovinos son muy sensibles a la aversión que provocan las distintas partes de los procedimientos de manejo. Grandin (1992) reportó que cuando trabajó con bovinos cada 30 días en una manga de compresión y una balanza individual, la tendencia a recular a la entrada de la balanza fue disminuyendo con cada experiencia sucesiva, mientras que aumentaba levemente la resistencia a entrar a la manga de compresión. Los animales aprendieron que la balanza nunca les causaba malestar. El ganado que había sido maltratado en una manga de compresión, y que se había golpeado con fuerza contra la puerta de salida, era más propenso a resistirse a entrar en el futuro (Grandin et al., 1994), en comparación con el ganado que nunca se había golpeado con la puerta.

Investigadores Británicos descubrieron que la carga y descarga de ovejas y becerros fueron las partes más estresantes de un viaje (Trunkfield and Broom, 1990; Knowles, 1995). El factor desencadenante de estrés, puede ser cualquier actividad fuera de la cotidianidad del medio, alterando la homeostasis del organismo. Muchos animales padecen trastornos fisiológicos al ser transportados, manejados en los corrales o en un ambiente de intenso calor. El traslado para comercialización del

ganado causa al menos 2 efectos: (1) La pérdida del apetito; y (2) encogimiento o pérdida de masa corporal. El apetito o voluntad para consumo de alimento se deprime durante la primer semana y las 3 posteriores a la llegada al corral de engorda (Hutcheson, 1980).

La deshidratación, bajos niveles de azúcar en sangre y tejidos, desequilibrio electrolítico y problemas de termo-regulación asociados al estrés, resultan en pérdidas de peso vivo y en canal, así como una menor calidad de carne (Hutcheson y Cole, 1986). Al no haber presencia de agua, el ganado no ingerirá alimento, pues el consumo de agua está altamente relacionado con el consumo de alimento (Cockram et al., 1999). Becerros con acondicionamiento previo al transporte toleran mejor el estrés del transporte y la manipulación (Schwartzkopf-Genswein et al., 2007). Novillos de raza Angus se adaptaron de forma similar que novillos Romosinuano, con periodos de termo-neutralidad para adaptación, previo a periodos de estrés térmico (Scharf et al., 2010).

## **1.1. OBJETIVO**

Determinar los efectos de la suplementación de soluciones electrolíticas y/o glicerol en los cambios fisiológicos glucosa, creatinfosfoquinasa, aspartato aminotransferasa, lactato deshidrogenasa, lactato en sangre, nitrógeno ureico en sangre, proteínas totales, albumina, globulina, sodio, potasio, cloro, fosforo. La merma, la recuperación de la merma y morbilidad del ganado transportado a los corrales de engorda.

## **1.2. HIPÓTESIS**

La suplementación de soluciones electrolíticas y/o glicerol (compuesto gluconeogénico) reducen el estrés y las mermas, en ganado transportado por largos recorridos y periodos de tiempo.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La implementación de estrategias de pre-acondicionamiento del ganado acopiado y próximo a trasladarse desde el sur de México a los corrales de engorda de nuestra región, representa una de las alternativas más viables y menos costosas para disminuir el impacto de la pérdida de peso en el ganado, además de mejorar su bienestar durante este proceso.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Usos y características del glicerol**

La rápida expansión de la industria de biodiesel ha creado un gran abasto de glicerina cruda. Reacciones catalizadas entre alcohol y triglicéridos en aceites vegetales y animales han producido como resultado biodiesel y como coproducto de tal proceso, glicerina cruda (Van Gerpen, 2005). Aproximadamente 10% del peso del aceite o grasa usada para producir biodiesel se convierte en glicerina (Dasari et al., 2005) y la industria del biodiesel en Estados Unidos anticipa que la glicerina producida será de 635 millones de kg entre 2006 y 2015 (Parker et al., 2007).

El glicerol (glicerina) es un líquido incoloro, inodoro, higroscópico, de sabor dulce y viscoso que es un subproducto de la producción de biodiesel (Donkin y Doane, 2007). Durante la producción de biodiesel ácidos grasos se hidrolizan desde la cadena principal de glicerol de la molécula de triglicérido por un proceso de transesterificación usando metanol. Después de la separación de los ésteres de ácidos grasos, se elimina el exceso de glicerol que contiene metanol y sales de las reacciones. La purificación de la glicerina puede ser variable dependiendo de la planta y los procesos utilizados. La gama potencial de los valores de los contaminantes se presentan en la Tabla 1 (Hippen et al., 2008).

El rendimiento de glicerol a partir de este proceso es de aproximadamente una unidad de glicerol por cada diez unidades de biodiesel producidos. Con proyecciones de producción anual de más de 2.2 millones de galones de biodiesel a finales de 2008, unos 220 millones de litros de glicerol al 80% de pureza estarán disponibles anualmente (Hippen et al., 2008).

Tabla 1. Composición del glicerol dependiendo su pureza

	Pureza del glicerol		
	Baja	Media	Alta
Humedad, %	26.8	1.1	2.5
	Composición de la materia seca <sup>1</sup> , %		
Glicerol	63.3	85.3	99.8
Extracto etéreo	0.71	0.44	NA <sup>2</sup>
Fosforo	1.05	2.36	NA <sup>2</sup>
Potasio	2.20	2.33	NA <sup>2</sup>
Sodio	0.11	0.09	NA <sup>2</sup>
Plomo	0.0003	0.0002	NA <sup>2</sup>
Metanol	26.7	0.04	NA <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Las concentraciones de cadmio, mercurio y arsénico estuvieron por debajo de los límites detectables.

<sup>2</sup>NA, no analizados.

Adaptada de Schröder y Südekum (1999)

Muchos estudios han evaluado el uso de glicerina en dietas de aves (Kijora et al., 1995; Lammers et al., 2007a, b) y en ganado (Fisher et al., 1973; DeFrain et al., 2004). En no rumiantes ha habido trabajos limitados conducidos a entender el metabolismo de la glicerina. En rumiantes, el glicerol es un sustrato metabólico para la gluconeogénesis hepática (Lehninger et al., 1993). Después de la ingestión, el glicerol es convertido a glucosa por la vía de la fosforilación a glicerol-3-fosfato, el cual es catalizado por la glicerol quinasa y entra en la vía de la gluconeogénesis en el hígado (Mourot et al., 1994).

Trabue et al. (2007) sugirió que el metabolismo ruminal del glicerol es aproximadamente del 80% después de 24 h, resultando en un decremento de la relación acetato: propionato. Datos limitados muestran el efecto de la glicerina sobre el desempeño de ganado bovino de carne y las características de la canal (Parsons et al., 2009).

El glicerol es liberado en el tejido adiposo durante la hidrólisis de los triacilglicéridos y es entregado por el torrente sanguíneo al hígado. Esta molécula de tres átomos de carbono, es fosforilada a glicerol-fosfato, el cual es oxidado a dihidroxiacetona fosfato, un intermediario de la glucólisis (Figura 1).

Ensayos en humanos con glicerol han demostrado una mayor retención de líquido dentro del cuerpo y un retraso en la pérdida de agua corporal en ambientes tropicales y templados (Riedesel et al., 1987; Freund et al., 1995; Hitchins et al., 1999). El glicerol, por tener un efecto gluconeogénico al ser administrado al ganado lechero, es empleado (al igual que propilenglicol) para corregir situaciones de cetosis en vacas lecheras. Fisher et al. (1973) encontró que vacas alimentadas con 374 g/d de glicerol perdieron menos peso y se mantuvieron en un balance energético positivo



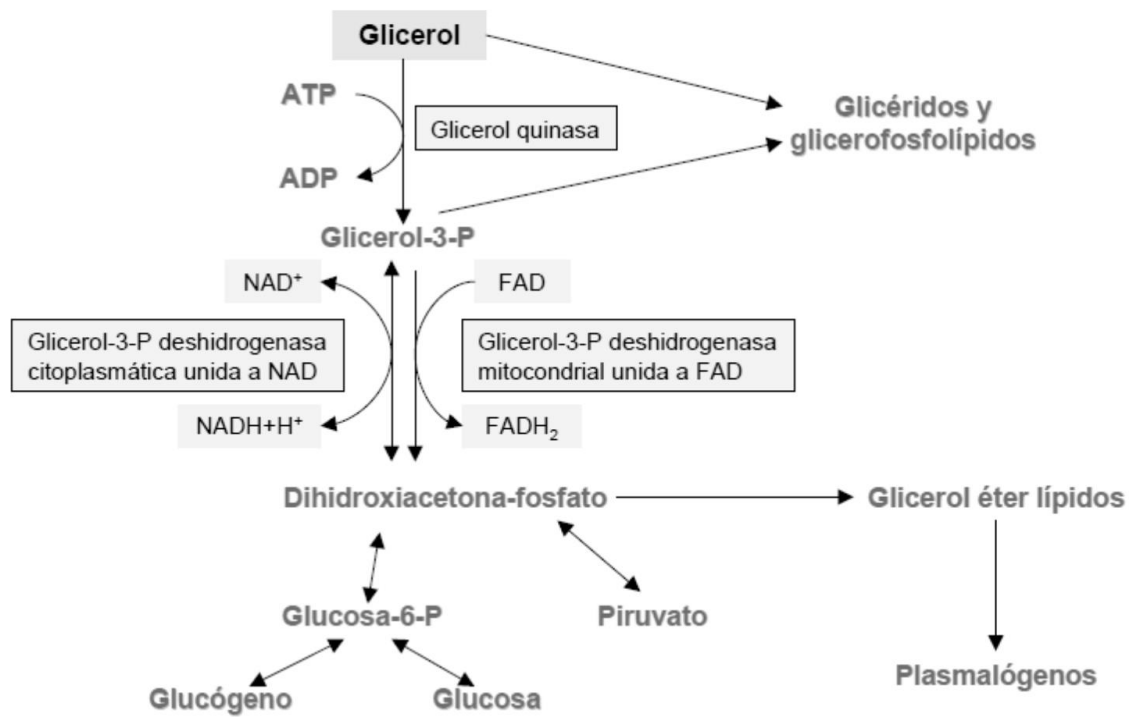


Figura 1. Metabolismo del glicerol.

que aquellas que fueron alimentadas con glicerol (GL) o propilenglicol (PG) a razón de 174 g/d.

El glicerol ingerido por vía oral sigue la misma vía metabólica de los hidratos de carbono, así como el glicerol endógeno a partir de la descomposición de los triglicéridos. El destino final de glicerol es dependiente del estado metabólico de la persona, por ejemplo, en estados de inanición, el glicerol es un combustible primario para la gluconeogénesis hepática (Freund et al., 1995.). Además, O'Kelly (1985) sugirió que el ganado *Bos indicus* utiliza menos masa muscular que los *Bos taurus* durante un ayuno de 96 horas y argumentó que una dieta rica en grasas antes del ayuno reduce la descomposición de las proteínas del músculo en ambos genotipos durante el ayuno.

Las reservas de triacilgliceroles del organismo se movilizan para aportar energía por la acción de las lipasas, que catalizan la producción de glicerol y ácidos grasos. El glicerol es glucogénico, entrando en la ruta glucolítica como fosfato de dihidroxiacetona, siguiendo la reacción inversa a la de la aldolasa, se obtiene fructosa 1-6 difosfato, que se convierte en glucosa por la hexosa difosfatasa, glucosa 6-fosfato isomerasa y glucosa 6-fosfatasa. Si la glucosa se utiliza para producir energía, puede valorarse la eficiencia del glicerol como fuente energética, con una ganancia energética de 21 moles de ATP por ml de glicerol.

Por otra parte, el fosfato de dihidroxiacetona puede entrar en la ruta glucolítica y metabolizarse, vía piruvato y siguiendo el ciclo de los ácidos tricarbónicos, hasta dióxido de carbono y agua, liberando energía. En este caso, la eficiencia del glicerol como fuente de energía, puede estimarse en 22 moles de ATP (McDonald et al., 2006).

La glicerina es generalmente reconocida como segura cuando se usa de acuerdo con la prácticas de buena manufactura y alimentación (FDA, 2007), aunque se han expresado preocupaciones en relación con los niveles de contaminantes en glicerol (en bruto) a partir de metanol residual. El contenido de metanol de glicerol en bruto debe ser inferior a 0.5%. Una carta reguladora reciente expedido por la FDA indica que los niveles de metanol mayor que 150 ppm podría ser considerado inseguro para la alimentación animal (Donkin y Doane, 2007).

La Oficina de Medicamentos del Estado de Texas ha establecido directrices para el etiquetado de glicerol con niveles mínimos y máximos de azufre, cenizas y metanol. El contenido de metanol no debe exceder el 1% en el glicerol crudo destinado para rumiantes (Feedstuffs, 2007).

Hippen et al. (2008) enlisto los atributos que hacen al glicerol (GL) adecuado como aditivo alimentario, incluyen los siguientes:

- Proporciona "adhesividad" para dietas completas
- Mejora la palatabilidad en cantidades bajas
- Aumenta el consumo de agua
- Ayuda en el peletizado (puede actuar como anti fúngico)
- Sirve como anticongelante en alimentos líquidos (mayor fluidez)
- Ayuda a mantener los materiales en suspensión en líquidos

El uso de la propilenglicol (PG) como tratamiento y durante períodos prolongados debe abordarse con precaución. Las altas concentraciones de propilenglicol resultan tóxicas para algunas especies de bacterias ruminales

(Pehrson, 1972), también pueden ser tóxicas para el animal. Una dosis de 1,8 kg de PG por tubo ruminal o de 2 a 3 L de glicerol administrado por vía oral puede ser neurotóxico (Johnson, 1954). Para ser glucogénico, el glicerol (GL) debe ser suministrado en agua para que se asocie con la fracción líquida del contenido ruminal o ser capaz de "puentear" el rumen en alguna forma para ser absorbido como glicerol y convertido en glucosa por el hígado.

El glicerol que está disponible para los microbios del rumen se convierte en ácidos propiónico y butírico. La fracción convertida a butirato es metabolizado a  $\beta$ -Hidroxiobutirato ( $\beta$ -HBA) por el epitelio ruminal, por lo tanto el glicerol que se suministra es realmente cetogénica en lugar de glucogénicos (Hippen et al., 2008).

El transporte de glicerol a través de los epitelios en otros mamíferos está mediado por las proteínas homólogas de los canales de agua, acuaporinas (AQP), algunas de las cuales también funcionan como transportadores de glicerol conocidas como acuagliceroporinas (Rojek et al., 2008). El transportador de AQP3 ha sido identificado como un primer transportador de glicerol en los intestinos de ratas y seres humanos, pero también se ha localizado en el ojo, el riñón, el estómago, el bazo y los eritrocitos. Alternativamente, AQP7 en el ratón ha sido localizada en el tejido adiposo donde sirve, junto con glicerol quinasa, con la adiposidad directa y el destino de glicerol liberado a través de la lipólisis (MacDougald y Burant, 2005). La presencia de acuagliceroporinas en los tejidos del rumen bovino no se ha informado, pero la absorción directa de glicerol a través del epitelio del rumen o intestinal podría ser un factor determinante del metabolismo intermedio de glicerol y de su papel como precursor de glucosa (Donkin et al., 2009).

## **2.2. Funciones y características de los electrolitos**

Los períodos prolongados de privación de agua, que se producen durante el transporte de ganado por largos recorridos, en última instancia, resultan en deshidratación y el cambio a un mayor estado gluconeogénico (Schaefer et al., 1992; Tarrant et al., 1992; Parker et al., 2003b). Las estrategias empleadas por la industria ganadera consisten en la reposición de los electrolitos y agua corporal perdida por el ganado en el transcurso del viaje, mediante el suministro de estos al llegar a destino, después que el bienestar de los animales pudo estar comprometido (Wythes et al., 1980; Schaefer et al., 1990, 1997).

La expansión del volumen de plasma antes de la exposición a un medio ambiente deshidratante, como el proceso de comercialización, es problemático para la mayoría de especies de mamíferos. Hiperhidratar con solo agua es transitorio porque el riñón excreta rápidamente cualquier exceso de líquido. La hiperhidratación profiláctica con el osmolito glicerol (GL) a razón de 2 g/kg de PV ha sido empleada para prevenir o demorar la deshidratación en atletas humanos (Freud et al., 1995; Hitchins et al., 1999). La administración de osmolitos antes del transporte por largos periodos puede tener merito en la atenuación de los efectos deletéreos de deshidratación y promover la producción de glucosa mientras, sin afectar la degradación de proteína muscular (Parker et al., 2007). Denton et al. (1999) indicaron que un aumento de 1-2% en la osmolaridad del plasma hace que los animales beban agua.

Particularmente notable a este respecto son los cambios en los principales iones, incluyendo cloruro, potasio, calcio, y magnesio. La medición de la relación

anionica-cationica, una aproximación matemática de las diferencias en los principales aniones y cationes ( $[Na + K] - [Cl + HCO_3]$ ), se ha demostrado que tienen cierta utilidad en el diagnóstico de las condiciones ácido-base aberrantes en el ganado vacuno transportados (Schaefer et al., 1990). Dependiendo del momento en el cual se tomen estas medidas dentro del curso del transporte y el manejo, la disminución de esta medida se ha observado en animales transportados y probablemente refleja en cierta medida el aumento de la concentración de cloro en plasma en estos animales.

### **2.3. Definición de estrés**

El concepto y las definiciones relativas al estrés fueron reportadas por Walter Cannon (1914) y Hans Selye (1936). Ellos descubrieron que los diversos estímulos nocivos (estrés), tales como el dolor, el hambre, la sed, a condiciones climáticas severas o agentes nocivos causan cambios fisiológicos en el animal que pudieran conducir a un estado patológico en el largo plazo (von Borell, 2001).

El estrés se define como una condición en un animal que resulta de la acción de uno o más factores estresantes que pueden ser de origen externo o interno. Hutcheson y Cole (1986) definieron el estrés en ganado de engorda como la respuesta inespecífica del organismo a cualquier demanda del ambiente. Hans Selye (1936) definió ante la Organización Mundial de la Salud el término *estrés* (del griego *stringere* = tensión) como la respuesta no específica del organismo a cualquier demanda del exterior.

Selye (1936) distinguió 3 fases de la respuesta al estrés que se describen como 1) de alarma (concepto de emergencia de Cannon), seguido por 2) resistencia

(es decir, por la liberación de corticosteroides), si los resultados son fallidos en 3) agotamiento del sistema de respuesta (estado pre-patológico) y eventualmente, la muerte.

El esfuerzo del cuerpo para mantener la estabilidad interna en relación a los retos del entorno es muy variable, El estrés es una respuesta adaptativa de los sistemas endocrino, nervioso y respiratorio a estímulos externos e internos (Wilson & Foster, 1985).

Un factor de estrés puede ser considerado como perjudicial dependiendo en la forma en que un organismo es capaz de hacer frente a una situación amenazante, ya que recupera un estado de homeostasis (von Borrell et al., 2001). Un animal en estado de estrés, requiere hacer ajustes anormales o extremos en su fisiología o comportamiento para poder responder a los aspectos adversos de su ambiente y manejo. Un sistema de producción se dice está bajo estrés si causa demandas extremas o anormales sobre los animales. Finalmente, un factor individual puede decirse que es causa de estrés cuando contribuye a la naturaleza estresante del sistema de producción. El estrés puede alterar el *estatus quo* del organismo, retando los procesos fisiológicos de adaptación. La nutrición y el estrés, son interactivos y consecuenciales, ya que el estrés puede producir o agravar deficiencias nutricionales, o las deficiencias pueden producir una respuesta de estrés (NRC, 2000). La severidad y la duración de un procedimiento de manejo atemorizante determinan la duración del período requerido para que el pulso cardíaco recupere su ritmo normal. Tras sufrir un estrés severo por mal manejo, se necesitan más de 30 minutos para que el ritmo cardíaco vuelva al nivel habitual (Stermer et al., 1981).

El ganado es muy sensible en relación a las aversiones a diferentes partes

del proceso de manejo (Grandin, 1992). Las causas más comunes de estrés se presentan con la sequía, el destete, el hacinamiento y la exposición a enfermedades. En estas situaciones, en las que el ganado no consume alimento y agua, se exacerbaban los efectos del estrés. Los bovinos son muy sensibles en lo relativo a la aversión hacia las diferentes partes de los procedimientos de manejo (Grandin, 1992). Otras formas de estrés en ganado de engorda en corral incluyen los cambios climáticos, la castración, el descorné, la vacunación, la desparasitación interna y externa, y la aplicación de implantes de oreja. Todos estos estreses afectan los requerimientos del ganado de engorda, lo que debe ser considerado en la alimentación durante la adaptación en los corrales (NRC, 2000).

### **2.3.1. Estrés por Transporte**

Según Swanson y Morrow-Tesch (2001), muchos factores están involucrados en la compleja cuestión que llamamos "estrés del transporte" incluidos en esta lista de factores está el manejo previo al traslado, el ruido, la vibración, la novedad, la reagrupación social, el hacinamiento, los factores climáticos (temperatura, humedad y gases), restricción, carga y descarga, el tiempo de tránsito, y la privación de alimento y agua, por nombrar unos pocos. Claramente, la respuesta de un animal hacia la transportación no es sencilla, lo que también ayuda a explicar la falta de información concreta disponible en relación con el estrés del transporte. Becerras con acondicionamiento previo al transporte toleran mejor el estrés del transporte y el manejo (Schwartzkopf-Genswein et al., 2007).



Existe una gran variación individual en la respuesta al estrés por transporte. De sus resultados se desprende que el transporte de bovinos en pie por 36 h, con o sin descanso, es perjudicial para el bienestar de los animales. Los animales no se habitúan a procedimientos que les generan mucha aversión (Hargreaves y Hutson, 1990a).

El descanso tuvo un efecto beneficioso sobre la actividad plasmática de CK y los valores de VGA y en una menor tendencia a la movilización grasa reflejada por las concentraciones plasmáticas de  $\beta$ -HBA al momento de la sangría (Tadich et al., 2000). Cuando los vacunos eran sometidos varias veces a viajes en camión en los que se caían al piso, sus niveles de cortisol no disminuían con la experiencia (Fell y Shutt, 1986).

### **2.3.2. Datos históricos sobre el transporte de ganado**

El transporte de ganado vivo en barcos provenientes de Inglaterra con destino a Estados Unidos era una carga regular. Hatos de raza pura para pie de cría fueron importados en 1700 a través de los puertos navieros de Plymouth y Filadelfia. Las exportaciones realizadas de ganado vivo para abasto y carne empacada regularmente salían del puerto de Filadelfia con destino a las Indias Occidentales. La mortalidad del ganado durante el transporte por barco frecuentemente se acercaba al 50% o más, lo cual era atribuido al inadecuado abasto de alimento, congestionamiento o hacinamiento de ganado y a los mares difíciles (Skaggs, 1986). Con la expansión colonial hacia el oeste, la ganadería y el comercio de la carne fueron ampliados. El primer embarque de ganado vivo a Chicago por ferrocarril se

produjo el 5 de septiembre 1867 (Kansas Pacific Railway Company, 1874). Veinte vagones con ganado Texas Longhorn salieron de la cabeza de carril en Abilene Kansas, en el ferrocarril Kansas Pacific destinado a los rastros de Chicago. Este acontecimiento histórico cambió para siempre la faz de la industria de la carne. El ganado proveniente del oeste y el noroeste de Texas, fue conducido a terminales ferroviarias para el transporte a grandes engordadores, procesadores y empacadores de las grandes Llanuras, y del Medio Oeste. Las rutas del transporte del ganado fueron cuidadosamente trazadas para minimizar la distancia y maximizar el abasto de forraje para mantener al ganado engordado. Arreadores fueron contratados para recolectar, manejar, y concentrar el ganado en las principales estaciones de compra. Los mejores arrieros informaron mortalidades en los recorridos en tren de 3% aproximadamente (Kansas Pacific Railway Company, 1874; Skaggs, 1986). A medida que los ferrocarriles se expandieron, los procesadores se multiplicaron y la tecnología de refrigeración se desarrolló (el vagón refrigerado fue patentado en 1867), la necesidad de trasladar ganado vivo disminuyó y los sistemas de vías férreas estaban desapareciendo rápidamente para 1889 (Skaggs, 1986; Wade 1987). Lo referente a la eficiencia, pérdida de peso (merma), la mortalidad, enfermedad, el suministro de alimentos y agua eran preocupaciones frecuentes (Skaggs, 1986; Wade, 1987; AHA, 1999). Los envíos por ferrocarril promediaron pérdidas de 15% durante la última parte del siglo 19 (Skaggs, 1986). Defensores del bienestar animal, la American Humane Association, y los ganaderos se quejaron de las condiciones de transporte del ferrocarril. Entre las quejas estuvieron los horarios que dieron lugar al hacinamiento, el manejo inhumano y atención deficiente al ganado (Skaggs, 1986, AHA, 1999). El Congreso de los Estados Unidos de América aprobó la "Ley de la

hora 28" en 1906 para establecer un límite de tiempo en el cual el ganado puede estar en tránsito en ferrocarril sin alimento y agua. La ley, sin embargo, no abordó el transporte por carretera, ya que la industria del transporte de ganado comercial aún no se había desarrollado. En la actualidad, la mayoría del ganado vacuno es transportado por carretera en los Estados Unidos.

La única especie de animales cubiertos por las regulaciones federales que contemplan aspectos de su bienestar durante el transporte por carretera es la equina. A pesar de las grandes mejoras introducidas en los métodos de envío, el transporte sigue siendo considerado uno de los eventos más estresantes que el ganado va a sufrir durante su vida.

El desarrollo de modernos métodos científicos para evaluar el comportamiento de los animales, el estrés y los factores del medio ambiente ayuda a esclarecer cómo estos factores contribuyen al estrés del transporte y sus interrelaciones. Dado que las normas y códigos de prácticas comenzaron a propagarse en todo el mundo para el control y supervisión del transporte de ganado, también lo hizo la necesidad imperiosa de llevar a cabo la investigación. Esto podría explicar la abundancia de información científica procedente de la Unión Europea, Australia y Canadá, que se centra en el bienestar de los animales durante el transporte.

En Estados Unidos, factores como la morbilidad, la mortalidad, las lesiones y calidad de la canal que producen un impacto económico negativo observable han sido el foco principal de la investigación del transporte (Swanson y Morrow-Tesch., 2001).

### **2.3.3. Cambios ruminales y fisiológicos que causan el estrés**

Durante el proceso de comercialización del ganado flaco, el ganado generalmente no tiene acceso a alimento y agua, lo que causa una reducción significativa de los procesos y capacidad de fermentación ruminal, manteniéndose deprimidos varios días hasta después de que el ganado comienza a comer nuevamente (Cole y Hutcheson, 1985a).

La población de protozoarios y bacterias en el rumen del ganado transportado sin haber comido, fue menor que con ganado que no paso por este estrés (Gallean et al., 1981). Las mayores estresores que se encuentran son la privación de alimentos y el agua, el hacinamiento, el destete, la castración, descornado, vacunación y cambios en el entorno (Hutcheson y Cole, 1986). Algunos cambios fisiológicos que ocurren con el estrés durante la recepción y la adaptación del ganado, incluyen aumentos del pH ruminal, la osmolaridad ruminal, la glucosa, y el nitrógeno ureico. Sin embargo, una vez que el ganado comienza a comer, estas variables regresan a los niveles normales dentro de 24 horas (Cole y Hutcheson, 1985b). El grado de cambio en la función del rumen durante FWD depende de la cantidad y la composición de la digesta inicialmente presente. En ovejas alimentados con heno y concentrados y en vacas alimentados con heno, el peso de la digesta en todo el tracto era equivalente a aproximadamente el 19% del peso corporal. La digesta en el rumen constituía alrededor de 70% del total (Hogan et al., 2007).

#### **2.3.4. Consumo**

Baldwin (1967) ha observado que el número de protozoarios ruminales y bacterias se reducen dramáticamente después del estrés por transporte. Una reducción en la capacidad de fermentación (habilidad de los microorganismos para fermentar un exceso de alimento molido o sustrato in vitro). Estos cambios en el rumen tienden a reducir el apetito, y consecuentemente, el consumo de alimento. Es común que el ganado que es transportado una larga distancia, sin comer, durante varios días, se enferme y tenga fiebre.

Chirase et al. (1991) mencionó que el consumo de alimento puede reducirse hasta en más del 50% en ganado enfermo. Una vez que el ganado se enferma por la enfermedad del complejo respiratoria bovino (BRD), se lleva hasta 10 a 14 días antes que el consumo regrese a su nivel normal. Consecuentemente, es difícil satisfacer las necesidades de nutrientes para mantenimiento y crecimiento durante este período de estrés por enfermedad.

Schwartzkopf-Genswein et al. (2007) En su discusión sobre los efectos de la distancia de transporte y acondicionamiento previo, así como los reportados en otros estudios donde se espera que terneros no acondicionados y con larga distancia de recorrido, mencionan que el ganado haga menos visitas y de corta duración al comedero en el primer día posterior al viaje; como resultado del estrés asociado con los efectos de la reubicación, alimentos nuevos para los animales y el agua, así como los comederos (Launchbaugh, 1995) y la fatiga (Jarvis et al., 1996).

Además, en diversos estudios (Cole et al., 1982; Zinn et al., 1988; Hicks et al., 1990) se ha informado de una disminución del consumo en terneros en recepción, como un patrón de comportamiento observado en las primeras 2 semanas

posteriores al arribo al corral de engorda. En el Cuadro 2, se presentan los consumos de materia seca y la ganancia diaria de peso de becerros durante el período de adaptación, en becerros sanos y enfermos reportados por Hutcheson y Cole (1986).

La práctica de la alimentación y la privación de agua (FWD) antes del transporte fue primeramente llamada "toque de queda" por Wythes (1982). Esto es distinto de desnutrición (un inadecuado suministro prolongado de nutrientes para mantener una buena salud y, en el caso de animales inmaduros o animales de bajo peso, el potencial de crecimiento) y la desnutrición (un déficit, el desequilibrio o exceso de nutrientes con la consiguiente efectos adversos sobre la salud y el crecimiento potencial) según lo comentado por Agenas et al. (2006). La imposición de un período de privación de alimento y agua (FWD) antes del transporte tiene dos objetivos principales. El primero es reducir la carga en la digesta del tracto gastrointestinal en un intento de reducir el ensuciar a otros animales, los camiones y las carreteras sobre las que transita, y reducir la contaminación de la canal. El segundo, en situaciones donde los animales se venden en pie, es para permitir una mayor precisión en la predicción del peso de la canal (Hogan et al., 2007).

Durante la privación de alimento y agua (FWD) se espera alguna pérdida en peso vivo, debido a la interrupción de la alimentación y la ingesta de agua. Sin embargo, una pérdida importante de peso vivo se debe a los procesos catabólicos, que se producen a una tasa decreciente a medida que se reduce el suministro de metabolitos para la respiración. La defecación también disminuye gradualmente. En

Cuadro 2. Consumo de materia seca (% del peso corporal) y ganancia diaria de peso (g/día) promedio de becerros durante el período de adaptación en los corrales<sup>1</sup>.

Días de arribo	Saludable		Enfermos	
	CMS <sup>1</sup>	GDP <sup>1</sup>	CMS <sup>1</sup>	GDP <sup>1</sup>
0-7	1.55	-0.97	0.9	-2.59
0-28	2.71	0.59	1.84	0.01
0-56	3.03	0.89	2.68	0.01

<sup>1</sup>Consumo de materia seca (CMS) y ganancia diaria de peso (GDP).

Fuente: Hutcheson y Cole (1986).

el ganado después de 48 h de FWD, el 70% de la producción fecal se produjo en las primeras 24 h.

La falta de agua durante 4 días dio lugar a una restricción de la ingestión voluntaria parcial, presumiblemente porque el ganado intento mantener la osmolaridad del rumen. A medida que la ingesta diaria de heno cayó 6.6 a 0.5 kg, se produjo un descenso de la producción de orina de 7 a 2 litros/día, y heces, de 16 a 2 kg/d. El contenido de humedad de las heces se redujo desde 85 hasta 72%, lo que refleja la reabsorción de agua durante un tiempo de retención más largo de la digesta en el intestino grueso, por lo que la salida de agua en las heces se redujo desde 14 hasta 1 l/d. El grado de cambio en la función del rumen durante la privación de alimento y agua depende de la cantidad y la composición de la digesta inicialmente presente (Hogan et al., 2007).

#### **2.4. Tipo y causas de la Merma**

Cuando el ganado es transportado, la pérdida de peso conocida como merma, puede deberse a pérdidas de heces, orina o tejido corporal, principalmente en forma de agua (Phillips et al., 1983).

La deshidratación es perjudicial para las funciones del organismo, y está en segundo lugar de severidad, solamente después de la falta de oxígeno. El agua es consumida como líquido o la obtienen del alimento. La temperatura ambiental y la humedad pueden afectar los requerimientos de agua del ganado. Altas temperaturas producen una demanda por agua, mientras una baja humedad relativa ambiental aumenta la pérdida de agua a través de la respiración y la transpiración.



La homeostasis es desafiada por la pérdida de agua del cuerpo y por lo tanto durante la privación de alimento y agua, por la deshidratación que conduce a la sed. La sed, definida como un anhelo o deseo apremiante de beber, se induce tanto por deshidratación extracelular y celular (Blair-West et al., 1994).

La merma es mayor en ganado que es dietado y transportado, en comparación con ganado que es solamente desprovisto de alimento. En ambos casos, las pérdidas fecales y urinarias fueron similares (Phillips et al., 1983). Los siguientes son cinco factores que afectan la proporción de la merma son: (1) tiempo de tránsito; (2) distancia; (3) edad; (4) sexo; y (5) tipo-condición.

## **2.5. Tiempo de tránsito**

El factor que más afecta las mermas del ganado es el tiempo de tránsito durante el transporte. Consecuentemente, los choferes que conducen las jaulas ganaderas deben entregar el ganado lo antes posible. Brownson (1973) reportó las estimaciones de merma con respecto al tiempo de tránsito (Cuadro 3).

Jarvis et al. (1996), encontró que el ganado transportado por más de 128 kilómetros, pasaban más tiempo postrados en un periodo de tiempo de 3 horas postransporte en comparación con bovinos transportados por una distancia inferior a 128 km. Tadich et al. (2000) observaron una gran variación individual en la respuesta al estrés por transporte. De sus resultados se desprende que el transporte de bovinos en pie por 36 horas, con o sin descanso, es perjudicial para el bienestar de los animales. Basados en los resultados obtenidos de su estudio.

Cuadro 3. Efecto del tiempo de tránsito en la merma y días requeridos para recuperar el peso de compra.

Tiempo de tránsito (horas)	Merma (%)	Días requeridos para recuperar el peso de compra
1	2	0
2 – 8	4 – 6	4 - 8
8 – 16	6 – 8	8 - 16
16 – 24	8 – 10	16 - 24
24 – 32	10 – 12	24 - 30

Fuente: Brownson (1973)

### **2.5.1. Distancia**

También es posible evaluar la merma considerando la distancia. Una estimación que se considera es de 2% de merma durante los primeros 100 kilómetros que el ganado es transportado. Las mermas se reducen a menos de la mitad con una mayor distancia que el ganado es transportado. Terneros acondicionados antes del transporte les permitió tolerar mejor los factores estresantes de transporte y manejo. Esto se observó en menores concentraciones de cortisol pre y post-carga, así como los porcentajes más altos de consumo de alimento y menos tiempo en pie y rumiando en sus corrales inmediatamente después del viaje en comparación con los terneros no acondicionados. Además, el efecto combinado de acondicionamiento y el transporte de corta distancia fue menos estresante como lo demuestra la baja pérdida de peso (merma), alto consumo de MS y ganancia diaria de peso en el primer mes después del transporte. El acondicionamiento tuvo algunos efectos positivos en el rendimiento y el bienestar de los terneros transportados y se debe considerar cuando se preparan terneros para transporte y la venta (Schwartzkopf-Genswein et al., 2007).

### **2.5.2. Grasa corporal**

El contenido de grasa corporal varía con la edad, el sexo, tipo de ganado y la condición de este. Ganado de mayor edad tiende a tener más grasa que el ganado joven. Entre más gordo este el ganado, menor es la merma. Esto es debido a que la grasa contiene menos agua que el músculo. O'Kelly (1985) sugirió que los *Bos indicus* utilizan menos masa muscular que los *Bos taurus* durante un ayuno de 96 h

y argumentó que una dieta rica en grasas antes del ayuno reduce la descomposición de las proteínas del músculo en ambos genotipos durante el ayuno.

Las vaquillas tienen más grasa corporal que los novillos, y aun más que los toretes de la misma edad. Ganado de porte robusto tiene menos grasa que ganado de porte mediano de la misma edad. Además, ganado enfermo pierde condición corporal al perder el apetito, y tiende a deshidratarse (NRC, 2000).

## **2.6. Como reducir las mermas**

### **2.6.1. Manejo de recepción**

El manejo del estrés en ganado tiene dos componentes principales: (1) manejo de la causa de estrés, y (2) manejo de los efectos del estrés (los cambios cuantificables que se observan en el ganado como es la merma). La información disponible al comprador debe incluir el peso de compra, el peso de llegada al corral, y el número de animales muertos o caídos. Prevenir las mermas y reducir el estrés que la acompaña, es importante para minimizar las pérdidas económicas por transporte y el manejo de recepción.

Algunas prácticas recomendadas son: (1) Evitar movilizar y transportar ganado durante climas adversos de lluvia o calor excesivos; (2) Asegurar un manejo cuidadoso y sin abuso al cargar o descargar ganado; (3) Evitar demoras en el transporte de ganado; (4) Asegurarse que el equipo de transporte y de manejo en los corrales estén en condiciones apropiadas; (5) Es preferible ofrecer alimentos secos que húmedos antes del transporte; y (6) Permitir suficiente espacio para el ganado transportado en jaulas ganaderas.

Al recibir el ganado en los corrales, este debe ser manejado dentro de 24 a 36 horas de haber llegado. Una opción es la de manejar al ganado el día de llegada. La segunda opción es la de permitir que coman heno y tomen agua, que descansen durante la noche y se manejen en la mañana siguiente. Se recomienda usar la segunda opción con ganado estresado, e inclusive, se recomienda posponer el manejo si el ganado presenta evidencia de un estrés excesivo y enfermedad. Las temperaturas del ganado que acaba de bajar de la jaula ganadera no son indicadores confiables de enfermedad (Lofgreen, 1988). La temperatura corporal puede estar un grado centígrado arriba de lo normal (38.5°C) sin que el ganado tenga fiebre durante el verano (considerar con fiebre cuando tenga más de 40 °C). La temperatura debe tomarse especialmente en ganado que está estresado.

Para minimizar el estrés, el ganado debe movilizarse a los corrales respectivos, con manejo tratando de evitar estresarlos. Durante la recepción en los corrales, el ganado debe manejarse en grupos pequeños, evitando que este espere demasiado tiempo en la prensa. Durante el verano, cuando la temperatura ambiente es alta, el ganado debe manejarse temprano en la mañana o en la tarde, cuando haga menos calor.

### **2.6.2. Perfil nutricional de alimentos para adaptación**

Animales recién llegados a los corrales no consumen suficiente alimento. El primer día en los corrales, solamente de 20 a 25% del ganado come alimento. El tercer día, 40% del ganado aun no come alimento, mientras que el décimo día un

promedio de 15% del ganado no lo consume. La ración de iniciación debe ofrecerse cuando menos 14 a 21 días después del arribo.

Aumentando la densidad energética de la ración de recepción al incrementar el nivel de grano, mejora el consumo de energía, la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia (kg de alimento por kg de peso incrementado). La inclusión de grasa animal o una mezcla de grasas animal y vegetal mejora significativamente la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia durante los primeros 15 días de estancia, con raciones altas en proteína cruda (15 a 17%), mientras que la inclusión de una grasa de sobrepaso ruminal no ha sido de beneficio.

Una deficiencia de energía en el ganado puede severamente deprimir al sistema inmune (Nockles, 1988), sin embargo, un exceso de energía también pudiera tener un efecto perjudicial. Becerros recién llegados al corral que recibieron inicialmente una ración alta en energía (75% de concentrado), tuvieron un mejor desempeño pero más morbilidad (57%) que el grupo testigo (47%) que tuvo una ración con 25% de concentrado (Preston y Kundle, 1974).

Se sugiere que la ración de recepción contenga un máximo de 16% de proteína cruda y >70% de concentrado (grano, fuentes de proteína, etc.) durante las 2 siguientes semanas después de llegar a los corrales. Sin embargo, el ganado debe ser recibido con heno y agua de buena calidad.

### **2.6.3. Minerales**

Algunos estudios han demostrado que los requerimientos de minerales del ganado estresado, generalmente, no son diferentes a los de ganado sin estrés. Sin

embargo, una reducción del consumo de materia seca del ganado estresado nos sugiere que altas concentraciones de minerales deben ser incorporadas en sus dietas (NRC, 2000).

El uso de electrolitos en el agua o alimento son prácticas cada vez más comunes en el manejo del estrés. Algunos minerales que deben considerarse en mayores cantidades en las raciones de iniciación o adaptación son el sodio y el potasio. Estos electrolitos también pueden suplementarse mezclándolos en el agua de bebida.

El sodio es el principal catión en el fluido extracelular, mientras que cloro es el principal anión. Ambos participan en el mantenimiento de la presión osmótica, balance hídrico, y regulación del equilibrio ácido-base. El sodio tiene funciones en la contracción muscular, transmisión de impulsos nerviosos, y transporte de aminoácidos y glucosa (NRC, 2000).

El requerimiento mínimo de sodio es de 0.06-0.08%. Sin embargo, en la ración de recepción, las concentraciones de sodio deben aumentar a 0.2-0.3% de la materia seca, debido al bajo consumo de materia seca, durante la etapa de iniciación. Fuentes de sodio comúnmente usadas para formular dietas para ganado en corral son cloruro de sodio (sal común) y bicarbonato de sodio.

El potasio ha sido reconocido como un mineral importante nutricionalmente, participando en el balance de la presión osmótica de las células. Es el tercer mineral más abundante en el cuerpo y el mayor catión en el fluido intracelular. Ganado sujeto al estrés de la comercialización y la transportación pierden peso, principalmente agua del tracto digestivo, y subsecuentemente, de las células del cuerpo. Cuando la deshidratación ocurre, agua del organismo se pierde del compartimiento extracelular

y es reemplazado por agua intracelular. Cuando esto sucede, la concentración de potasio aumenta en el espacio extracelular y la aldosterona es activada para causar la excreción de potasio. Consecuentemente, con la deshidratación o merma (perdida de agua intracelular), es posible que deficiencias de potasio y sodio puedan ocurrir.

El requerimiento de potasio de becerros estresados es 20% mayor que aquel de becerros sin estrés (Hutcheson et al., 1984). Los resultados de algunas investigaciones sugieren que una cantidad adicional de potasio en la dieta de becerros con estrés que recién llegaron a los corrales, debe ofrecerse durante las primeras dos semanas para reducir la merma. Potasio adicional puede no aumentar la respuesta en ganancia de peso si la merma es menor de 2 a 4%, pero si esta es superior a 7%, una reducción significativa en la merma puede obtenerse. Aumentando el potasio en la dieta permite que el equilibrio electrolítico e hídrico regrese a la normalidad.

## **2.7. Enfermedad y desempeño**

Numerosos estudios epidemiológicos y experimentales han proporcionado evidencia sustancial de que el estrés tiene un impacto significativo en la incidencia y severidad de las infecciones respiratorias. La interacción entre estrés y susceptibilidad a la enfermedad es compleja, tanto por la duración y la naturaleza del factor estresante (Hodgson et al., 2005).

Una enfermedad respiratoria compleja de gran importancia en la industria pecuaria es la “fiebre de embarque”, “enfermedad respiratoria bovina” o BRD. El principal síntoma es bronco-neumonía, caracterizada por fiebre alta, neumonía, y



menos frecuente, por gastroenteritis y hemorragia interna. Es bien sabido que dos factores, estrés y transporte, además de la exposición a virus y bacteria, predisponen al ganado a la fiebre de embarque. Cuando la merma (pérdida de peso) por transporte del ganado a los corrales de engorda es mayor de 7 a 8%, la salud y el desempeño son grandemente afectados.

Ribble et al. (1995b) reportó una relación lineal positiva entre la mezcla de terneros en cargas de camiones de diferentes fuentes y la morbilidad debido a la fiebre de embarque (BRD). Un estudio similar sobre la distancia de transporte encontró que los terneros, en recorridos de corta distancia, tienen una mayor morbilidad y mortalidad que cualquiera de los terneros en viajes de larga distancia o no transportados (Cole et al., 1988).

BRD representa un complejo patológico con una variedad de factores de estrés implicados como posibles factores contribuyentes. Hemos identificado 2 mecanismos únicos por los cuales los corticosteroides inducidos por el estrés pueden modular la sinergia viral-bacteriana que contribuye a las infecciones bacterianas fatales. Los corticosteroides pueden inhibir directamente las respuestas pro inflamatorias inducidas por el aumento de la expresión de receptores Toll-like (TLRs) a través de la inhibición de los reguladores de transcripción de genes pro-inflamatorios como el factor nuclear kappa B (NFkB) y la proteína activadora 1 (AP-1) que intervienen en muchos procesos biológicos y patológicos importantes (Hodgson et al., 2005)

## 2.8. Cambios endocrinos y metabólicos

El miedo es una emoción universal en el reino animal y motiva a los animales para evitar a los depredadores (Grandin, 1997). Reacciones de alarma en respuesta a estrés incluyen la secreción de adrenalina y/o noradrenalina de la glándula adrenal que ocurre en respuesta a un repentino e intenso estímulo adverso. La liberación de ambas catecolaminas aumenta el ritmo cardiaco y la presión sanguínea, vasoconstricción periférica y la movilización de las reservas de glucógeno del hígado. La sed es inducida por señales emitidas por el hipotálamo y las estructuras cerebrales asociadas y mediada por la angiotensina II. Sin embargo, no hay evidencia que los glucocorticoides, como el cortisol inhiben el eje renina-angiotensina-aldosterona (Coghlan et al., 1979). Cierta evidencia que corrobora lo anterior fue proporcionada por Parker et al. (2003).

Prácticas nutricionales durante las primeras semanas después que los becerros lleguen a los corrales, tienen una mayor influencia sobre el desempeño subsecuente y la salud de los animales. Es importante que el ganado consuma dietas en cantidades adecuadas, y que estas proporcionen los nutrientes esenciales que requiere el ganado. Diferentes dietas deben usarse para situaciones diversas.

**Potasio.** El potasio ha sido reconocido como el mineral de mayor importancia en el equilibrio osmótico celular. Cuando la deshidratación ocurre, el agua del organismo se pierde del compartimiento extracelular y es reemplazada por agua intracelular. Cuando esto ocurre, la concentración de K aumenta en el espacio extracelular y la aldosterona se activa para causar la excreción de K.

Consecuentemente, cuando ocurre el estrés con la deshidratación o las mermas, es seguro que una deficiencia celular de K pueda ocurrir.

**Sodio.** En función de los niveles relativos de cortisol y la angiotensina II, los animales transportados podrían mostrar una mayor pérdida de agua a través de diuresis inducida por cortisol sin desarrollar sensaciones de sed controladas por angiotensina (Parker et al., 2003). Ganado confinado de manera individual, que son animales conocidos por estar estresados a causa del aislamiento (Friend et al., 1985, Ladewig et al., 1989), han incrementado su apetito por Na (Phillips et al., 1999) debido al efecto estimulante en el consumo de Na debido a la mayor secreción pituitaria-adrenal.

Durante el estrés, la concentración de Na de la saliva disminuye para restringir las pérdidas de este (Richter et al., 1998). Aunque los glucocorticoides no por sí mismos inducen una necesidad de Na, esto lo hacen en conjunto con el mineralocorticoide aldosterona (Schulkin et al., 1991), que se libera en respuesta al estrés y es responsable del aumento de apetito por Na durante la reducción en la concentración de Na (Michel et al., 1988).

El estrés en los animales se puede cuantificar mediante dos métodos: i) el análisis de la conducta animal; y, ii) mediciones en los tejidos y fluidos del animal (Shaw y Tume, 1992). En relación con este último punto, entre los cambios que se pueden medir en los animales, destacan la determinación de corticoesteroides, adrenalina, noradrenalina y hormonas tiroideas. Otras variables asociadas al estrés, son los niveles sanguíneos de cortisol, glucosa, lactato, insulina, ácidos grasos volátiles y volumen globular aglomerado (Tadich et al., 2000).

Tadich et al. (2000) mencionan que existió una gran variación individual en la respuesta de los animales frente al transporte por 36 h. El tratamiento sin descanso provocó un mayor estrés, una mayor tendencia a la movilización de grasa corporal y al daño muscular, lo que se reflejó en las concentraciones de cortisol,  $\beta$ -HBA y CK al momento de la sangría. Los altos valores de glucosa al momento de la sangría podrían indicar una deficiente técnica de noqueo. Transportes prolongados, con o sin descanso, como los utilizados en este estudio, conspiran contra el bienestar animal, tal como lo indican las alteraciones observadas en las concentraciones sanguíneas de las variables indicadoras de estrés.

## **2.9. Parámetros usados para medir el estrés**

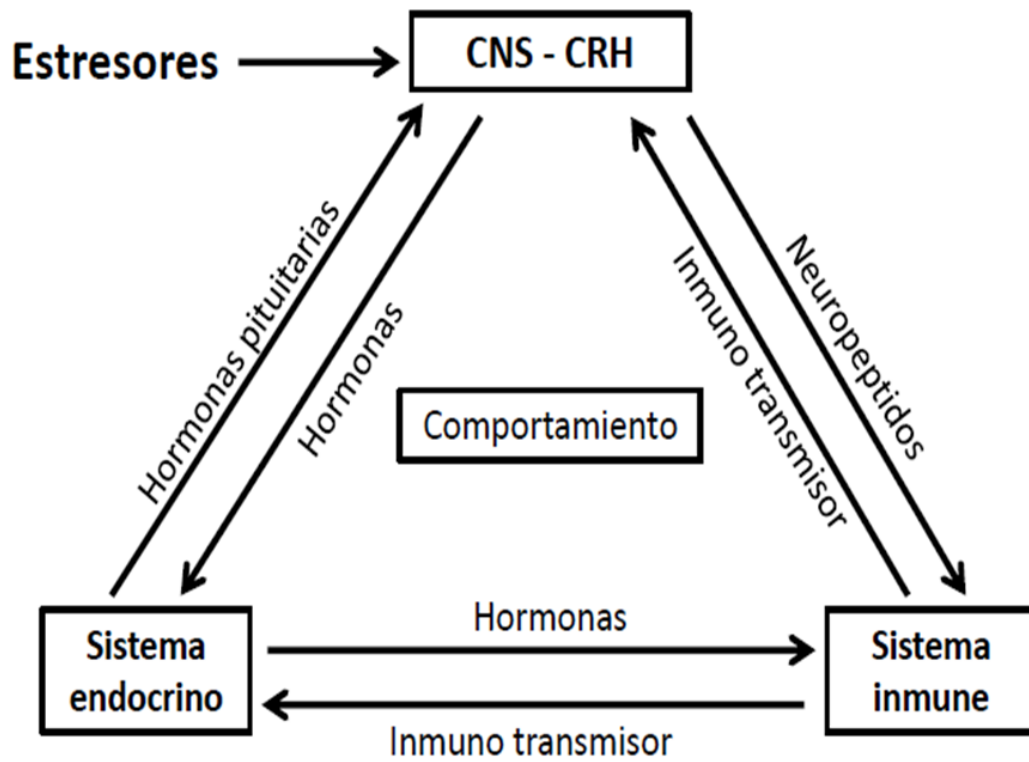
Varios métodos para medir el estrés se han reportado en la literatura. Algunos métodos como la frecuencia cardíaca, son sensitivos y rápidos. Por otro lado, los métodos endócrinos (hormonales) y los métodos metabólicos (nutricionales) son menos sensibles y más laboriosos.

La evaluación del estrés y el malestar deben abarcar mediciones de las reacciones tanto fisiológicas como de comportamiento. Los indicadores de comportamiento ante el malestar son el intento de escapar, la vocalización, las patadas y la lucha. Otras medidas externas sobre la forma en que un animal percibe un procedimiento de manejo son las pruebas de elección y las pruebas de aversión. Las medidas comunes de estrés fisiológico son el cortisol, la beta-endorfina y el pulso cardíaco (Grandin, 1997).

El estrés puede ser medido y monitoreado en términos de las alteraciones del comportamiento y fisiológicas que pueden ser indicativos para el bienestar del individuo. El punto de vista biológico actual es que el estrés severo invariablemente implica un pobre bienestar. Sin embargo el estrés por sí mismo no afecta negativamente el bienestar, y el bienestar de un individuo puede ser afectado aun cuando los signos de estrés no son visiblemente obvios (von Borell et al., 2001). La presencia de hormonas, neurotransmisores y receptores comunes a los 3 sistemas apoya la opinión de que existe comunicación entre estos sistemas (DeSouza, 1993).

La concentración de glucosa (GLU) en la sangre se ve influenciada por las hormonas que facilitan su entrada o salida de la circulación sanguínea (insulina, glucagón, catecolaminas, hormona del crecimiento, corticosteroides). Las hormonas afectan a las concentraciones de glucosa mediante la modificación de la captación de glucosa por las células (para la producción de energía), la promoción o inhibición de la gluconeogénesis, o que afecta a la glucogénesis (producción de glucógeno) y la glucogenolisis. La hormona más importante implicado en el metabolismo de la glucosa es la insulina (Cornell University, 2013).

La enzima aspartato aminotransferasa (AST) no es específica de órganos. El músculo esquelético contiene la concentración más alta, seguida por el hígado y el músculo cardíaco. Los eritrocitos contienen suficiente para elevar los niveles cuando se produce hemólisis. AST también se encuentra en las células epiteliales renales y el tejido cerebral. Se encuentra en el citoplasma y las mitocondrias como diferentes isoenzimas. Las elevaciones de la isoenzima AST citoplasmática requiere sólo el daño hepatocelular leve (y en comparación con ALT, AST pueden aumentar menos



Adaptada de: von Borell et al., 2001.

Figura 2. Integración neurobiológica del estrés.

en una lesión hepatocelular relativamente leve), mientras que la liberación de la isoenzima mitocondrial requiere (e indica) lesión celular más grave. La diferenciación de isoenzimas no se lleva a cabo en la medicina veterinaria. La vida media de la enzima es de aproximadamente 22 horas en el perro, 77 minutos en el gato y 2 o más días en animales grandes (Cornell University, 2013).

Creatinquinasa o creatinfosfoquinasa (CK) es una enzima "de filtración" presente en alta concentración en el citoplasma de los miocitos y es la enzima más ampliamente utilizado para la evaluación de la enfermedad neuromuscular. Es un enzima utilizado exclusivamente por las células musculares para permitir el funcionamiento de los músculos. La concentración de CPK es normalmente muy baja en la sangre y su presencia en cantidad anormal es indicativa de lisis de células musculares. En los músculos, esta enzima funciona haciendo al ATP disponible para la contracción por la fosforilación de ADP por la fosfocreatina catalizando la fosforilación reversible de la creatina por el ATP para formar fosfocreatina + ADP. La fosfocreatina es la forma principal de almacenamiento de fosfato de alta energía en el músculo (Cornell University, 2013).

La lactato deshidrogenasa (LDH) es una enzima que cataliza la conversión de lactato a piruvato. No es específica de tejido, que se encuentra en una variedad de tejidos, incluyendo el hígado, corazón y músculo esquelético. La enzima es tetramérica y se compone de cuatro subunidades de dos moléculas, M (músculo) y H (corazón). Varias combinaciones de estos dos moléculas resultan en 5 isoenzimas diferentes (Cornell University, 2013).

La proteína total (TP) se incrementa por estado de deshidratación, inflamación crónica, por falla cardíaca congestiva severa (con edema), pérdida de proteína por

hepatopatía, pérdida de proteína por enteropatía, hemorragia, deficiencia de proteína en dieta, mala absorción y algunas condiciones virales -especialmente en equinos- (Merck Veterinary Manual, 2012). La albumina (ALB) se incrementa por deshidratación; disminuye por falla hepática y adicionalmente por las mismas causas que lo hace proteína total. La Urea incrementa debido a excesos de proteína de origen dietario, baja calidad de proteína dietaria, deficiencia de carbohidratos, estados catabólicos, deshidratación, falla congestiva cardíaca, falla renal, y ruptura de vejiga. Disminuye por efecto de hormonas anabólicas, falla hepática y por errores congénitos en el ciclo metabólico de la urea.

La enzima creatinfosfoquinasa (CK), la clásica “enzima del musculo” aumenta notablemente en la rhabdomiolisis y en el trombo embolismo aórtico. Incrementa ligeramente en hipotiroidismo. Por otro lado, la enzima aspartato aminotransferasa (AST) se incrementa con el daño muscular y hepático y también es reportada en hipotiroidismo.

La lactato deshidrogenasa (LDH) es una enzima ubicua con un número de isoenzimas; separación electroforética de las isoenzimas es necesario para localizar la fuente de aumento de la actividad. En general, las enzimas plasmáticas disminuyen debido al deterioro de la muestra. Extraordinariamente, la atrofia o fibrosis de un órgano pueden resultar en actividades plasmáticas inusualmente bajas de las enzimas relevantes.

El fosfato en sangre aumenta debido a la insuficiencia renal (hiperparatiroidismo renal secundario). Las disminuciones se ven en algunas vacas



caídas y como parte del patrón de estrés en los caballos y animales pequeños (Merck Veterinary Manual, 2012).

Sodio aumenta debido a la restricción en ingesta de agua, vómito, y deshidratación debido a diversas causas. Disminuye debido a la enfermedad de Addison, la pérdida de cualquier fluido alto en sodio, como algunas formas de enfermedad renal, y la provisión insuficiente de sodio durante el tratamiento con líquidos intravenosos.

El potasio se incrementa debido a la enfermedad de Addison y la insuficiencia renal grave (especialmente los casos terminales). Disminuye por disfunción renal crónica, vómito, diarrea, y la provisión de potasio insuficiente durante la terapia de fluidos por vía intravenosa.

El cloruro aumenta debido a la acidosis, y en paralelo con el aumento de la concentración de sodio. Disminuye en la alcalosis, vómito (especialmente después de comer), y en asociación con hiponatremia (Merck Veterinary Manual, 2012).

**Equilibrio aniónico: catiónico.** El balance catión: anión en la dieta puede definirse como los miliequivalentes de  $(Na + K + Ca + Mg)$  - mili equivalentes de  $(Cl + P + S)/kg$  de dieta. Mongin (1981) sugirió que el balance electrolítico en la dieta (BED) puede ser expresado usando solamente iones monovalentes en la ecuación  $(Na + K - Cl)$  debido a las diferencias en funciones y absorción de iones monovalentes y divalentes. En la ración de la vaca lechera, el BED requerido para máximo consumo de alimento y producción de leche varió de 20 a 37.5 mEq/100 g de materia seca (Tucker et al., 1988; West et al., 1991). Ross et al. (1994a) sugirieron que una ración para ganado en finalización debería contener

aproximadamente 15 mEq/100 g de materia seca para máximo consumo de materia seca y ganancia de peso. En ganado en crecimiento, con un rango en el BED de 15 a 30 mEq, Ross et al. (1994b) obtuvieron las mejores ganancias de peso y conversiones alimenticias.

Muchos animales domésticos padecen insultos fisiológicos cuando son transportados, manejados en los corrales o en un ambiente de intenso calor. Deshidratación, bajos niveles de azúcar en la sangre y los tejidos, desequilibrio electrolítico y problemas de termo-regulación, asociados con el estrés, resultan en pérdidas en peso vivo y en canal, así como una menor calidad de carne (Hutcheson y Cole, 1986).

Particularmente notable a este respecto son los cambios en los principales iones, incluyendo cloruro, potasio, calcio, y magnesio. La medición de la separación entre aniones, es una aproximación matemática de las diferencias en los principales aniones y cationes ( $[Na + K] - [Cl + HCO_3]$ ), se ha demostrado que tienen cierta utilidad en el diagnóstico anómalo de las condiciones ácido-base en el ganado vacuno transportados (Schaefer et al., 1990).

Dependiendo de cuando sean tomadas las mediciones en el transcurso del transporte y el manejo, una disminución en esta medida se ha observado en animales transportados y probablemente refleja en cierta medida el aumento en la concentración de cloruro en plasma de estos animales (Schaefer et al., 1990). Como los animales sometidos a infusiones intravenosas de cortisol para simular el estrés parecen sufrir de una pérdida de agua en exceso de la que se asocia con una pérdida de electrolitos, la administración de agua por sí sola es probable que sea el tratamiento más efectivo para estos animales (Parker et al., 2003).

## 2.10. Metabolismo ruminal del glicerol

El glicerol, perteneciente al grupo de los ésteres es subproducto de la fabricación de jabón y más recientemente del proceso para obtención de biodiesel, pudiéndose utilizarse como humectante, plastificante, emoliente, espesante, medio dispersor, lubricante, endulzante y anticongelante. También se puede utilizar como ingrediente en cosmética, medicamentos y productos alimenticios.

El Glicerol se fermenta a ácidos grasos volátiles (AGV) en el rumen. Las primeras investigaciones de la fermentación indican que glicerol es casi completamente fermentado a propionato (Johns et al., 1953; Garton et al., 1961). Otros informes indican un aumento de acético y propiónico (Wright, 1969) o más propiónico y butírico (Czerkawski y Breckenridge, 1972). Fermentación *In vitro* de glicerol, produce un aumento de la producción de propionato y butirato a expensas del acetato (Remond et al., 1993). Estudios usando glicerol indican que se ha encontrado que la mayoría del glicerol se convierte a propionato (Bergner et al., 1995). Los microbios ruminales se adaptan al glicerol con tasas rápidas de desaparición de este. En los estudios donde se añadió el glicerol de 15 a 25%, la mayor parte del glicerol desapareció en 6 horas (Bergner et al., 1995). Hay variaciones para la desaparición *en vivo* desde el rumen por metabolismo microbiano. Las estimaciones de la desaparición de una dosis de 200 g de glicerol indican que más del 85% de glicerol en el rumen desaparece dentro de 2 horas en ganado acostumbrado al glicerol (Kijora et al., 1998). Asimismo, hay informes que sugieren que una parte del glicerol que ingresa al rumen puede ser absorbido directamente (Remond et al., 1993). El destino del glicerol absorbido es metabolizado

en el hígado (Lin, 1977), y es usado para la gluconeogénesis. Cuando las demandas de glucosa son altas, como es el caso para lactantes de vacas, los destinos del glicerol absorbido o propionato producido por la fermentación ruminal es probable que sean las mismas.

El glicerol es un sustrato glucogénico eficaz, ya que entra en la vía de la gluconeogénesis en el nivel de fosfato de triosa y por lo tanto, no se ve afectado por 2 de las enzimas de la gluconeogénesis que limitan la velocidad. Lógicamente, la vaca lechera en el balance energético negativo tiene vías activadas para la utilización de glicerol liberado de la movilización e hidrólisis de los triglicéridos de la grasa corporal. Esta actividad depende de la absorción de glicerol en lugar de la fermentación a propionato y butirato, que es algo contraproducente, por la naturaleza cetogénica de butirato. Si se absorbe intacto, glicerol es un sustrato glucogénico altamente eficiente.

El propilenglicol se ha demostrado eficaz para el tratamiento de la cetosis. Su actividad glucogénica ocurrirá si se fermenta a propionato en el rumen o es absorbido y metabolizado intacto por el hígado. El metabolismo hepático de propilenglicol es dependiente de la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa con la conversión de piruvato. Piruvato repondrá intermediarios del ciclo del ácido cítrico que permiten el aumento de la gluconeogénesis. Propionato es el sustrato glucogénico primario en la vaca lechera, por lo tanto las vías de utilización de este precursor de glucosa son estimuladas en la vaca lechera.

La conversión de propionato a glucosa depende de la conversión a propionil CoA y a succinil CoA antes de la entrada al ciclo del ácido cítrico y posteriormente, en la vía de la gluconeogénesis por la actividad de carboxiquinasa fosfoenolpiruvato.

Tomados en conjunto, cada uno de estos compuestos tiene una ruta diferente para la conversión a la glucosa. Así, las terapias de combinación pueden ser las más adecuados para aprovechar al máximo la capacidad del hígado para producir glucosa. Un estudio realizado por Pehrson (1972) mostró que una combinación de 75 g de propionato de sodio, 125 g de glicerol y 100 g de propileno de glicerol demostró ser eficaz para el tratamiento de la cetosis (Hippen et al., 2008).

Tres destinos para glicerol en el rumen han sido considerados e incluyen el pasaje (13%), la fermentación (44%) y la absorción (43%). Las diferencias más probables en el resultado de diferentes condiciones experimentales, pudieran sugerir cambios o interacciones entre especies de microorganismos. También se ha sugerido que los microorganismos se adaptan a la alimentación con glicerol, ya que las tasas de desaparición de glicerol aumentan en relación a los días de alimentación con glicerol.

El destino del glicerol absorbido a través del epitelio ruminal sería más probablemente su conversión en glucosa en el hígado. Glicerol quinasa convierte glicerol y ATP a glicerol-3-fosfato y ADP en el nivel de fosfato de triosa, dirigiendo el glicerol hacia la gluconeogénesis (Krehbiel, 2008).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación e instalaciones**

El estudio se inició en el rancho Tres Potrillos ubicado en la colonia la Cuchilla, en carretera Balancán-San Pedro, municipio de Balancán, estado de Tabasco. Este rancho está dedicado al acopio de ganado de la región para posterior venta a empresas dedicadas a la engorda de bovinos en corral, principalmente en la región noreste del país. El rancho contaba con corrales rústicos de madera, manga de manejo, prensa y bascula para pesaje individual.

#### **3.2. Características de los animales**

En este estudio se utilizaron setenta hembras de cruce suizo-cebú (*Bos indicus*), con un peso promedio de 322 kg. El ganado se manejó el día viernes 13 de Julio del 2012, a una temperatura ambiente de 32°C a la sombra y humedad relativa de 72%, con una sensación térmica de 35°C.

#### **3.3. Tratamientos**

Las setenta vaquillas acopiadas recibieron uno de 4 tratamientos de forma oral antes del transporte, en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 2. Los tratamientos fueron: (1) Grupo testigo (CO; recibió solamente agua); (2) Grupo con Glicerol (GL; 400 ml); (3) Grupo con electrolitos (EL; 400 ml de una solución

hipertónica de electrolitos); y (4) Grupo con ambos, electrolitos y glicerol (GE; 400 ml de solución hipertónica de electrolitos y glicerol).

Los electrolitos solubilizados y el glicerol fueron suministrados por separado mediante toma oral directa al ganado, entre 12 a 24 horas antes del embarque, mediante jeringa dosificadora Syrman. Cincuenta gramos de electrolitos (Stress Relief<sup>®</sup>) fueron diluidos en agua para suministrar 400 cc de la solución a las vaquillas, según la indicación del fabricante (AQUA LAB; Nuevo León, México).

### **3.4. Manejo del ganado en origen**

El manejo del ganado se inició a las 14:00 h con el peso individual e identificación de los animales, de manera aleatoria. Las vaquillas se pesaron, se les tomó la temperatura rectal y se obtuvo una muestra de sangre. Al concluir el manejo antes mencionado, el ganado fue enviado a una pradera dentro del rancho con pastizal y abrevadero, donde permaneció durante 19 horas. El día sábado 14 de Julio del 2012, al ganado fue asperjado con una solución garrapaticida.

Posteriormente, a las 18:00 h, el ganado fue subido a una jaula ganadera para iniciar el viaje con destino a las instalaciones de una empresa engordadora de ganado bovino en el municipio de Pesquería, Nuevo León. La temperatura ambiente era de 38°C a la sombra y la humedad relativa fue de 70%. El recorrido fue superior a 1,500 km y la duración del viaje de 65 horas. En el traslado, la jaula ganadera con las vaquillas paró en dos cuarentenarias para la detección de garrapata viva, teniendo una estancia de 12 horas cada una de las cuarentenarias. Los puntos de

inspección fueron, Paralelo 18 en Veracruz, y en la estación de cuarentena en Altamira, Tamaulipas.

### **3.5. Manejo del ganado en destino**

Al llegar al destino en el estado de Nuevo León, el ganado fue bajado de la jaula ganadera para pesarlo, obtener muestras de sangre y registrar la temperatura rectal de las vaquillas. Los datos obtenidos fueron registrados y posteriormente transferidos a una base de datos. Todo lo anterior se realizó en las instalaciones de los corrales de engorda ubicados en Pesquería, Nuevo León.

La merma fue calculada como la diferencia entre el peso de origen y el peso de arribo a los corrales. Como porcentaje del peso de origen, la merma (kg) fue dividida entre el peso de origen y multiplicada por 100. A los 15 y 30 días posteriores al arribo, el ganado se pesó para calcular la recuperación de la merma en kg y porcentaje.

### **3.6. Obtención de muestras y análisis de sangre**

Las muestras de sangre fueron obtenidas vía punción de la vena yugular en tubos contenedores Vacutainer (Franklin Lake, NJ, USA), sin conservador. Los sueros se pipetearon, centrifugaron y almacenaron a -25°C para su posterior análisis.

Los siguientes metabolitos en sangre se determinaron en origen y al arribo a los corrales: glucosa (GLU), nitrógeno ureico en sangre (BUN), proteína total (TP), albumina (ALB), globulina (GLOB), aspartato aminotransferasa (AST), transaminasa



glutámico oxaloacético (GOT), lactato deshidrogenasa (LDH), lactato en sangre (LAC), fósforo (P), sodio (Na) y potasio (K).

### **3.7. Análisis estadístico**

Debido a la gran variabilidad en los pesos, las vaquillas fueron separadas en dos grupos, livianas (<275 kg) y pesadas ( $\geq$ 275 kg), los cuales fueron analizados independientemente. Los pesos en origen, al arribo y a los 15 y 30 días post-arribo, la recuperación de la merma a los 15 y 30 días, las variables de química sanguínea, las enzimas hepáticas y los electrolitos en suero fueron analizados mediante un análisis de varianza para un diseño completamente al azar para 4 tratamientos. El peso de origen fue usado como covariable para reducir el efecto de peso corporal en las mermas y su recuperación. La prueba Tukey fue usada para determinar diferencias entre tratamientos de las variables a  $P < 0.10$ .

## **4. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1. Merma y su recuperación después del transporte**

En el Cuadro 4, se presentan los pesos, las mermas y la recuperación de la merma después del transporte de vaquillas livianas (<270 kg) de cruce suizo-cebú. En el grupo de vaquillas livianas, no se observó una diferencia ( $P > 0.10$ ) de peso al arribo entre tratamientos. Sin embargo, a 15 días después del arribo, el ganado que recibió ambos el glicerol y los electrolitos, peso menos ( $P < 0.077$ ) que las vaquillas del grupo control. Aparentemente, el manejo de ganado liviano causó estrés, el cual afectó la recuperación del peso del ganado. Sin embargo, a los 30 días después del arribo no se observó diferencia ( $P > 0.10$ ) en los pesos de las vaquillas entre tratamientos.

Con respecto a las mermas, no hubo diferencia ( $P > 0.10$ ) entre los tratamientos, variando la pérdida de peso de 25.3 a 28.5 kg. La merma varió de 10.8 a 12.1% del peso vivo de las vaquillas. A los 15 días del arribo a los corrales, las vaquillas del tratamiento que recibió ambos, el glicerol y los electrolitos, recuperaron menos peso ( $P = 0.04$ ) que las vaquillas del grupo testigo y el grupo que recibió solamente electrolitos. A los 15 días después del arribo, mientras que el grupo testigo recuperó 38.9 kg, las vaquillas del grupo suplementado con glicerol y electrolitos recuperaron solamente 15.0 kg. Sin embargo, la recuperación de la merma no fue diferente ( $P > 0.10$ ) entre tratamientos después de 30 días post-arribo. La merma es resultado de factores como el tiempo de privación de agua, el aumento de la tasas de respiración, la pérdida de agua ruminal y urinaria, así como la sudoración excesiva

Cuadro 4. Efecto de la suplementación de electrolitos y/o glicerol en la merma y recuperación de merma en vaquillas livianas (<275 kg) cruce suizo-cebú.

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CO	GL	EL	GE		
Peso arribo (kg)	207	209	210	207	1.79	0.526
Peso a 15 días (kg)	246 <sup>a</sup>	234 <sup>ab</sup>	244 <sup>ab</sup>	222 <sup>b</sup>	6.4	0.077
Peso a 30 días (kg)	259	245	247	247	10.3	0.641
Merma (kg)	-28.5	-26.4	-25.3	-28.3	7.2	0.526
Merma (%)	-12.1	-11.1	-10.8	-12.1	0.8	0.527
Recuperación Merma (kg)						
15 días	38.9 <sup>a</sup>	24.7 <sup>ab</sup>	33.5 <sup>ab</sup>	15.0 <sup>b</sup>	6.2	0.077
30 días	51.7	35.9	36.5	39.7	10.2	0.641
Recuperación Merma (%)						
15 días	140.4 <sup>a</sup>	101.0 <sup>ab</sup>	131.2 <sup>a</sup>	51.1 <sup>b</sup>	21.1	0.040
30 días	190.8	145.4	140.4	141.7	39.3	0.745

<sup>1</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.

<sup>2</sup> EEM, error standard de la media

<sup>3</sup> P, probabilidad

en animales manejados y transportados. Colectivamente, la pérdida de agua parece afectar el tamaño del espacio de agua intersticial (Gortel et al., 1992). Von Borrell (2001) concluyó que el impacto de las condiciones de alojamiento y los procedimientos de manejo del ganado depende de la duración y la intensidad de los factores que actúan sobre el animal. Eventos estresantes de corta duración (de manipulación directa, aislamiento, y transporte) son seguidos generalmente por un aumento de las hormonas del estrés, lo que pudiera afectar la recuperación final de la merma. En sistemas intensivos, el ganado confinado solo exhibe respuestas al estrés crónico-intermitente que se producen en situaciones como mantener a los animales en pie o acostados inadecuadamente en cubículos o con amarres puestos (Ladewig and Smidt, 1989; Ladewig, 2000).

En el Cuadro 5, se presentan los pesos, las mermas y la recuperación de la merma después del transporte de vaquillas pesadas ( $\geq 270$  kg) cruce suizo-cebú. No se observaron diferencias ( $P > 0.10$ ) entre los pesos al arribo, a los 15 y 30 días post-arribo, o en las mermas del ganado. Las mermas variaron de 35.8 a 40.7 kg, o de 10.0 al 11.6% del peso vivo.

La recuperación de la merma a los 15 días varió de -0.3 kg en el grupo testigo a 33.2 kg para el tratamiento suplementado con electrolitos, siendo esta diferencia significativa ( $P = 0.10$ ). A los 30 días post-arribo, el grupo con electrolitos ganó 56.7 kg, una cantidad significativamente mayor ( $P < 0.10$ ) a los 24.8 kg del grupo testigo. El ganado que recibió el tratamiento con electrolitos recuperó más merma que el ganado del grupo testigo que no recibió electrolitos orales. La recuperación de la merma fue de 145.3% para el ganado que recibió electrolitos, mientras que el

Cuadro 5. Efecto de la suplementación de electrolitos y/o glicerol en la merma y recuperación de merma en vaquillas pesadas ( $\geq 275$  kg) cruce suizo-cebú.

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CO	GL	EL	GE		
Peso arribo (Kg)	317	317	313	314	2.5	0.461
Peso a 15 días (Kg)	317	324	346	334	10.4	0.226
Peso a 30 días (Kg)	342	349	369	348	9.9	0.214
Merma (Kg)	-35.8	-36.5	-40.7	-38.8	10.0	0.461
Merma (%)	-10.0	-10.3	-11.6	-10.9	0.7	0.311
Recuperación Merma (Kg)						
15 días	-0.3 <sup>b</sup>	7.8 <sup>ab</sup>	33.2 <sup>a</sup>	19.7 <sup>ab</sup>	10.2	0.106
30 días	24.8 <sup>b</sup>	32.8 <sup>ab</sup>	56.7 <sup>a</sup>	34.0 <sup>ab</sup>	9.5	0.090
Recuperación Merma (%)						
15 días	1.9	29.6	83.3	51.7	30.3	0.257
30 días	87.1	98.8	145.3	85.9	27.4	0.332

<sup>1</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.

<sup>2</sup> EEM, error standard de la media.

<sup>3</sup> P, probabilidad

ganado del grupo control solamente recuperó 87.1% del peso perdido durante el transporte. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Hutcheson et al. (1984) y Hutcheson (1980), respecto a la importancia del uso selectivo de electrolitos para el tratamiento del ganado manejado y transportado; particularmente, la suplementación de altos niveles de potasio ha demostrado mejorar el rendimiento en el ganado suplementado con electrolitos. Schaefer et al. (1997) concluyeron que el uso de electrolitos orales ha sido efectivo para la reducción de la pérdida de peso relacionada con el transporte de ganado. Knowles et al. (1995) observaron que la suplementación de electrolitos a mitad del viaje disminuye la deshidratación, pero permitir el acceso al agua fría puede ser perjudicial para terneros ya que altera su equilibrio electrolítico de una manera negativa.

El pre-acondicionamiento (programas de vacunación, castración, descornado y destete) se ha desarrollado para disminuir el efecto del estrés del transporte y aumentar la salud de los terneros enviados a corrales de engorda (Swanson y Morrow-Tesch, 2001). El uso de tales estrategias de pre-acondicionamiento ha sido cuestionado. Cole (1985a) y Pritchard y Méndez (1990) concluyeron en sus estudios que el acondicionamiento previo no ayudó a reducir la pérdida de peso tras el transporte en varios estudios. Sin embargo, la suplementación del ganado en pastoreo, con la vacunación del ganado de 30 a 45 días después del destete, parece ser efectiva para reducir la mortalidad. (Swanson y Morrow-Tesch, 2001).

Estudios más recientes han demostrado utilidad y costo-efectividad del tratamiento del estrés por transporte y manejo en el ganado en una serie de nichos de mercado. Regímenes de terapia de electrolitos ha demostrado ser eficaces para el tratamiento del estrés por transporte y manejo de animales domésticos, y ofrecer

una herramienta adicional para mitigar el estrés por el transporte (Schaefer et al., 1997).

#### **4.2. Temperatura rectal**

Las temperaturas rectales promedio de las vaquillas livianas (<275 kg) variaron de 39.6 a 40.6°C, mientras que las vaquillas pesadas (≥275 kg) tuvieron una temperatura rectal promedio que varió de 39.0 a 40.3 °C (Cuadros 6 y 7). El rango normal de temperatura rectal en bovinos varía de 36.7 a 39.1°C (The Merck Veterinary Manual, 2010). Swanson y Morrow-Tesch (2001) concluyeron que debido a que el transporte representa una fuente de estrés para el ganado, la mayoría de los estudios indican un aumento de la temperatura corporal, aumento de la frecuencia cardíaca y la respiración, y la activación del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA). La activación del HPA resulta en aumento de las concentraciones de glucosa, cortisol, y NEFA en la sangre.

La temperatura rectal de vaquillas ligeras no fue diferente ( $P > 0.10$ ) entre los tratamientos en origen, al arribo o a los 30 días después del arribo, observándose solamente diferencias ( $P < 0.10$ ) a los 15 días después del arribo a los corrales (Cuadro 6). Las vaquillas del tratamiento suplementado con glicerol y electrolitos fue el que tuvo una mayor temperatura rectal que el grupo testigo. Aparentemente, el manejo que recibieron las vaquillas de este tratamiento fue excesivo en comparación con el que recibieron aquellas vaquillas del grupo testigo. Esto pudo haber causado más estrés, el cual se reflejó en un aumento significativo de la temperatura rectal.

Cuadro 6. Efecto de la suplementación de glicerol y/o electrolitos en la temperatura rectal de vaquillas livianas (<275 kg) suizo-cebú.

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CO	GL	EL	GE		
En origen	40.2	40.1	39.7	40.0	0.2	0.508
Al arribo	40.0	40.2	40.4	40.6	0.2	0.240
15 días post-arribo	39.6 <sup>b</sup>	39.9 <sup>ab</sup>	39.8 <sup>ab</sup>	40.2 <sup>a</sup>	0.1	0.059
30 días post-arribo	39.6	39.9	39.7	39.7	0.2	0.832

<sup>1</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.

<sup>2</sup> SE, standard error of the mean.

<sup>3</sup> P, probabilidad.



Cuadro 7. Efecto de la suplementación de electrolitos y/o glicerol en la temperatura rectal de vaquillas pesadas ( $\geq 275$  Kg) suizo-cebú.

Variable	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
	CO	GL	EL	GE		
En origen	39.1	39.4	39.1	39.0	0.16	0.304
Al arribo	40.2	40.3	40.3	40.3	0.18	0.909
15 días post-arribo	39.7	39.7	39.8	39.5	0.18	0.786
30 días post-arribo	39.7	39.6	39.6	39.4	0.21	0.670

<sup>1</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.

<sup>2</sup> SE, error standard de la media

<sup>3</sup> P, probabilidad.

Según von Borell (2001) la respuesta de un animal a un factor estresante también depende de factores genéticos y las experiencias tempranas. Existe un debate entre los fisiólogos del comportamiento si los animales de granja desarrollan estrategias de adaptación distintos como se ha demostrado en animales de laboratorio.

En contraste, con vaquillas pesadas (Cuadro 7) no se observaron diferencias ( $P > 0.10$ ) en la temperatura rectal del ganado, en origen, al arribo, o a los 15 o 30 días post-arribo a los corrales. Schaefer et al. (1988) monitorearon con lectores infrarrojos temperaturas superficiales después del transporte, indicando que el ganado en realidad muestra una temperatura más fría con el aumento de los niveles de estrés. Esta observación sería coherente con el agotamiento observado de las reservas de glucógeno y por lo tanto un suministro de energía reducida para apoyar la producción de calor.

#### **4.3. Química sanguínea**

Las concentraciones de glucosa, nitrógeno uréico en sangre (BUN), ácido láctico, y proteínas séricas (albumina, globulina y proteína total) en sangre de vaquillas livianas (<275 kg) se presentan en el Cuadro 8. La concentración de glucosa en sangre de vaquillas de los dos tratamientos suplementados con electrolitos fue mayor ( $P = 0.006$ ) que en vaquillas que no recibieron electrolitos. La concentración de glucosa fue de 45.3, 45.4, 69.4 y 72.8 mg/dl para CO, GL, EL y GE, respectivamente. La suplementación de glicerol no afectó ( $P > 0.10$ ) la concentración

Cuadro 8. Perfil químico en sangre de vaquillas livianas (<275 kg) cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos, al arribo a los corrales.

Variable <sup>1</sup>	Valor de Referencia <sup>2</sup>	Tratamientos <sup>3</sup>				EEM <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
		CO	GL	EL	GE		
Glucosa (mg/dl)	40-100	45.3 <sup>b</sup>	45.4 <sup>b</sup>	69.4 <sup>a</sup>	72.8 <sup>a</sup>	7.28	0.006
BUN (mg/dl)	10-25	8.86	9.62	9.80	9.75	1.18	0.924
Lactato (mg/dl)	0.6-2.2	7.90	8.99	8.02	7.04	0.68	0.260
Proteínas Séricas (g/dl)							
Albumina	2.5-3.8	2.70	2.71	2.85	2.58	0.14	0.689
Globulina	3.0-3.5	4.36 <sup>b</sup>	4.50 <sup>ab</sup>	4.95 <sup>a</sup>	4.55 <sup>ab</sup>	0.17	0.084
Proteína Total	6.7-7.5	7.06	7.22	7.80	7.14	0.28	0.267

<sup>1</sup> BUN, nitrógeno ureico en sangre

<sup>2</sup> The Merck Veterinary Manual (2010)

<sup>3</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos

<sup>4</sup> EEM, error standard de la media

<sup>5</sup> P, probabilidad

de glucosa en sangre. En un estudio de Parker et al. (2007), un grupo de novillos *Bos indicus* suplementados con glicerol mantuvieron una concentración de glucosa en plasma 30% mayor ( $P < 0.001$ ) que el grupo control (confinado sin alimento y agua), y 14% mayor ( $P = 0.05$ ) que el ganado transportado durante 48 horas.

También se obtuvo una diferencia ( $P = 0.084$ ) en la concentración de globulina en sangre de vaquillas suplementadas con electrolitos, en comparación con vaquillas del grupo control. Aunque la albumina y la proteína total aumentan con la deshidratación del ganado (The Merck Veterinary Manual, 2010), en este estudio no se observaron diferencias ( $P > 0.010$ ) en sus concentraciones entre tratamientos. Las diferentes combinaciones de estrés producen respuestas fisiológicas mezcladas. Por ejemplo, Mitchell et al. (1988) evaluaron las características de la sangre del ganado no estresado en comparación con el ganado sometido a una combinación de manejo, transporte y sacrificio. Ellos encontraron en sus comparaciones entre los animales control vs. animales manejados, que los valores en las concentraciones de  $T_3$ , cortisol, lípidos y lactato tuvieron un aumento significativo en los animales manejados. Comparando el estrés por manejo contra el estrés por transporte asociaron este con un incremento en concentración de catecolaminas y lactato y decremento en la concentración de cortisol. Respecto a  $T_3$ , lípidos y glucosa las concentraciones fueron similares para los dos grupos. Comparando los resultados entre el transporte y el sacrificio, las catecolaminas lactato y glucosa resultaron altas y los niveles de  $T_3$ , cortisol y lípidos fueron bajos. Esto sugiere que la respuesta al estrés tiene 2 fases, una fase corteza hipotalámica-adrenal la cual es asociada con el estrés ambiental percibido como ruido y otra fase simpática-medula adrenal la cual

es asociada con estrés neurogénico producido por el transporte, o específicamente, la masiva descarga simpática causada por el aturdimiento.

Otras variables de química sanguínea como nitrógeno ureico en sangre o lactato no fueron diferentes ( $P > 0.10$ ) entre tratamientos. Mitchell et al. (1988) trabajó con novillos y vaquillas de cruce *Bos indicus* y *Bos taurus*, demostrando una diferencia para valores de lactato en sangre entre ganado manejado ( $3.1 \pm 1.8$  mmol/L), transportado durante 2 h ( $4.0 \pm 2.2$  mmol/L), y animales que no habían sido manejando o transportados ( $0.3 \pm 0.2$  mmol/L).

En vaquillas pesadas, las variables de química sanguínea no fueron diferentes ( $P > 0.10$ ) entre tratamientos para tiempos de muestreo en origen, al arribo, o a 15 y 30 días post-arribo a los corrales (Cuadro 9). Schaefer et al. (1990) observaron que con el transporte y manejo de ganado, se redujo el pH y la concentración de glucosa en sangre y el espacio de agua intersticial ( $P < 0.05$ ), y aumentaron la concentración de cloro en suero sanguíneo, la hemoglobina y el sodio en orina y la osmolaridad de la orina ( $P < 0.05$ ). Estos cambios estuvieron acompañados de un aumento significativo en la relación neutrófilos/linfocitos. La aplicación oral de terapia electrolítica, especialmente si es similar en constituyentes del fluido intersticial, parece atenuar los cambios fisiológicos, lo que resulta en un mejoramiento en el peso vivo y de la canal (menos merma) de hasta varias unidades porcentuales en ganado suplementado con electrolitos, así como una reducción en la incidencia de cortes oscuros. Estos autores sugirieron que la terapia con electrolitos puede ser una manera efectiva de reducir el estrés del ganado transportado.

Cuadro 9. Perfil químico en sangre de vaquillas pesadas ( $\geq 275$  kg) cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos, al arribo a los corrales.

Variable <sup>1</sup>	Valor de Referencia <sup>2</sup>	Tratamientos <sup>3</sup>				EEM <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
		CO	GL	EL	GE		
Glucosa (mg/dl)	40-100	48.9	52.8	53.5	38.6	9.08	0.648
BUN (mg/dl)	10-25	8.93	9.56	8.90	8.55	1.25	0.958
Lactato (mg/dl)	0.6-2.2	9.06	10.47	9.00	9.47	0.81	0.599
Proteínas Séricas (g/dl)							
Albumina	2.5-3.8	2.84	2.89	2.76	2.46	0.16	0.231
Globulina	3.0-3.5	4.44	4.90	4.99	4.73	0.18	0.137
Proteína Total	6.7-7.5	7.26	7.78	7.74	7.18	0.30	0.350

<sup>1</sup> BUN, nitrógeno ureico en sangre

<sup>2</sup> The Merck Veterinary Manual (2010)

<sup>3</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos

<sup>4</sup> EEM, error standard de la media

<sup>5</sup> P, probabilidad

#### **4.4. Concentración de enzimas hepáticas**

Las concentraciones de enzimas hepáticas de vaquillas livianas y pesadas se presentan en los Cuadros 10 y 11, respectivamente. Con vaquillas livianas, no se observaron diferencias ( $P > 0.10$ ) en las concentraciones de la transaminasa glutámico oxaloacética o la creatin fosfoquinasa. La concentración de GOT estuvo dentro del rango normal reportado por el The Merck Veterinary Manual (2010) de 60 a 125 u/L. Sin embargo, las concentraciones de CK de vaquillas de los tratamientos CO y GL estuvieron por encima del rango normal de 0 a 350 u/L. Las concentraciones de LDH (u/L) estuvieron arriba del rango normal para ganado bovino, en todos los tratamientos. El grupo de vaquillas que recibió ambos, electrolitos y glicerol, presentó una concentración de LDH menor ( $P = 0.063$ ) a vaquillas del grupo control.

Las concentraciones de enzimas hepáticas de vaquillas pesadas se presentan en el Cuadro 11. No se observaron diferencias entre tratamientos ( $P > 0.10$ ) para GOT, CPK o LDH. Las concentraciones de GOT u CPK estuvieron dentro del rango normal (The Merck Veterinary Manual, 2010) reportado para bovinos. Las concentraciones de LDH en todos los tratamientos estuvieron por encima del rango normal de 309 a 938 u/L.

#### **4.5. Concentración de electrolitos en suero**

La administración de osmolitos antes del transporte por largos periodos puede tener el beneficio de atenuación los efectos perjudiciales de la deshidratación, y

Cuadro 10. Concentración de enzimas hepáticas de vaquillas livianas (<275 kg) de cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos antes del transporte.

Variable <sup>1</sup>	Valor de Referencia <sup>2</sup>	Tratamientos <sup>3</sup>				EEM <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
		CO	GL	EL	GE		
GOT (u/L)	60-125	107.3	101.4	80.6	76.2	12.9	0.274
CK (u/L)	0-350	434.7	431.8	248.5	167.5	92.9	0.102
LDH (u/L)	309-938	2361 <sup>a</sup>	2048 <sup>ab</sup>	2004 <sup>ab</sup>	1591 <sup>b</sup>	208.4	0.063

<sup>1</sup>GOT, transaminasa glutámico oxaloacético; CPK, creatin fosfoquinasa; LDH, lactato dehidrogenasa

<sup>2</sup>The Merck Veterinary Manual (2010)

<sup>3</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos

<sup>4</sup> EEM, error standard de la media

<sup>5</sup> P, probabilidad.



Cuadro 11. Concentración de enzimas hepáticas de vaquillas pesadas ( $\geq 275$  kg) de cruce suizo-cebú suplementadas glicerol y/o electrolitos antes del transporte.

Variable <sup>1</sup>	Valor de Referencia <sup>2</sup>	Tratamientos <sup>3</sup>				EEM <sup>4</sup>	P <sup>5</sup>
		CO	GL	EL	GE		
GOT (u/L)	60-125	66.9	68.4	64.1	67.8	13.2	0.997
CPK (u/L)	0-350	143.1	217.1	191.5	315.6	98.3	0.617
LDH (u/L)	309-938	1975	1607	1811	2084	304.5	0.675

<sup>1</sup>GOT, transaminasa glutámico oxaloacético; CPK, creatin fosfoquinasa; LDH, lactato dehidrogenasa.

<sup>2</sup>The Merck Veterinary Manual (2010).

<sup>3</sup>CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.

<sup>4</sup>EEM, error standard de la media.

<sup>5</sup>P, probability.

estimular la producción de glucosa, sin afectar la degradación de proteína muscular (Parker et al., 2007).

Las concentraciones de electrolitos en suero sanguíneo de vaquillas livianas de cruce suizo-cebú se presentan en el Cuadro 12. La concentración de fósforo fue mayor ( $P < 0.003$ ) para el grupo de vaquillas que fueron suplementadas con electrolitos en comparación con el grupo control (The Merck Veterinary Manual, 2010). Además del desequilibrio aniónico: catiónico evidente, la mayor concentración de fósforo podría deberse a disfunción renal, como el presentado en algunos casos de vacas caídas, caballos y animales pequeños con patrón de estrés (Manual Merck de veterinaria, 2012), lo cual nos sugiere que la suplementación antes del transporte puede ser un buen recurso para evitar descompensaciones en el equilibrio aniónico:catiónico. Schaeffer et al. (1988; 1990) aportaron información sobre la gran capacidad buffer que tiene el ganado en relación a desafíos a su fisiología, constitución corporal, rendimiento y calidad de canal.

En el grupo de vaquillas livianas, la concentración de sodio fue mayor ( $P < 0.084$ ) para el grupo suplementado con glicerol en comparación con el grupo Control (The Merck Veterinary Manual, 2010). Esto sugiere que la suplementación de electrolitos permitió a los animales de este grupo resistir mejor el insulto fisiológico que represento el traslado de más de 60 horas. El sodio es el principal catión en el fluido extracelular y el cloro el principal anión. Ambos participan en el mantenimiento de la presión osmótica, balance hídrico, y regulación del equilibrio ácido-base. El sodio tiene funciones en la contracción muscular, transmisión de impulsos nerviosos y transporte de aminoácidos y glucosa (NRC, 2000).

En general los valores encontrados en la concentración de sodio fueron elevados en los 4 grupos en relación con los valores de referencia, en particular la concentración de sodio en sangre de vaquillas suplementadas con ambos, electrolitos y glicerol ( $P < 0.084$ ), que interpretamos como suplementaria al ser aportada por el tratamiento proporcionado vía oral previo al embarque y transporte, pues en función de los niveles relativos de cortisol y angiotensina II, los animales transportados podrían mostrar una mayor pérdida de agua (inducida por cortisol) sin desarrollar sensación de sed controlada por angiotensina (Parker et al., 2003).

El incremento en el contenido de sodio en la orina de animales deshidratados es un mecanismo homeostático que permite que el balance de sodio en el organismo sea mantenido (Parker et al., 2003). El cloruro aumenta debido a la acidosis, y en paralelo con el aumento de la concentración de sodio. Disminuye en la alcalosis, vómito (especialmente después de comer), y en asociación con hiponatremia (The Merck Veterinary, 2012). Lo cual explicaría que a pesar de haber realizado 2 paradas cuarentenarias de 12 horas cada una la gran mayoría de los animales no se acercaron a los bebederos mientras permanecieron en los corrales cuarentenarios.

El potasio ha sido reconocido como el mineral de mayor importancia en el equilibrio osmótico celular. Respecto a los valores de potasio en el cuadro 12, en particular los obtenidos en el tratamiento con EL ( $P < 0.306$ ), podemos inferir que consecuencia de la suplementación de EL antes del transporte y por la privación de agua el rango de la filtración glomerular disminuye en el riñón y con tal, menos cantidad de potasio será excretada en la orina comparado con animales a los cuales se les ofreció agua, tengamos presente la relevancia que tiene la interacción agua x

tiempo, pues los animales que tienen acceso al agua por más tiempo demostraron un incremento en la excreción de potasio (Parker et al., 2003).

En el Cuadro 13, se presenta las concentraciones de electrolitos en suero sanguíneo de vaquillas pesadas de cruce suizo-cebú. No se observaron diferencias ( $P > 0.10$ ) en las concentraciones de fósforo, sodio o potasio entre tratamientos (The Merck Veterinary Manual, 2010). El estrés en los animales se puede cuantificar mediante dos métodos: i) el análisis de la conducta animal; y, ii) mediciones en los tejidos y fluidos del animal (Shaw y Tume, 1992). En relación con este último punto, entre los cambios que se pueden medir en los animales, destacan la determinación de corticosteroides, adrenalina, noradrenalina y hormonas tiroideas. Haciendo énfasis en el primer método para cuantificar el estrés, debemos tener muy presente que los animales de mayor peso corporal tiene una mayor resistencia a este; lo que en parte puede contribuir a la ausencia de diferencias significativas en los resultados obtenidos por los tratamientos.

La relación anionica-cationica (DCAD; dietary anion:cation difference), es una aproximación matemática de las diferencias en los principales aniones y cationes ( $[Na + K] - [Cl + HCO_3]$ ). Se ha demostrado que la DCAD tienen cierta utilidad en el diagnóstico de las condiciones ácido-base aberrantes en el ganado vacuno transportados (Schaefer et al., 1990).

Tadich et al. (2000) mencionan que otras variables asociadas al estrés, son los niveles sanguíneos de cortisol, glucosa, lactato, insulina, ácidos grasos volátiles y volumen globular aglomerado. Existió una gran variación individual en la respuesta

Cuadro 12. Electrolitos en suero de vaquillas livianas (<275 kg) cruza suizo-cebú suplementados con electrolitos y/o glicerol antes del transporte.

Variable	Valor de Referencia <sup>1</sup>	Tratamientos <sup>2</sup>				EEM <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>
		CO	GL	EL	GE		
Fósforo (mmol/L)	1.8-2.6	155.4 <sup>ab</sup>	124.4 <sup>b</sup>	257 <sup>a</sup>	234 <sup>ab</sup>	11.3	0.003
Sodio (mmol/L)	136-144	2942 <sup>b</sup>	3033 <sup>ab</sup>	3151 <sup>ab</sup>	3362 <sup>a</sup>	113.3	0.084
Potasio (mmol/L)	3.6-4.9	294.7	320.4	284.9	328.3	18.0	0.306

<sup>1</sup> The Merck Veterinary Manual (2010).

<sup>2</sup> CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.

<sup>3</sup> EEM, error standard de la media.

<sup>4</sup> P, probabilidad.

Cuadro 13. Electrolitos en suero de vaquillas pesadas ( $\geq 275$  kg) cruce suizo-cebú suplementados con electrolitos y/o glicerol antes del transporte.

Variable	Valor de Referencia <sup>1</sup>	Tratamientos <sup>2</sup>				EEM <sup>3</sup>	P <sup>4</sup>
		CO	GL	EL	GE		
Fósforo (mmol/L)	1.8-2.6	194	208	257	234	32.1	0.524
Sodio (mmol/L)	136-144	3768	3631	3863	4051	299.8	0.776
Potasio (mmol/L)	3.6-4.9	441.7	399.8	404.2	453.3	48.7	0.800

<sup>1</sup> *The Merck Veterinary Manual (2010).*

<sup>2</sup> *CO, control; GL, glicerol; EL, electrolitos; GE, glicerol y electrolitos.*

<sup>3</sup> *EEM, error standard de la media.*

<sup>4</sup> *P, probabilidad.*

de los animales frente al transporte durante 36 h. El ganado del tratamiento sin descanso provocó un mayor estrés, una mayor tendencia a la movilización de grasa corporal y al daño muscular (Tadich et al., 2000).

## **5. CONCLUSIONES**

Los resultados de este estudio sugieren que la suplementación de electrolitos puede reducir las mermas e incrementar la recuperación del ganado después del arribo a los corrales. También se observó que la aplicación oral de los tratamientos al ganado chico, fue causa de estrés, ya que a 15 días después del arribo a los corrales, las vaquillas presentaron un aumento significativo en la temperatura rectal y menores recuperaciones de merma. Sin embargo, debido a que en la práctica, los electrolitos y/o el glicerol se mezclan en el agua de bebida, no esperamos ver el efecto negativo en ganado chico que se observó en este estudio. Se sugiere que cualquier tratamiento o práctica de pre-acondicionamiento que sea aplicado al ganado antes del transporte, no sea invasivo o que cause un mayor estrés.

## 6. Bibliografía

- Agenas, S., Heath, M.F., Nixon, R.M., Wilkinson, J.M. & Phillips, C.J.C. 2006. Indicators of long term under nutrition in cattle. *Anim. Welf.* 15: 149–160.
- AHA. 1999. History of the AHA. American Humane Association, Washington DC.
- Wade, L. C. 1987. Chicago's Pride: The Stockyards, Packingtown, and Environs in the Nineteenth Century. University of Illinois Press, Urbana.
- Baldwin, R. L. 1967. Effect of starvation and refeeding upon rumen function. 7<sup>th</sup> California Feeders Day Rep., pp 7-12. Univ. of California, Davis.
- Bergner, H., C. Kijora , Z. Ceresnakova, and J. Szakacs. 1995. *In vitro* studies on glycerol transformation by rumen microorganisms. *Arch. Tierernahr.* 48:245-256.
- Blair-West, J.R., Burns, P., Denton, D.A., McBurnie, M.I., Tarjan, E. & Weisinger, R.S. 1994. Thirst induced by increasing brain sodium concentration is mediated by brain angiotensin. *Brain. Res.* 637: 335–338.
- Brownson, R. 1973. Shrinkage in beef cattle. Cooperative Extension Service-Great Plains States. GPE-4002.
- Cannon, W. B. 1914. The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *Am. J. Physiol.* 33:356–372.
- Chirase, N.K., Hutcheson, D.P., Thompson, G.B. 1991. Feed intake, rectal temperature, and serum mineral concentrations of feedlot cattle fed zinc oxide or zinc methionine and challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus. *J. Anim. Sci.* 69:4137-4145.



- Chirase, N.K., Hutcheson, D.P., Thompson, G.B., Spears, J.W. 1994. Recovery rate and plasma zinc and copper concentrations of steer calves fed organic and inorganic zinc and manganese sources with or without injectable copper and challenged with infectious bovine rhinotracheitis virus. *J. Anim. Sci.* 72:212–219.
- Cornell University. 2013. Clinical Chemistry Basics. College of Veterinary Medicine. <https://ahdc.vet.cornell.edu/clinpath/modules/chem/chempanl.htm>.
- Cockram, M.S., Kent, J.E., Waran, N.K., McGilp, I.M., Jackson, R.E., Amory, J.R., Southall, E.L., O’Riordan, T., McConnell, T.I., Wilkins, B.S., 1999. Effects of a 15H journey followed by either 12H starvation or ad libitum hay on the behaviour and blood chemistry of sheep. *Anim. Welfare.* 8:135–148.
- Coghlan, J.P., Blair-West, J.R., Denton, D.A. 1979. Control of aldosterone secretion. *J. Endocrinol.* 81: 55–67.
- Cole, N.A., McLaren, J.B., Hutcheson, D.P., 1982. Influence of preweaning and B-vitamin supplementation of the feedlot receiving diet on calves subjected to marketing and transit stress. *J. Anim. Sci.* 54: 911–917.
- Cole, N.A., and D.P.Hutcheson. 1985a. Influence of prefast feed intake on recovery from feed and water deprivation by beef steers. *J. Anim. Sci.* 60:772–780.
- Cole, N.A., and D.P.Hutcheson. 1985b. Influence of realimentation diet on recovery of rumen activity and feed intake in beef steers. *J. Anim. Sci.* 61:692–701.
- Cole, N.A., T.H. Camp, L.D. Rowe, D.G. Stevens, D.P. Hutcheson. 1988. Effect of transport on feeder calves. *Am. J. Vet. Res.* 49: 178-183.

- Cole, N.A. 1996. Metabolic changes and nutrient repletion in lambs provided with electrolyte solutions before and after feed and water deprivation. *J. Anim. Sci.* 74:287-294.
- Czerkawski, J.W., and G. Breckenridge. 1972. Fermentation of various glycolytic intermediates and other compounds by rumen micro-organisms, with particular reference to methane production. *Br. J. Nutr.* 27:131-146.
- Dasari, M. A., P. P. Kiatsimkul, W. R. Sutterlin, and G. J. Suppes. 2005. Low-pressure hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol. *Appl. Catal. Gen.* 281:225–231.
- Davis, M. 1992. The role of the amygdale in fear and anxiety. *Annu. Rev. Neurosci.* 15:353-375.
- DeFrain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, and P. W. Jardon. 2004. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 87:4195–4206.
- Denton D, Shade R, Zamarippa F, Egan G, Blair-West J, McKinley M & Fox P. 1999. Correlation of regional cerebral blood flow and change of plasma sodium concentration during genesis and satiation of thirst. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 2532–2537.
- DeSouza, E. B. 1993. Corticotropin-releasing factor and interleukin-1 receptors in the brain-endocrine-immune axis. Role in stress response and infection. In: Y. Tache and C. Rivier (ed.) *Corticotropin-Releasing Factor and Cytokines: Role in the Stress Response.* *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 697:9–27.

- Donkin, S. and Doane, P. 2007. Glycerol as a feed ingredient for dairy rations. Department of Animal Sciences. Purdue University. Tristate Nutrition Dairy Nutrition Conference, April 24 and 25.
- Donkin, S.S., Pallatin, M.R., Doane, P.H., Cecava, M.J., White, H.M., Barnes, E. and Koser, S.L. 2007. Performance of dairy cows fed glycerol as a primary feed ingredient. *J. Anim. Sci.* 85(Suppl. 1):T341. (Abstr.).
- Donkin, S.S., Koser, S.L., White, H.M., Doane, P.H., Cecava, M.J. 2009. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:5111–5119.
- Feedstuffs. 2007. Texas puts crude glycerin policy in place. *NewsWatch. Feedstuffs* 80:01 p2.
- Fell, L. R., and D. A. Shutt. 1986. Adrenal response of calves to transport stress as measured by salivary cortisol. *Canad. J. Anim. Sci.* 66:637.
- Freund, B. J., S. J. Montain, A. J. Young, M. N. Sawka, J. P. DeLuca, K. P. Pandolf, and C. R. Valeri. 1995. Glycerol hyperhydration: Hormonal, renal, and vascular fluid responses. *J. Appl. Physiol.* 79:2069–2077
- Friend TH, Dellmeier GR & Gbur EE. 1985. Comparison of four methods of calf confinement. 1. Physiology. *J Dairy Sci* 60, 1095–1101.
- Fisher, L.J., Erfle, J.D, Lodge, G.A., Sauer, F.D. 1973. Effects of propylene glycol or glycerol supplementation of the diet of dairy cows on feed intake, milk yield and composition, and incidence of ketosis. *Can. J. Anim. Sci.* 1973;53:289–296.
- Food and Drug Administration, Code of Federal Regulations, 21CFR582.1320, Title 21, Vol. 6, 2006. 21CFR582.1320.

- Galyean, M. L., R. W. Lee, and M. E. Hubbert. 1981. Influence of fasting and transit on ruminal and blood metabolites in beef steers. *J. Anim. Sci.* 53:7-18.
- Garton, G.A., A.K. Lough, and E. Vioque. 1961. Glyceride hydrolysis and glycerol fermentation by sheep rumen contents. *J. Gen. Microbiol.* 25:215-225.
- Gortel, K., A.L. Schaefer, B.A. Young, and S.C. Kawamoto. 1992. Effects of transport stress and electrolyte supplementation on body fluids and weights of bulls. *Can. J. Anim. Sci.* 72:547-553.
- Grandin, T. 1992. Behavioral agitation during handling is persistent over time. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 36:1.
- Grandin, T., K G. Odde, D. N. Schutz y L. M. Beherns, 1994. The reluctance of cattle to change a learned choice may confound preference tests *Appl. Anim. Behav. Sci.* 39:21.
- Grandin, T, 1997. Assessment of stress during handling and transport. *Journal animal science.* 75:249-257.
- Hargreaves, A. L. y G. D. Hutson.1990a. Some effects of repeated handling on stress responses in sheep *Appl. Anim. Behav. Sci.* 26:253
- Hicks, R.B., Owens, F.N., Gill, D.R., Oltjen, J.W., Lake, R.P., 1990. Dry matter intake by feedlot beef steers: influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. *J. Anim. Sci.* 68: 165–254.
- Hitchins, S., D. T. Martin, L. Burke, K. Yates, K. Fallon, A. Hahn, and G. P. Dobson. 1999. Glycerol hyperhydration improves cycle time trial performance in hot humid conditions. *Eur. J. Appl. Physiol.* 80:494–501.

- Hippen, A.R., DeFrain, J.M., and Linke, P.L. 2008. Glycerol and other energy sources for metabolism and production of transition dairy cows. 19th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. January 29 and 30.
- Hodgson, P.D., Aich, P., Manuja, A., Hokamp, K., Roche, F.M., Brinkman, F.S.L., Potter, A., Babiuk, L.A., Griebel, P.J. 2005. Effect of stress on viral–bacterial synergy in bovine respiratory disease: novel mechanisms to regulate inflammation. *Comparative and Functional Genomics*. 6: 244–250.
- Hogan, J.P., Petherick, J.C. and Phillips, C.J.C. 2007. The physiological and metabolic impacts on sheep and cattle of feed and water deprivation before and during transport. *Nutrition research reviews*. 20:17-28
- Hutcheson, D. P. 1980. Observations on receiving new cattle. Texas Beef Conf., Amarillo, TX. April.
- Hutcheson, D.P., N.A. Cole and J.B. McLaren. 1984. Effects of pretransit diets and post-transit potassium levels for feeder calves. *J. Anim. Sci.* 58:700-707.
- Hutcheson, D.P. and N.A. Cole. 1986. Management of transit stress syndrome in cattle: nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.* 62:555-560.
- Jarvis, A.M., Harrington, D.W.J., Cockram, M.S., 1996. Effect of source and lairage on some behavioural and biochemical measurements of feed restriction and dehydration in cattle at a slaughterhouse. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 50, 83–94.
- Johns, A.T. 1953. Fermentation of glycerol in the rumen of sheep. *New Zealand J. Sci. Technol.* 35:262-269.
- Johnson, R.B. 1954. The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. *Cornell Vet.* 44(1):6-21.

- Jones, S.D.M., A.L. Schaeffer, A.K.W. Tong, and B.C. Vincent. 1988. The effects of fasting and transportation on beef cattle. 2. Body condition changes, carcass composition and meat quality. *Livestock Prod. Sci.* 20:25-35.
- Jones, S.D.M., and A.K.W. Tong. 1989. Factors influencing the commercial incidence of dark cutting beef. *Can. J. Anim. Sci.* 69:649-654.
- Jones, S.D.M., A.L. Schaeffer, W.M. Robertson and B.C. Vincent. 1990. The effects of withholding feed and water on carcass shrinkage and meat quality in beef cattle. *Meat Sci.* 28:131-139.
- Kansas Pacific Railway Company. 1874. Guide Map of the Best and Shortest Cattle Trail to the Kansas Pacific Railway. 1st ed. Kansas Pacific Railway Company, Kansas City, MO.
- Kijora, C., H. Bergner, R. D. Kupsch, and L. Hagemann. 1995. Glycerol as a feed component in fattening pigs. *Arch. Tierernahr.* 47:345–360. (in German).
- Knowles, T.G. 1995. The effects of transport in slaughter weight lambs. *Br. Soc. Animal Science., Winter Meeting (Summary)*, paper 43.
- Krehbiel, C.R. 2008. Ruminant and physiological metabolism of glycerin. *J. Anim. Sci.* Vol. 86, E-Suppl. 2/*J. Dairy Sci.* Vol. 91, E-Suppl. 1.
- Ladewig, J. and Smidt, D. 1989 Behaviour, episodic secretion of cortisol and adrenocortical reactivity in bulls subjected to tethering. *Horm. Behav.* 23:354–360.
- Ladewig, J. 2000. Chronic intermittent stress: a model for the study of long-term stressors. In: G. P. Moberg and J. A. Mench (ed.) *The Biology of Animal Stress*. pp 159–169. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

- Lammers, P., M. Honeyman, K. Bregendahl, B. Kerr, T. Weber, W. Doier III, and M. Kidde. 2007a. Energy value of crude glycerol fed to pigs. Res. A. S. Leaflet R2225. Iowa State Univ. Anim. Ind. Rep. <http://www.ans.iastate.edu> Accessed Oct. 10, 2007.
- Lammers, P., M. Honeyman, B. Kerr, and T. Weber. 2007b. Growth and performance of nursery pigs fed crude glycerol. Res. A. S. Leaflet R2224. Iowa State Univ. Anim. Ind. Rep. <http://www.ans.iastate.edu> Accessed Oct. 10, 2007.
- Launchbaugh, K.L., 1995. Effects of neophobia and aversions on feed intake: why feedlot cattle sometimes refuse to eat nutritious feeds. In: Proceedings of the Symposium: Intake by Feedlot Cattle. Oklahoma University, p. 942, pp. 36–48.
- Lehninger, A. L., D. L. Nelson, and M. M. Cox, ed. 1993. Principles of Biochemistry. 2nd ed. Worth Publishers, New York, NY.
- Lin, E.C.C. 1977. Glycerol utilization and its regulation in mammals. Annu. Rev. Biochem. 46:765–795.
- Lofgreen, G.P. 1988. Nutrition and management of stressed beef calves. An update. Nov. 4(3):509-22.
- MacDougald, O.A., Burant, C.F. 2005. Obesity and metabolic perturbations after loss of aquaporin 7, the adipose glycerol transporter. Nal. Ac. Sc. 102:31. 10759–10760. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0504965102](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0504965102) PNAS \_ August 2, 2005 \_ vol. 102 \_ no. 31 \_ 10759–10760
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. 2006. Nutrición animal. Sexta edición en español. Editorial Acribia. Páginas 180, 181, 200. ISBN: 978-84-200-1070-0

- Merck Sharp and Dohme Corp. 2010. The merck veterinary manual.  
<http://www.merckmanuals.com>
- Merck Sharp and Dohme Corp. 2012. The merck veterinary manual.  
[http://www.merckmanuals.com/vet/clinical\\_pathology\\_and\\_procedures/diagnostic\\_procedures\\_for\\_the\\_private\\_practice\\_laboratory/clinical\\_biochemistry.html?qt=Total protein&alt=sh](http://www.merckmanuals.com/vet/clinical_pathology_and_procedures/diagnostic_procedures_for_the_private_practice_laboratory/clinical_biochemistry.html?qt=Total+protein&alt=sh).
- Mitchell, G., Hattingh. J., Ganhao, M. 1988. Stress in cattle assessed after handling, after transport and after slaughter. *Vet. Rec.* 123(8):201-5. Department of Physiology, University of the Witwatersrand Medical School, Johannesburg, South Africa.
- Mongin, P. 1981. Recent advances in dietary cation anion balance: Applications in poultry. *Proc. Nutr. Soc.* 40:285.
- Mourot, J., A. Aumaitre, A. Mounier, P. Peiniau, and A. C. Francois. 1994. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in growing pigs. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livest. Prod. Sci.* 38:237-244.
- Mucio-Ramírez, J.S. 2007. La neuroquímica del estrés y el papel de los péptidos opioides. *Revista de Educación Bioquímica.* 26(4): 121-128.
- Nockels, C.F. 1988. Immunoenhancing vitamins for cattle. *Agri. Practice.* 9:10-13
- NRC, 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh revised edition: Update Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, ISBN: 0-309-59241-0, 248 pages.
- NRC. 2006. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Eighth revised edition. National academy of sciences, Washington, DC.



- O'Kelly, J. C. 1985. Influence of dietary fat on some metabolic responses of cattle to fasting. *Res. Vet. Sci.* 39:254–256.
- Parker, A. J., G. P. Hamlin, C. J. Coleman, and L. A. Fitzpatrick. 2003b. Quantitative analysis of acid-base balance in *Bos indicus* steers subjected to transportation of long duration. *J. Anim. Sci.* 81:1434–1439.
- Parker, A.J., Dobson, G.P. and Fitzpatrick, L.A. 2007. Physiological and metabolic effects of prophylactic treatment with the osmolytes glycerol and betaine on *Bos indicus* steers during long duration transportation. *J. Anim. Sci.* 85:2916–2923.
- Parsons, G.L., Shelor, M.K., and Drouillard, J.S. 2009. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *J. Anim. Sci.* 87:653-657.
- Pehrson, B. 1972. The effect of orally administered glycogenic substance to dairy cows. I. Na propionate, glycerol and propylene glycol to healthy, normally fed cows. *Nord. Vet. Med.* 24(9):409-16.
- Phillips, W. A., Cole, N.A. and Hutcheson, D.P. 1983. The effect of the pretransit diet on the amount and source of weight loss by beef steers during transit. *J. Anim. Sci.* 57 (Suppl. 1):405..
- Phillips, C.J.C., Youssef, M.Y.I., Chiy P.C. and Arney D.R. 1999. Sodium chloride supplements increase the salt appetite and reduce stereotypies in confined cattle. *Anim. Sci.* 68, 741–748.
- Pritchard, R.H., Mendez, J.K. 1990. Effects of preconditioning on pre- and post-shipment performance of feeder calves. *J. Anim. Sci.* 68(1):28-34.
- Rémond, B., E. Souday, and J.P. Jouany. 1993. *In vitro* and *in vivo* fermentation of glycerol by rumen microbes. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41:121–132.

- Ribble, C.S., Meek, A.H., Shewen, P.E., Guichon, P.T., Jim, G.K., 1995b. Effect of pretransit mixing on fatal fibrinous pneumonia in calves. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 207, 616–619.
- Richter, P, Hinton, J.W. & Reinhold, S. 1998. Effectiveness in learning complex problem solving and salivary ion indices of psychological stress and activation. *Int J Psychophysiol* 30, 329–337.
- Riedesel, M. L., D. Y. Allen, G. T. Peake, and K. Al-Qattan. 1987. Hyperhydration with glycerol solutions. *J. Appl. Physiol.* 63:2262–2268.
- Ross, J.G., J.W. Spears, and J.D. Garlich. 1994a. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 72:1600-1607.
- Ross, J.G., J.W. Spears, and J.D. Garlich. 1994b. Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. *J. Anim. Sci.* 72:1842-1848.
- Ruppanner, R., B.B. Norman, C.J. Adams, D.G. Addis, G.P. Lofgreen, J.G. Clark, and J.R. Dunbar. 1978. Metabolic and cellular profile testing in calves under feedlot conditions: minerals, electrolytes, and biochemical components-changes over time in feedlot. *Am J. Vet. Res.* 39 (5): 845-849.
- SAS. 2008. *User's Guide: Statistics, Version 9.1 ed.* SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Selye, H. 1936. A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature* 138:32
- Schaeffer, A.L., S.D.M. Jones, A.K.M. Tong, and B.C. Vincent. 1988. The effects of fasting and transportation on beef cattle. 1. Acid-base-electrolyte balance and infrared heat loss of beef cattle. *Livestock Prod. Sci.* 20:15-24.

- Schaeffer, A.L., S.D.M. Jones, A.K.M. Tong, and B.A. Young. 1990. The effects of transport and electrolyte supplementation on ion concentrations, carcass yield and quality in bulls. *Can. J. Anim. Sci.* 70:107-119.
- Schaefer, A. L., S. D. M. Jones, A. K. W. Tong, B. A. Young, N. L. Murray, and P. Lepage. 1992. Effects of post transport electrolyte supplementation on tissue electrolytes, hematology, urine osmolality and weight loss in beef bulls. *Livest. Prod. Sci.* 30:333–345.
- Schaeffer, A.L., S.D.M. Jones, and R.W. Stanley. 1997. The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *J. Anim. Sci.* 75:258-265.
- Scharf, B., Carroll, J.A., Riley, D.G., Chase, C.C., Coleman, S.W. Jr., Keisler, D.H., Weaber, R.L., and Spiers, D.E. 2010. Evaluation of physiological and blood serum differences in heat-tolerant (Romosinuano) and heat-susceptible (Angus) *Bos taurus* cattle during controlled heat challenge. *J. Anim. Sci.* 88:2321-2336.
- Schulkin J (1991) Sodium Hunger, the Search for a Salty Taste. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Schröder, A., and K. H. Südekum. 2007. Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants. *Inst. of Anim. Nutr., Physiol. and Metab., Univ. of Kiel, Kiel, Germany*
- Shaw, FD, Tume, R.K. 1992 The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents. A review of recent work. *Meat Sci.* 32:311–329
- Schwartzkopf-Genswein, K.S., Booth-McLean, M.E., Shah, M. A., Entz, T., Bach, S.J. Mears, G.J., Schaefer, A.L., Cook, N., Church, J., McAllister, T.A. 2007. Effects

- of pre-haul management and transport duration on beef calf performance and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 108:12–30
- Skaggs, J. M. 1986. *Prime Cut: Livestock Raising and Meatpacking in the United States 1607–1983*. Texas A&M University Press, College Station.
- Sterling, P, Eyer, J. 1988. Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology: In Fisher S., Reason J., (eds), *Handbook of Life Stress, Cognition and Health*. New York: John Wiley & Sons, pp 629–649.
- Stermer, R., Camp, T.H. y Stevens, D.G. 1981. Feeder cattle stress during transportation. American society of agricultural engineers, St. Joseph, Michigan. Paper No. 81-6001.
- Swanson, J.C. and Morrow-Tesch, J. 2001. Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *J. Anim. Sci.* 79:E102-E109.
- Tadich, N., Gallo, C. y Alvarado, M. 2000. Efectos de 36 horas de transporte terrestre con y sin descanso sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en bovinos. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 32:2.
- Tarrant, P. V., F. J. Kenny, D. Harrington, and M. Murphy. 1992. Long distance transportation of steers to slaughter: Effect of stocking density on physiology, behaviour and carcass quality. *Livest. Prod. Sci.* 30:223–238.
- Trabue, S., K. Scoggin, S. Tjandrakusuma, M. A. Rasmussen, and P. J. Reilly. 2007. Ruminant fermentation of propylene glycol and glycerol. *J. Agric. Food Chem.* 55:7043–7051.
- Trunkfield, H.R. and D.M. Broom. 1990. Welfare of calves during handling and transport. *Appl. Anim. Behavior Science.* 28:135.

- Tucker, W.B., Harrison, G.A. and Hemken, W. 1988. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71:346
- Van Gerpen, J. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Process. Technol.* 86:1097–1107.
- von Borell, E.H. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. Institute of Animal Breeding and Husbandry with Veterinary. *J. Anim. Sci.* 79(E. Suppl.):E260-E267.
- Wade, L. C. 1987. *Chicago's Pride: The Stockyards, Packingtown, and Environs in the Nineteenth Century.* University of Illinois Press, Urbana.
- West, J. W., B. G. Mullinix, and T. G. Sandifer. 1991. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* 74:1662–1674.
- Wilson, J, Foster, D. *Textbook of endocrinology*, 7th ed. W. B. Saunders Co. 1985:1413.
- Wright, D.E. 1969. Fermentation of glycerol by rumen microorganisms. *N.Z. J. Agric. Res.* 12:281-286.
- Wythes, J. R., W. R. Shorthose, P. J. Schmidt, and C. B. Davis. 1980. Effects of various rehydrtaion procedures after a long journey on liveweight, carcasses and muscle properties of cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 31:849–855.
- Wythes, J.R. 1982. The saleyard curfew issue. *Qld. Agric. J.* 108: 274–278.
- Zinn, R.A., Dunbar, J.R., Norman, B.B., 1988. Influence of pelleting on the comparative feeding value of cottonseed meal in receiving diets for feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 66: 1335–1339.