

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



**TESIS**

**EFEECTO DEL TRANSPORTE Y LA SUPLEMENTACIÓN CON PAREDES  
CELULARES DE LEVADURA EN EL DESEMPEÑO Y VARIABLES  
FISIOLÓGICAS DE BECERROS**

**PRESENTA**

**ING. ALVIN GUSTAVO CARRILLO HURTADO**

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

**NOVIEMBRE, 2018**



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



**TESIS**

**EFEECTO DEL TRANSPORTE Y LA SUPLEMENTACIÓN CON PAREDES  
CELULARES DE LEVADURA EN EL DESEMPEÑO Y VARIABLES  
FISIOLÓGICAS DE BECERROS**

**PRESENTA**

**ING. ALVIN GUSTAVO CARRILLO HURTADO**

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

**ESCOBEDO, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**NOVIEMBRE DE 2018**



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

**TESIS**

**EFEECTO DEL TRANSPORTE Y LA SUPLEMENTACIÓN CON PAREDES  
CELULARES DE LEVADURA EN EL DESEMPEÑO Y VARIABLES  
FISIOLÓGICAS DE BECERROS**

**PRESENTA**

**ING. ALVIN GUSTAVO CARRILLO HURTADO**

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

**ESCOBEDO, NUEVO LEÓN, MÉXICO**

**NOVIEMBRE DE 2018**

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



**EFFECTO DEL TRANSPORTE Y LA SUPLEMENTACIÓN CON PAREDES  
CELULARES DE LEVADURA EN EL DESEMPEÑO Y VARIABLES  
FISIOLÓGICAS DE BECERROS.**

**Aprobación de tesis por el comité particular de**

**Alvin Gustavo Carrillo Hurtado**

Ph. D. Jorge R. Kawas Garza  
Director Principal

Dr. Nelson Manzanares Miranda  
Co-director

Dr. Héctor Fimbres Durazo  
Co-director

Ph.D. Luis Edgar Rodríguez Tovar  
Co-director

M.C. Gustavo Moreno Degollado  
Co-director

**Escobedo, N.L., MÉXICO**

**Noviembre de 2018**

**EFFECTO DEL TRANSPORTE Y LA SUPLEMENTACIÓN CON PAREDES  
CELULARES DE LEVADURA EN EL DESEMPEÑO Y VARIABLES  
FISIOLÓGICAS DE BECERROS**

Este trabajo fue realizado en el Centro de Investigación en Producción Agropecuaria (CIPA) de la Universidad Autónoma de Nuevo León y los Laboratorios de Inmunología Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía, ambos de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección del PhD. Jorge R. Kawas Garza.

Ph.D. Jorge R. Kawas Garza

---

**DEDICATORIA**

**A mi hija Alyce Samara Carrillo Valles**

**A mi tío el Sr Rafael Hurtado Soto†**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

A mi compañera de vida mi esposa Cecilia.

A mi familia: mi mamá Imelda, mi papá Gustavo, y mis hermanos Blady y Anai por confiar en mí.

A mi suegra la maestra Sandra por su apoyo en mi llegada a N. L. y a lo largo de la maestría.

A CONACyT por el apoyo de beca.

A la UANL y sus facultades FA y FMVZ así como el CIPA .

Al Ph. D. Jorge Kawas por todo su apoyo dentro y fuera de la universidad.

A los académicos que integraron mi comité, Dr. Luis Edgar, Dr. Fimbres, Dr. Nelson, así como los que me dieron clase y los que conocí en el transcurso, como los encargados de los laboratorios y de oficina.

A los compañeros que se volvieron familia: Tavo, Jimmy, Diana, Mimí, Luisa, Dome, Denisse y Elena.

A MNA de México y AQUA Laboratorios así como su departamento de investigación encabezado por los alemanes, los doctores Denisse y Miguel.

A los que directamente e indirectamente hicieron este proyecto posible.

## Nomenclatura

<i>et al.</i>	y colaboradores
<i>per se</i>	En sí mismo
<i>estatus quo</i>	Estado actual
PCL	Paredes celulares de levadura
RFI	Consumo residual del alimento (siglas en ingles)
NRC	Consejo nacional de investigación (siglas en ingles)
CRB	Complejo respiratorio bovino
d	días
ton	tonelada
$\beta$	Beta
$\alpha$	Alfa
IL	Interleucina
kDa	Kilodalton
TLR	Receptor tipo toll (siglas en ingles)
CR	Receptor de complemento
MHC	Complejo mayor de histocompatibilidad

CIPA	Centro de investigación en producción agropecuaria
CMS	Consumo de materia seca
GDP	Ganancia diaria de peso
E:A	Eficiencia alimenticia
dl	Decilitro
mm	Milímetro
NK	Natural killer (siglas en ingles)

## CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. OBJETIVO.....	5
2.1. Objetivos específicos .....	5
3. HIPÓTESIS.....	5
4. JUSTIFICACIÓN.....	5
5. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
5.1. Causas de estrés .....	6
5.2. Merma.....	7
5.3. Etapa de recepción.....	9
5.4. Paredes celulares de levaduras.....	11
5.4.1. Las paredes celulares en la respuesta inmune .....	13
5.4.2. $\beta$ -Glucanos.....	14
5.4.3. Suplementación de paredes celulares de levadura en rumiantes .....	16
6. MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
6.1. Ubicación del experimento .....	19
6.2. Animales y tratamientos .....	19
6.3. Dieta.....	20

6.4.	Manejo del ganado.....	22
6.5.	Temperatura rectal y superficial .....	22
6.6.	Biometría hemática .....	23
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
7.1.	Variables de desempeño y el RFI .....	24
7.2.	Temperaturas rectal y superficial.....	27
7.3.	Variables hematológicas .....	30
8.	CONCLUSIONES .....	33
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	34

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Factores pre-destete y pos-destete que contribuyen a la incidencia del complejo respiratorio bovino ( <b>CRB</b> ) y sus resultados en la producción de carne de bovinos. (Duff y Galyeen, 2007). .....	9
<b>Figura 2.</b> Esquema de ubicación de las áreas de la piel para medición de la temperatura superficial.....	23
<b>Figura 3.</b> Ganancia diaria de peso de becerros con y sin transporte .....	26
<b>Figura 4.</b> Temperatura corporal de becerros con y sin transporte y suplementación de paredes celulares de levadura ( <b>TRA</b> , transporte; <b>PCL</b> , paredes celulares de levadura; <b>PER</b> ; periodo de medición; <b>TRAxPER</b> , interacción del transporte con el periodo de medición; <b>PLCxPER</b> , interacción de la suplementación con el periodo de medición. ....	28

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la dieta (base seca). .....	21
Cuadro 2. Desempeño de becerros con y sin transporte (TRA), y suplementación de paredes celulares de levaduras (PCL). .....	24
Cuadro 3. Valores hematológicos de becerros con/sin transporte y suplementación de paredes celulares de levadura (PCL). .....	31

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto del transporte y la suplementación con paredes celulares de levadura en el desempeño y variables fisiológicas de becerros, 21 becerros machos enteros de la raza charoláis ( $311 \pm 63$  kg) fueron asignados a uno de cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar con un arreglo factorial (dos niveles de suplementación con paredes celulares de levaduras y dos distancias de transporte). La levadura solamente se suplementó a becerros de dos tratamientos, mientras que los otros dos no recibieron levadura en su dieta. Así mismo, la mitad del ganado tuvo su origen localmente, mientras que la otra mitad provino de Jalisco. Los becerros de Jalisco, tuvieron un transporte de 16 horas y Nuevo León no presentaron un transporte relevante. El ganado se pesó en origen, al arribo, a los 21 d y a los 90 d. Las temperaturas rectal y superficial se registraron, y se obtuvieron muestras de sangre en origen, al arribo y 21 días después. Los consumos de materia seca (MS) se registraron durante todo el estudio usando comederos GrowSafe<sup>®</sup>. Los resultados mostraron que la suplementación de paredes celulares de levadura aumento ( $P < 0.05$ ) el consumo diario de MS de 8.82 a 9.50 kg. La temperatura superficial mostro un descenso ( $P < 0.05$ ) de 36.2°C en origen a 34.5 °C en el momento del arribo. Además, se presentó una interacción entre los factores de transporte y periodo de medición de temperatura ( $P < 0.05$ ). El transporte afectó ( $P < 0.05$ ) el nivel de hematocrito, siendo mayor en los animales con transporte largo (30.4% vs. 33.7%). La concentración de neutrófilos segmentados aumentó ( $P < 0.05$ ) de 21.8 a 39.1%, 21 días después del arribo a los corrales. En conclusión, la suplementación con paredes celulares de levaduras aumentó el consumo de MS, y tiende a aumentar ( $P < 0.10$ ) la concentración de neutrófilos 21 días después del arribo. La temperatura superficial del animal fue un mejor indicador de estrés que la temperatura rectal.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of transport and yeast cell wall supplementation on performance and the physiological variables of bull calves. Twenty-one Charolais bull calves weighting an average of 311 ( $\pm$  63 kg) were assigned to one of four groups in a completely randomized design with a factorial arrangement of treatments (two levels of yeast cell wall supplementation and two transport distances). Cattle from Nuevo León were transported from a local ranch, whereas other calves were transported from Jalisco to Nuevo León. Calves from Jalisco had a transport time of 16 hours and those from Nuevo León had no relevant transport. Cattle were weighed in origin, at arrival, on day 15, and 90 days after arrival. Rectal and superficial temperatures were measured and blood samples were collected at origin, upon arrival and 21 days later. Dry matter (DM) intake was recorded throughout the study using GrowSafe<sup>®</sup> Feeders. The results showed that yeast cell wall supplementation increased ( $P < 0.05$ ) daily DM intake from 8.82 to 9.50 kg. The surface temperature decreased ( $P < 0.05$ ) from 36.2°C at origin to 34.5°C at the time of arrival. A transport and superficial temperature period interaction was observed ( $P < 0.05$ ). Transport affected ( $P < 0.05$ ) hematocrit concentration, being higher in animals with long transport vs. animals transported locally (30.4% vs. 33.7%). The concentration of segmented neutrophils increased ( $P < 0.05$ ) from 21.8 to 39.1%, 21 days after arrival from Jalisco. In conclusion, yeasts cells wall supplementation increased DM intakes, and it tended to increase ( $P < 0.10$ ) the concentration of neutrophils 21 days after arrival. The surface temperature of the animal was a better indicator of stress than the rectal temperature.

## 1. INTRODUCCIÓN

El transporte es posiblemente el evento más estresante al que el ganado bovino es sometido, debido a la acumulación de estímulos adversos conjuntos. Esta actividad afecta el bienestar de los animales, causando efectos negativos en la salud e importantes pérdidas económicas. Aunque el estrés por transporte no siempre produce una enfermedad *per se*, si aumenta la susceptibilidad de los animales a ciertas de ellas, siendo la más importante, la fiebre de embarque. Además, la interacción con animales desconocidos aumenta el contagio entre estos (Sanchez *et al.*, 2013). El manejo ocasiona estrés y expone al ganado a problemas de salud, principalmente del complejo respiratorio bovino, lo que se ve reflejado en el desempeño del becerro (Salzer *et al.*, 2004; Duff y Galvayan, 2007).

La pérdida de peso del ganado durante el transporte es comúnmente llamada merma y se puede clasificar en exudativa y tisular (Hutcheson y Cole, 1986). La merma exudativa, es aquella causada por la pérdida de orina y heces, en cambio, la tisular es la pérdida de fluidos de las células, ocasionando que el ganado requiera más tiempo para recuperar este tipo de merma (Hutcheson y Cole, 1986). Con el traslado del ganado para su comercialización, este puede llegar a perder masa corporal, cuando la merma sobre-pasa el 7 a 8 % (Brownson, 1973). El apetito o voluntad para consumo de alimento se deprime durante la primera semana y las tres posteriores a la llegada al corral de engorda (Hutcheson, 1980). El transporte causa de manera directa deshidratación, y con esto los niveles de azúcar en sangre y tejidos bajan, lo que ocasiona un desequilibrio electrolítico y problemas de termo-regulación asociados al estrés, resultando en pérdidas de peso vivo y en canal, así como una menor calidad de carne (Hutcheson y Cole, 1986).

Sin embargo, 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). En los últimos años se ha intensificado la búsqueda de suplementos o aditivos nutricionales que ayuden a disminuir los problemas del estrés mediante el desarrollo de una adecuada inmunidad de los bovinos (Emmanuel *et al.*, 2007; Ramírez 2014; Campos y Rojas, 2015). Con lo anterior, se logra disminuir los costos de producción asociados con el uso de medicamentos y la pérdida de peso asociada con problemas de salud (Sanchez *et al.*, 2013).

Las paredes celulares de levadura (PCL) contienen  $\beta$ -glucanos, y manano-proteínas los cuales están constituidos principalmente por glucosa unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos  $\beta$ 1,3 y  $\beta$ 1,6, que al interactuar con otros organismos, actúan con una potente función inmunoestimulante e inmunoreguladora, incrementando las actividades de los macrófagos, y mejorando también la respuesta a las vacunas (Vetvicka *et al.*, 2014). En este sentido, se ha encontrado que la inclusión de PCL puede incrementar la resistencia específica ante una condición de estrés y mejorar las respuestas productivas en cuanto a conversión alimenticia y ganancias de peso (Eicher *et al.*, 2010; Sánchez *et al.*, 2013; Campos y Rojas, 2015). Además, las PCL poseen la capacidad de actuar como secuestrante de micotoxinas, entre ellas, la aflatoxina B<sub>1</sub> (Zhao *et al.*, 2010).

## **2. OBJETIVO**

Evaluar el efecto del transporte y la suplementación con paredes celulares de levadura en el desempeño, la temperatura corporal, y variables hematológicas de becerros.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Evaluar el efecto del transporte y la suplementación con paredes celulares de levaduras en el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia y el consumo residual del alimento (RFI; por sus siglas en inglés) de becerros.
- Determinar el efecto del transporte y la suplementación de paredes celulares de levaduras en las temperaturas corporales rectal y superficial, y la biometría hemática de becerros.

## **3. HIPÓTESIS**

La suplementación de PCL disminuye los efectos negativos del transporte del ganado, mejorando el desempeño productivo y las variables fisiológicas causadas por el estrés.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

El transporte es uno de los factores más estresantes en el sistema de producción de carne de bovinos, por lo que es necesario implementar estrategias nutricionales que puedan mitigar sus efectos negativos en este sistema de producción.

## 5. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1. Causas de estrés

El estrés en ganado de engorda se puede definir como la respuesta inespecífica del organismo a cualquier demanda del ambiente (Hutcheson y Cole, 1986). El estrés puede alterar el *status 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).

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 exacerban los efectos del estrés. Otras formas de estrés en ganado de engorda en corral incluyen los cambios climáticos, la castración, el descuerne, 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 (Duff y Galyean, 2007).

La pérdida de peso del ganado durante el transporte es comúnmente llamada merma, la cual se puede clasificar de dos formas: exudativa y tisular. La merma exudativa, es aquella causada por la pérdida de orina y heces. Por otro lado, la pérdida tisular es la pérdida de fluidos de las células y el ganado requiere más tiempo para recuperar este tipo de merma (Hutcheson y Cole, 1986). El traslado para comercialización del ganado causa al menos dos efectos: la pérdida del apetito y encogimiento o pérdida de masa corporal. El apetito o

voluntad para consumo de alimento se deprime durante la primer semana y las tres 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).

Es común que el ganado que es transportado una larga distancia, sin comer, durante varios días, se enferme y tenga fiebre. El consumo de alimento puede reducirse hasta en más del 50% en ganado enfermo (Chirase *et al.*, 1991). Una vez que el ganado enfermo tiene el complejo respiratorio bovino, después del tratamiento de la enfermedad, 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.

## **5.2. 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 mayor demanda por agua, mientras una baja humedad relativa ambiental aumenta la pérdida de agua a través de la respiración y la transpiración.

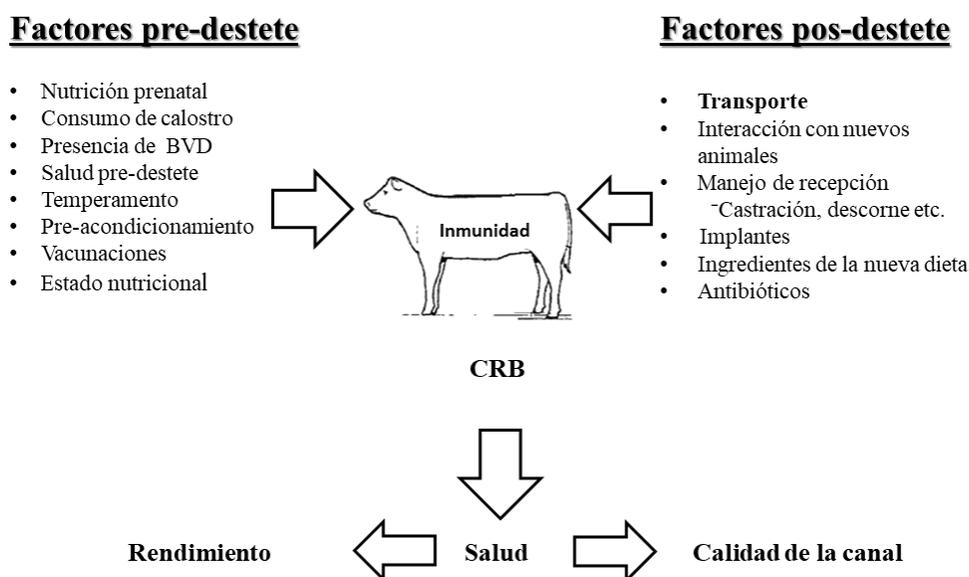
La merma es mayor en ganado que es dietado y transportado, en comparación con ganado que es solamente desprovisto de alimento. En ambos casos, las pérdidas fecales y urinarias fueron similares (Phillips *et al.*, 1983).

El factor que más afecta la merma 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. 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. (Brownson, 1973).

El contenido de grasa corporal varía con la edad, el sexo, tipo de ganado y la condición de éste. Ganado de mayor edad tiende a tener más grasa que el ganado joven. Entre más gordo esté el ganado, menor es la merma. Esto es debido a que la grasa contiene menos agua que el músculo. 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).

### 5.3. Etapa de recepción.

La etapa de recepción en la producción de bovinos en corral de engorda es determinante para la eficiencia de todo el ciclo de producción, la cual puede considerarse como la transición de dos ambientes distintos donde los becerros están expuestos a varios estresores que afectan la salud del becerro, los que causan principalmente el complejo respiratorio bovino (Figura 1). Dentro de estos múltiples factores, el de mayor impacto es el transporte de ganado, esto debido a que este estrés de transporte afecta negativamente al sistema inmunológico (Duff y Galyean, 2007). En esta etapa, la alimentación y la salud de los becerros está estrechamente ligada, ya que el consumo de alimento es bajo, por lo que la ausencia parcial de algunos nutrientes puede afectar negativamente la función inmunológica (Galyean *et al.*, 1999).



**Figura 1.** Factores pre-destete y pos-destete que contribuyen a la incidencia del complejo respiratorio bovino (**CRB**) y sus resultados en la producción de carne de bovinos. (Duff y Galyean, 2007).

En esta etapa se hace énfasis en aumentar el consumo de nutrientes para disminuir la susceptibilidad a infecciones y demás complicaciones a causa del estrés y mediante diversas estrategias como el uso de agentes saborizantes y aumento de la densidad de nutrientes de la dieta (Galyean *et al.*, 1999). Las condiciones adversas anteriormente mencionadas a las que se exponen los becerros al momento del arribo provocan una reducción de 10 a 25% del número total de bacterias en el rumen. Frecuentemente, el primer día en los corrales, solamente de 20 a 25% del ganado come alimento. El tercer día, 40% del ganado aún 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 (Loerch y Fluharty, 1999).

Al aumentar la densidad energética de la ración de recepción incrementando 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). Una deficiencia de energía en el ganado puede severamente deprimir al sistema inmune (Nockels, 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 no más de 16% de proteína cruda y >70% de concentrado (grano, fuentes de proteína, etc.) durante las dos siguientes semanas después de llegar a los corrales. Sin embargo, el ganado debe ser recibido con heno y agua de buena calidad (Fluharty and Loerch 1995).

#### 5.4. Paredes celulares de levaduras

La pared celular de los hongos tiene una propiedad estructural con característica de plasticidad y permeabilidad, que protege al organismo de diferentes tipos de estrés ambiental, como ejemplo los cambios osmóticos, pero además, la pared celular permite la interacción con el medio externo ya que algunas de sus proteínas son adhesinas y receptores. La pared celular de levaduras está compuesta básicamente de polisacáridos y proteínas. Entre los polisacáridos destacan la quitina, el glucano y el manano o el galactomanano. Las proteínas generalmente están asociadas a polisacáridos formando glicoproteínas. Algunos de estos componentes son muy inmunogénicos y estimulan un gran número de respuestas celulares y humorales durante la infección. Componentes de la pared celular como los  $\beta$ -glucanos, los mananos y manoproteínas tienen además una potente cualidad inmunoestimuladora e inmunomoduladora al utilizarse en otros organismos (Kollár *et al.*, 1997).

**Glicoproteínas.** Las proteínas representan el 30-50% del peso seco de la pared fúngica en los hongos levaduriformes y el 20-30% del peso seco de la pared de los hongos filamentosos. La mayoría de las proteínas están asociadas a glúcidos por enlaces O-glucosídico o N-glucosídico, formando glicoproteínas. Las proteínas de la pared tienen diversas funciones, participando en el mantenimiento de la forma celular, interviniendo en los procesos de adhesión, protegiendo a la célula de sustancias extrañas, participando en la absorción de moléculas, transmitiendo señales al citoplasma y sintetizando y remodelando los componentes de la pared (Pontón, 2008).

**Quitina.** Este componente es sintetizado a partir de N-acetil glucosamida por la enzima quitin-sintetasa, que deposita los polímeros de quitina en el espacio extracelular próximo a la

membrana citoplasmática. La quitina es de suma importancia en la pared celular y representa el 1-2% del peso seco de la pared celular de levaduras aunque en otro tipo de hongos y de acuerdo a su fase morfológica puede llegar a 25-30% (Pontón, 2008).

**Glucano.** Este polisacárido es el más importante en la estructura de la pared celular de hongos y representa el 50-60% del peso seco de toda la pared. Los polímeros de glucano están compuestos principalmente por glucosa, las cuales están unidas con enlaces  $\beta$ -1,3. Esta unión se presenta en el 65-90% del total de este compuesto, aunque también existen glucanos con uniones  $\beta$ -1,4,  $\alpha$ -1,3 y  $\alpha$ -1,4, pero el enlace  $\beta$ -1,3-D-glucano es el más importante estructuralmente de la pared, ya que es el que se une covalentemente a otros componentes de conformación (Pontón, 2008).

La naturaleza dinámica de la pared celular de las levaduras se origina a partir de las acciones concertadas de numerosas glicoproteínas presentes dentro de la estructura. Las funciones individuales de la mayoría de las proteínas celulares asociadas a la pared no se han determinado de forma concluyente. Estas proteínas, que rompen (hidrolasas) o forman (transferasas) enlaces dentro y entre los polisacáridos de la pared celular, son los principales contribuyentes a la dinámica de la pared. Se han purificado varias glucanasas y quitinasas de las paredes celulares de *Saccharomyces cerevisiae* y se ha demostrado que tienen actividad endo o exo-glicolítica (Bowman y Free, 2006)

Los genomas de levaduras contienen varios genes que codifican quitinasas y glucanasas. Los genes FKS1 y FKS2 han sido denominados como los genes que codifican la  $\beta$ -1,3-D-glucano sintetasa y fueron en un principio identificados en *Saccharomyces cerevisiae*. Actualmente se conocen análogos de estos genes en varias especies como *Candida*,

*Aspergillus*, *Cryptococcus* y *Pneumocystis*. FKS1 codifica una proteína de la membrana citoplásmica de 215 kDa que es la subunidad principal de la glucano-sintetasa. El  $\beta$ -1,3-glucano se sintetiza por un complejo de enzimas situado en la membrana plasmática, denominados glucano-sintetasas. Estas enzimas catalizan la formación de cadenas lineales de glucano compuestas por aproximadamente 1,500 unidades de glucosa unidos por enlaces  $\beta$ -1,3. En estas cadenas, cada 40-50 residuos de glucosa se unen nuevas unidades de glucosa por enlaces  $\beta$ -1,3 dando lugar a una estructura ramificada. Estas ramificaciones pueden unirse a otros glucanos, a la quitina o a las manoproteínas, proporcionando a la pared una gran resistencia mecánica esencial para mantener la integridad celular (Pontón, 2008).

#### **5.4.1. Las paredes celulares en la respuesta inmune**

Productos de pared celular de levadura y levadura vivas de *Saccharomyces cerevisiae* son compuestos inmunomoduladores que interactúan directa e indirectamente con los patógenos y componentes del sistema inmunológico. Las paredes celulares pueden estar implicadas en la síntesis y estimulación de liberación de la citoquina pro-inflamatoria TNF- $\alpha$  de los macrófagos y activan la liberación de otras citocinas como IL-1, IL-2 e IL -6 (Xiao *et al.*, 2004). Las paredes celulares, además de su efecto positivo sobre integridad intestinal, exclusión de patógenos e inmunoestimulación contra infecciones, tienen la capacidad para secuestrar diversos tipos de micotoxinas, entre ellas, la aflatoxina B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), reduciendo su absorción gastrointestinal (Gómez *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2010).

Los polisacáridos de la pared celular de levadura también pueden inhibir la unión y colonización de patógenos bacterianos en el tracto gastrointestinal, lo que puede mitigar las infecciones posteriores. Datos más recientes sugieren que la unión directa se produce entre los

componentes de la pared celular de levadura y bacterias patógenas como *E. coli*, *Salmonella* y *Listeria*. Los compuestos moduladores inmunes de las paredes celulares de levadura, también poseen la capacidad de inhibir el inicio de la enfermedad causada por protozoarios y virus. Algunas investigaciones han estudiado específicamente los efectos de los componentes de la pared celular de levadura en los leucocitos, y observaron aumentos en citocinas pro-inflamatorias, ráfagas oxidativas y quimiotaxis. Aunque la mejora de la expresión del biomarcador inmune solo es útil durante la aparición de un amenaza de sistema inmunológico, ya que la producción de estos compuestos aumenta los requerimientos de energía por lo que mejorar la salud podría afectar el rendimiento productivo (Broadway *et al.*, 2015).

#### **5.4.2. $\beta$ -Glucanos**

El grupo más prometedor de inmunoestimulantes son los  $\beta$ -glucanos, estos compuestos representan unidades estructurales básicas de paredes celulares no solo de levaduras sino también de plantas superiores, algas, y varias otras especies bacterianas (Vetvicka *et al.*, 2014). Los  $\beta$ -glucanos se componen de unidades de glucosa unidas entre sí por enlaces glicosídicos en varias conformaciones por lo que tienen una estructura química y un modo de acción bien definidos sobre el sistema inmunológico, descritos anteriormente. El  $\beta$ -glucano "reconoce" un receptor específico presente en los glóbulos blancos en todos los grupos animales, desde los invertebrados más simples hasta el hombre, y activa su defensa más básica. Los  $\beta$ -glucanos son "señales de alarma" universales no tóxicas, que activan el sistema inmunológico por el mismo mecanismo básico en todos los grupos de animales. Estos inmunoestimulantes tienen propiedades notables para interactuar con el sistema inmunológico del huésped no sólo cuando se inyectan, sino también cuando se suplementan en la alimentación, gracias a la modulación de la inmunidad de mucosas por la unión a receptores

específicos de las células inmunes que proporciona efectos benéficos sobre la salud animal y la resistencia a las enfermedades (Kogan y Kocher, 2007).

El posible mecanismo de acción de los  $\beta$ -glucanos es que actúan como patrones moleculares asociados a los patógenos (PMAPs). Los PMAPs son estructuras conservadas de los patógenos, esenciales para su supervivencia y producidos por ellos mismos y no por las células del huésped. Las células del sistema inmune reconocen a los PMAPs por los receptores de reconocimiento de los patrones por sus siglas en inglés PRR, de estos receptores se destacan los TLRs (Toll-like receptors), estos se expresan fundamentalmente en la superficie de las células que primero entran en contacto con el patógeno durante la infección (células de la superficie epitelial) y en células presentadoras de antígeno (células dendríticas y monocitos/macrófagos); también se encuentran presentes en células NK, compartimentos intracelulares, en el torrente circulatorio y en fluidos tisulares. De los TLRs estudiados, el TLR-2 es el más asociado al reconocimiento de  $\beta$ -glucanos de levaduras y hongos (Pedroso *et al.*, 2012).

Los  $\beta$ -glucanos ejercen actividades adyuvantes a través de su capacidad para unirse a receptores de carbohidratos de superficie específicos, tales como CR-3 y Dectin-1, expresados en el linaje de células monocito-macrófagos y otras células inmunocompetentes que presentan antígenos. La fijación de moléculas de  $\beta$ -glucano a estos receptores da lugar a la activación de una cascada de vías que posteriormente aumentan la producción de citoquinas proinflamatorias y quimiocinas que inducen la presentación de antígenos y la coestimulación celular, lo que conduce a la mejora tanto de la inmunidad humoral como celular (Vetvicka *et al.*, 2014).

El receptor de  $\beta$ -glucano ha sido retenido durante la evolución y es que se encuentran en todos los grupos animales de invertebrados. Esta es la razón por la cual los  $\beta$ -glucanos tienen el mismo efecto biológico básico en todo el reino animal. Cuando el receptor es comprometido por  $\beta$ -glucano, las células se vuelven más activas en fagocitar, matar, digerir y al mismo tiempo secretan moléculas señal (citocinas) que estimulan la formación de nuevas moléculas de glóbulos blancos de la sangre. En los animales que tienen los mecanismos inmunes específicos además de los de defensa (peces y más arriba en la evolución), los fagocitos activados producen citocinas que también activan los glóbulos blancos productores de anticuerpos (células B y T). Por lo tanto, el  $\beta$ -glucano mejora también la eficacia de las vacunas (Vetvicka *et al.*, 2002).

#### **5.4.3. Suplementación de paredes celulares de levadura en rumiantes**

Estudios con productos de levadura han reportado aumento de peso y un aumento general de la salud animal y el bienestar. Los estudios también han informado que la levadura, *Saccharomyces cerevisiae*, suplementada a los rumiantes, pueden afectar el consumo de materia seca, pH del fluido ruminal y la digestibilidad de nutrientes, en general. Sin embargo, los modos de acción de los productos de levadura que directa o indirectamente afectan estos cambios metabólicos y de desempeño no han sido totalmente aclarados. Mientras que los productos de levadura, y la misma levadura, pueden mejorar el rendimiento a través de mecanismos que mejoran la salud animal (específicamente relacionados con la colonización bacteriana en el tracto gastrointestinal) (Broadway *et al.*, 2015).

Campos y Rojas (2015) reportaron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables de comportamiento productivo de becerras de remplazo, pero sí

se observó una disminución en la incidencia de enfermedades respiratorias (neumonía) y de diarreas, y un mayor aumento de peso, así como mejores tallas (peso y altura) en las terneras que fueron suplementadas con 40 g de pared celular de levadura, con respecto a las terneras del grupo control.

Duff y Galyean, (2007) informaron de aumentos en el rendimiento productivo de bovinos suplementados con levadura expuestos al complejo respiratorio bovino en respuesta a un desafío de lipopolisacáridos. Se informó que la suplementación con levadura mejoraba el metabolismo energético, inhibiendo así la lipólisis y el catabolismo proteico, por lo que también mejoró la ganancia diaria de peso (Sanchez *et al.*, 2014).

Hay evaluaciones científicas con diferentes formulaciones y esquemas de tratamiento a base de  $\beta$ -glucanos en bovinos. Los esquemas de aplicación de las formulaciones de  $\beta$  glucanos son variadas. Algunos se sustentan en el empleo de los  $\beta$  glucanos como suplementos en la dieta como posibles inmunomoduladores. Estos pueden ayudar a los terneros durante el desarrollo de la inmunidad y la respuesta fisiológica después de manejos estresantes, presentando resultados positivos del empleo de suplementos con actividad inmunoestimulante en la dieta, actuando sinérgicamente la vitamina C y un suplemento de  $\beta$  glucano (Eicher *et al.*, 2010).

Emmanuel *et al.* (2007) informaron que la suplementación de un probiótico bacteriano junto con una levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) a ganado bovino, produjo una respuesta inflamatoria aguda caracterizada por cambios en la expresión de lipopolisacáridos vinculantes de proteína, haptoglobina, suero amiloide A, y otras proteínas de fase aguda. Los autores especularon que esta respuesta puede haber sido inducida por la lisis de patógenos producida

por el suplemento de levadura. Otros estudios reportan alteraciones en la respuesta de fase aguda (específicamente IL-6 y cortisol) en becerros de engorda suplementados con *Saccharomyces cerevisiae* (Sanchez *et al.*, 2015).

Las formulaciones de  $\beta$ -glucano aplicadas a bovinos (ternero, novillas y vacas), influyen aumentando los indicadores de la respuesta inmune como la expresión de MHC II que favorece la presentación del antígeno a las células T CD4+, la estimulación de la actividad de neutrófilos, o favoreciendo la eliminación de agentes infecciosos a nivel de intestino. Los ensayos con las formulaciones de  $\beta$ -glucano purificado muestran como estos suplementos varían en su función inmunomoduladora. No obstante, el empleo de diferentes formulaciones y los variados criterios de evaluación, se puede afirmar que los  $\beta$ -glucanos son alternativas en bovinos con fines preventivos o terapéuticos (Eicher *et al.*, 2010).

En vacas lecheras, la pared celular de levadura modificada también se ha utilizado para secuestrar las aflatoxinas del alimentos, sin embargo, su eficacia ha sido variable, mejorando la producción de leche (Kutz *et al.*, 2009). Yiannikouris *et al.*, (2004) propusieron que la porción de glucano, gracias a los enlaces de hidrógeno que son el componente activo de la pared celular de levadura, interactúa con la molécula de micotoxina zeralonona.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1. Ubicación del experimento**

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación en Producción Agropecuaria (CIPA) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicado en carretera Monterrey-Ciudad Victoria km 145, Linares, Nuevo León, México, en las coordenadas 24°47'N; 99°32'O, y una altitud de 350 m.

El tipo de clima según Köppen, modificado por García (1981), citado por González (2004), es subtropical y semiárido con un verano cálido. La temperatura media mensual del aire oscila entre 14.7 °C en enero a 22.3 °C en agosto, aunque se alcanzan temperaturas de 45 °C durante el verano. La precipitación media anual es aproximadamente de 805 mm, con una distribución bimodal.

### **6.2. Animales y tratamientos**

En este estudio, se utilizaron 21 becerros charoláis machos enteros, con un promedio inicial de  $311 \pm 63$  kg, los cuales fueron asignados a cuatro tratamientos en un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 2 x 2 (sin o con transporte y dos niveles de suplementación de PCL). Los tratamientos fueron: (1) becerros sin transportar y sin PCL; (2) becerros sin transportar, con PCL; (3) becerros transportados, sin PCL; y (4) becerros transportados, con PCL.

El transporte del ganado (10 cabezas) que provenía de Tepatitlán, Jalisco, se inició a las 16:50 h del día 5 de abril, arribando a los corrales del CIPA en Linares, Nuevo León, al día siguiente a las 9:50 h, viaje que duró un total de 16 horas. Estos animales no tuvieron acceso a

agua o alimento durante el viaje. Los becerros se pesaron y muestras de sangre fueron obtenidas con y sin anticoagulante en los ranchos de origen, al arribo al CIPA y 21 días después del arribo. Las temperaturas rectal y superficial también se obtuvieron.

Los becerros de Nuevo León (sin transporte) tuvieron un traslado corto al CIPA, y se esperó 5 días para pesarlos y obtener muestras de sus niveles basales. Los becerros de Nuevo León se volvieron a pesar el mismo día en el que arribaron los becerros de Jalisco y 21 días después. Los animales provenientes del estado de Nuevo León recibieron el mismo manejo que aquellos del estado de Jalisco.

### **6.3. Dieta**

Durante el primer día de estancia en el CIPA, todos los tratamientos recibieron heno de Pretoria a libre acceso. Al día siguiente, se ofreció la dieta de recepción con 16% de proteína cruda (Cuadro 1), la cual fue balanceada para satisfacer los requerimientos establecidos para ganado bovino en crecimiento (NRC, 2006). Las PCL suplementadas estaban constituidas principalmente por manano-oligosacáridos y  $\beta$ -glucanos (1,3 y 1,6) de un producto comercial (Safmannan®; Lesaffre Feed Additives, Marcq-en-Barœul, Francia). La dosis de inclusión en la dieta fue de 2 kg por ton de alimento.

**Cuadro 1. Ingredientes y composición química de la dieta (base seca).**

<b>Ingrediente</b>	<b>Concentración (%)</b>
<b>Sorgo</b>	29.8
<b>Maíz</b>	20
<b>Soya</b>	3.7
<b>Premezcla mineral<sup>1</sup></b>	2.5
<b>Grano seco de destilería</b>	14
<b>Heno de Pretoria</b>	24
<b>Melaza</b>	6
<i>Composición</i>	
<b>Proteína cruda</b>	16.32
<b>Grasa cruda</b>	3.5
<b>Fibra cruda</b>	11.43
<b>Extracto libre de nitrógeno</b>	62.3
<b>Cenizas</b>	6.44

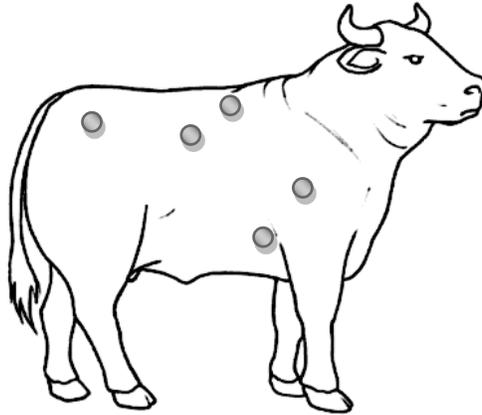
<sup>1</sup>Premezcla mineral con macro y micro minerales, monensina sódica y el producto de PCL, Safmannan®.

#### **6.4. Manejo del ganado**

Los becerros de cada tratamiento fueron confinados en su corral respectivo, el cual estaba equipado con tres comederos automáticos GrowSafe® (Alberta, Canadá) para determinar su consumo individual de materia seca (CMS). El consumo promedio de materia seca, la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia y el consumo residual de alimento (RFI; por siglas en inglés) fueron determinados individualmente para cada becerro durante un período de 90 días.

#### **6.5. Temperatura rectal y superficial**

Las temperaturas rectales y superficiales fueron obtenidas antes del embarque, al arribo a los corrales y 21 días después del arribo. La temperatura rectal fue tomada con un termómetro digital (GLA Agricultural Electronics®, California, USA). La temperatura superficial se obtuvo promediando cinco sitios de la superficie corporal del lado derecho del animal (Figura 2), con un termómetro infrarrojo (Extech Instruments®, Massachusetts, USA). Los cinco puntos de medición incluyeron el área escapular, área entre la 12° y 13° costilla, la parte axilar, el área dorsal, y en la grupa.



**Figura 2.** Esquema de ubicación de las áreas de la piel para medición de la temperatura superficial.

### **6.6. Biometría hemática**

Una muestra de sangre de cada becerro fue obtenida vía punción de la arteria coccígea en tubos contenedores Vacutainer (Franklin Lake, N.J., USA), con y sin conservador. Los sueros fueron centrifugados y almacenados a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis.

Para la biometría hemática, se utilizó un equipo VetAutoread™ (Idexx Laboratories, Westbrook, ME, USA) e incluyó la determinación de eritrocitos, leucocitos hemoglobina, hematocrito, fibrinógeno, neutrófilos en banda, neutrófilos segmentados, linfocitos.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Variables de desempeño y el RFI

La pérdida de peso de los becerros transportados desde Jalisco fue de solamente 5.5% y fue menor al rango de 6 a 8% establecido por Brownson (1973) para un viaje de 8 a 16 horas. En otro estudio donde se evaluó el efecto de la suplementación de electrolitos en ganado transportado durante un viaje de 65 horas desde el sureste de México al estado de Nuevo León, Ramírez (2014) obtuvo mermas de hasta 12% en vaquillas de cruza suizo con cebú. Consecuentemente, la baja merma del ganado transportado desde Jalisco sugiere que el estrés no fue tan grande para que algún tratamiento nutricional pudiera tener un efecto benéfico (Eicher *et al.*, 2010).

**Cuadro 2. Desempeño de becerros con y sin transporte (TRA), y suplementación de paredes celulares de levaduras (PCL).**

Variable	TRA <sup>1</sup>			PCL <sup>2</sup>			P		
	Sin	Con	EE	Sin	Con	EE	TRA	PCL	TRAxPCL <sup>3</sup>
<b>CMS</b> <sup>4</sup>	8.82	9.50	0.55	8.09	10.23	0.54	0.388	<b>0.013</b>	0.309
<b>GDP</b> <sup>5</sup>	1.38	1.44	0.09	1.35	1.47	0.09	0.671	0.371	0.722
<b>EA</b> <sup>6</sup>	0.157	0.155	0.01	0.159	0.149	0.01	0.862	0.356	0.047
<b>RFI</b> <sup>7</sup>	0.182	0.022	0.26	0.241	0.081	0.26	0.586	0.392	0.960

<sup>1</sup>TRA; transporte.

<sup>2</sup>PCL; paredes celulares de levadura.

<sup>3</sup>TRAxPCL; interacción transporte y PCL.

<sup>4</sup>CMS; consumo de materia seca.

<sup>5</sup>GDP; ganancia diaria de peso.

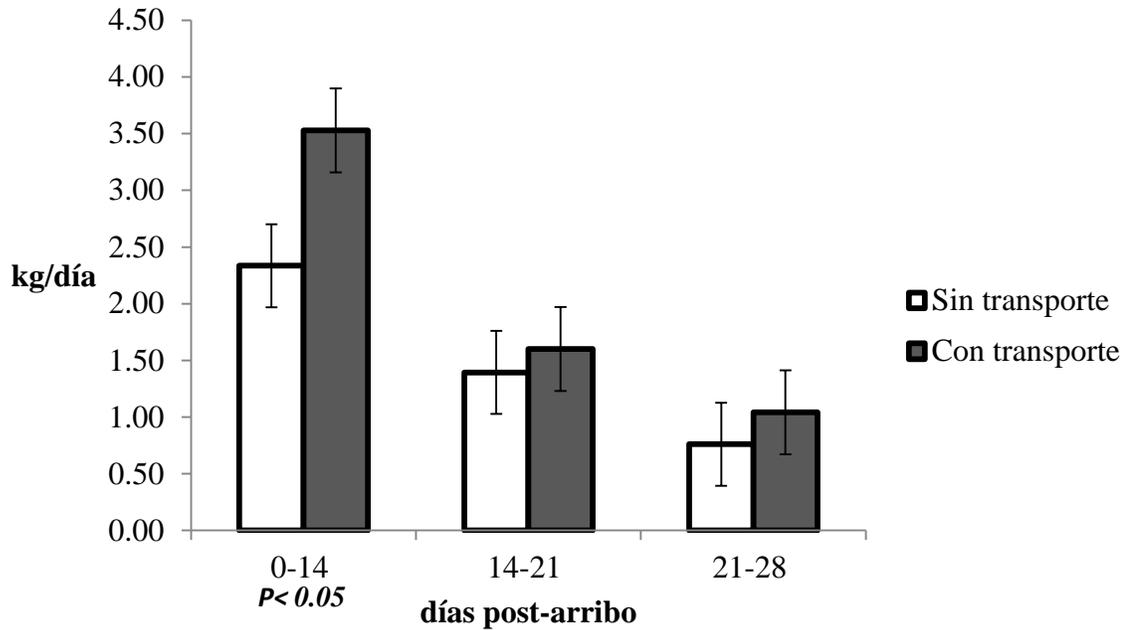
<sup>6</sup>EA; GDP/CMS.

<sup>7</sup>RFI; consumo residual del alimento.

En el Cuadro 2, se presentan las variables de desempeño durante un periodo de prueba de 90 días, donde el consumo de MS fue mayor para el grupo de animales suplementados con PCL ( $P < 0.05$ ). Esto contrasta con otros estudios donde las PCL no afectaron el consumo de MS, ni el desempeño de los bovinos, como el caso de terneras en desarrollo de Campos y Rojas *et al.* (2015), así como lo reportado por Eicher *et al.* (2010), después de un periodo de transporte de 6 horas. Estos dos estudios se llevaron a cabo con becerras de remplazo de raza lechera.

En ganado bovino de engorda durante la recepción, Finck *et al.* (2015) reportaron un mayor consumo de MS en animales suplementados con PCL en ganado bovino en los primeros 56 días después de transporte, mientras que Young *et al.* (2017) obtuvieron mayor consumo solo los primeros 45 días de la engorda.

Se desconoce como las PCL afectan específicamente el consumo de MS de los bovinos, y aunque el aumento en el consumo de MS no es seguro, puede ser atribuible a los efectos moduladores de las PCL sobre el estado inmunitario (Nocek *et al.*, 2011; Lei, *et al.*, 2013; Sanchez *et al.*, 2013, 2014), ya que las manano-proteínas y manano-oligosacáridos componentes de la pared celular de las levaduras, mejoran la salud intestinal, uniéndose a receptores específicos de fimbrias tipo 1 de bacterias patógenas, evitando la colonización de estas en el intestino, que después pudieran suprimir el consumo voluntario (Spring *et al.*, 2000; Timmerman *et al.*, 2005).



**Figura 3.** Ganancia diaria de peso de becerros con y sin transporte

La eficiencia alimenticia (kg alimento/kg ganancia de peso) y el RFI, no fueron afectados ( $P > 0.05$ ) cuando se suplementó PLC, esto puede estar influenciado por la poca pérdida de peso durante el transporte que se tuvo en el presente estudio, ya que la suplementación de nutrientes puede tener resultados inesperados cuando se combina con factores estresantes como el transporte (Eicher *et al.*, 2010).

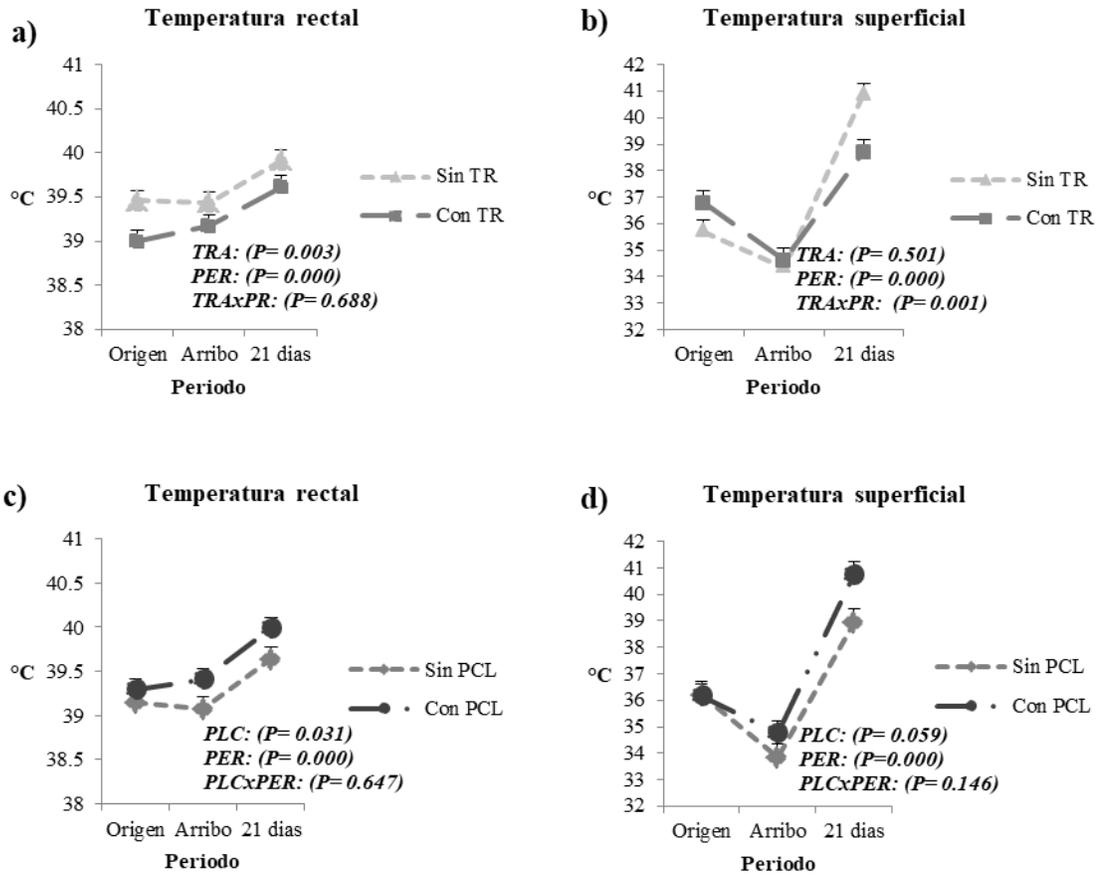
La GDP no fue afectada ( $P > 0.05$ ) por el transporte o la suplementación PLC. Esto contrasta con lo reportado por Salinas *et al.* (2015; 2017) quienes suplementaron PCL hidrolizada a ganado Holstein, sin obtener un efecto positivo sobre la ganancia diaria de peso en sus dos estudios. En la figura 3, se puede observar como el grupo de becerros que tuvieron transporte obtuvieron significativamente mayor ganancia diaria de peso ( $P < 0.05$ ) que los animales locales, pero solamente durante las primeras dos semanas después del arribo. Esto pudo deberse al efecto compensatorio que se presenta cuando los animales están privados de condiciones alimenticias adecuadas y le procede una condición de alimentación *ad libitum*. En

esta situación los animales ganan más peso hasta que vuelvan a su estado normal donde su desempeño será similar al obtenido antes del estrés (NRC, 2000).

## **7.2. Temperaturas rectal y superficial**

La temperatura corporal rectal y la superficial se presentan en la Figura 4. Las temperaturas tanto rectal como superficial se elevaron significativamente en la última medición ( $P < 0.05$ ) y esto pudo deberse a las condiciones ambientales, ya que la temperatura ambiental en el día 21 fue de  $30^{\circ}\text{C}$  a diferencia de los otros días, en los que la temperatura ambiental no superó los  $24^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura rectal fue mayor ( $P < 0.05$ ) para los animales de transporte largo al momento del arribo a comparación de la temperatura que tuvieron en origen (Figura 4a). Esto se debe a que el transporte y la manipulación causan un aumento en la temperatura corporal profunda (Warriss, 1990). Sin embargo, estos valores probablemente varían de acuerdo a cómo y cuándo se toman las medidas. Las temperaturas infrarrojas superficiales de los becerros al momento del arribo fueron menores ( $P < 0.05$ ) a comparación con otros registros de temperatura superficial obtenidos.



**Figura 4.** Temperatura corporal de becerros con y sin transporte y suplementación de paredes celulares de levadura (TRA, transporte; PCL, paredes celulares de levadura; PER; periodo de medición; TRAxPER, interacción del transporte con el periodo de medición; PLCxPER, interacción de la suplementación con el periodo de medición).

Schaeffer *et al* (1988) observó una temperatura superficial más fría con niveles crecientes de estrés causado por el transporte lejano medido con un termómetro infrarrojo superficial. Ésta observación es consistente con el agotamiento observado de las reservas de glucógeno, y por lo tanto, un suministro de energía reducido para soportar la producción de calor, según Schaefer *et al.* (1997), lo cual fue posteriormente reafirmado por Tong *et al.* (1995). Estos autores reportaron que la tecnología infrarroja puede ser usada para diagnóstico en la identificación de animales vivos predispuestos a alteraciones en la calidad de la carne.

La temperatura infrarroja superficial muestra interacción entre los factores de transporte y periodo de medición ( $P < 0.05$ ), lo que refleja que los animales transportados pudieran tardar más en recuperar sus reservas de glucógeno, por lo que a los 21 días su temperatura corporal sigue siendo más fría que los animales que no fueron transportados (Figura 4b). La suplementación con PCL aumentó ( $P < 0.05$ ) la temperatura rectal del ganado (Figura 4c).

Como ya se mencionó anteriormente, los animales que están estresados y enfermos, tienen un desempeño inferior, además de reducir el bienestar animal. Con los becerros de recepción, las condiciones a las cuales están expuestos pueden causar un mayor nivel de estrés. Por lo tanto, estos animales llamados de alto riesgo, a menudo son tratados con niveles más altos de antibióticos. Sin embargo, por una serie de razones, el uso extensivo de antibióticos en la alimentación animal es cada vez más inaceptable en la sociedad (Casewell *et al.*, 2003). Según lo discutido por Schaefer (2004), este uso excesivo de medicamentos podría reducirse significativamente si se identificaran animales en riesgo o que expresaran las primeras etapas de una infección. Esto permitiría una estrategia de tratamiento más temprana y más específica, que probablemente resultaría en el uso de menos antibióticos y una recuperación más temprana de los animales. Además, la detección temprana de un estado de

enfermedad podría usarse para eliminar animales infectados de un rebaño y/o establecer criterios de referencia para cuando muchos animales necesiten un tratamiento masivo.

En este estudio, se demostró que las lecturas infrarrojas superficiales son más sensibles a identificar el estrés temprano. En este caso, en animales transportados, a comparación de la convencional medición de la temperatura rectal, la temperatura corporal superficial muestra mayor capacidad para identificar animales de alto riesgo, y permitir diseñar un plan estratégico para esos animales después del transporte, pero es necesario delimitar niveles confiables y si es posible utilizar el becerro como su mismo control para mayor confiabilidad.

### **7.3. Variables hematológicas**

En el Cuadro 3, se muestran las variables de biometría hemática del presente estudio, donde se observan algunos efectos relevantes. El hematocrito es un indicador confiable de deshidratación, probablemente debido a la privación de agua y al estrés por transporte (Tadich *et al.*, 2003). En el grupo de animales transportados se observó un aumento en el hematocrito ( $P < 0.05$ ), indicando un nivel alto de deshidratación, lo cual se ha asociado a la privación de agua durante las 16 horas del viaje. Sin embargo, Parker *et al.* (2004) no encontraron cambios en los valores de hematocrito en novillos *Bos indicus* privados de agua por 90 horas, esto puede atribuirse a que, en ese estudio, los animales no fueron transportados.

**Cuadro 3. Valores hematológicos de becerros con/sin transporte y suplementación de paredes celulares de levadura (PCL).**

Variable	Valor <sup>1</sup> de Referencia	TRA <sup>2</sup>			PCL <sup>3</sup>			PER <sup>4</sup>				P		
		Sin	Con	EE	Sin	Con	EE	Origen	Arribo	21 días	EE	TRA	PCL	PER
<b>Leucocitos (x10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)</b>	4 - 12	8.68	8.73	0.339	8.80	8.60	0.338	8.19	8.82	9.09	0.415	0.916	0.672	0.289
<b>Hemoglobina (g/dl)</b>	8 - 15	9.39	10.50	0.334	9.48	10.40	0.333	9.99	10.30	9.53	0.409	0.023	0.057	0.414
<b>Hematocrito (%)</b>	24 - 46	30.4	33.7	0.804	31.2	32.9	0.802	32.3 <sup>a</sup>	34.6 <sup>ab</sup>	29.2 <sup>b</sup>	0.985	0.005	0.144	0.001
<b>Fibrinógeno (mg/dl)</b>	200 - 700	513.7	663.3	74.0	597.5	579.5	73.8	680.5	663.6	421.4	90.6	0.159	0.864	0.083
<b>Neutrofilos en Banda (%)</b>	0 - 2	0.00	0.07	0.029	0.00	0.07	0.029	0.10	0.00	0.00	0.035	0.106	0.106	0.073
<b>Neutrofilos Segmentados (%)</b>	15 - 45	28.8	24.4	2.49	25.9	27.3	2.48	18.8 <sup>a</sup>	21.8 <sup>a</sup>	39.1 <sup>b</sup>	3.04	0.211	0.688	0.000
<b>Linfocitos (%)</b>	45 - 75	69.3	74.0	2.53	72.3	71.0	2.53	79.3 <sup>a</sup>	76.9 <sup>b</sup>	58.8 <sup>b</sup>	3.102	0.198	0.720	0.000

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

<sup>2</sup>TRA, Transporte;

<sup>3</sup>PCL; Paredes celulares de levadura;

<sup>4</sup>PER, Periodo de muestreo

<sup>a,b</sup>P < 0.05.

El fibrinógeno es una proteína de fase aguda que es un indicador conocido del estrés del ganado transportado (Arthington *et al.*, 2003), pero en los resultados obtenidos no hubo diferencias significativas en el transporte ni en ninguno de los demás factores. Los becerros se encontraban aún en estado fisiológico de crecimiento lo que pudo haber distorsionado esta variable, ya que conforme los animales maduran, el fibrinógeno decrece según lo reportado en estudios pasados (Thornton *et al.*, 1972).

Aparentemente, las PCL modulan la función de los neutrófilos (Sánchez *et al.* (2013), lo que no se observó en este estudio. Los neutrófilos segmentados aumentaron ( $P < 0.05$ ) al arribo y 21 días después, aunque no se observó diferencia ( $P > 0.05$ ) por la suplementación de PCL. Esto implica cierta actividad leucocitaria diferencial que podría atribuirse a algo más que el factor del componente específico de las PCL como el  $\beta$ -glucano, que es el que favorece la granulocitosis. El producto probado en esta investigación tiene diferencias de concentración de manano-oligosacáridos que pudiesen no resultar en cambios en las células blancas u otros factores resultantes de las condiciones de crecimiento de la levadura y los procesos de extracción (Eicher *et al.*, 2010). Otro factor importante que pudo estar implicado en estos resultados son los dos factores opuestos, ya que el pre-acondicionamiento al transporte ha sido el mayormente estudiado y que ha revelado efectividad para los efectos adversos del estrés. En este experimento, la suplementación con PLC tuvo un enfoque pos-condición, en lugar de pre-condición.

## **8. CONCLUSIONES**

La suplementación con paredes celulares de levadura puede mejorar el desempeño de becerros después del transporte ya que aumenta su consumo de materia seca, y el estrés por transporte puede aumentar la ganancia diaria de peso por un efecto compensatorio. El nivel de hematocrito es un indicador de deshidratación por estrés de transporte. La temperatura superficial del animal pudiera ser una variable confiable de los efectos adversos del estrés por transporte. Se recomienda en estudios posteriores probar la suplementación de paredes celulares de levadura en becerros que tengan más tiempo de transporte que solamente 16 horas.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Arthington, J.D., Eicher, S.D., Kunkle, W.E., and Martin, F.G. 2003. Effect of transportation and commingling on the acute-phase protein response, growth, and feed intake of newly weaned beef calves. *J. Anim. Sci.* 81:1120-1125.
- Broadway, P.; Carroll, J. and Sanchez, N. 2015. Live yeast and yeast cell wall supplements enhance immune function and performance in food-producing livestock: A review. *Microorganisms.* 3:417–427. doi:10.3390/microorganisms3030417.
- Brownson, R. 1973. Shrinkage in beef cattle. Cooperative Extension Service-Great Plains States. GPE-4002.
- Bowman, S M. and Free, S. J. 2006. The structure and synthesis of the fungal cell wall. *BioEssays* 2006; 28: 799-808.
- Casewell, M., Friis, C., Marco, E., McMullin, P. and Phillips I. 2003. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *J. Antimicrob. Chemother.* 52:159-161.
- Campos, C. y Rojas, A. 2015. Suplementación con pared celular y cultivo de levaduras en vacas prontas y su efecto sobre la calidad del calostro y el estado inmunológico de las terneras. *Agron. Costarricense* 39:121-129.
- Chirase, N. K, D. P. Hutcheson, and G. B. Thompson. 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.

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. Welf.* 8:135–148.

Duff, G.C., and Galvayan. M.L. 2007. Board-invited review: Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 85:823–840. doi:10.2527/jas.2006-501.

Eicher, S.D., I. V. Wesley, V.K. Sharma, and T.R. Johnson. 2010. Yeast cell-wall products containing  $\beta$ -glucan plus ascorbic acid affect neonatal *Bos taurus* calf leukocytes and growth after a transport stressor. *J. Anim. Sci.* 88:1195–1203. doi:10.2527/jas.2008-1669

Eicher, S. D., Wesley, I. V., Sharma V. K. and Johnson T. R. 2010. Yeast cell-wall products containing  $\beta$ -glucan plus ascorbic acid affect neonatal *Bos taurus* calf leukocytes and growth after a transport stressor. *J. Anim. Sci.* 88:1195-1203.

Emmanuel, D.G. V, A. Jafari, K.A. Beauchemin, J.A.Z. Leedle, and B.N. Ametaj. 2007. Feeding live cultures of *Enterococcus faecium* and *Saccharomyces cerevisiae* induces an inflammatory response in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 85:233–239. doi:10.2527/jas.2006-216.

Emmanuel, D. G. V., Jafari, A., Beauchemin, K. A. Leedle, J. A. Z. and Ametaj. 2007. Feeding live cultures of *Enterococcus faecium* and *Saccharomyces cerevisiae* induces an inflammatory response in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 85:233-239

- Galyean, M.L., Perino, L. J. and Du G. C. 1999. Interaction of cattle health/immunity and nutrition. *J. Anim. Sci.* 77: 1120-1134.
- Hurtado-Guerrero, R., Schüttelkopf, A.W., Mouyna, I., Ibrahim, A.F.M., Shepherd, S., Fontaine, T., Latgé, J.P. and van Aalten, D.M.F. 2009. Molecular mechanisms of yeast cell wall glucan remodeling. *J. Biol. Chem.* 284:8461–8469. doi:10.1074/jbc.M807990200.
- 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 Cole, N. A. Management of transit-stress syndrome in cattle: nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.* 1986;62:555-60.
- García, E. 1981. Sistemas de Clasificación Climática de Koppen. Modificado por E. García en 1964, para adaptarlo a las condiciones particulares de la República mexicana. Segunda Edición. Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F. México. 71 p
- Gómez, G.; Cortés, A.; López, C.y Arce, J. 2009. Comportamiento productivo y respuesta inmune de pollos alimentados con dietas sorgo-soya con y sin aflatoxina y paredes celulares de levadura (*Saccharomyces cerevisia*). *Tec Pec Mx.* 47:285–297.
- Kollár, R., Reinhold, B.B., Petra, E., Yeh, H.J.C., Ashwell, G., Kapteyn, J.C., Klis, F.M. and Cabib. E. 1997. Architecture of the yeast cell wall In a previous study. *J. Biol. Chem.* 272:17762–17775. doi:10.1074/jbc.272.28.17762.

- Kutz, R.E.; Sampson, J.D.; Pompeu, L.B. and Ledoux, D.R. 2009. Efficacy of Solis, NovasilPlus , and MTB-100 to reduce aflatoxin M1 levels in milk of early to mid lactation dairy cows fed aflatoxin B1. *J. Dairy Sci.* 92:3959-3963. doi:10.3168/jds.2009-2031.
- Lei C.L., Dong G.Z., Jin L., Zhang S., Zhou J. 2013. Effects of dietary supplementation of montmorillonite and yeast cell wall on lipopolysaccharide adsorption, nutrient digestibility and growth performance in beef cattle. *Livest. Sci.* 158:57-63.
- Fluharty, F.L., and S.C. Loerch. 1995. Effects of protein concentration and protein source on performance of newly arrived feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 73:1585-1594.
- Loerch and Fluharty. 1999. Physiological changes and digestive capabilities of newly received feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77:1113-1119.
- Lofgreen, G. P. 1988. Nutrition and management of stressed beef calves. *Food Animal Practice.* 4:509.
- Nocek JE, Holt MG, Oppy O. 2011. Effects of supplementation with yeast culture and enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 94:4046-4056.
- Nockels, C.F. 1988. Immuno enhancing vitamins for cattle. *Agri. Practice.* 9:10-13
- NRC. 2006. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy of Sciences.

- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy of Sciences.
- Ramírez R., U. 2014. Uso de soluciones electrolíticas y glicerol para reducir el estrés y las mermas del ganado durante el transporte. Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo N.L.
- Pedroso, M.; Lavielle, J.; Soler, D.M.; Sánchez, L. 2012.  $\beta$ 1-3 Glucano particulado lineal y otras formulaciones basadas en  $\beta$  glucano, su efecto en bovinos y aves. *Rev. Salud Anim.* 34:70–77.
- Phillips, W.A., N.A. Cole, and D.P. Hutcheson. 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.
- Preston, R.L., and W.E. Kundle. 1974. Role of roughage source in the receiving ration of yearling feeder steers. *Res. Summ. Ohio Agr. Res. Dev. Cent.* 77:51-53.
- 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.
- Pontón, J. 2008. La pared celular de los hongos y el mecanismo de acción de la anidulafungina. *Rev. Iberoam. Micol.* 25:78–82. doi:10.1016/S1130-1406(08)70024-X.
- Sanchez, N.C.B., T.R. Young, J.A. Carroll, J.R. Corley, R.J. Rathmann, J. Bradley, J.R. Corley, R.J. Rathmann, and B.J. Johnson. 2014. Yeast cell wall supplementation alters

the metabolic responses of crossbred heifers to an endotoxin .*Innate Immun.* 20:104-112. doi:10.1177/1753425913482152.

Sanchez, N.C.B., Young, T.R., Carroll, J.A., Corley, J.R., Rathmann, R.J. and Johnson, B.J. 2013. Yeast cell wall supplementation alters aspects of physiological and acute phase responses of crossbred heifers to an andotoxin challenge. *Innate Immun.* 19:411-419.

Salinas-Chavira, J., Arzola, C., González-Vizcarra, V., Manríquez-Núñez, O.M., Montañogómez, M.F., Navarrete-Reyes, J.D., Raymundo, C, Zinn, R.A. 2015. Influence of feeding enzymatically hydrolyzed yeast cell wall on growth performance and digestive function of feedlot cattle during periods of elevated ambient temperature. *Asian Australasian J. Anim. Sci.* 28:1288-1295.

Salinas-Chavira, J., Montano, M.F., Torrentera, N. and Zinn, R.A. 2017. Influence of feeding enzymatically hydrolysed yeast cell wall + yeast culture on growth performance of calf-fed Holstein steers. *J. Applied Anim. Res.* 43:390-395.

Salyer, G.B., Galyean, M.L, Defoor, P.J., Nunnery, G.A., Parsons, C.H., and Rivera, J.D. 2004. Effects of copper and Zinc source on performance and humoral immune response of newly received, lightweight beef heifers. *J. Anim. Sci.* 82:2467-2473.

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.

- Schaefer, A.L., Jones, S.D.M., Tong, A.K.W., Vincent, B.C., 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.
- Schaefer A.L., Jones, S.D.M., Stanley, R.W. 1997. The use of electrolyte solutions for reducing transport stress. *J. Anim. Sci.* 75, 258-265.
- Schaefer, A.L., Cook, N., Tessaro, S.V., Deregt, D., Desroches, G., Dubeski, P.L., Tong, A.K.W., Godson, D.L., 2004. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Canadian Journal of Animal Science* 84:73-80.
- 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. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 108:12-30.
- Spring, P., C. Wenk, K.A. Dawson, and K.E. Newman. 2000. The effects of dietary mannan oligosaccharides on fecal parameters and the concentration of enteric bacteria in the ceca of Salmonella-challenged broiler chicks. *Poult. Sci.* 79:205-211.
- Parker, A.J., Hamlin, G.P., Coleman, C.J., & Fitzpatrick, L.A. 2004. Excess cortisol interferes with a principal mechanism of resistance to dehydration in *Bos indicus* steers. *Journal Anim. Sci.* 82:1037-1045.
- Thornton, J. R., Willoughby, R. A. and McSherry, B. J. 1972. Studies on diarrhea in neonatal calves: The plasma proteins of normal and diarrheic calves during the first ten days of age. *Can. J. Comp. Med.* 36:17-25.

- Timmerman, H.M., L. Mulder, H. Everts, D.C. van Espen, E. van der Wal, G. Klaassen, S.M. G. Rouwers, R. Hartemink, F.M. Rombouts, and A.C. Beynen. 2005. Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *J. Dairy Sci.* 88:2154-2165.
- Tadich, N., Gallo, C., Echeverria, R., & Van Schaik, G. 2003. Efecto del ayuno durante dos tiempos de confinamiento y de transporte terrestre sobre algunas variables sanguíneas indicadoras de estrés en novillos. *Archivos de Medicina Veterinaria* 35:171-185.
- Todd, S.E., Mellor, D.J., Stafford, K.J., Gregory, N.G., Bruce, R.A., and Ward. R.N. 2000. Effects of food withdrawal and transport on 5- to 10-day-old calves. *Res. Vet. Sci.* 68:125-134.
- Tong A.K.W., Schaefer, A.L., Jones, S.D.M. 1995. Detection of poor quality beef with infrared thermography. *Meat Focus Int.* 4:443-445.
- Vetvicka, V., Terayama, K., Mandeville, R., Brousseau, P., Kournikakis, B. y Ostroff, G. 2002. Orally administered yeast  $\beta$ 1, 3-glucan prophylactically protects against anthrax infection and cancer in mice. *Jana.* 5:1-5.
- Vetvicka, V., Vannucci, L. y Sima, P. 2014. The Effects of  $\beta$ - Glucan on Pig Growth and Immunity. 8:89–93. doi:10.4103/1947-2714.120792. Vetvicka, V., Vannucci L. y Sima, P. 2014. The Effects of  $\beta$ -glucan on pig growth and immunity. *Open Biochem. J.* 8:89-93

- Yiannikouris, A., Bule, A., Jeminet, G., Canet, I., and Franc, J. 2004. Comprehensive conformational study of key interactions involved in zearalenone complexation with - $\beta$ -D-Glucans. *Biomacromolecules*. 5: 2176-2185.
- Warris, P.D., E.A. Beris, S.N. Brown, and J.G. Ashby. 1989. An examination of potential indices of fasting time in commercially slaughtered sheep. *Br. Vet. J.* 145:242.
- Xiao, Z., Trincado, C.A. y Murtaugh, M.P. 2004.  $\beta$ -glucan enhancement of t cell ifny response in swine. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 102:315-320.
- Zhao, J., Shirley, R.B., Dibner, J.D., Uraizee, F., Officer, M., Kitchell, M., Vazquez-Anon M., and Knight, C.D. 2010. Comparison of hydrated sodium calcium aluminosilicate and yeast cell wall on counteracting aflatoxicosis in broiler chicks. *Poult. Sci.* 89:2147-2156. doi:10.3382/ps.2009-00608.