



**BIENESTAR ANIMAL, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE TORETES Y
CERDOS ENGORDADOS CON DIFERENTES DIETAS**

POR:

M. C. NILDA ELENA RUÍZ HOLGUÍN

**Disertación presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Doctor in Philosophia**

Área Mayor: Nutrición Animal

**Universidad Autónoma de Chihuahua
Facultad de Zootecnia y Ecología
Secretaría de Investigación y Posgrado**

Bienestar animal, salud y calidad de carne de toretes y cerdos engordados con diferentes dietas. Disertación presentada por Nilda Elena Ruíz Holguín como requisito parcial para obtener el grado de Doctor in Philosophia, ha sido aprobada y aceptada por:



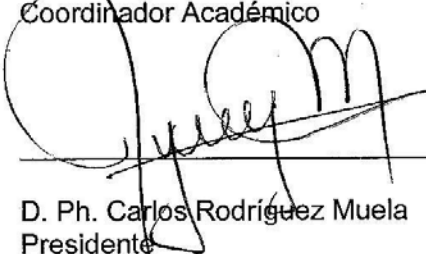
M. A. Luis Raúl Escártega Preciado
Director de la Facultad de Zootecnia y Ecología



M. C. Antonio Humberto Chávez Silva
Secretario de Investigación y Posgrado



D. Ph. Pablo Fidel Mancillas Flores
Coordinador Académico



D. Ph. Carlos Rodríguez Muela
Presidente

JULIO 06-2016

Fecha

Comité:

D. Ph. Carlos Rodríguez Muela
D. Ph. Gabriela Corral Flores
D. Ph. Pablo Fidel Mancillas Flores
Ph. D. Jorge Alfonso Jiménez Castro
Ph. D. Oscar Ruíz Barrera

© Derechos Reservados

Nilda Elena Ruiz Holguín
PERIFÉRICO FRANCISCO R.
ALMADA KM. 1, CHIHUAHUA,
CHIH., MÉXICO C.P. 31453

JULIO 2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le agradezco a Dios por ayudarme en todos los momentos difíciles ya que sin él no podría ser capaz de superarlos y seguir adelante.

A mi familia, principalmente a mis padres por apoyarme, a mis hermanos Doris y German por hacer más amenas las horas de trabajo, a mis sobrinas que con escuchar sus vocecillas siempre me sacan una sonrisa y a mis cuñados. A mi esposo Iván Aguirre por apoyarme en todo y ayudarme, te amo mucho.

A la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Al D. Ph. Carlos Rodríguez Muela y la D. Ph. Gaby Corral Flores por haberme dado la oportunidad de trabajar bajo su asesoría y por su gran apoyo.

A los D. Ph. Pablo Fidel Mancillas Flores, D. Ph. Daniel Díaz Plascencia y Ph. D. Oscar Ruiz Barrera por su apoyo y sobre todo por su amistad.

Al Ph. D. Jorge Alfonso Jiménez Castro por su gran ayuda en lo estadístico y sobre todo su gran paciencia para conmigo.

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT y a Fundación Produce Michoacán A. C., por el apoyo económico y al PRODEP por el financiamiento del segundo experimento de la disertación.

A todo el personal del Laboratorio de Nutrición Animal y posgrado por su ayuda para la realización de mi trabajo y sobre todo por su amistad.

A mis amigas Nere Galindo, Jessi Loya, Nere Ruíz, Ceci Duran, Esmeralda Peña que siempre me animan a seguir adelante gracias.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre quien fue un gran guerrero que lucho hasta el último momento de su vida, gracias por sus consejos que nunca olvidare y por todos esos sacrificios que hizo para sacarnos adelante. Siempre estará en mi corazón y en mi mente y yo aquí seguiré fuerte como un roble hasta donde Dios quiera.

CURRICULUM VITAE

La autora nació el 5 de Junio de 1987 en Villa Las Nieves, Ocampo, Durango, México.

2005 - 2010	Estudios de Licenciatura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro "Unidad Laguna", Torreón, Coahuila, México. Obteniendo el título de Médico Veterinario Zootecnista.
-------------	---

2010 - 2012	Estudios de la Maestría en Ciencias con Área Mayor en Nutrición Animal, en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
-------------	---

2013-2015	Estudios de Doctorado in Philosophia con Área Mayor en Nutrición Animal, en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
-----------	--

RESUMEN GENERAL

BIENESTAR ANIMAL, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE TORETES Y CERDOS ENGORDADOS CON DIFERENTES DIETAS

POR:

M. C. NILDA ELENA RUÍZ HOLGUÍN

Doctor in Philosophia en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: D. Ph. Carlos Rodríguez Muela

El objetivo fue evaluar la salud, bienestar y calidad de carne en bovinos y porcinos bajo diferentes dietas de engorda. En el primer experimento se evaluaron el efecto de dos sistemas de alimentación silvopastoril intensivo (SSPi) vs confinamiento (SC) en toretes de grupos raciales BrahmanXCharolais (BhXCh) vs BrahmanXPardosuizo (BhXPs). Se midió peso vivo (PV), biometría hemática (BH) las cuales se transformaron con logaritmos y se analizaron con PROC MIXED. La calidad de carne (AOC, EGD y RC) y perfil de ácidos grasos (AGS, AGM) se analizaron con PROC NPAR1WAY. El ganado del SC tuvieron mayor PV, eritrocitos, AGS, EGD y RC ($P<0.05$). Mientras que en SSPi los neutrófilos, AOC, largo y ancho de papilas, AGM and Mn fueron mayores ($P<0.05$). Hubo efecto en la interacción de grupo racial*sistema alimentación ya que los monocitos fueron más altos ($P<0.05$) en los grupos BhXPs del SC y en BhXCh del SSPi. En el segundo experimento se evaluaron cuatro niveles de levaduras en la alimentación de cerdos. Las

variables sanguíneas fueron transformadas con logaritmos y se analizaron con PROC MIXED, la calidad de carne (AOC, EGD, RC), peso final (PF) y ganancia diaria de peso (GDP) se analizaron con PROC NPAR1WAY. El PF, GDP, hemoglobina, eritrocitos, VGM, hematocrito, HGM y CMHG, color de grasa y carne, y RC fueron mayores en ($P<0.05$) en el T2. El T1 tuvo mayor ($P<0.05$) la concentración de leucocitos y neutrófilos. La AA fue más baja ($P<0.05$) el día 15 y 40 para el T3 y T4. En el T4 se encontró el EGD menor ($P<0.05$) y AOC mayor ($P<0.05$). Se concluye que el sistema de alimentación, grupo racial y el nivel de levaduras afecta la salud, el bienestar y la calidad de la carne de bovinos y porcinos.

ABSTRACT

WELFARE, HEALTH AND QUALITY OF MEAT FROM PIGS AND YEARLING BULLS FATTENED WITH DIFFERENT DIETS

BY:

NILDA ELENA RUIZ HOLGUIN

The objective was to evaluate the health, welfare and meat quality in cattle and pigs under different diets. In the first experiment the effect of two feeding systems were evaluated, Intensive silvopastoral (SSPI) vs confinement (SC) in young bulls of racial groups BrahmanXCharolais (BhXCh) vs BrahmanXPardosuizo (BhXPs). Live weight (LW), hematic biometry (BH), they were transformed with logarithms and analyzed using PROC MIXED. Meat quality (REA, FT and yield) and fatty acid profile (AGS, AGM) were analyzed with PROC NPAR1WAY. SC cattle had higher PV, erythrocytes, AGS, EGD and RC ($P < 0.05$). While, in SSPI neutrophils, REA, length and width of papillae, AGM and Mn were higher ($P < 0.05$). There was interaction effect of racial group*feeding systems, monocytes were higher ($P < 0.05$) in groups BhXPs from SC and BhXCh from the SSPI. In the second experiment four levels of yeast were evaluated in feeding pigs. Blood variables were transformed with logarithms and analyzed using PROC MIXED, meat quality (AOC, EGD, RC), final weight (PF) and average daily gain (GDP) were analyzed with PROC NPAR1WAY. The PF, GDP, hemoglobin, erythrocytes, VGM, hematocrit, MCH, and CMHG, fat and meat color, and RC were higher ($P < 0.05$) in T2. The T1 was higher ($P < 0.05$) the concentration of leukocytes and neutrophils. The AA was lower ($P < 0.05$) on day 15 and 40 for the T3 and T4. Lower FT was found in

T4 ($P < 0.05$) and REA higher ($P < 0.05$). It was concluded that the feed system, racial group and the level of yeast affects the health, welfare and quality of beef cattle and pigs.



CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL.....	vi
ABSTRAC.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE GRÁFICAS.....	xv
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Bienestar Animal en la Nutrición.....	3
Bienestar Animal.....	3
El Bienestar Animal en la Producción.....	4
Factores Medio Ambientales que Ocasianan el Estrés.....	6
Estrés Oxidativo.....	8
Los Radicales Libres.....	9
Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi).....	9
Las Levaduras y su Impacto en la Calidad de la Carne.....	11
Biometría Hemática (BH) en Rumiantes.....	13
Los Microminerales en el Sistema Inmune.....	13
Cobre (Cu).....	16
Zinc (Zn).....	18
Manganeso (Mn).....	18
Hierro (Fe).....	19
Atributos de Calidad de Carne.....	20
Color.....	20
Perfil de Ácidos Grasos.....	21



LITERATURA CITADA.....	22
ESTUDIO I. COMPORTAMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE TORETES ENGORDADOS EN DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN EL TRÓPICO SECO DE MICHOACÁN.....	30
RESUMEN.....	31
ABSTRACT.....	33
INTRODUCCIÓN.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
Localización del Área de Trabajo.....	36
Descripción de los Animales y Tratamientos.....	36
Toma de Muestras Sanguíneas y de Carne.....	37
Variables Evaluadas.....	37
Peso vivo (PV).....	37
Actividad antioxidante (AA).....	37
Biometría hemática (BH).....	39
Inmunoglobulinas (Ig).....	39
Minerales en suero sanguíneo.....	39
Rendimiento de canal (RC).....	40
Espesor de grasa dorsal (EGD).....	40
Área del ojo de la costilla (AOC).....	40
Perfil de ácidos grasos.....	41
Largo y ancho de papilas ruminales (LP y AP).....	41
Análisis Estadístico.....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
Peso Vivo (PV).....	44
Biometría Hemática (BH).....	44



Glóbulos rojos.....	44
Glóbulos blancos.....	53
Plaquetas.....	61
Concentración de Minerales en Suero Sanguíneo de Toretes.....	64
Cobre (Cu).....	64
Zinc (Zn).....	66
Manganeso (Mn).....	66
Actividad Antioxidante (AA) e Inmunoglobulinas (Ig).....	70
Largo y Ancho de Papilas Ruminales.....	73
Calidad de Carne de Toretes.....	75
Perfil de Ácidos Grasos.....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
LITERATURA CITADA.....	82
ESTUDIO II. SUPLEMENTACIÓN DE UN INÓCULO DE LEVADURAS PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE CERDOS EN ENGORDA.....	88
RESUMEN.....	89
ABSTRACT.....	91
INTRODUCCIÓN.....	92
MATERIALES Y MÉTODOS.....	94
Localización del Área de Trabajo.....	94
Preparación del Inóculo de Levaduras.....	94
Descripción de los Animales y Tratamientos.....	94
Variables Evaluadas.....	96
Peso final (PF).....	96
Ganancia diaria de peso (GDP).....	96



Biometría hemática (BH).....	96
Minerales en suero sanguíneo.....	97
Actividad antioxidante (AA).....	97
Rendimiento de canal (RC).....	98
Espesor de grasa dorsal (EGD).....	98
Área del ojo de la costilla (AOC).....	98
Color de carne y grasa (L, a*, b*).....	98
Análisis Estadístico.....	98
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	100
Peso Final y Ganancia Diaria de Peso.....	100
Biometría Hemática (BH).....	102
Glóbulos rojos.....	102
Glóbulos blancos.....	105
Concentración de Minerales en Suero Sanguíneo de Cerdos...	107
Zinc (Zn).....	107
Cobre (Cu).....	109
Hierro (Fe)	111
Actividad Antioxidante (AA).....	113
Calidad de Carne de Cerdos.....	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
LITERARURA CITADA.....	120



LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Valores normales de biometría hemática en bovinos.....	14
2	Valores normales de biometría hemática en cerdos.....	15
3	Valores de referencia de minerales en suero sanguíneo de bovino.....	17
4	Temperatura, humedad relativa y precipitación en los meses en que se hicieron los muestreos.....	38
5	Logaritmos ($\pm$ EE) de las variables de plaquetas y VPM determinadas a toretes en dos sistemas de alimentación en el trópico.....	63
6	Largo y ancho de papilas ruminales determinadas en toretes de dos grupos raciales en dos sistemas de alimentación en el trópico seco de Michoacán.....	74
7	Variables de calidad de carne de toretes de dos grupos raciales engordados en dos sistemas de alimentación.....	76
8	Medidas y mediana del perfil de ácidos grasos de toretes engordados en dos sistemas de alimentación.....	79
9	Dietas experimentales para cerdos.....	95
10	Peso y la ganancia diaria de peso en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras.....	101
11	Logaritmos ($\pm$ EE) de glóbulos rojos en cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras.....	104
12	Logaritmos ($\pm$ EE) de glóbulos blancos en cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras.....	106
13	Datos ($\pm$ DE) y medianas del color de la grasa y carne de cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras.....	116
14	Datos ($\pm$ DE) y medianas de calidad de carne de cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras.....	118



LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica		Página
1	Logaritmos ($\pm$ EE) del peso vivo de toretes engordados en dos sistemas de alimentacion silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC) en el trópico seco de Michoacán.....	45
2	Logaritmos ($\pm$ EE) de eritrocitos en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC) en el trópico seco de Michoacán.....	46
3	Logaritmos ($\pm$ EE) de la hemoglobina en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	47
4	Logaritmos ($\pm$ EE) porcentaje de hematocrito en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	48
5	Logaritmos ($\pm$ EE) volumen corpuscular medio (VCM) en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	49
6	Logaritmos ($\pm$ EE) hemoglobina corpuscular media (HCM) en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	51
7	Logaritmos ($\pm$ EE) concentración media de hemoglobina corpuscular (CMHC) en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	52
8	Logaritmos ($\pm$ EE) concentración de leucositos en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.....	54
9	Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de neutrofilos en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	56
10	Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de linfocitos en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril	



	intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).....	57
11	Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de basófilos en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.....	59
12	Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de eosinófilos en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC) , en el trópico seco de Michoacán.....	60
13	Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de monocitos en toretes de dos grupos raciales BrahmanXPardo suizo (BhXPs) y BrahmanXCharolais (BhXCh), engordados en dos sistemas de alimentacion silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC).....	62
14	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de cobre en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.....	65
15	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentracion de zinc en toretes de dos grupos raciales BhXPs y BhXCh, engordados en dos sistemas de alimentacion sistema silvopastoril (SSPi) y sistema de confinamiento (SC).....	67
16	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentracion de manganeso en toretes de dos grupos raciales BhXPs y BhXCh, engordados en dos sistemas de alimentacion sistema silvopastoril (SSPi) y sistema de confinamiento (SC).....	68
17	Logaritmos ($\pm$ EE) de la cantidad de Actividad Antioxidante en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.....	71
18	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentracion de Ig toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.....	72
19	Logaritmos ($\pm$ EE) de la cantidad de eritrocitos en cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 mL/kg de inóculo de levaduras; T3 100 mL/kg de inóculo de levaduras y T4 150 mL/kg de	



	inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal....	103
20	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentracion de zinc en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 mL/kg de inóculo de levaduras; T3 100 mL/kg de inóculo de levaduras y T4 150 mL/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.....	108
21	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentracion de cobre en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 mL/kg de inóculo de levaduras; T3 100 mL/kg de inóculo de levaduras y T4 150 mL/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.....	110
22	Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentracion de hierro en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 mL/kg de inóculo de levaduras; T3 100 mL/kg de inóculo de levaduras y T4 150 mL/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.....	112
23	Logaritmos ($\pm$ EE) de la capacidad antioxidante del plasma de cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 mL/kg de inóculo de levaduras; T3 100 mL/kg de inóculo de levaduras y T4 150 mL/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.....	114



INTRODUCCIÓN GENERAL

El incremento en la demanda de alimentos ha ocasionado que los sistemas de producción sean más eficientes y estresantes para los animales. Esto, aunado a una mala formulación en las dietas puede desestabilizar el equilibrio natural del animal. Ello favorece el desarrollo de microorganismos patógenos oportunistas que provocan trastornos gastrointestinales, afectando la salud y el comportamiento productivo del ganado (Collins y Gibson, 1999).

Se sabe que si los animales están sometidos a estrés se afecta su producción lo que conlleva a pérdidas económicas y productos de baja calidad. Un factor que ocasiona el estrés es el calor, lo que hace que se reduzca la producción debido a que el animal baja su ingesta para disminuir el calor producido durante el proceso metabólico de fermentación ruminal (Rhoads *et al.*, 2009), de ahí que se empiece a estudiar el efecto del estrés calórico asociado a la presencia de enfermedades.

El estrés en los animales puede ser ocasionado ya sea por mal manejo ó por cambios climáticos provocados por la deforestación y degradación de los recursos naturales, así como por la sustitución de grandes extensiones de bosques para el pastoreo extensivo (Arias *et al.*, 2008). Debido a estas alteraciones se genera la necesidad de una búsqueda de mayor eficiencia en la producción ganadera mediante el desarrollo de modelos de producción amigables con la naturaleza y con el animal que tenga como fin una mejor producción y un mayor bienestar animal (Mahecha, 2002).

Durante años se hizo uso de los antibióticos en las dietas, con el fin de aumentar la producción y disminuir los estragos en los animales producto de un



mal manejo pero estos presentaron efectos colaterales indeseables (Robredo *et al.*, 2000). Actualmente existe la tendencia, cada vez más creciente del uso de probióticos los cuales tienen una acción benéfica en la flora intestinal ya que pueden contribuir a la estabilidad del ecosistema gastrointestinal e influir en los procesos de digestión y absorción de nutrientes, lo que determina el buen funcionamiento del tracto gastrointestinal y el buen estado de salud del animal (Rondón *et al.*, 2013).

Un ejemplo de estos probióticos son las levaduras que inhiben bacterias patógenas, reducen niveles de colesterol en suero, diarreas y cáncer intestinal, mejoran la absorción de calcio, síntesis de vitaminas y estimulan el sistema inmune (Sánchez *et al.*, 2009). Otra alternativa para solucionar los problemas de estrés es el uso de sistemas silvopastoriles en la ganadería bovina lo cual va tomando mayor relevancia por su potencial productivo, elevado valor nutritivo, disponibilidad en períodos de escasez y sus innumerables beneficios en el confort de los animales por medio del uso de árboles (Navas, 2007) que generan microclimas y reducen el calor medioambiental.

Por lo anterior se sugiere el uso de probióticos y sistemas silvopastoriles como alternativas para mejorar el bienestar animal y la calidad de la carne en los animales, debido a que los productos producidos en este sistema, son de alta calidad por lo que pueden entrar a nuevos mercados como los ecológicos (Murgueitio *et al.*, 2009). Por ello el objetivo fue medir las condiciones de salud, bienestar animal y calidad de carne de toretes en dos sistemas de alimentación y en cerdos suplementados con inóculo de levaduras en fase de crecimiento y finalización.



REVISIÓN DE LITERATURA

Bienestar Animal en la Nutrición

La nutrición es esencial para que los animales tengan un rendimiento óptimo y mantengan las condiciones físicas adecuada (Roca, 2011). Este mismo autor mencionó que las dietas bien equilibradas y el suministro de agua adecuado, son factores que pueden disminuir el sufrimiento físico y psicológico que ocasiona el hambre y la sed. Por lo que la alimentación tiene como principal función mantener altos niveles de producción pero puede dar lugar a trastornos metabólicos en los rumiantes (Fialho *et al.*, 2004).

Cuando los bovinos están sometidos a condiciones adversas tienden a reducir su consumo de alimento, como mecanismo para bajar la carga térmica, lo que se refleja consecuentemente en su conducta de consumo, ya que al comer menos, reducen la fermentación ruminal y la digestión, así como la actividad muscular (Roca, 2011). Además, cuando el animal está sometido a factores que le ocasionen estrés tiende a perder más saliva y minerales como el sodio y el potasio, lo que ocasiona una posible acidosis ruminal por la pérdida de saliva (Hall, 2000).

Bienestar Animal

Un animal está en buenas condiciones de bienestar si está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad, expresa formas innatas de comportamiento y si no padece sensaciones desagradables de dolor, miedo ó desasosiego (Broom, 2004). Este autor también mencionó que las buenas condiciones de bienestar de los animales exigen que se prevengan las enfermedades, se les administren tratamientos veterinarios, se les proteja,



maneje, alimente, manipule y sacrifique de manera compasiva y correcta. Por lo que el manejo y las condiciones medioambientales influyen en la respuesta productiva y de la conducta del ganado.

Los principales factores que repercuten en el bienestar animal y la productividad del ganado en zonas áridas y tropicales son: el forraje de baja calidad, la disponibilidad limitada del agua, las altas temperaturas ambientales, el aire y los niveles elevados de radiación solar directa e indirecta (Bañuelos y Sánchez, 2005).

Cuando el animal es sometido a estímulos ya sea de origen naturales o inducidos por el hombre, el animal en defensa cambia su comportamiento lo que le desencadena un estado de estrés (Moberg, 2000). Estos cambios en la conducta pueden ser utilizados como parámetros para determinar el bienestar (Willmer *et al.*, 2000). También los cambios en la fisiología tales como el número de células sanguíneas y los niveles hormonales indican si existe un problema de bienestar ya que varían de acuerdo al nivel de estrés al que un animal esté sometido (Moberg, 2000).

Las parasitosis son otro factor que afecta el bienestar animal principalmente la presencia de artrópodos, moscas, mosquitos y garrapatas, que dependen totalmente del clima para regular su ciclo biológico, así como de la presencia de barreras biológicas y de bosques tropicales, dependiendo de las condiciones climáticas presentes en la región (Vandegrift *et al.*, 2011).

El Bienestar Animal en la Producción

El estrés es uno de los principales indicadores del bienestar animal ya que es un factor que actúa directamente sobre el (Mader *et al.*, 2006). Este se



presenta cuando por parte del animal se reduce la capacidad para eliminar el calor corporal debido a los factores ambientales como lo son la temperatura y humedad relativamente elevada a los que son sometidos (Sttrot, 1981). Rhoads *et al.* (2009) mencionaron que la presencia de estrés calórico en los animales tiene trastornos productivos, reproductivos e inmunitarios, dentro de los productivos podemos mencionar una disminución en la producción ya sea de leche o carne. Estos autores mencionaron que la reducción en la producción animal es generada por la reducción de la ingesta para disminuir el calor producido durante el proceso metabólico de fermentación ruminal.

A nivel reproductivo los cambios por estrés se traducen en celos más cortos y menos intensos lo que determina una reducción de la fertilidad (Collier *et al.*, 2006). En el sistema inmunitario, el estrés genera modificaciones a nivel hormonal produciendo alteraciones en las funciones vitales, composición de los líquidos corporales y funcionamiento orgánico lo que altera la resistencia a las enfermedades. En rumiantes el estrés se asocia a una menor inmunocompetencia, la cual es una situación estresante que genera una mayor secreción de cortisol, hormona inmunosupresora que reduce la respuesta de los animales a los procesos infecciosos, al disminuir su capacidad para producir leucocitos y linfocitos (Hahn, 2003).

Cuando el animal recibe constantemente estímulos del medio, la primera respuesta que tiene al estrés se da en el eje hipotálamo-hipófisis-glándula suprarrenal (Gómez y Escobar, 2006). Los mismos autores mencionaron que las neuronas del hipotálamo secretan hormona liberadora de corticotrofina, esta



estimula a la adenohipófisis para que secreta adenocorticotrofa la cual hace que las glándulas suprarrenales sintetizen glucocorticoides como el cortisol.

Otra respuesta al estrés se da por las neuronas posganglionares del sistema nervioso autónomo las que liberan noradrenalina para estimular las glándulas suprarrenales para secretar adrenalina (Miller *et al.*, 1998). Estas hormonas para hacer frente al estrés inhiben el funcionamiento de sistemas con mayor gasto energético, como el digestivo, el de crecimiento y el sistema inmune, con lo que el organismo queda expuesto a la acción de agentes infecciosos del ambiente (Glaser y Glaser, 2005).

Factores Medio Ambientales que Ocasianan el Estrés

El estrés se genera principalmente por factores medio ambientales por lo general efectos de conducta o físico. Un medio ambiente satisfactorio para los bovinos es aquel que facilita condiciones térmicas y físicas confortables, control de las enfermedades y comportamiento correcto (Brosh *et al.*, 1998). Los factores ambientales inciden en la actividad ganadera en forma directa, al actuar sobre la fisiología productiva del animal y en forma indirecta al afectar el desarrollo del pasto y los forrajes. Las variables meteorológicas principales, que influyen en el estado térmico del cuerpo de los animales y ocasionan el estrés son: la temperatura ambiental, la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del viento (Hahn *et al.*, 2003).

La temperatura ambiental de confort para el ganado es donde el animal puede mantenerse sin necesidad de modificaciones fisiológicas o de comportamiento (Khalifa, 2003). Cuando hay incremento en la temperatura, los animales aumentan el consumo de agua y disminuyen el consumo de materia



seca y lo contrario sucede cuando la temperatura disminuye (Arias *et al.*, 2008). Los animales en condiciones de pastoreo al igual que los animales en engorda reflejan un incremento del consumo de agua como respuesta al aumento en la temperatura (Keren y Olson, 2006).

La radiación solar ya sea directa o indirecta es otro factor importante que afecta el balance térmico del animal. La radiación tiene impacto en la carga total de calor en el ganado (Keren y Olson, 2006) afectando directamente la temperatura rectal y la tasa de respiración (Collier *et al.*, 2006). Hay antecedentes que indican que la radiación solar afecta las concentraciones de enzimas y minerales en el plasma (Sevi *et al.*, 2001). Además de la temperatura, el color y textura del animal afectan la cantidad de calor que es absorbida. Kadzere *et al.* (2002) publicaron que las superficies oscuras absorben e irradian más calor que superficies claras en una misma condición ambiental. Las desviaciones acentuadas de estas variables provocan alteraciones en la temperatura corporal, la ingestión, la digestión, la respiración, la circulación sanguínea y la secreción hormonal lo que trae como consecuencias disminución del rendimiento productivo y la salud de los animales (Silanikove, 2000).

La humedad relativa es otro de los factores de estrés ya que reduce la efectividad del animal para disipar el calor por sudoración y respiración (Renaudeau, 2005). Richards (1973) reportó que a temperaturas mayores a 30 °C, la humedad relativa toma mayor importancia en la evaporación. Así cuando la humedad relativa es alta se reduce la capacidad de disipar el calor de la piel y del aparato respiratorio (Da Silva *et al.*, 2006) lo cual afecta a los animales



que están en lugares donde la disipación de calor por evaporación es importante para mantener la condición homeotérmica (NRC, 1981).

La velocidad del viento en verano ayuda a los animales a reducir el estrés calórico por medio de la evaporación (Mader *et al.*, 2006). Aunque en verano el viento es favorable para los animales, en invierno tiene efectos negativos como el aumento de la hipotermia. Fox *et al.* (1988) señalaron que el viento en invierno afecta negativamente los requerimientos de mantenimiento del ganado. Los animales en pastoreo en época de invierno tienden a modificar sus requerimientos de energía metabólica debido a la orientación del cuerpo, la velocidad y dirección del viento (Keren y Olson, 2006).

Estrés Oxidativo

Es la resultante de una deficiencia de sustancias protectoras o una excesiva exposición a agentes generadores de radicales libres, el estrés oxidativo se desencadena cuando los oxidantes exceden la capacidad antioxidante de un organismo (Miller *et al.*, 1998). Un ejemplo donde se excede esta capacidad antioxidante es en una inflamación crónica porque la sobreproducción de especies reactivas de oxígeno por macrófagos sobrepasa la defensa antioxidante y agrava las lesiones de los tejidos involucrados (Kehrer, 1993).

Otro factor que desencadena el estrés oxidativo es la ingesta deficiente de antioxidantes lo que deprime la acción de algunas enzimas oxidativas (Wichtel, 1998). La consecuencia de que se presente daño oxidativo se puede atribuir a la relación entre el estrés oxidativo y el estatus nutrimental (Finkel y Holbrook, 2000). Previamente Chew (1995) mencionó que la nutrición tiene un



gran efecto sobre la salud y la inmunidad en los animales, las deficiencias nutricionales perjudican la respuesta inmune e incrementan la mortalidad. Por lo tanto, los antioxidantes son entonces un sistema protector que se compone de enzimas y nutrientes esenciales cuya función es evitar la formación de radicales libres, capturar aquellos que se han formado y remover o reparar las moléculas dañadas (Chow, 1979).

Los Radicales Libres

Un radical libre es un átomo o molécula que contiene un electrón desapareado en su orbital exterior y en cantidades moderadas cumplen importantes funciones en varios procesos homeostáticos como intermediarios en reacciones redox esenciales para la vida (Maldonado *et al.*, 2010). Sin embargo, cuando se encuentran en cantidades excesivas son tóxicos ya que al oxidar moléculas biológicas, las alteran y desencadenan trastornos en el metabolismo celular.

Halliwell y Whiteman (2004) reportaron que cuando un radical interactúa con una sustancia estable toma de ella un electrón y la convierte en un radical libre que puede generar más radicales. El oxígeno es un ejemplo de radical libre aunque es benéfico para el organismo también es tóxico por ser una sustancia oxidante (Ceballos *et al.*, 1998). La generación de radicales libres y la defensa antioxidante se encuentran en equilibrio, al romperse este equilibrio se crea una situación llamada estrés oxidativo, que puede producir daño celular, trastornos fisiológicos y la presentación de procesos patológicos (Yu, 1996).

Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi)

Es una modalidad pecuaria de producción de alta calidad



amigable con el medio ambiente que se caracteriza por tener alta densidad de arbustos forrajeros como la acacia forrajera *Leucaena leucocephala* (Murgueitio *et al.*, 2009). El uso del sistema silvopastoril en la ganadería bovina va tomando mayor relevancia por su potencial productivo, elevado valor nutritivo, disponibilidad en períodos de escasez y sus innumerables beneficios en el confort de los animales por medio del uso de árboles (Navas, 2007).

La principal función que tienen los árboles utilizados en el sistema silvopastoril es generar un microclima en los potreros lo cual mejora el sistema de producción ganadera mediante la mitigación de efectos negativos como la temperatura ambiental, de tal modo que se incrementa la productividad y el bienestar de los animales (Betancourt *et al.*, 2005). Además, el sistema silvopastoril permite la producción ganadera de forma más estable y con costos más reducidos ya que no requiere insumos como los fertilizantes, herbicidas y antiparasitarios. Por otra parte los productos producidos en este sistema, son de alta calidad por lo que pueden entrar a nuevos mercados como los ecológicos o los alimentos funcionales de alto precio (Murgueitio *et al.*, 2011).

La producción animal en agroforestería intensiva por la vía natural, está mostrando adaptación al nuevo clima cambiante con mayor productividad y menores costos de producción. En los sistemas silvopastoriles de la región tropical se ha registrado reducción en la temperatura promedio anual y en las máximas de los meses más calientes, que pueden estar de 2 a 3 °C y 10 °C, respectivamente, debajo de las temperaturas presentadas en regiones sin árboles. Aunado a la reducción en la temperatura ambiental se agrega la reducción en la evapotranspiración y el incremento en la humedad relativa



durante el periodo seco (Rueda *et al.*, 2011).

Las Levaduras y su Impacto en la Calidad de la Carne

Las levaduras en cerdos se han utilizado con la finalidad de incrementar el número de organismos benéficos sin causar cuadros clínicos y a la vez reducir los efectos de los organismos causantes de las enfermedades (Van Heugten *et al.*, 2003). El modo de acción de las levaduras en los monogástricos es debido a los componentes de la pared celular (mananos) y otros polisacáridos de varios microorganismos que reducen las bacterias patógenas y metabolitos tóxicos y consecuentemente mejoran la salud del animal y su desempeño durante el crecimiento (Anderson *et al.*, 1999). Por consiguiente, los probióticos ofrecen el potencial para mantener el crecimiento de los animales alimentados con dietas sin antibióticos o bajo condiciones de elevado estrés (Van Heugten *et al.*, 2003).

Además optimizan el proceso de absorción de minerales especialmente de zinc, potasio y cobre que actúan como amortiguadores del pH y propician una mayor anaerobiosis, lo que estimula el desarrollo de microorganismos anaeróbicos estrictos, también actúan como un saborizante natural lo cual hace que se incremente el consumo de alimento (Auclair, 2001).

Las levaduras ayudan a la recuperación de componentes valiosos (como los ácidos grasos de cadena corta). La fermentación bacteriana produce ácidos grasos de cadena corta que aportan energía al organismo, produce metabolitos como vitamina K, algunas del complejo B, así como enzimas digestivas y favorece la absorción de minerales (Erickson y Hubbard, 2000).

Un efecto importante del uso de probióticos es que promueve el



crecimiento y mejora la conversión alimenticia debido al aumento en la disponibilidad de aminoácidos y la mejor digestibilidad de las fuentes proteicas y energéticas, así como el aumento de la digestibilidad de la fibra, por vías fermentativas en el intestino grueso (Cole, 1991). Además, su utilización es de gran seguridad, debido a que no deja residuos tóxicos en la carne, grasa y piel del animal (Crawford, 1979). En investigaciones realizadas en cerdos en las etapas de post-destete y crecimiento se obtuvieron resultados satisfactorios en relación al incremento en la ganancia diaria de peso cuando se ha utilizado cultivos de levaduras (Williams, 1991).

Martínez (2000) publicó que al incluir levaduras en la dieta de cerdos, desde el periodo de destete hasta la finalización, aumenta la resistencia de los animales al ser sometidos a estrés provocado por el cambio de una granja con buenas condiciones sanitarias y de manejo a otra con antecedentes de enfermedades respiratorias y digestivas. Para la calidad de carne de cerdos alimentados con dietas suplementadas con levaduras se ha observado que se mejora la calidad de la canal ya que pierde una menor cantidad de agua durante el enfriamiento y los consumidores manifiestan que la carne es más jugosa y tierna.

Miazzo *et al.* (2005) publicaron que al reemplazar 2/3 del núcleo vitamínico-mineral por 0.3 % de levaduras, en pollos en finalización, detectaron una tendencia en la mejora del peso de la pechuga, los muslos y una reducción significativa de la grasa abdominal, en las aves que consumieron la levadura. Cuando se reemplazó la mitad el núcleo vitamínico mineral por 0.15 y 0.30 % de levaduras en dietas de iniciación y engorda, se observó sólo disminución en



la grasa abdominal y una tendencia a mejora en la deposición de pechuga y muslos de las aves (Miazzo *et al.*, 2007).

Biometría Hemática (BH) en Rumiantes

Los parámetros de los valores de biometría hemática (BH) son una ayuda diagnóstica fundamental en el análisis y orientación del estado clínico de un animal, ya que esta información es útil en los casos de control, valoración de enfermedades enzoóticas y el estado nutricional (Mancillas, 2012). La BH es la evaluación numérica y descriptiva de los elementos celulares de la sangre como lo son los glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas (Barrio *et al.*, 2003).

Las funciones que tienen los componentes celulares sanguíneos, son el transporte de oxígeno (glóbulos rojos o eritrocitos), protección de organismos extraños y antígenos (glóbulos blancos o leucocitos), e iniciación de la coagulación (plaquetas; Aiello y Mays, 2000). En el Cuadro 1 se presentan los valores normales de los componentes de una BH en bovinos (Merck, 2000) y en el Cuadro 2 se presentan los valores normales de los elementos de BH en cerdos (Kraft, 2003).

Los Microminerales en el Sistema Inmune

El estado nutricional es la condición del organismo que resulta entre el balance de la absorción y utilización de los nutrientes ingeridos en correlación a sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, este es un proceso muy complejo que depende de numerosos factores tanto ambientales, genéticos y orgánicos (Spolders, 2007). Para prevenir un estado nutricional deficiente es necesario que los animales cubran su requerimiento de macro y micronutrientes esenciales, ya que estos participan en diversos procesos del metabolismo



Cuadro 1.- Valores normales de biometría hemática en bovinos

Componente celular	Valor
Eritrocitos (μl)	$5 - 10 \times 10^{12}$
Hemoglobina (g/L)	90 – 140
Hematocrito (%)	24 – 46
VCM* (fl)	40 – 60
HCM* (pg)	11 – 17
CMHC* (g/dL)	30 – 36
Leucocitos (μl)	$4 - 12 \times 10^3$
Monocitos (%)	2 – 7
Linfocitos (%)	45 - 75
Eosinófilos (%)	2 - 20
Basófilos (%)	0 - 2
Neutrófilos (%)	15 - 47
Plaquetas (μl)	$100 - 800 \times 10^3$
VPM (μl)	$4 - 12 \times 10^9$

VCM.- Volumen corpuscular medio; HCM.- Hemoglobina corpuscular media; CMHC.- Concentración media de hemoglobina corpuscular; VPM.- Volumen plaquetario medio.

Merck (2000)



Cuadro 2.- Valores normales de biometría hemática en cerdos

Componente celular	Valor
Eritrocitos (μl)	$5\text{-}7 \times 10^6$
Hemoglobina (g/L)	9-17
Hematocrito (%)	32-50
VCM* (f/L)	46-70
HCM* (pg)	17-26
CMHC* (g/dL)	35-38
Leucocitos (μl)	$11\text{-}22 \times 10^9$
Linfocitos (%)	3.8-16.5
Neutrófilos (%)	14-48
Plaquetas (μl)	$200\text{-}500 \times 10^3$

VCM.- Volumen Corpuscular Medio; HCM.- Hemoglobina corpuscular media;
CMHC.- Concentración media de hemoglobina corpuscular.
Kraft (2003)



celular (Dorton *et al.*, 2007). Entre los minerales considerados generalmente como elementos trazas esenciales, se pueden mencionar por su importancia el hierro (Fe), el cobre (Cu) y el zinc (Zn), manganeso (MG), calcio (Ca) los cuales participan en diferentes funciones celulares relacionadas con el crecimiento y la nutrición (Mahan y Escott, 1998). La mayoría de estos microminerales son considerados elementos cofactores antioxidantes porque forman parte de las enzimas antioxidantes.

Cobre (Cu). Se ha reportado que el cobre forma parte importante del sistema citocromo, de enzimas Cu-superóxido dismutasa (CuSOD), CuZn-superóxido dismutasa (CuZnSOD), ceruloplasmina (Cp), citocromo oxidasa, tirosinasa (polifelin oxidasa), ácido ascórbico oxidasa, monoamina oxidasa plasmática (Swenson y Reece, 1993). En bovinos y otras especies se ha documentado que el Cu ejerce efecto sobre el sistema inmune (Spears, 2000).

Kendall *et al.* (2001) mencionaron que los requerimientos nutricionales en los animales no dependen exclusivamente de la concentración de Cu en la dieta, si no que estriban altamente de la suplementación y disponibilidad del Cu, lo cual justifica la interferencia con antagonistas, principalmente molibdeno (Mo), azufre (S), fierro (Fe) y zinc (Zn), por lo que en el Cuadro 3 se muestran los valores de referencia para bovinos (McDowell y Arthington, 2005). La deficiencia de Cu en ganado productor de carne, puede presentarse en forma de un retraso del crecimiento, despigmentación del pelo y anemia (Hansen *et al.*, 2009). Estos signos pueden ser explicados por la reducida actividad de cuproenzimas tales como citocromo Cu oxidasa, tirosinasa y ceruloplasmina, que son importantes en la producción de energía, melanina y metabolismo



Cuadro 3.- Valores de referencia de minerales en suero sanguíneo de bovino

Mineral	Valor Normal (Mg/L)
Cu	0.011-0.018
Zn	0.01396-0.01643
Mn	0.001

Cu.- Cobre; Zn.- Zinc; Mn.- Manganese.
McDowell y Arthington (2005).



de Fe, respectivamente (NRC, 1996).

Zinc (Zn). Es un microelemento que ha sido identificado como un componente estructural, regulador de enzimas involucradas en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos, es esencial para la integridad del sistema inmune e indispensable para el funcionamiento de las células, (Hambridge *et al.*, 1986). El zinc forma parte de metaloenzimas tales como: alcohol deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, anhidrasa carbónica, carboxipeptidasas A y B, collagenasa, leucina aminopeptidasa, manosidasa y superóxido dismutasa las cuales ayudan a eliminar radicales libres producidos en el cuerpo mediante diferentes procesos y favorecer la estabilidad de la membrana de los eritrocitos (Murray *et al.*, 2000). Además tiene una capacidad protectora para evitar la formación de radicales libres y el estrés oxidativo, por ello se han realizado diversos estudios para ver el efecto antioxidante que tiene el zinc y determinar su participación en diversos sistemas de defensa antioxidante (Oliveira *et al.*, 2009).

Se ha encontrado que cuando se tienen deficiencias de zinc las células mediadoras en las funciones inmunes decrecen de modo que se dañan dichas funciones inmunes, por lo que esta deficiencia unida con la de hierro, son de las más frecuentes en la práctica diaria (Hambridge *et al.*, 1986). Este mineral es necesario en la síntesis de tejido conectivo, por lo que en conjunto con otros minerales esenciales como el calcio, son vitales para la formación y mantenimiento de los huesos, el valor de referencia para Zn se muestra en el Cuadro 3

Manganeso (Mn). Es un antagonista del Cu, cuando se suministran



ingredientes con alto contenido de Mn en la dieta pueden tener impacto negativo en la absorción de Cu (Hansen *et al.*, 2009). El manganeso tiene propiedades antioxidantes e interviene como catalizador de la enzima superóxido dismutasa dependiente del manganeso (MnSOD), lo cual lo hace un importante elemento en los procesos de protección ante el daño oxidativo (Policar, 2012). Esta enzima, junto con la catalasa, tienen un importante papel en el control del daño oxidativo o radiaciones ionizantes, que generan gran producción de radicales libres del oxígeno (Failli *et al.*, 2009). El manganeso también contribuye a reducir el estrés oxidativo a través de la formación de antioxidantes basados en manganeso no proteicos, en el cuadro 3 se muestran los niveles sanguíneos normales en bovinos (Policar, 2012).

Hierro (Fe). Es indispensable para la producción de hemoglobina, además es un importante componente de muchas enzimas que son esenciales para el funcionamiento adecuado de las células cerebrales, musculares y del sistema inmunológico (Mahan y Escott, 1998). La mayoría de las células necesitan el hierro para llevar a cabo procesos celulares básicos como en la respiración, las proteínas del hierro capturan la energía liberada de la oxidación del alimento, sintetizando compuestos de alta tecnología como el NADH (NicotinamidaAdenina- Dinucleotida) que actúa como cofactor o ayudante de las enzimas en la producción de energía (Newman, 2003).

Además, participa en el sistema inmune del organismo, haciendo que se activen varias enzimas que intervienen en procesos inflamatorios, además de favorecer la hiperplasia de los leucocitos, fábrica de anticuerpos (Jolliff y Mahan, 2011). El hierro se encuentra en altas cantidades en las estructuras



celulares que están involucradas con la división celular y la síntesis de ADN (Rincker, 2004), por lo tanto, cuando el hierro esta deficiente en los tejidos la producción de anticuerpos (Ig) puede verse disminuida (Jolliff y Mahan, 2011). La deficiencia de hierro es la carencia nutricional más prevalente y la principal causa de anemia, esto acarrea graves consecuencias en diferentes funciones orgánicas en muchas ocasiones de forma irreversible (Yip, 1994).

Atributos de Calidad de Carne

El contenido nutricional de la carne es muy importante para el consumidor final, ya que este busca carne con menos contenido de grasa intermuscular e intramuscular (Badui, 2006). El color es otro atributo de gran interés para los consumidores debido a que buscan un color de carne rojo brillante (Barrón *et al.*, 2004) y la grasa de cobertura de color blanca, característica de los animales engordados en sistema intensivo (Pérez, 2008)

Color. Está dado por la concentración de hemoglobina y mioglobina en la carne, en conjunto con el estado de oxidación de los átomos de hierro del grupo hemo y de la desnaturalización de la globina (Muchenje *et al.*, 2009), por lo tanto, se considera como una de las características más importantes de la apariencia de la carne (Lawrie y Ledward, 2006). El tejido puede presentar tonalidades diferentes en relación a la edad, sexo, tipo de músculo y su función anatómica, debido a que entre más actividad tenga el músculo se observará mayor cantidad de mioglobina lo cual representará una coloración diferente a los músculos que se encuentran en reposo (Muchenje *et al.*, 2009).

Los sistemas de producción presentan diferencias en el color de la carne, principalmente la de los animales provenientes de condiciones extensivas



donde el color de la grasa subcutánea se observa amarillenta debido a las concentraciones de los β -carotenos los cuales están presente en los pastos verdes (Muchenje *et al.*, 2009).

Perfil de Ácidos Grasos

Los ácidos grasos se clasifican según su estructura en: ácidos grasos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) y polinsaturados (AGPi). En el tejido muscular los AGS más comunes son el esteárico, palmítico y mirístico los cuales tienen la capacidad de aumentar el colesterol cuatro veces más que el palmítico (Teira *et al.*, 2006).

Por otro lado los AGPi de cadena larga importantes para la salud humana son los ácidos linolénico, araquidónico y oleico, también considerados esenciales, debido a que el primero es antihemorrágico y ayuda en la agregación de plaquetas. Mientras que el segundo permite la vasodilatación y la fluidificación de la sangre (Lawrie y Ledward, 2006). El ácido oleico disminuye las lipoproteínas de baja densidad (LDL) con lo cual ayuda en el control de enfermedades cardiovasculares (Teira *et al.*, 2006).

El perfil lipídico de la carne se puede modificar con el sistema de producción al cual sea sometido el ganado. Se ha descubierto que el ganado alimentado a base de forrajes verdes presentan cambios en su actividad ruminal, en el cual las bacterias de biohidrogenación minimiza los AGS y promueven la acumulación parcial de productos hidrogenados como lo son el ácido vaccénico y el ruménico, los cuales son benéficos para la salud del humano (Nassu *et al.*, 2011).



LITERATURA CITADA

- Aiello, S. E. y A. Mays. 2000. El Manual Merck de Veterinaria. 5ta ed. Océano Grupo Editorial, S. A. España.
- Anderson, D. B., V. J. McCracken, R. I. Aminov, J. M. Simpson, R. I. Mackie, M. W. A. Verstegen y H. R. Gaskins. 1999. Gut microbiology and growth-promoting antibiotics in swine. *Pig News Info*. 20:115-122.
- Arias, R. A., T. L. Mader y P. C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Arch. Med. Vet.* 40:7-20.
- Auclair, E. 2001. Yeast as an example of the mode of action of probiotics in monogastric and ruminant species. *Feed Manufacturing in the Mediterranean Region*. Reus, Spain: CIHEAM-IAMZ.
- Badui, D. S. 2006. Química de los Alimentos. 4a ed. Editorial Pearson Educación. México.
- Bañuelos, V. R. y R. S. Sánchez. 2005. La proteína de estrés calórico Hsp70 funciona como un indicador de adaptación de los bovinos a las zonas áridas. *Red. Vet.* 6:1-18.
- Barrio, M., M. C. Correa y M. E. Jiménez. 2003. El hemograma: análisis e interpretación de valores sanguíneos. Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia.
- Barrón, G. S., C. B. García, O. I. Mora y A. M. Shimada. 2004. Impacto económico de la pigmentación del tejido adiposo de bovinos de pastoreo en el trópico. *Agrociencia*. 38:173-179
- Betancourt, P., J. González, B. Figueroa y F. González. 2005. Organic Matter and soil characterization during restoration processes with cover crop on temperate areas of México. Disponible: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/art139148.pdf>. Consultado en abril, 2015.
- Broom, D. M. 2004. Bienestar animal. En *Etología Aplicada*. México: IFAW, UNAM, FMVZ. pp. 51-87.
- Brosh, A, Y. Aharoni, A. A. Degen, D. Wright, B. A. Young. 1998. Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermo-regulatory responses and energy balance in cattle. *J. Anim. Sci.* 76:2671-2677.



- Ceballos, A., F. Wittwer, P. A. Contreras y T. M. Böhmwald. 1998. Actividad sanguínea de glutatión peroxidasa en rebaños lecheros a pastoreo: variación según y época del año. *Arch. Med. Vet.* 30:13-22.
- Chew, B. P. 1995. Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. *J. Nutr.* 125:1804-1808.
- Chow, C. K. 1979. Nutritional influence on cellular antioxidant defence systems. *Am. J. Clin. Nutr.* 32: 1066-1081.
- Cole, D. J. 1991. Suplementación de probióticos en dietas para animales. *Jornadas técnicas de biotecnología en la industria de alimentos.* Alltech. 15.
- Collier, R. J., G. E. Dahl y M. J. Van Baale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:1244-1253.
- Collins, M. D. y G. R. Gibson. 1999. Probiotics, prebiotics and synbiotics: dietary approaches for the modulation of microbial ecology. *American Journal of Clinical Nutrition.* 69:1052–1057.
- Crawford, J. S. 1979 Probiotics in animal nutrición. *Proccedings of Arkansas Nutricion Conference.* Hot Springs, Ak. 8:135-146.
- Da Silva, R. G. 2006. Weather and climate and animal production. In:Update of the guide to agricultural meteorological practices. *W.M.O.* 134:196-205.
- Dorton, K. L., T. E. Engle, R. M. Enns y J. J. Wagner. 2007. Effects of trace mineral supplementation, source, and growth implants on immune response of growing and finishing feedlot steers. *The Professional Animal Scientist.* 23:29-35.
- Erickson, K. L., N. E. Hubbard. 2000. Probióticos en inmunomodulacion salud y enfermedad. *Rev. Nut.* 130:403-409.
- Failli, P., D. Bani, A. Bencini, M. Cantore, D. C. Mannelli, C. Ghelardini, C. Giorgi, M. Innocenti, F. Rugi, A. Spepi, R. Udisti y B. Valtancoli. 2009. A novel manganese complex effective as superoxide anion scavenger and therapeutic agent against cell and tissue oxidative injury. *J Med Chem.* 52:7273-83.
- Fialho, F. B; J. Van Milgen, J. Noblet, N. Quinious. 2004. Modelling the effect of heat stress on food intake, heat production and growth in pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 135-148.
- Finkel, T. y N. J. Holbrook. 2000. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature. Rev. Immunol.* 408:239-247.



- Fox, D. G., J. Sniffen y J. D. O'Connor. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *J Anim. Sci.* 66: 1475-1495.
- Glaser, R. y J. K. Glaser. 2005. Stress-induced immune dysfunction: implications for health. *Nature rev. immunol.* 5:243-251.
- Gómez, G. B. y A. Escobar 2006. Estrés y sistema inmune. *Rev. Mex. Neuroci.* 7:30-38.
- Grace, N. 1994. Managing Trace Element Deficiencies. New Zealand: Ag. Research, New Zealand Pastoral Agriculture Research Institute Ltd. New Zealand.
- Hahn, G. L., T. L. Mader y R. A. Eigenberg. 2003. Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. *Proc Symp Interactions between climate and animal production, EAAP Technical series.* 7: 31-44.
- Hall, M. 2000. Meet the challenges of heat stress feeding. *Howard's dairyman.* 344.
- Halliwell, B. y M. Whiteman. 2004. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and cell culture: how should you do it and what do the results mean. *Br. J. Pharmacol.* 142: 231-255.
- Hambridge, K. M., C. E. Casey y N. F. Krebs. 1986. Zinc. In trace elements in human and animal nutrition. 5th ed. Walter Mertz. Academic press, Inc., London. U. K.
- Hansen, S. L., M. S. Ashwell, L. R. Legleiter, R. S. Fry, K. E. Lloyd y J. W. Spears. 2009. The addition of high manganese to a copper-deficient diet further depresses copper status and growth of cattle. *British J. Nutr.* 101:1068-1078.
- Jolliff, J. y D. Mahan. 2011. Effect of injected and dietary iron in young pigs on blood hematology and postnatal pig growth performance. *J. Anim. Sci.* 89:4068- 4080.
- Kadzere, C. T., M. R. Murphy, N. Silanikove y E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 11: 59-91.
- Kehrer, J. P. 1993. Free radicals as mediators of tissue injury and disease. *Critical. Rev. Toxicology.* 23: 22-29.



- Kendall, N. R., D. V. Illingworth y S. B. Telfer. 2001. Copper responsive infertility in british cattle: the use of a blood caeruloplasmin to copper ratio in determining a requirement for copper supplementation. In: Diskin, M. G. (ed), fertility in the high-producing dairy cow. Brit. Soc. Anim. Sci. 26: 1020-1031.
- Keren, E. N. y B. E. Olson. 2006. Thermal balance of cattle grazing winter range: Model application. J. Anim. Sci. 84: 1238-1247.
- Khalifa, H. H. 2003. Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate. In: Interactions between climate and animal production. Proc Symp. 7:15-29.
- Kraft, H. 2003. Métodos de Laboratorio Clínico en Medicina Veterinaria de Mamíferos Domésticos, Ed. Acribia. 3^{ra} ed. España.
- Lawrie, R. A. y D. A. Ledward. 2006. Lawrie's Meat Science. 7^a ed. Wood head Publishing Limited. Cambridge, Reino Unido.
- Mader, T. L. y W. M. Kreikemeier. 2006. Growth promoting agents and season effects on blood metabolite and body temperature. Nebraska Beef Report. 88: 79-82.
- Mahan, L. K. y S. S. Escott. 1998. Nutrición y Dietoterapia de Krause. 9^a ed. Mc Graw Hill. México.
- Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. Rev. Col. Cienc. Pec. 15:226-231.
- Maldonado, S. O., E. N. Saavedra, N. Jiménez, M. Vázquez, G. Vargas, M. Ceballos, y E. Méndez. 2010. Free radicals and their role in chronic-degenerative diseases. Red. Med. Uv. 1:32-39.
- Mancillas, F. P. F. 2012. Inóculo de levaduras y bagazo de manzana fermentado en la dieta de becerros precozmente destetados y su efecto sobre la digestibilidad in vitro, comportamiento productivo y salud animal. Disertación Doctoral. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. Chih. Méx.
- Martínez, A. 2000. Ileitis, intestinal microflora and performance of growing finishing pigs fed saccharomyces cerevisiae. J. Anim. Sci. 78: 1296-1305.
- McDowell, L. R. y J. D. Arthington. 2005. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. 4ta. ed. Dep. Zoot. Universidad de Florida. Gainesville. IFAS. E. U. A.



- Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica Sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de veterinaria. 5a edición. Grupo editorial océano, S. A. Barcelona, España. Pp. 2454-2455.
- Miazzo, R., M. F. Peralta, A. Nilson y M. Picco. 2007. Calidad de la canal de pollo de engorda que recibieron Levadura de Cerveza (*S. Cerevisiae*) en las etapas de iniciación y terminación. XX Cong. Latinoam. De Avicultura, Brasil, N. U. 36.
- Miazzo, R., M. Peralta, M. Picco y A. Nilson. 2005. Productive parameters and carcass quality of broiler chickens fed yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). Proc. XII European Symposium on the quality of Poultry Meat. Holanda. World Poult. Sci. Asoc. 330-332.
- Miller, A. H, H. Andrew, I. Miller, L. Robert, L. Spencer, D. Bradley, P. Tracy, L. Pisell, Y. Azrielia, P. Tanapat, H. Moday, R. Rhee y S. Bruce. 1998. Glucocorticoid receptors are differentially expressed in the cells and tissues of the immune system. Cell. Immunol. 186: 45-54.
- Moberg, G. P. 2000. The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare. New York, NY. U. S. A. 1-22.
- Muchenje, V., K. Dzama, M. Chimonyo, P. E. Strydom, A. Hugo y J. G: Raats. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality. Food Chemistry. 112:279-289.
- Murgueitio, E., Z. Calle, F. Uribe, A. Calle y B. Solorio. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. Forest Ecology and Management. 261:1654-1663.
- Murgueitio, E., J. F. Naranjo, C. A. Cuartas, C. H. Molina y F. Lalinde. 2009. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al cambio climático en regiones tropicales de américa. Página 9 en Memoria del II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles intensivos. Morelia y Tepalcatepec, Mich., México.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayers y V. W. Rodwell. 2000. Harper's Biochemistry. 25th ed. McGraw Hill Health Professional Division, New York, E. U. A.
- Nassu, R. T., M. E. R. Dugan, M. L. He, T. A. McAllister, J. L. Aalhus, N. Aldai y J. K. G. Kramer. 2011. The effects of feeding flaxseed to beef cows given forage based diets on fatty acids of longissimus thoracis muscle and backfat. Meat. Sci. 89: 469-477.



- Navas, P. A. 2007. Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. ACOVEZ. 16.
- Newman, K. 2003. Immunity is in feed as well as vaccines. Poultry World. 157: 14.
- NRC, National Research Council. 1981. Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals. National Academy Press. Washington DC, USA.
- Oliveira, A. C., I. V. Barros, M. O. Fonseca, C. A. Silva, E. J. Henriques y M. T. Salles. 2009. Vegetals as natural sources of antioxidants. Quim. Nova. 32: 689-702.
- Pérez, S. E. 2008. Caracterización de sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica en productores ganaderos de Copán, Honduras. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. Turialba, Costa Rica.
- Policar, C. 2012. Evaluation of the anti-oxidant properties of a SOD-mimic Mn-complex in activated macrophages. Red. Vet. 7:6399-403.
- Renaudeau, D. 2005. Effects of short-term exposure to high ambient temperature and relative humidity on thermoregulatory responses of European (Large White) and Caribbean (Creole) restrictively-fed growing pigs. Anim. Res. 54: 81-93.
- Rhoads, M. L., R. P. Rhoads, M. J. VanBaale, R. J. Collier, S. R. Sanders, W. J. Weber, B. A. Crooker y L. H. Baumgard. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. J. Dairy Sci. 92:1986–1997.
- Richards, S. A. 1973. Temperature regulation. Wykeham Publications, London, Great Britain, 212.
- Rincker, M. J., G. M. Hill, J. E. Link y J. E. Rowntree. 2004. Effects of dietary iron supplementation on growth performance, hematological status, and whole-body mineral concentrations of nursery pigs. J. Anim. Sci. 82:3189–3197.
- Robredo, B, K. V. Singh, F. Baquero, B. E. Murray Y C. Torres. 2000. Vancomycin resistant enterococci isolated from animals and food. J. Food. Microbiol. 54:197-204.
- Roca, C. A. J. 2011. Efecto del estrés calórico en el bienestar animal, una revisión en tiempo de cambio climático. ESPAMCIENCIA. 2: 15-25.



- Rondón, A. J., Y. Ojito, F. G. Arteaga, M. Laurencio, G. Milián y Y. Pérez. 2013. Probiotic effect of *Lactobacillus salivarius* C 65 on productive and health indicators of lactating piglets. *J. Agric. Sci.* 47:401.
- Rueda, O., C Cuartas, J Naranjo, C Córdoba, E Murgueitio y H. Anzola. 2011. Comportamiento de variables climáticas durante estaciones secas y de lluvia, bajo influencia del ENSO 2009-2010 (El Niño) y 2010-2011 (La Niña) dentro y fuera de sistemas silvopastoriles intensivos en el Caribe seco de Colombia, *Rev. Colombiana Cien. Pec.* 24: 512.
- Sánchez, B., C. G. De Los Reyes-Gavilán, A. Margolles y M. Gueimonde. 2009. Probiotic fermented milks: present and future. *Int. J. Dairy Technol.* 62:472-483.
- Sevi, A., G Annicchiarico, M Albenzio, L Taibi, A Muscio, S Dell'Aquila. 2001. Effects of solar radiation and feeding time on behavior, immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.* 84: 629-640.
- Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 67: 1-18.
- Spears, J. W. 2000. Micronutrients and immune function in cattle. *Proc. Nutr. Soc.* 59: 587-594.
- Spolders, M. 2007. New Results of Trace Element Research in Cattle. In: *Proceedings of 13th International Conference on Production Diseases in Farm Animals*, Leipzig, Germany.
- Stott, G. H. 1981. What is animal stress and how is it measured. *J. Anim. Sci.* 52: 150-153.
- Teira, G., F. Perlo, P. Bonato y O. Tisocco. 2006. Calidad de carnes bovinas: Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia y Tecnología.* 17: 173-193
- Van Heugten, E., D. Funderburke y K. L. Dorton. 2003. Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. *J. Anim. Sci.* 81: 1004–1012.
- Vandergrift, K. J.; N. Wale and J. H. Epstein. 2011. An ecological and conservation perspective on advances in the applied virology of zoonosis. *Viruses.* 3: 379-397.
- Wichtel, J. 1998. A review of selenium deficiency in grazing ruminants. Part. 1 new roles for selenium in ruminant metabolism. *J. Vet.* 46:47-52.



Williams, P. E. V. 1991. New Development in nutrition for growth enhancement. *Pig. Vet. J.* 27:75.

Willmer, P., G. E. Stone y I. Johnston. 2000. *Environmental Physiology of Animals*. Wiley. Oxford, Blackwell Publishing. 615.

Yip, R. 1994. Iron deficiency: contemporary scientific issues and international programmatic approaches. *Am. J. Clin. Nutri.* 124:1479-1490.

Yu, B. P. 1996. Aging and oxidative stress: modulation by dietary restriction. *Free. Rad. Biol. Med.* 21: 651-668.



**ESTUDIO I. COMPORTAMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE
TORETES ENGORDADOS EN DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN EL
TRÓPICO SECO DE MICHOACÁN**

POR:

Nilda Ruiz, Carlos Rodríguez, Gabriela Corral, Alejandro Ramírez, Pablo
Mancillas, Alberto Flores, Oscar Ruiz

1 Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Parte de este experimento fue publicado en la revista Iberoamericana
de ciencias 1:(3): 127-131. Agosto- 2014.



RESUMEN

COMPORTAMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE TORETES ENGORDADOS EN DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN EL TRÓPICO SECO DE MICHOACÁN

POR:

M. C. NILDA ELENA RUÍZ HOLGUÍN

Doctor in Philosophia en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: D. Ph. Carlos Rodríguez Muela

El objetivo fue evaluar el comportamiento, salud y calidad de carne de toretes. Se utilizaron 80 toretes Brahman/Charoláis (BhXCh) y Brahman/PardoSuizo (BhXPs), se asignaron a dos sistemas de alimentación, silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC), cada sistema se subdividió por grupo racial. Se evaluó peso vivo (PV), biometría hemática (BH), minerales (CU, Zn, Mn), actividad antioxidante (AA), inmunoglobulinas (Ig) en sangre, largo, ancho de papilas ruminales, rendimiento de canal (RC), área del ojo de la costilla (AOC), espesor de grasa dorsal (EGD) y perfil de ácidos grasos. Se tomaron muestras sanguíneas y PV los días 0, 71, 132 y 195 y fueron transformados con logaritmos y analizados con PROC MIXED, los datos de calidad de carne y perfil de ácidos grasos se analizaron con PROC NPAR1WAY. El ganado del SC tuvieron mayor PV, eritrocitos, AGS, EGD y RC ($P < 0.05$). Mientras que en SSPi los neutrófilos, AOC, largo y ancho de papilas,



AGM y el Mn fueron mayores ($P < 0.05$). Hubo efecto en la interacción de grupo racial*sistema alimentación ya que los monocitos fueron más altos ($P < 0.05$) en los grupos BhXPs del SC y en BhXCh del SSPi. Se concluye que el sistema de alimentación, grupo racial tienen efecto en la salud, el bienestar y la calidad de la carne de bovinos. Los BhXPs desempeñan mejor en SSPi y los BhXCh en el SC. La salud ruminal, Perfil Ácidos Grasos y BH es mejor en el ganado del SSPi.



ABSTRACT

BEHAVIOUR, HEALTH AND QUALITY OF MEAT FROM YEARLING BULLS FATTENED WITH TWO FEEDING SYSTEMS IN DRY TROPIC MICHOACÁN

BY:

NILDA ELENA RUIZ HOLGUÍN

The objective was to evaluate the performance, health and quality of meat of yearling bulls. 80 young bulls were used Brahman/Charolais (BhXCh) and Brahman/PardoSuizo (BhXPs), they were assigned to two feeding systems, intensive silvopastoral (SSPI) and confinement (SC), each system was divided by racial group. Live weight (LW), hematic biometry (BH), minerals (Cu, Zn, Mn), antioxidant activity (AA), immunoglobulins (Ig), length, width of ruminal papillae, carcass yield (RC), rib eye area (REA), Fat thickness (FT) and fatty acid profile. Blood samples and LW were taken each 0, 71, 132 and 195 days. Data were transformed with logarithms and analyzed with PROC MIXED. Meat quality and fatty acid profiles were analyzed using PROC NPAR1WAY. SC cattle had higher PV, erythrocytes, AGS, EGD and RC ($P < 0.05$). While in SSPI; neutrophils, REA, length and width of papillae, AGM and Mn were higher ($P < 0.05$). There was interaction effect of racial group*feeding systems, monocytes were higher ($P < 0.05$) in groups BhXPs from SC and BhXCh from the SSPI. It is concluded that, the feeding system, racial group have an effect on health, welfare and quality of beef cattle. The BhXPs to perform better in SSPI and BhXCh in the SC. Rumen health, Fatty Acids and some BH parameters were better in the cattle from SSPI.



INTRODUCCIÓN

El cambio climático es una consecuencia de la inadecuada administración de los recursos naturales, lo que causa desequilibrio en los sistemas de producción. Esto ha obligado a que la obtención de alimento, para cubrir la demanda que existe de nutrientes de origen animal sea más difícil lo que lleva a que la población se alimente con productos altamente procesados de bajo valor nutricional ocasionando enfermedades como el sobrepeso y la obesidad (OMS, 2011).

Dado lo alarmante de estas afecciones algunos grupos de consumidores han modificado su estilo de vida y demandan alimentos saludables para su consumo (Hodges, 2003). Por ejemplo, los consumidores de carnes rojas buscan actualmente productos nutritivos, saludables y bajos en grasas saturadas (Muchenje *et al.*, 2009). Estas demandas se traducen en cambios en la ganadería bovina los cuales para mantener su vigencia en el mercado se ven en la necesidad de reorientar sus sistemas de engorda mediante el desarrollo de una producción sustentable (FAO, 2008).

En esta dinámica de producción se encuentran los productores del SSPi que actualmente desarrollan una ganadería sustentable, basada en el uso de forrajes verdes para la producción de carne y leche de calidad (Solorio y Flores, 2011). La carne que producen los bovinos que se engordan con dietas a base de forrajes verdes es benéfica para la salud, por su concentración de ácidos grasos mono y poliinsaturados (Orellana *et al.*, 2009).

Por otro lado también se busca que los animales en producción gocen de condiciones óptimas de bienestar ya que cuando están constantemente



expuesto a factores estresantes se puede generar el estrés calórico con el consecuente riesgo de que se presenten enfermedades y se tenga una baja producción (Hahn, 1999). Este estrés en los animales es generado principalmente por un mal manejo pero también por los cambios climáticos y degradación de los recursos naturales (Arias *et al.*, 2008).

Una de las formas que se pueden adoptar para mitigar los efectos del estrés ocasionado a los animales. Es mediante la utilización de sistemas silvopastoriles los cuales consisten en la interacción de árboles y animales, creando un microclima que ayuda y protege del calor a los animales evitando que entren en estrés (Molina *et al.*, 2007).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar y comparar el comportamiento, salud y la calidad de carne de toretes engordados en dos sistemas de alimentación en el trópico seco de Michoacán. Los resultados de esta investigación permitirán a los productores y nutriólogos pecuarios tomar una decisión que permita mejorar los rendimientos productivos de acuerdo al sistema de producción en engorda de toretes.



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Trabajo

El estudio de campo y la toma de muestras se desarrolló en el rancho escuela ubicado en el ejido la Concha, municipio de Apatzingán, Michoacán cuyas coordenadas geográficas son 19° 04' 22" N y 102° 26' 14" y una altitud de 255 m (Flores *et al.*, 2009).

El trabajo de laboratorio fue realizado en las instalaciones del laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., México, ubicada en las coordenadas 28° 35' 07" latitud norte y 106° 06' 23" longitud oeste, con una altitud de 1,517 (INAFED, 2008).

Descripción de los Animales y Tratamiento

Se utilizaron 80 toretes de dos grupos raciales BrahmanxCharoláis (BhXCh) y BrahmanxPardo Suizo (BhXPs) con un peso inicial de 190±10 kg. Los tratamientos utilizados fueron dos sistemas de alimentación: el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) y el sistema de confinamiento (SC).

Los toretes se asignaron aleatoriamente a cada sistemas de alimentación haciendo un total de 40 animales en cada sistema, los cuales dentro del sistema se subdividieron en dos grupos de 20 toretes cada uno, para observar el efecto del sistema de alimentación en un grupo de toretes cebuinos con charoláis y otro grupo de toretes encastados de cebú con suizo.

El SSPi consistió en la alimentación a base de forraje a libre acceso, compuesto por una fuente proteica que fue la leucaena (*Leucaena leucocephala*); y una energética como el pasto tanzania (*Panicum maximum*) y el estrella



africana (*Cynodon plectostachyus*). El SC consistió de alimentación con un 70 % de concentrado (14.6 % PC) y 30 % rastrojo de maíz (6.5 % PC). Las rutinas de manejo del pastoreo y la alimentación en corral se realizaron tal como lo mencionaron Ayala *et al.* (2013). Previo al inicio de estudio los animales fueron pesados e identificados con aretes plásticos, vacunados y desparasitados.

Toma de Muestras Sanguíneas y de Carne

Los toretes fueron pesados individualmente en básculas electrónicas y se les tomo muestra de sangre los días 0, 71, 132 y 195 después de iniciado el estudio, en el Cuadro 4 se muestran las condiciones medioambientales del sitio de muestreo. Las muestras de sangre se tomaron por punción directa de la vena yugular antes de que recibieran la dieta durante la mañana.

Cuando los animales alcanzaron un peso cercano a los 450 kg fueron trasladados del rancho escuela ubicado en el ejido la Concha para su sacrificio. Después del sacrificio, las medias canales se cortaron en cuartos a la altura de la 12^a y 13^a costilla y se refrigeraron a 6 °C por 48 h. después de la refrigeración se tomó una muestra del músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12a y 13a costilla (Ld12).

Variables Evaluadas

Peso vivo (PV). Los toretes fueron pesados individualmente los días 0, 71, 132 y 195 del estudio, utilizando una báscula electrónica marca Challenger[®] con capacidad de 1500 kg.

Actividad antioxidante (AA). Para la medición se colectó la muestra en un tubo Vacutainer[®] (EDTA con anticoagulante). Luego fueron centrifugadas a 3500 xg por 10 min a 4 °C, el plasma se decantó en tubos de 10 ml,



Cuadro 4. Temperatura, humedad relativa y precipitación en los meses en que se hicieron los muestreos

Días de muestreo	Mes	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Precipitación (mm)
0	Abril	39	60	15
71	Junio	41	52	120
132	Agosto	40	70	150
195	Octubre	39	69	100

Ayala *et al.* (2013)



previamente rotulados, posteriormente se congelaron a -20°C hasta el momento de cuantificar AA. La variable AA se analizó con el procedimiento desarrollado por Benzie y Strain (1996). Dicha esta técnica se realiza por colorimetría, las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro Junior® II Coleman modelo 6/20 a una absorbancia de 593 nanómetros (nm).

Biometría hemática (BH). Para analizar biometría hemática en toretes las muestras se colectaron en un tubo Vacutainer® (EDTA). Se determinaron diferentes componentes sanguíneos en cantidad, porcentaje y peso, siendo los siguientes: Leucocitos (Leu), Neutrófilo (Neu), Linfocitos (Lin), Células mixtas (Cm), Eritrocitos (Er), Hemoglobina (Hem), Hematocrito (Hto), Volumen corpuscular medio (VCM), Hemoglobina corpuscular medio (HCM), Concentración de hemoglobina corpuscular medio (CHCM) y Plaquetas (Pq). Las muestras para BH se enviaron a un Laboratorio de análisis Clínico de la ciudad de Morelia, Mich., donde se realizó su análisis.

Inmunoglobulinas (Ig). Su determinación se hizo en el suero sanguíneo y consistió en agregar alrededor de tres gotitas de la muestra en el prisma del Refractómetro Clin (Schuco 5711-2021), taparla con el cubre objetos y mirar a través del ocular del instrumento, en donde se observa una franja de color azul que indica los °Brix que contiene la muestra (Leyton, 2007).

Minerales en suero sanguíneo. Para la medición de Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) y Cobre (Cu) en los toretes se colectaron dos tubos Vacutainer® para suero, en cada muestreo. Las muestras obtenidas fueron centrifugadas a 3500 xg durante 10 min a 4°C para extraer el suero sanguíneo.



El sobrenadante se colectó en tubos de 10 ml previamente rotulados y posteriormente se congelaron a -20°C hasta realizar su análisis.

Al momento de su medición, se descongelaron en refrigeración a 4°C y se tomaron submuestras de 2 ml para cada mineral (Zn, Mn y Cu) en tubos (BD Falcon) de 5 ml adicionándole ácido tricloroacético (ATCA) al 20 % (1 ml ATCA: 1 ml de suero), se homogenizó en vórtice (Vortex Genie II) por 10 seg para después centrifugar a 3500 xg durante 10 min a 4°C para obtener un sobrenadante desproteinizado. La cantidad de sobrenadante se diluyó con agua destilada en la misma proporción (1:1).

El análisis fue realizado con estándares preparados con glicerol para mantener las características de viscosidad de las muestras diluidas. Las soluciones de trabajo de los estándares fueron preparadas un día antes de analizar las muestras. Todas las muestras fueron analizadas por medio de espectrofotometría de absorción atómica (Analyst 200, Perkin-Elmer instruments), siguiendo las recomendaciones de Makino y Takahara (1981).

Rendimiento de canal (RC). Se determinó mediante la división del peso de la canal caliente y el peso vivo del animal y se multiplicó por 100.

Espesor de grasa dorsal (EGD). Se determinó en el mismo corte que el AOC, en un ángulo de 45° respecto al eje del musculo y la medición se registró en mm tal como lo indica Smith (1982).

Área del ojo de la costilla (AOC). Para la medición de esta variable se empleó una plantilla cuadriculada de decimas de pulgada la cual se colocó sobre la superficie del lomo a la altura de la 12^a y 13^a costilla para exponer al músculo *Longissimus Dorsi* (Smith, 1982).



Perfil de ácidos grasos. Se realizó la extracción de grasa por el método en frío de Bligh y Dyer (1959) y la esterificación de los ácidos grasos por el método del AOAC (1997). La preparación de las muestras se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Para la identificación de los ácidos grasos las muestras fueron enviadas al laboratorio de alimentos del Centro de Investigación Alimentación y Desarrollo campus Hermosillo (CIAD SONORA) para ser inyectadas en un cromatógrafo de gases masas.

Largo y ancho de papilas ruminales (LP y AP). Para determinar estas variables se tomaron cuatro muestras de tejido ruminal de cada animal (Lesmeister *et al.*, 2004). Para tomar las muestras se hizo una disección de tejido en el lado derecho del rumen, la muestra uno se tomó de la parte caudal, la muestra dos de la parte ventral caudal, la muestra tres de la parte dorsal craneal y la muestra cuatro se obtuvo de la parte ventral craneal del rumen, cada una con una medida de 4 cm aproximadamente.

Posterior a la toma de muestras se procedió a eliminar los residuos de contenido ruminal con agua, luego se colocaron en un frasco con formol al 18% para su conservación. Al momento de medir las dimensiones de las papilas las muestras se cortaron en tres partes y de cada parte se eligieron tres papilas al azar para medirlas con un vernier (SURTEK®) las cuales se registraron en milímetros.

Análisis Estadístico

Los datos de PV, BH, minerales e inmunoglobulinas fueron analizados utilizando un modelo factorial 2 x 2 en un diseño de parcelas divididas



completamente al azar. Los datos fueron transformados con logaritmos, luego se analizaron con el procedimiento MIXED del paquete SAS® (SAS, 2006).

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + R_j + S \cdot R_{(ij)} + \text{Ind}_k (S_i \cdot R_j) + D_k + S \cdot D_{(ik)} + R \cdot D_{(jk)} + S_i \cdot R_j \cdot D_k + E_{ijkl},$$

donde:

Y_{ijkl} es la variable respuesta,

μ es la media general,

S_i efecto del i-ésimo sistema,

R_j efecto de la j-ésimo grupo racial,

$S \cdot R_{(ij)}$ efecto de la interacción del i-ésimo sistema con la j-ésimo grupo racial,

D_k efecto del k-ésimo día de muestreo,

$S \cdot D_{(ik)}$ efecto de la interacción del i-ésimo sistema con el k-ésimo día de muestreo,

$R \cdot D_{(jk)}$ Efecto del j-ésimo grupo racial con el k-ésimo día de muestreo,

$\text{Ind}_k (S_i \cdot R_j)$ efecto del termino de error para probar los efectos de la parcela principal,

$S_i \cdot R_j \cdot D_k$ Efecto de la interacción del i-ésimo sistema con el j-ésimo grupo racial y el k-ésima día de muestreo,

e_{ijkl} efecto aleatorio del término del error.

Para las variables RC, AOC, EGD, perfil de ácidos grasos y papilas ruminales los datos se agruparon en tratamientos, donde el T1: SC-BhXCh, T2: SC-BhXPS, T3: SSPi-BhXCh, T4: SSPi-BhXPs. Para el análisis se utilizó un modelo completamente al azar con cuatro tratamientos, luego los datos fueron



analizados con el PROC NPAR1WAY del paquete SAS (SAS, 2006), la mediana se calculó mediante el PROC SORT y la separación de medias se hizo utilizando la prueba de U-Demmann Whitney del programa SPSS versión 20.

$$Y_i = \mu + T_i + E_i,$$

donde:

Y_{ijk} es la variable respuesta,

μ es la media general,

T_i efecto del i-ésimo tratamiento,

e_{ijk} efecto aleatorio del término del error.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

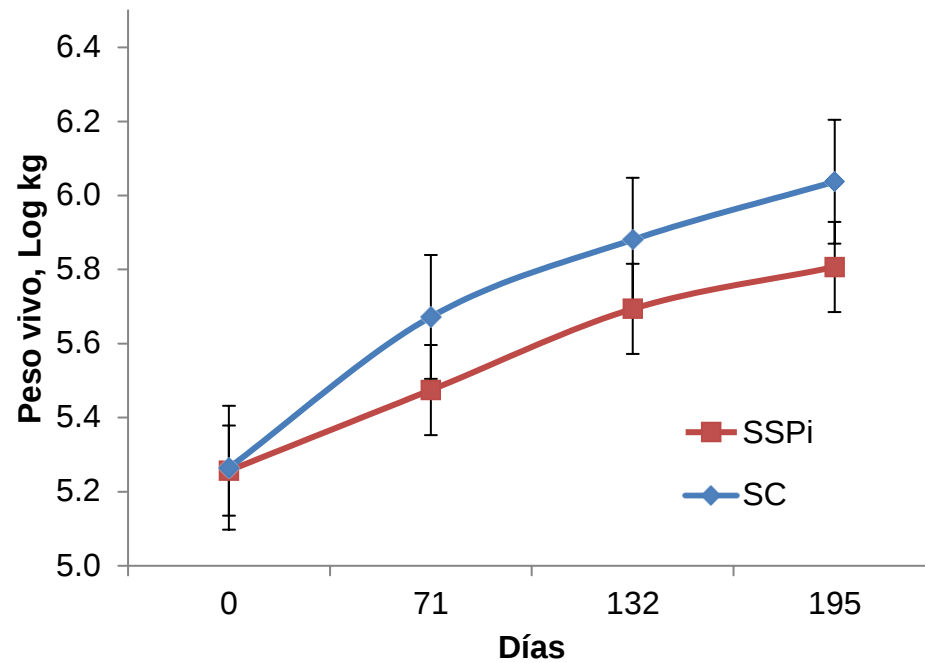
Peso Vivo (PV)

El peso vivo de los animales en SC fue mayor ($P<0.05$) que el SSPi (Gráfica 1), lo cual concuerda con los resultados reportados por, Hernández *et al.* (2009) quienes obtuvieron en los animales en confinamiento pesos más altos y en menos tiempo comparado con los toretes sometidos a pastoreo los cuales fueron sacrificados 162 y 381 días después. El crecimiento y desarrollo de los animales en pastoreo se puede ver frenado debido a que no se cubrió los requerimientos adecuados de energía, por tanto el peso al sacrificio lo alcanzan en un mayor tiempo (Hernández *et al.*, 2009).

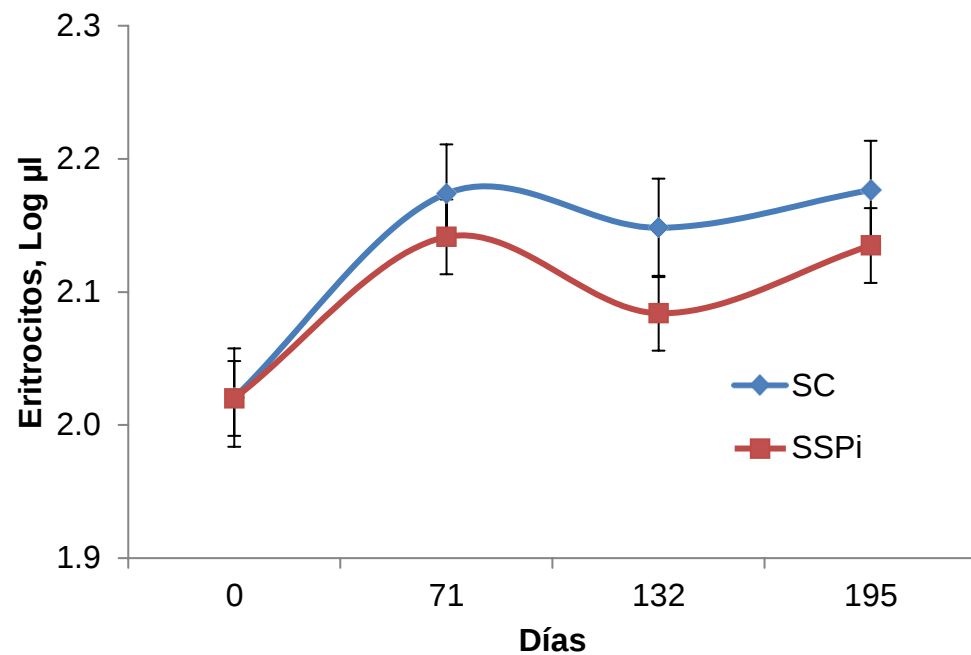
En otros estudios se reporta que en novillos Angus x Hereford en diferentes programas de pastoreo se obtuvo el mismo comportamiento, sin embargo, los animales que consumieron gramas nativas solamente incrementaron 11 kg durante 120 d; por el contrario, el grupo de animales que pastorearon una variedad mejorada de trigo, acumularon 160 kg en el mismo periodo de tiempo (Hersom *et al.*, 2004). Schroeder *et al.* (1987) mencionaron que un sistema de alimentación eficiente ayuda a obtener pesos óptimos al sacrificio en menor tiempo y además favorece la blandura y gustocidad de la carne.

Biometría Hemática (BH)

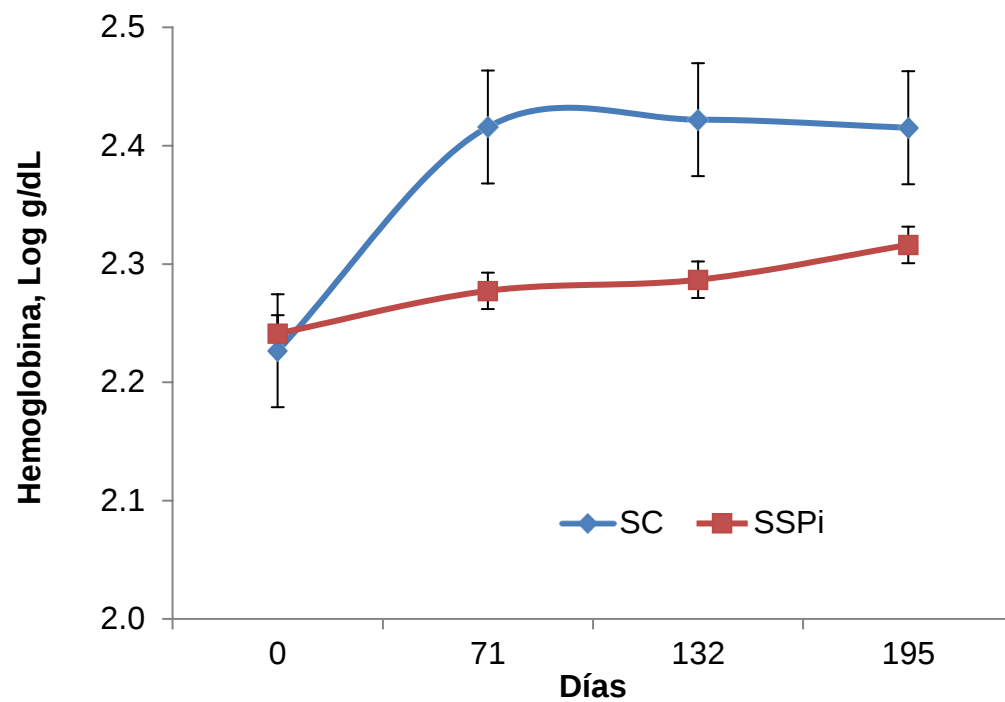
Glóbulos rojos. El contenido de eritrocitos presente en las muestras de los animales en SC fue mayor ($P<0.05$) que el de los animales en SSPi a partir del día 71 (Gráfica 2). Lo mismo ocurrió con las variables de hemoglobina (Gráfica 3), hematocrito (Gráfica 4), VCM (Gráfica 5), HCM y CMHG



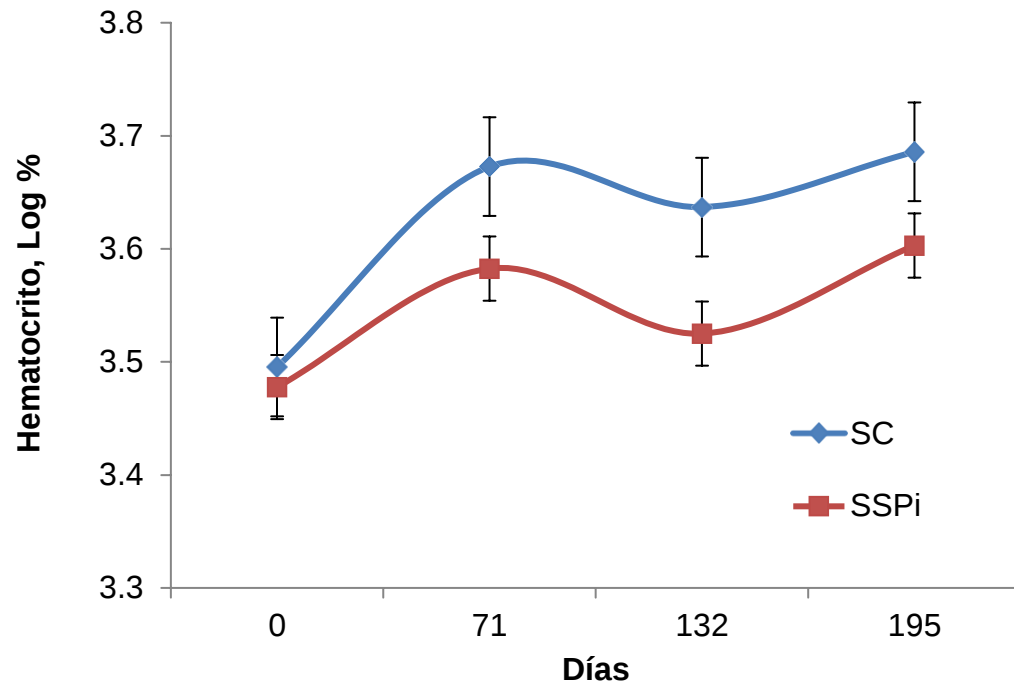
Gráfica 1. Logaritmos ($\pm$ EE) del peso vivo de toretes engordados en dos sistemas de alimentación silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC) en el trópico seco de Michoacán.



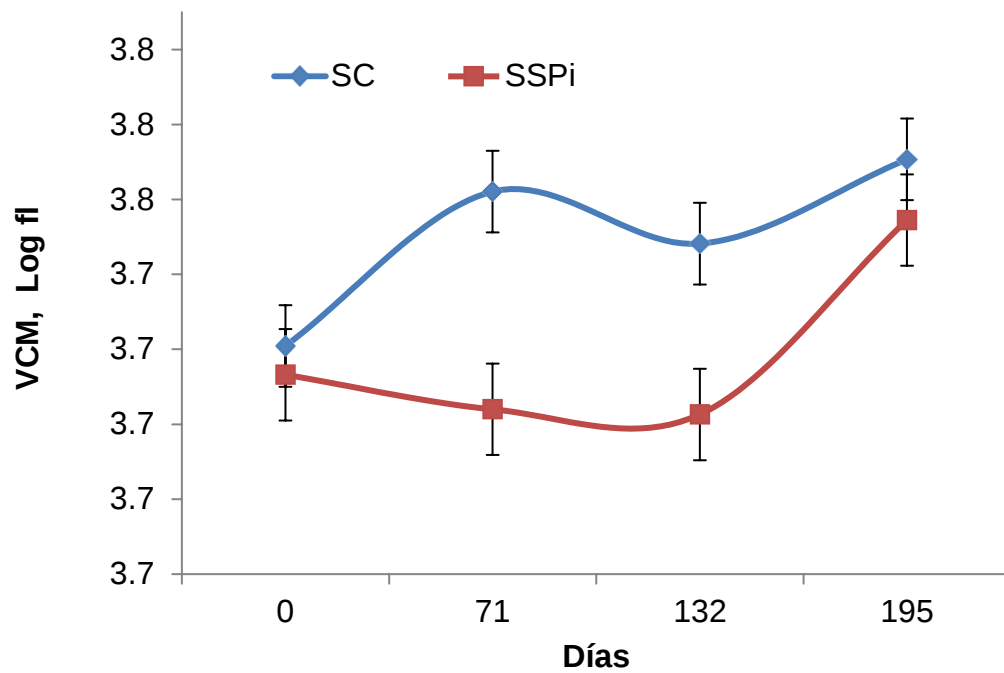
Gráfica 2. Logaritmos ($\pm$ EE) de eritrocitos en toretes engordados en dos sistemas de alimentación silvopastoril intensivo (SSPI) y confinamiento (SC) en el trópico seco de Michoacán.



Gráfica 3. Logaritmos ($\pm$ EE) de la hemoglobina en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).



Gráfica 4. Logaritmos ($\pm$ EE) porcentaje de hematocrito en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).



Gráfica 5. Logaritmos ($\pm$ EE) volumen corpuscular medio (VCM) en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).

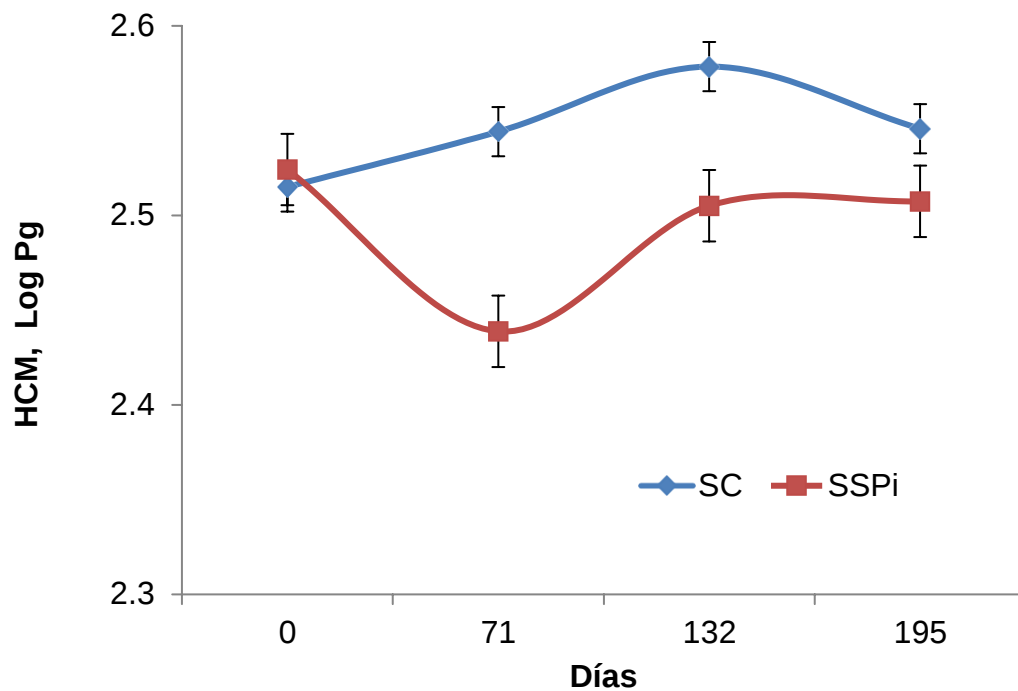


(Gráfica 6 y 7) en las cuales el SSPi registro valores mas bajos ($P < 0.05$) en comparación con el SC a partir del día 71. Esto sugiere que los animales en SSPi tuvieron una menor cantidad de hierro probablemente ocasionada por hemorragias causadas por garrapatas del género *Boophilus*, los cuales se observaron en el ganado del SSPi debido a un aumento en la temperatura y precipitación registradas el mes de junio (Cuadro 4). Estos parásitos ocasionan anemias por pérdidas de sangre y daños en la piel (Solorio y Rodríguez, 1997).

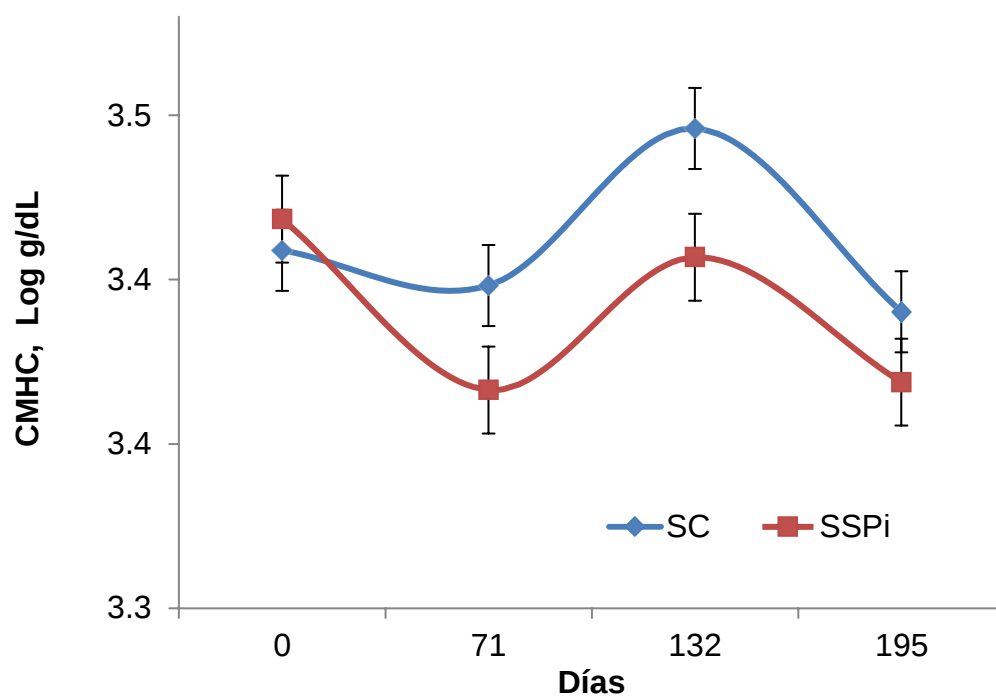
Cuando se tienen deficiencias de estos parámetros sanguíneos se puede asociar a problemas nutricionales, por una deficiencia de hierro debido a una ingesta menor a la requerida por el animal, problemas intestinales que limitan su absorción o pérdidas excesivas en heces (Quiros y Bouda, 2001). Las fallas nutricionales en bovinos han sido reconocidas como responsables de decrementos en el eritrograma, el cual representa un eficaz indicador del estado nutricional que predispone a infecciones parasitarias. (Barrios *et al.*, 2010).

En las zonas del trópico la presencia de parásitos hemotrópicos puede ser una causa para la prevalencia de anemias (Sánchez *et al.*, 2009). Sandoval *et al.* (2005) mencionaron que se han determinado altas prevalencias a enfermedades parasitarias e infecciosas y que muchas de ellas conducen a procesos anémicos, los cuales son reconocidos cuando uno o más de los parámetros de los glóbulos rojos están por debajo de los niveles estimados fisiológicamente como normales, en consideración a su especie, edad y sexo.

Adicionalmente los estados anémicos son considerados como el principal hallazgo de ciertos procesos patológicos y aumenta considerablemente el riesgo a la intervención de otras enfermedades ya que se suprimen los



Gráfica 6. Logaritmos ($\pm$ EE) hemoglobina corpuscular media (HCM) en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).



Gráfica 7. Logaritmos ($\pm$ EE) concentración media de hemoglobina corpuscular (CMHC) en toretes engordados en el trópico seco de Michoacán bajo dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).

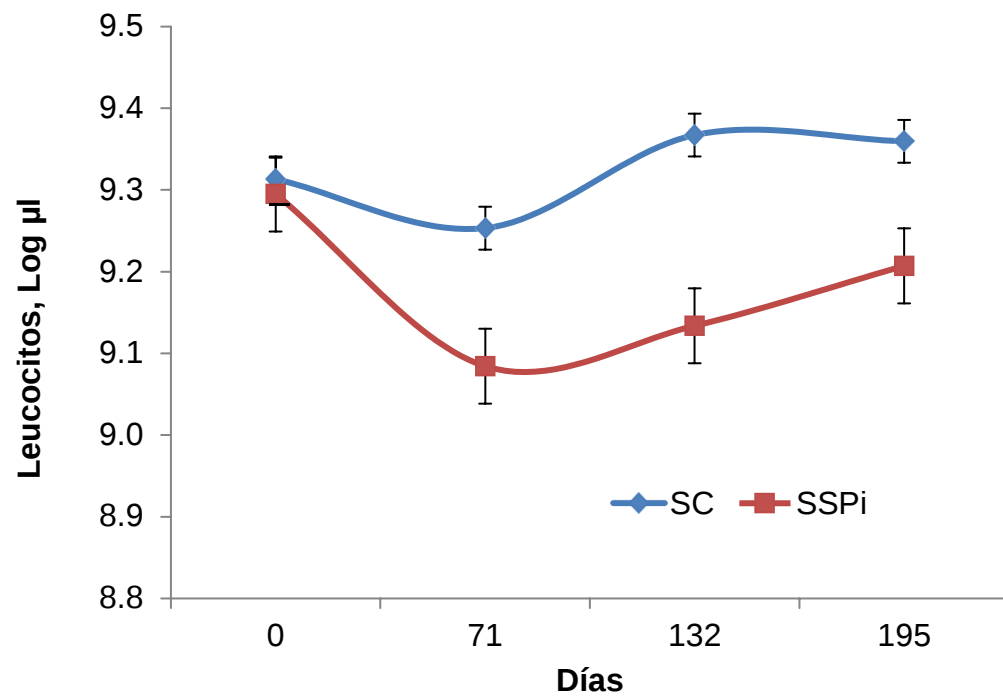


mecanismos inmunes (Walter *et al.*, 1997). Morales *et al.* (2002) sugirieron la presencia de anemia como un indicador de infecciones parasitarias lo que trae como consecuencias efectos sobre el rendimiento productivo de los animales (Forchetti *et al.*, 2006). En las áreas tropicales se ha observado que las deficiencias de cobalto y cobre edáfico con frecuencia ocasionan disminución en los valores de eritrocitos y hematocrito en rumiantes en pastoreo, como consecuencia a los bajos niveles en suelos (Roldan *et al.*, 2005).

Glóbulos blancos. La cantidad de leucocitos presente en los animales engordados en el SC fue mayor ($P < 0.05$) que la concentración encontrada en los animales en SSPi (Gráfica 8). Sin embargo, a partir del día 71 de muestreo, se observó una mayor cantidad de leucocitos en los animales del SSPi, esto probablemente por un cuadro de estrés provocado por las altas temperaturas y humedad relativa presentes en la región durante esos meses (Cuadro 4), además de las infestas de garrapatas moscas y mosquitos que si bien es cierto no se cuantificaron si se observó muy alta prevalencia.

Cuando hay estrés se producen altas cantidades de adrenalina lo que da como resultado una leucocitosis en los animales, la adrenalina también es la responsable de la neutrófilia y monocitosis que se producen en situaciones estresantes (Meyer y Harvey, 2000). Los glucocorticoides plasmáticos durante el estrés fisiológico, tienen una estrecha relación con el nivel de leucocitos, ya que esta hormona puede actuar incrementando el porcentaje de neutrófilos y disminuyendo el porcentaje de linfocitos (Blanco *et al.*, 2009).

En cuanto a la cantidad de neutrófilos, se observó un mayor ($P < 0.05$) porcentaje en los animales en SSPi en comparación con los animales en SC



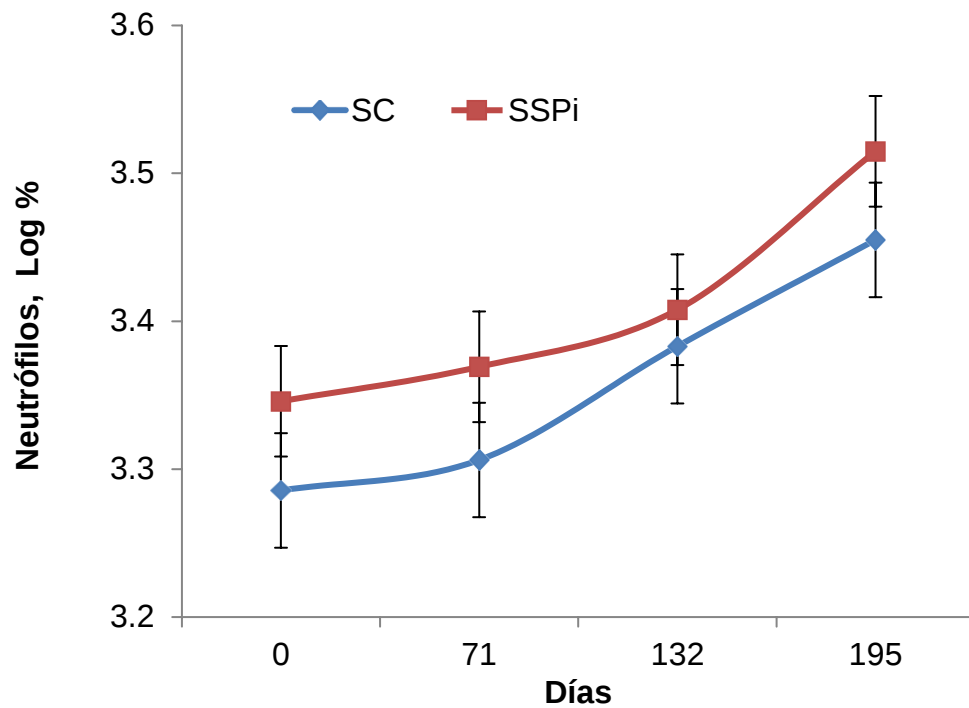
Gráfica 8. Logaritmos ($\pm$ EE) concentración de leucositos en toretes engordados en dos sistemas de alimentación silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.



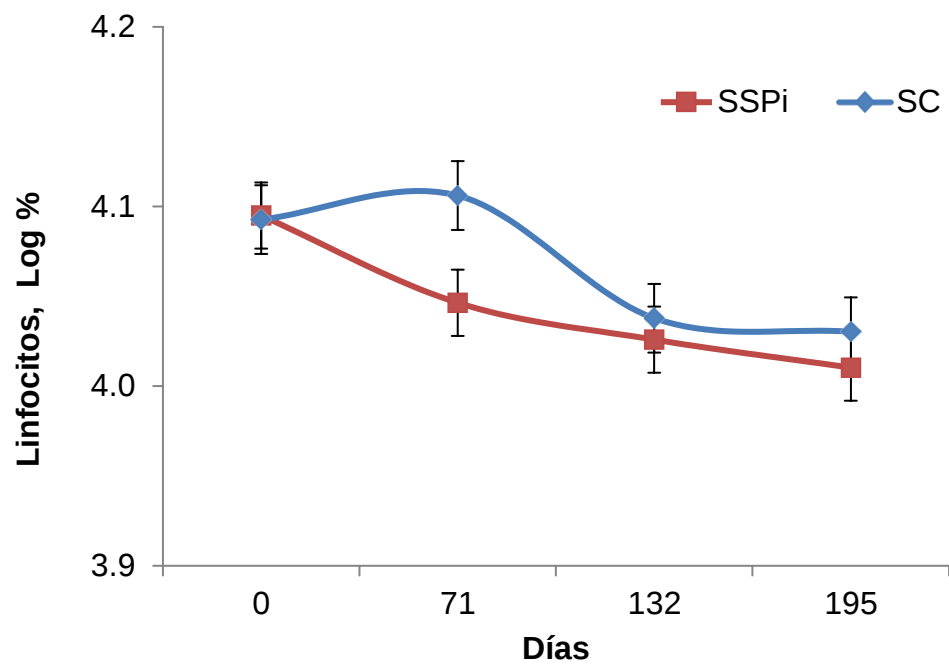
(Gráfica 9). Mientras que para el porcentaje de linfocitos fue menor ($P < 0.05$) en los animales en SSPi (Gráfica 10). Esto sugiere que los animales del SSPi estuvieron más expuestos a factores estresantes más que el clima y humedad, los detonantes del estrés pudieron ser los parásitos y el manejo del ganado durante el muestreo ya que estos se encontraban libres en el SSPi y tuvieron que ser sujetados para tomarles las muestras de sangre y ese manejo pudo desencadenar estrés y por consiguiente mayor producción de cortisol.

Los neutrófilos son fagocitos primarios que proliferan en la circulación como respuesta a infecciones, inflamaciones y al estrés. Por otra parte, los linfocitos tienen una variedad de funciones inmunológicas, como la producción de inmunoglobulinas y la modulación de la respuesta inmune (Buckham *et al.*, 2008). Blanco *et al.* (2009) publicaron que animales sometidos a estrés producen altas cantidades de glucocorticoides los cuales actúan incrementando el número y el porcentaje de neutrófilos (neutrófilia), mientras que decrecen los linfocitos (linfopenia o linfocitopenia). Teniendo en cuenta que el porcentaje de estos parámetros sanguíneos son afectados por el estrés en dirección opuesta, se utiliza la relación neutrófilos/ linfocitos como una medida complementaria a la respuesta del estrés, siendo relacionada con la magnitud del factor estresante y la concentración de glucocorticoides producidos por el organismo (Stockman *et al.*, 2011).

Como respuesta al incremento en la producción de glucocorticoides durante el estrés, los linfocitos circulantes se adhieren a las células endoteliales que cubren las paredes de los vasos sanguíneos posteriormente, pasan de la circulación y otros tejidos como los ganglios linfáticos, médula ósea, bazo y piel,



Gráfica 9. Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de neutrófilos en toretes engordados en dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).



Gráfica 10. Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de linfocitos en toretes engordados en dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC).

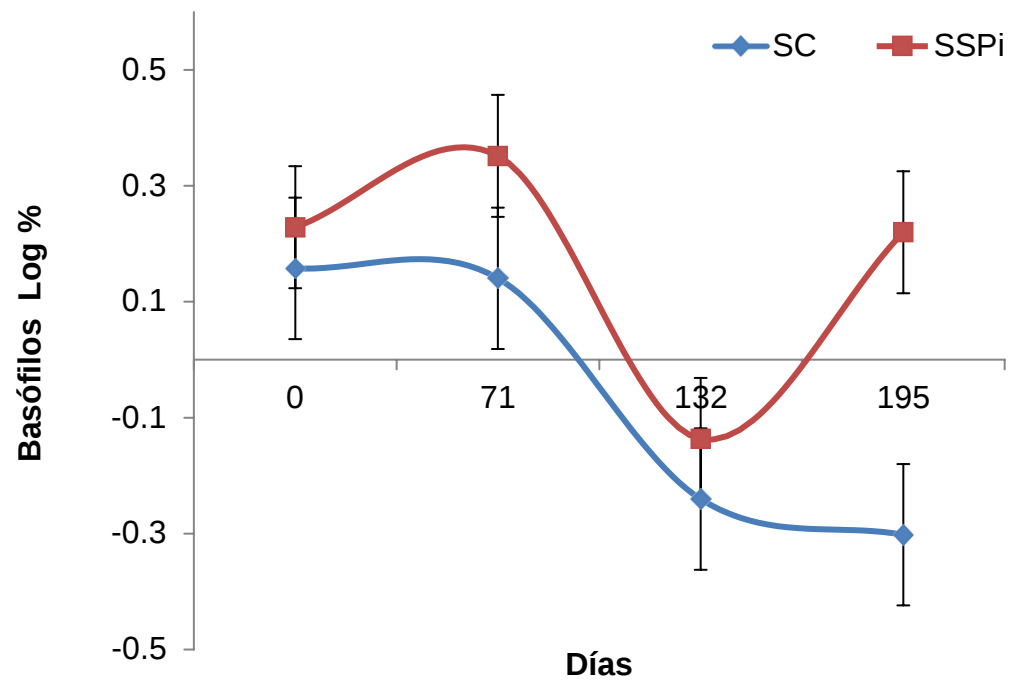


donde son secuestrados, produciendo por lo tanto una reducción del número de linfocitos circulantes (linfopenia). Así mismo, los glucocorticoides estimulan el flujo de neutrófilos desde la médula ósea hacia la sangre y atenúan el paso de estos hacia otros compartimentos, generando neutrófilia, que consiste en un incremento de los neutrófilos maduros e inmaduros en la circulación sanguínea (Buckham *et al.*, 2008). Estos cambios aseguran que los diferentes tipos de células sean dirigidas a los tejidos donde se requieran durante el estrés (Davis *et al.*, 2008).

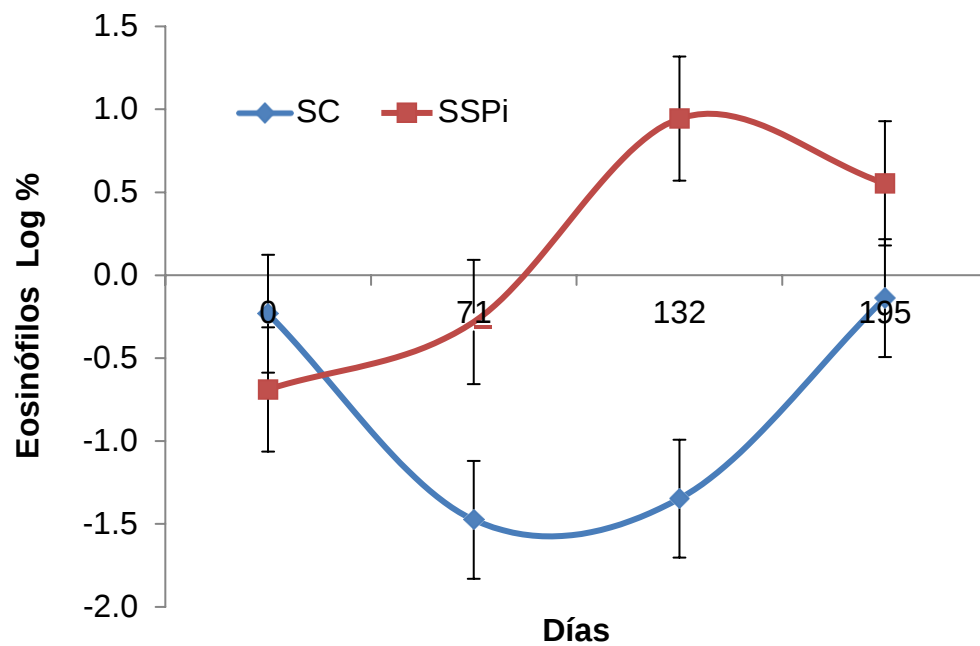
La concentración de basófilos y eosinófilos fue mayor ($P < 0.05$) en el SSPi en comparación con los animales en el SC (Gráfica 11 y 12). Este incremento en el porcentaje de eosinófilos y basófilos nos indica una reacción del animal a enfermedades parasitarias, lo cual se relaciona con la infesta de garrapatas a la cual estuvieron sometidos los animales del SSPi.

Frick (1978) reportó que las garrapatas son capaces de liberar sustancias con actividad farmacológica que alteran el sistema del complemento y la coagulación. Al activarse el sistema de complemento se libera sustancias que se unen a células cebadas y provocan liberación de histamina y factores quimiotácticos de eosinófilos. Cuando hay cantidades altas de histamina se activan los eosinófilos los cuales tienen como función principal hidrolizar la histamina y regular la respuesta alérgica (Brito *et al.*, 2003).

El aumento de basófilos se puede dar debido a que los animales entraron en contacto con el parásito y empiezan el reconocimiento de los inmunógenos salivales inducidos por el parásito al momento de la mordida. Este inmunógeno es reconocido por los linfocitos provocando que se genere una



Gráfica 11. Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de basófilos en toretes engordados en dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.



Gráfica 12. Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de eosinófilos en toretes engordados en dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC) , en el trópico seco de Michoacán.

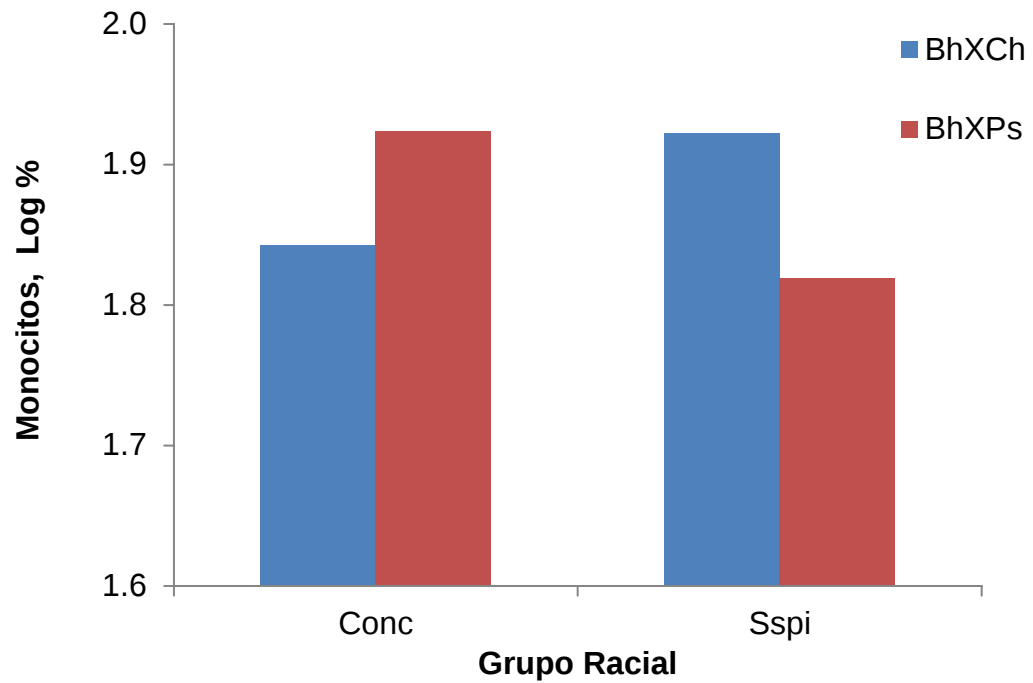


respuesta celular y una de hipersensibilidad cutánea por infiltración de basófilos (Mossman y Coffman, 1989).

Por otra parte el aumento en el día 195 de los animales en SSPi se pudiera relacionar con una reinfestación de garrapatas, las cuales al morder al animal inducen inmunógenos en la saliva lo que ocasiona una reacción de los basófilos (Wikel, 1981). Schleger *et al.* (1976) reportaron que en animales resistentes, los basófilos son atraídos al sitio de unión de la garrapata por los linfocitos T, de modo que al llegar los basófilos al sitio de la picadura liberan heparina, serotonina e histamina, esta última junto con los basófilos atraen a los eosinófilos.

Para el porcentaje de monocitos se encontró diferencia ($P < 0.05$) entre grupo racial observándose valores más altos para los animales del grupo racial BhXPs en el SC y para los toretes de la craza BhXCh en el SSPi (Gráfica 13). Esto sugiere que los animales mencionados anteriormente presentaron mayor ($P < 0.05$) estrés, el cual puede atribuirse a las condiciones ambientales, parásitos externos en la región y alimentación. Esto quiere decir que el ganado BHXP está menos adaptado a las condiciones de engorda en corral. Tanaka *et al.* (2008) publicaron que la cantidad de monocitos aumenta en condiciones de estrés elevadas, debido a la producción de radicales libres y especies reactivas de oxígeno cuando los animales están sometidos a estrés.

Plaquetas La cantidad de plaquetas fue diferente ($P < 0.05$) entre día de muestreo, para los dos sistemas, se observó que los días 71 y 132 de muestreo los animales tuvieron menor cantidad de plaquetas (Cuadro 5). Esta disminución en la cantidad de plaquetas los días 71 y 132 puede ser debido al



Gráfica 13. Logaritmos ($\pm$ EE) del porcentaje de monocitos en toretes de dos grupos raciales BrahmanXPardo suizo (BhXPs) y BrahmanXCharolais (BhXCh), engordados en dos sistemas de alimentacion silvopastoril intensivo (SSPi) y confinamiento (SC).



Cuadro 5. Logaritmos ($\pm$ EE) de las variables de plaquetas y VPM determinadas a toretes en dos sistemas de alimentación en el trópico

Variables	Sistema	Día			
		0	71	132	195
Plaquetas	SC	5.66 $\pm$ 0.08 ^b	5.58 $\pm$ 0.08 ^b	5.32 $\pm$ 0.08 ^c	5.74 $\pm$ 0.09 ^a
	SSPi	5.82 $\pm$ 0.08 ^a	5.41 $\pm$ 0.08 ^c	5.54 $\pm$ 0.08 ^b	5.63 $\pm$ 0.08 ^b
VPM	SC	1.53 $\pm$ 0.03	1.52 $\pm$ 0.03	1.55 $\pm$ 0.03	1.54 $\pm$ 0.03
	SSPi	1.52 $\pm$ 0.03	1.53 $\pm$ 0.03	1.54 $\pm$ 0.03	1.55 $\pm$ 0.03

^{a,b,c}. Datos con diferente literal entre columnas, muestran diferencia ($P < 0.05$) entre día de muestreo.

SC.- Sistema de confinamiento; SSPi.- Sistema silvopastoril intensivo; VPM.- Volumen plaquetario medio

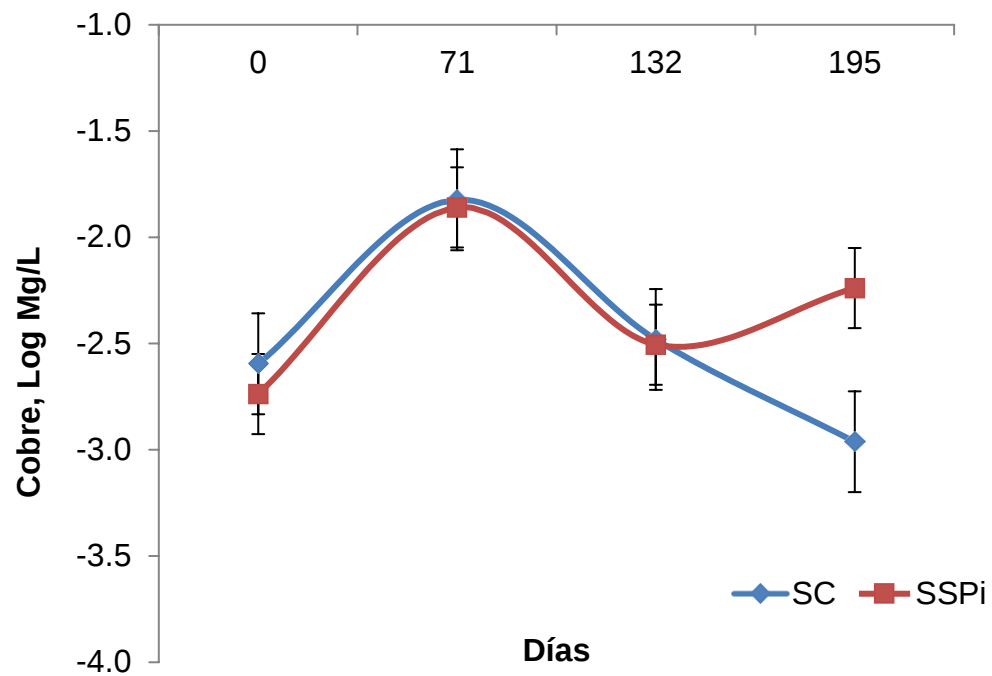


incremento registrado en el porcentaje de leucocitos. Aiello y Mays (2000) mencionaron que la disminución en la producción de plaquetas puede deberse a fármacos, toxinas y en algunos casos a la actividad inmunológica debido a la producción de anticuerpos que se pueden unir a la superficie de las mismas. Para la cantidad de VPM no se observó diferencia significativa ($P>0.05$).

Concentración de Minerales en Suero Sanguíneo de Toretes

Cobre (Cu). La concentración de Cu en los dos sistemas estuvo dentro de los límites normales para bovinos. Las concentraciones para los dos sistemas fueron muy similares, aunque el día 71 de muestreo se registró en ambos sistemas un aumento de la concentración, mismo que para el día 132 decreció y finalmente en el día 195 fue donde se tuvo una diferencia ($P<0.05$), ya que los niveles de Cu en los animales del SSPi aumentaron mientras que la concentración en los animales del SC continuo disminuyendo (Gráfica 14).

La disminución en las concentraciones de Cu el día 132 en los animales puede ser debido a que la humedad y temperatura promedio registrada en el sitio de muestreo ese día fue muy elevada lo cual ocasiono que los animales estuvieran sometidos a factores estresantes relacionados al calor lo que ocasiona la producción de enzimas antioxidantes. Para contrarrestar el efecto ya que el Cu es un elemento traza esencial en los procesos de respuesta inmune, juega un rol de cofactor para muchas enzimas antioxidantes por lo que puede realizar funciones en el sistema inmune (Castillo *et al.*, 2012). Suttle y McMurray (1983) reportaron que cuando hay menos concentraciones de cobre en la sangre es debido a la incorporación del mismo a la enzima superóxido dismutasa (SOD) de los glóbulos rojos durante la hematopoyesis.



Gráfica 14.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de cobre en toretes engordados en dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.

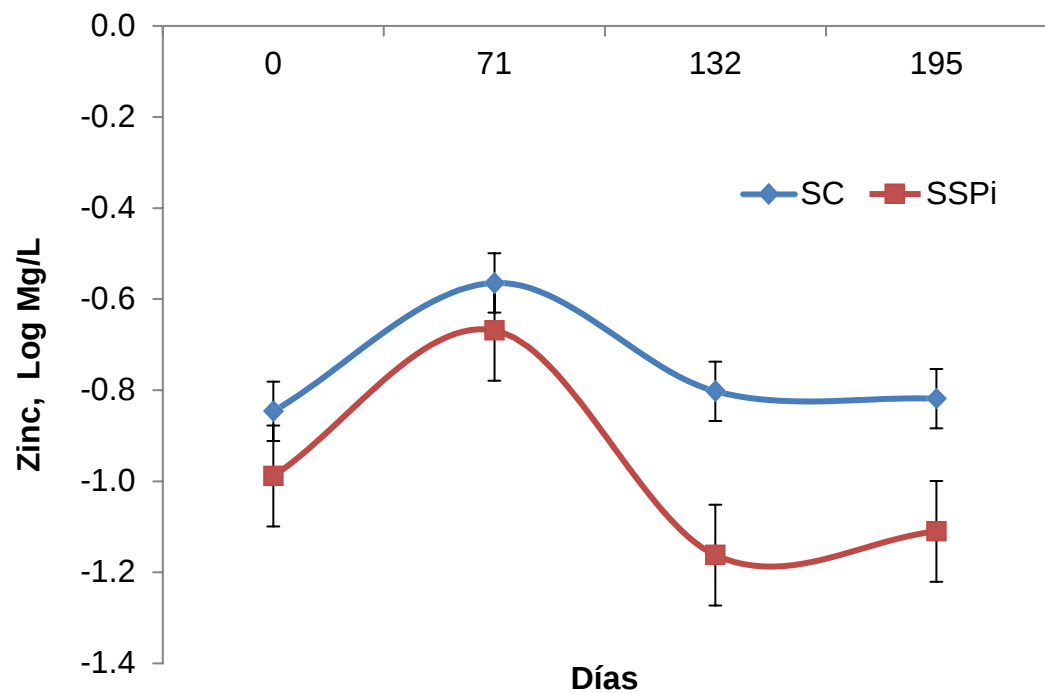


Zinc (Zn). La concentración más baja ($P<0.05$) se presentó en el SSPi en comparación con en SC, pero en el día 132 del muestreo se registró una baja en las concentraciones para ambos sistemas (Gráfica 15). Este decremento de zinc encontrada en el SSPi, al igual que la disminución observada el día 132 en el SC, se puede relacionar con los problemas de parásitos y estrés por factores ambientales presentes en el SSPi y con los problemas de acidosis que afectaron los animales en SC, los cuales fueron mencionados en el reporte técnico veterinario descrito por Ayala (2013).

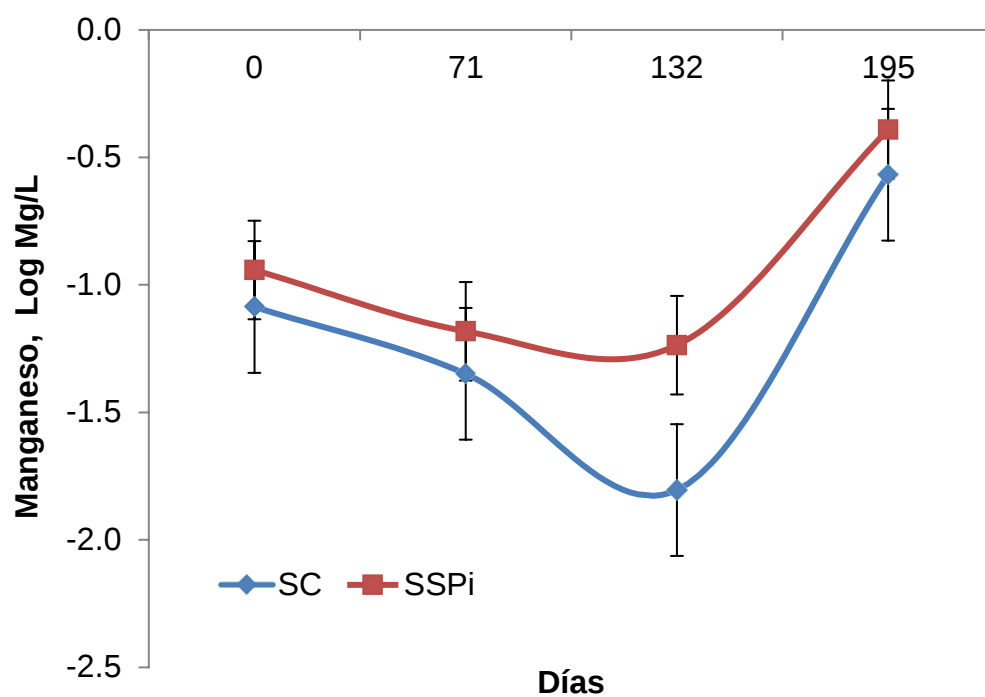
Al igual que el Cu el Zc también forma parte de enzimas antioxidantes. Dorado y Rugerio (2003) publicaron que cuando un organismo está expuesto constantemente a concentraciones elevadas de radicales libres (RL) se genera un aumento en la actividad antioxidante, donde una de las líneas de defensa es la producción de SOD dependiente de Zn.

En estudios realizados en corderos se reportó que cuando existe una deficiencia en la concentración de zinc se disminuye el porcentaje de linfocitos e incrementa la cantidad de los neutrófilos en la circulación sanguínea (Spears, 2000). Cerone *et al.* (2000) reportaron que una deficiencia de Zinc y Cobre provoca en bovinos atrofia del bazo, timo, linfopenia, monocitosis, disminución de la capacidad fagocítica de los neutrófilos, afecta las células T y B y por tanto la producción de anticuerpos.

Manganeso (Mn). La menor ($P<0.05$) concentración de manganeso se presentó en el SC, siendo más notoria el día 132 de muestreo, en este día se observó una disminución para los dos sistemas y el día 195 de muestreo un aumento en las cantidades de Mn también para ambos sistemas (Gráfica 16).



Gráfica 15.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de zinc en toretes de dos grupos raciales BhXPs y BhXCh, engordados en dos sistemas de alimentación sistema silvopastoril (SSPi) y sistema de confinamiento (SC).



Gráfica 16.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de manganeso en toretes de dos grupos raciales BhXPs y BhXCh, engordados en dos sistemas de alimentación sistema silvopastoril (SSPi) y sistema de confinamiento (SC).



Los resultados obtenidos en cuanto a esta variable nos sugieren que los animales en SC estuvieron más estresados que los del SSPi, por lo que el organismo tuvo la necesidad de producir más enzimas antioxidantes (SOD) para la captura de cantidades más elevadas de RL. Sin embargo, la disminución observada el día 132 en los dos sistemas se puede relacionar con la temperatura y humedad relativa de la región en la fecha que se realizó ese muestreo (Cuadro 4). De la misma forma que el Cu, el Zn y el Mn también participan como cofactores en la formación de enzimas antioxidantes lo cual garantiza su buen funcionamiento en la eliminación de RL (Lozada y García, 2009).

Planells *et al.* (1994) reportaron que las deficiencias de Mn también pueden ser ocasionadas por una disminución en la cantidad de Mg lo cual puede modificar indirectamente su absorción, otros cationes divalentes como el Cu, Ca y Zn también pueden ocasionar alteraciones de su disponibilidad. Estos mismos autores mencionan que otro factor que provoca disminución en la concentración de Mn está relacionado al incremento en la actividad metabólica en la medula ósea, como un mecanismo para incrementar la eritropoyesis e intentar compensar la hemólisis inducida por la deficiencia de Mg.

Otro evento fisiológico que pudiera explicar esta disminución es que el ganado estaba en crecimiento lo que implicó movilizar este mineral para la formación de cartílago y hueso, y esto puede explicar la disminución más marcada en los animales del SC ya que fueron los que crecieron y engordaron en menor tiempo. Church *et al.* (2010) mencionaron que el manganeso es un componente de los mucopolisacaridos de la matriz orgánica del hueso y los

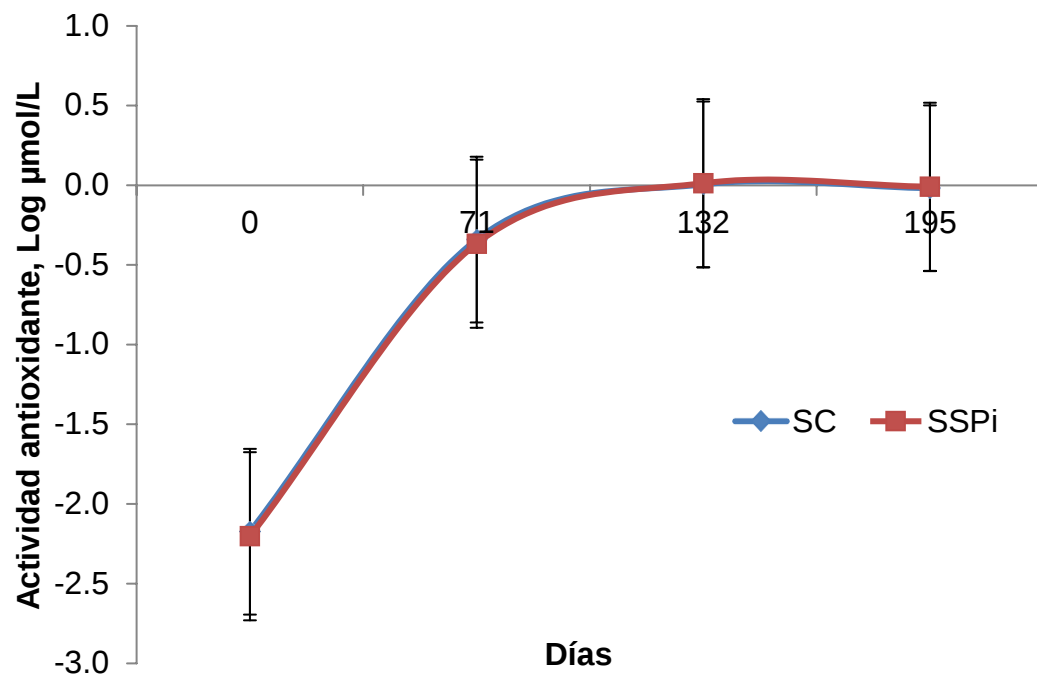


cartílago de animales en crecimiento y un componente de metaloenzimas como la SOD, por lo tanto, la combinación de los factores crecimiento y estrés afectaron el nivel de manganeso en suero.

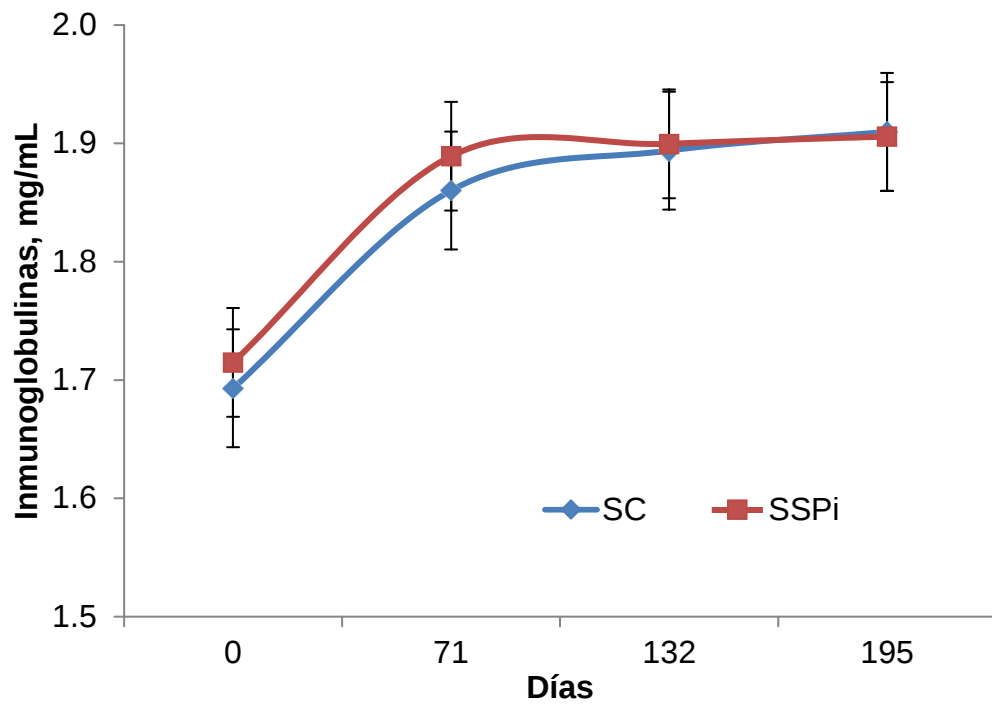
Actividad Antioxidante (AA) e Inmunoglobulinas (Ig)

La concentración de AA e Ig se tuvo efecto ($P < 0.05$) a través de los días de muestreo, se observó que a partir del día 71 las concentraciones en los dos indicadores empezaron a aumentar en los dos sistemas (Gráficas 17 y 18). Esto coincide con el aumento en la temperatura y humedad relativa en la zona donde se llevó a cabo el experimento, además de la infesta de garrapatas en los animales, lo que sugiere que si los animales empezaron a ser sometidos a factores medio ambientales extremos ocasiono que sus organismos entraran en estrés por calor estimulando así la producción de más especies reactivas de oxígeno (ROS) y RL (Takana *et al.*, 2008).

Por otra parte cuando hay un aumento en la cantidad de Ig nos indica la activación de inmunoglobulinas por antígenos o algún otro microorganismo patógeno (Devlin, 2004), en el caso de los animales en SSPi se encontró una mayor cantidad de Ig en comparación con los animales del SC, lo que puede estar relacionado con la infesta de garrapatas la cual fue más notoria en los toretes del SSPi. De Castro y Newson (1993) publicaron que al momento que un animal es infestado por la garrapata y empieza a tener contacto con la saliva del parásito se genera un estímulo de las células T para que se inicie la producción de Ig. Esta reacción se presenta de forma diferente entre grupos raciales siendo más intensa en animales cebuinos, la respuesta de las células T es de mayor intensidad lo que promueve una mayor producción de Ig en la



Gráfica 17.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la cantidad de Actividad antioxidante en toretes engordados en dos sistemas de alimentacion el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.



Gráfica 18.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de Ig toretes engordados en dos sistemas de alimentación el silvopastoril intensivo (SSPi) y el de confinamiento (SC), en el trópico seco de Michoacán.



sangre (Piper *et al.*, 2009) y esta concentración de Ig se mantiene en el tiempo lo que confiere inmunidad a los animales para futuras reinfestaciones (Kashino *et al.*, 2005).

Largo y Ancho de Papilas Ruminales

Para el largo y ancho de papilas ruminales se observó que los animales engordados en SSPi tuvieron papilas mas largas y anchas ($P < 0.05$) en comparacion con los animales en SC (Cuadro 6). En los toretes del SC se observaron papilas mas cortas y angostas las cuales presentaban un color negro resultado de acidosis ruminal ocasionada por el consumo de altas cantidades de concentrados.

Este resultado indica que las condiciones del rumen de los animales alimentados en el SSPi fueron mejores, no solamente por la disponibilidad del alimento sino también por el tipo de AGV's que aquí se produce y porque hay una mejor absorción de los nutrientes. La apariencia de las papilas ruminales de los animales de SC se observó que estas estaban queratinizadas y en consecuencia presentaban una menor superficie de absorción lo que hace suponer que los animales en confinamiento tenían un deficiente bienestar animal ocasionado por una acidosis ruminal.

Al analizar el ancho y largo de papilas en el tejido ruminal de los grupos raciales no se encontro diferencia para los grupos en el SSPi. Sin embargo, al hacer esta comparacion en el SC se encontró que los animales de grupo racial BhXPs tuvieron papilas más largas y anchas que los animales de la craza BhXCh, esto nos indica que dependiendo del sistema de producción que se utilice, hay grupos raciales que pueden adaptarse mejor a las condiciones de



Cuadro 6. Largo y ancho de papilas ruminales determinadas en toretes de dos grupos raciales en dos sistemas de alimentación en el trópico seco de Michoacán

Variables	SC		SSPi	
	BhXPs	BhXCh	BhXPs	BhXCh
LP	9.67 ^b	6.90 ^c	22.65 ^a	23.67 ^a
AP	9.67 ^b	5.60 ^c	23.25 ^a	23.72 ^a
*LP (cm)	0.87	0.68	1.13	1.20
*AP (cm)	0.20	0.13	0.40	0.40

a,b, c, datos con diferente literal entre fila, muestran diferencia ($P < 0.05$) entre sistema y grupo racial.

SC.- Sistema de confinamiento; SSPi.- Sistema silvopastoril intensivo; LP.- Largo de papilas ruminales; AP.- Ancho de papilas ruminales; BhXPs.- BrahmanXPardo suizo; BhXCh.- BrahmanXCharolais.



alimentación, estos resultados coinciden con los encontrados en el porcentaje de monocitos (Gráfica 13).

El desarrollo de las papilas ruminales depende en parte de la concentración de AGV, como mecanismo adaptativo para aumentar la superficie para su absorción. El tipo de alimento ofrecido al animal es un factor que estimula el desarrollo de papilas lo cual depende del tipo de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos y por la adaptación de los microorganismos a la ración alimenticia (Garzón, 2007). Booth y McDonald (1988) mencionaron que el contacto continuo de los ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente del butírico y en menor medida el propiónico, con el epitelio estratificado del rumen estimula el desarrollo de las papilas. Siendo el ácido butírico el que mayor influencia tiene en el desarrollo de las papilas debido precisamente a que se metaboliza en las células epiteliales (Booth y McDonald, 1988).

En los casos en que la ración alimenticia es modificada por la introducción de una gran cantidad de concentrado, se puede acumular la producción de ácido láctico en el rumen. Esto es el resultado de la incapacidad de las bacterias existentes para metabolizarlo a la velocidad que se está produciendo, esta acumulación excesiva de ácido láctico puede llegar a provocar una acidosis en el animal y hasta su muerte (Garzón, 2007).

Calidad de Carne de Toretas

Para las variables de rendimiento de canal (RC) y espesor de grasa dorsal (EGD) se encontró que en los animales del SC fue mayor ($P < 0.05$) que para los del SSPi (Cuadro 7). Sin embargo, el AOC fue más grande ($P < 0.05$) en los animales del SSPi (Cuadro 7). Hernández *et al.* (2009) publicaron que la



Cuadro 7.- Variables de calidad de carne de toretes de dos grupos raciales engordados en dos sistemas de alimentación

Variables	SC		SSPi	
	BhXPs	BhXCh	BhXPs	BhXCh
RC	17.56 ^b	24.8 ^a	13.95 ^b	15.5 ^{bc}
AOC	10.67 ^c	15.00 ^b	17.40 ^b	24.00 ^a
EGD	19.67 ^b	24.30 ^a	12.90 ^c	14.83 ^c
*RC (%)	57.62	60.22	57.55	58.02
*AOC (cm ²)	67.96	63.00	70.56	81.94
*EGD (cm)	0.30	0.40	0.25	0.30

a,b, c Medidas con diferente literal entre columnas, muestran diferencia ($P < 0.05$) entre sistema y grupo racial.

*Medianas de las variables de calidad de carne en cada grupo racial

RC.- Rendimiento de canal; AOC.-Área del ojo de la costilla; EGD.- Espesor de grasa dorsal; SSPi.- Sistema Silvipastoril intensivo; SC.- Sistema de confinamiento; BhXPs.- BrahmanXPardo suizo; BhXCh.- BrahmanXCharolais.



producción de bovinos en sistemas de pastoreo produce un aumento en el tamaño de las extremidades, debido a la mayor necesidad de locomoción por parte de los animales lo que ocasiona menor rendimiento de la canal, menor contenido de grasa intramuscular y mayor rendimiento muscular. Por el contrario, las canales de bovinos alimentados a base de concentrado tienen más grasa intramuscular que los alimentados sin concentrado (Coleman *et al.*, 1995). En otros estudios se menciona que el rendimiento de la canal es mayor cuando los órganos pesan menos, así como su contenido digestivo lo que tiene una alta relación con la presentación del alimento, de ahí que la disminución en la relación concentrado-forraje reduce la masa de la canal (Núñez *et al.*, 2005).

En cuanto a la presencia de grasa en la canal, en estudios realizados por Sugimoto *et al.* (2004) encontraron que en novillos estabulados las canales presentaron mayor cantidad de grasa al ser comparadas con canales de novillos finalizados en pastoreo adicionándoles un suplemento proteico, sin embargo, también mencionan que el sistema de alimentación no afecta el marmoleo. Cuando en la dieta se proporcionan alimentos con un elevado nivel energético, la grasa es utilizada por el organismo como tampón para evitar cambios en el resto de los tejidos (Nade *et al.*, 2005).

En la comparación entre grupos raciales se observó que en los animales BhXPs el RC, EGD y AOC fueron menores que para los animales de la craza BhXCh en los dos sistemas. Esta tendencia se atribuye a que cada grupo racial tiene un patrón característico de deposición de grasa y las razas europeas como la Pardo Suizo poseen poca capacidad para almacenar grasa y presentar marmoleo (Bertrand *et al.*, 1983). Al respecto, Fiona *et al.* (2002) demostraron



que la leptina modula el metabolismo energético en el tejido periférico debido a dos genes, el alelo C (cytosina) que se asocia con canales de animales gordos y el alelo T (thymina) con canales de animales flacos. Las razas europeas como la Pardo Suizo tienen una frecuencia más alta del alelo T, por lo consiguiente sus canales presentan un menor contenido de grasa.

Perfil de Ácidos Grasos

La cantidad de ácidos grasos saturados fue mayor ($P < 0.05$) en los animales del SC en comparación con los del SSPi, tanto, el contenido de ácidos grasos monoinsaturados fue más alto en el SSPi que para el SC (Cuadro 8). Para la concentración de ácidos grasos poliinsaturados no se encontró diferencia entre sistema.

Los animales alimentados con concentrados ingieren mayor cantidad de energía, presentando así, mayores tasas de crecimiento lo cual afecta de forma positiva algunas características de la carne debido a una mayor deposición de grasa intramuscular. Como consecuencia el perfil de ácidos grasos de esta carne será menos deseable desde el punto de vista de la nutrición humana. Por lo tanto queda claro que el sistema de terminación influenciará la composición química de la carne bovina. Scollan *et al.* (2006) compararon el perfil de ácidos grasos en la carne de bovinos alimentados con diferentes porcentajes de concentrado y con pasto. Los resultados mostraron que animales que consumen exclusivamente pasto presentan menores porcentajes de ácidos grasos saturados (AGS) en la carne, pero mayores porcentajes de ácidos grasos insaturados (AGI). Los animales alimentados en base a forrajes tienen menos grasa infiltrada que animales terminado con dietas ricas en



Cuadro 8.- Medidas y mediana del perfil de ácidos grasos de toretes engordados en dos sistemas de alimentación

Variables	SC		SSPi	
	BhXPs	BhXCh	BhXPs	BhXCh
AGS	21.43 ^a	24.60 ^a	12.44 ^b	14.44 ^b
AGM	6.29 ^b	14.80 ^b	19.89 ^a	18.67 ^a
AGP	9.40 ^b	13.50 ^a	9.71 ^b	14.00 ^a
*AGS (%)	54.41	52.30	49.42	51.33
*AGM (%)	30.09	35.43	39.57	37.21
*AGP (%)	8.18	9.41	8.75	9.43

^{a,b}, Medidas con diferente literal entre columnas, muestran diferencia ($P < 0.05$) entre sistema y grupo racial.

*Mediana del porcentaje de perfil de ácidos grasos

AGS.- Ácidos grasos saturados; AGM.- Ácidos grasos monoinsaturados; AGP.- Ácidos grasos poliinsaturados; SSPi.- Sistema Silvipastoril intensivo; SC.- Sistema de confinamiento; BhXPs.- BrahmanXPardo suizo; BhXCh.- BrahmanXCharolais.



granos (Pethick *et al.*, 2004) y tienen una mayor proporción de ácidos grasos poli-insaturados (Wood *et al.*, 2008).

Similarmente, animales que son terminados con dietas altas en forrajes depositan más ácidos grasos omega 3 (Wood *et al.*, 2008). Por último, animales alimentados en base a forrajes depositan en sus tejidos más ácidos insaturados lo cual ha sido asociado a múltiples efectos benéficos, como la inhibición de la carcinogénesis, reducción del depósito de grasa, reducción de lípidos sanguíneos, efectos antidiabéticos y antiaterogénicos (Scollan *et al.*, 2006).



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones que se realizó este trabajo se concluye que los animales en SC estuvieron mejor en cuanto a bienestar, salud y aporte de nutrientes por lo que su ganancia de peso fue más alta y en menos tiempo. Sin embargo la calidad de carne de los animales en SSPi es mejor ya que tiene menos grasa y es más alto su porcentaje de ácidos grasos insaturados los cual es un beneficio para la salud humana. El largo y ancho de papilas ruminales en los animales en SSPi indicó que la salud del rumen de dichos animales estuvo mejor debido a la dieta que consumían.

Se sugiere seguir haciendo investigación referente a la comparación de estos dos sistemas, pero se recomienda poner mayor atención en la alimentación suministrada en SC para evitar problemas de acidosis que puedan mermar el bienestar y salud de los animales, también para el SSPi se recomienda ser más cuidadoso y puntual en la realización de calendarios de desparasitación ya que esto es un grave problema que se tiene que enfrentar en el trópico y que además de mermar la producción perjudica la salud animal.



LITERATURA CITADA

- A. O. A. C., 1997. Fatty acids in oils and fats, Preparation of methyl esters Boron Trifluoride method. Washington, D.C. E.U.A
- Aiello, S. E. y A. Mays. 2000. El Manual Merck de Veterinaria. 5^{ta} ed. Océano Grupo Editorial, S. A. España.
- Arias, R. A., T. L. Mader y P. C. Escobar. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Arch. Med. Vet. 40:7-20.
- Ayala, B. A., F. J. Solorio, C. Aguilar, L. Ramírez, J. Ku-Vera, M. Utrilla, R. Mayo y E. Briceño. 2013. Comportamiento animal de toretes engordados en SSPi en la región de tierra caliente Michoacán. En: memoria de 1^{er} encuentro internacional de actores con conocimiento en Sistemas Silvopastoriles intensivos. Morelia y Apatzingán, Michoacán. México.
- Barrios, M., E. Sandoval, R. Belizario, O. Camacaro, L. Domínguez y O. Marquez. 2010. Clasificación de la anemia y su relación con el sexo, edad y carga parasitaria en becerros doble propósito del Valle de Aroa- estado Yaracuy. Red. Vet. 2:11-18.
- Benzie, I. F. y J. J. Strain. 1996. Ferric reductive ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the frap assay. Anal. Biochem. 239:70-76.
- Bertrand, J. K., R. L. William y P. J. Berger. 1983. Beef, dairy and beef x dairy carcass characteristics. J. Anim. Sci. 57: 1440-1448.
- Blanco, M., I. Casasús y J. Palacio. 2009. Effect of age at weaning on the physiological stress response and temperament of two beef cattle breeds. Animal. 3:108-117.
- Bligh, E. E. y W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can. J. Biochem. 37:911-917
- Booth, H. N. y L. E. McDonald. 1988. Veterinary Pharmacology and Therapeutics. 6 ed. Iowa State University
- Brito, F. G., D. Marco, A. Yamazaki, S. E. Padilla, Ó. V. Tsuji, J. H. López y R. Berrón. 2003 Eosinófilos: revision de literatura. Rev. Med. Latinoam. 12:56-62.
- Buckham, S. K. R, P. S. D Weber, J. L. Burton, B. Earley y A. Crowe. 2008. Transportation of young beef bulls alters circulating physiological parameters that may be effective biomarkers of stress. J. Anim. Sci. 86:1325-1334.
- Castillo, C., J. Hernández, M. G. Vaquero, M. López, V. Pereira, M. Miranda, I. Blanco y J. L. Benedito. 2012. Effect of moderate Cu supplementation on serum



- metabolites, enzymes and redox state in feedlot calves. *Vet. Res. Commun.* 93:269-274.
- Cerone, S. I., A. S. Sansinanea, S. A. Streitenberg, M. C. García y N. J. Auza. 2000. Bovine monocyte-derived macrophage function in induce copper deficiency. *Gen. Phy. Biophys.* 19:49-58.
- Church, D., W. G. Pond y K. R. Pond. 2010. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. 2ª ed., editorial Limusa Wiley, México D.F.
- Coleman, S. W., R. H. Gallavan, W. A. Phillips, J. D. Volesky y S. Rodríguez. 1995. Silage or limit-fed grain growing diets for steers: II. Empty body and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 73: 2621-2630.
- Davis, A. K., D. L. Maney, J. C. Maerz. 2008. The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional Ecol.* 22:760-772.
- De Castro, J. J. y R. M. Newson. 1993. Host resistance in cattle tick control. *Parasitol. Today* 9:13–17.
- Delvin, T. M. 2004. *Bioquímica*. 4ª. edición. Editorial Reverte. Barcelona.
- Dorado, C., C. Rugerio y A. Rivas. 2003. Estrés Oxidativo Y Neurodegeneración. *Rev. Fac. Med. Unam.*; 46: 229 – 35.
- FAO, 2008. Diversidad del Ganado y cambio climático <http://www.fao.org/docrep/faot/010/i0112s/i0112s16pdf>. Consultado 20 Nov 2015.
- Fiona, C. B., J. C. Fitzsimmons, G. A. Van Kessel, D. T. Thue, C. D. Winkelman-Sim y M. S. Schmutz. 2002. Association of a missense mutation in the bovine leptin gene with carcass fat content and leptin mRNA levels. *Genet. Sel. Evol.* 34: 105-116.
- Flores, E. M. X., N. A. R. Ávila y B. S. Solorio. 2009. Modelo de consenso silvopastoril intensivo para la ganadería sostenible del trópico Michoacano. *Ruta Silvopastoril Valle de Apatzingán Tepalcatepec, Mich. México*. Editorial Fundación Produce Michoacán A. C. Morelia, Mich. pp 4-30.
- Forchetti, O., C. Maffrand, C. Vissio, C. Boaglio y G. Cufre. 2006. Hipofosfatemia y fragilidad osmótica eritrocítica en cabras. *Red. Vet.* 1:7-9.
- Frick, O. L. 1978. Immediate hypersensitivity. In: *basic and clinical immunology*. 2ª Edición. Pp 246-266.



- Garrido, M. D., S. Bañón, J. Pedauye y J. Laencina. 1994. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughterline. *Meat. Sci.* 37:421-429.
- Garzón, Q. B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Red. Vet.* 5: 1-39.
- Hahn, G. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy. Sci.* 82:10-20.
- Hernández, B. J., A. G. Vázquez, F. A. N. González, F. G. R. Rincón, G. D. M. Martínez, J. A. G. Macías, Y. V. Aparicio, D. H. Sánchez y B. M. J. Torres. 2009. Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes pardo suizo x cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. *Universidad y Ciencia del Trópico Húmedo.* 25:173-180.
- Hersom, M. J, G. W. Horn, C. R. Krehbiel y W. A. Phillips. 2004. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: I. Feedlot performance carcass characteristics, and composition of beef steers. *J. Anim. Sci.* 82: 262-272.
- Hodges, J. 2003. Livestock, ethics and quality of life. *J. Anim. Sci.* 81:2887-2894.
- INAFED, 2008. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. <http://www.inafed.gob.mx/work/templates/enciclo/chihuahua/>. Consultado en enero 21, 2016.
- Kashino, S. S., J. Resende, A. Sacco, C. Rocha, L. Proença, W. Carvalho, A. Firmino, R. Queiroz, M. Benavides, L. Gershwin y I. De Miranda. 2005. *Boophilus microplus*: the pattern of bovine immunoglobulin isotype responses to high and low tick infestations. *Exp. Parasitol.* 110: 12–21.
- Lesmeister, K. E., P. R. Tozer y A. J. Heinrichs. 2004. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. of Dairy Sci.* 87:1336-1344.
- Leyton, W. 2007. Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry.* 389: 93–109.
- Lozada, S. M. y L. García. 2009. Estrés oxidativo y antioxidantes: cómo mantener el equilibrio. *Rev. Asoc. Colomb. Dermatol.*; 17: 172 – 9.
- Makino, T. y K. Takahara. 1981. Direct determination of plasma copper and zinc in infants by atomic absorption with discrete nebulization. *Clin. Chem.* 27:1445-1447.
- Meyer, D. y J. Harvey. 2000. *El laboratorio en Medicina Veterinaria.* Editorial Intermédica. Buenos Aires, Argentina.



- Molina, M. V., V. E. Gutiérrez y C. J. Herrera. 2007. Manejo productivo de la ganadería bovina en la región de tierra caliente de Michoacán. I congreso regional de buiatría, Morelia, Michoacán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UMSNH.
- Morales, G., L. A. Pino, E. León, Z. Rondón, A. Guillén, C. Balestrini y M. Silva. 2002. Relación entre los parámetros hematológicos y el nivel de infestación parasitaria en ovinos de reemplazo. *Veterinaria Tropical*. 27:87-98.
- Mossman, T. R. y H. Coffman. 1989. TH1 and TH2 cells: differential patterns of lymphokine secretion lead to different functional properties. *Annu. Rev. Immunol.* 7:145. 73.
- Muchenje, V., K. Dzama, M. Chimonyo, P. E. Strydom, A. Hugo y J. G. Raats. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality. *Food Chemistry*. 112: 279-289.
- Nade, T., T. Okumura, S. Misumi y K. Fujita. 2005. Effects of feeding different levels of concentrate on growth and carcass characteristics in younger Japanese Black cattle. *J. Anim. Sci.* 76: 43-49.
- Núñez, J. F., M. J. García, B. J. Hernández y C. J. Jiménez. 2005. Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. *Tec. Pec. Mex.* 43: 219-228.
- O. M. S., 2011. Sobrepeso y obesidad. <http://www.oms.org>. Consultado Jun. 2015.
- Orellana, C., F. Peña, A. García, J. Perea, J. Martos, V. Domenech y R. Acero. 2009. Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. *Meat Sci.* 81: 57-64.
- Pethick, D. W., G. S. Harper y V. H. Oddy, 2004. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 705-715.
- Piomelli, S., V. Jansen y F. Dancis. 1973. The hemolytic anemia of magnesium deficiency in adult rats. *J. Blood.* 41:451-459.
- Piper, E. K., N. Jonsson, C. Gondro, A. E. Lew-Tabor, P. Moolhuijzen, M. Vance y L. Jackson. 2009. Immunological profiles of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle infested with the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Clin. Vaccine Immunol.* 16:1074–1086
- Planells, E., P. Aranda, A. Lerma y J. Llopis. 1994. Changes in bioavailability and tissue distribution of zinc caused by magnesium deficiency in rats. *Brit. J. Nutr.* 72:315-323.



- Quiros, G. y J. Bouda. 2001. Fisiopatología de las deficiencias de cobre en rumiantes y su diagnóstico. *Vet. Méx.* 32:289-296.
- Roldan, V., M. Gasparotti, M. Luna, F. Piérola, J. Sola, C. Papel y M. Pinto. 2005. análisis del perfil hematológico de vacas gestantes de la región centro de Santa Fe. *Red. Vet.* 6:12.
- Sánchez, N., M. Tantalean, A. Chávez y A. Soto. 2009. Presencia de *Cotylophoron cotylophoron* (Trematoda, Taramphistomidae) en bovinos de Loreto, Perú. *Rev. Per. de Biol.* 16:141-142.
- Sandoval, E., D. Jiménez, C. Araque, L. A. Pino y G. Morales. 2005. Ganancia de peso, carga parasitaria y condiciones hematológicas en becerras suplementadas con bloques multinutricionales. *Red. Vet.* 6:7.
- SAS. 2006. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc. Estados Unidos de Norteamérica.
- Schleger, A. V., D. T. Lincoln, R. V. McKenna, D. H. Kemp y J. A. Roberts. 1976. *Boophilus microplus*: cellular responses to larvae attachment and their relationship to host resistance. *Aust. J. Biol. Sci.* 29: 499.
- Schroeder, A. L., W. G. Bergen, M. A. Stachiw y R. A. Markel. 1987. Comparison of commonly used methods of estimating beef carcass composition. *J. Anim. Sci.* 65: 260-261.
- Scollan, N., J. F. Hocquette, K. Nuernberg, D. Dannenberger, I. Richardson y A. Moloney. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat. Sci.* 74: 17-33.
- Smith, G. C., G. T. King y Z. L. Carpenter. 1982. Beef Carcass Evaluation. Laboratory Manual for Meat Science. Prentice-Hall, 3a ed. Pp. 215. Englewood Cliffs, NY. E. U.A.
- Solorio, R. J. L. and R. I. V. Rodríguez. 1997. Epidemiología de la babesiosis bovina. I. Componentes Epidemiológicos. *Rev. Biomed.* 8:37-47.
- Solorio, B. S. y M. X. E. Flores. 2011. 1era etapa del proyecto estratégico de prioridad nacional. Editorial Fundación Produce Michoacán. Morelia, Mich., Méx.
- Spears, J. W. 2000. Micronutrient and immune function in cattle. *Proceedings of the Nutr. Soc.* 59:587-594.
- Stockman, C. A., T. Collins, A. L. Barnes, D. Miller, S. L. Wickham y D. T. Beatty, 2011. Qualitative behavioural assessment and quantitative physiological



- measurement of cattle naïve and habituated to road transport. *J. Anim Prod. Sci.* 51:240-249.
- Sugimoto, M, S. Kuzuoka, C. Yayota y Y. Sato. 2004. The effects of grazing and supplemental protein concentration during the grazing period on subsequent finishing performance and carcass quality in Japanese Black cattle steers. *J. Anim. Sci.* 75: 29-35.
- Suttle, N. F. y C. H. McMurray. 1983. Use of erythrocyte copper-zinc superoxide dismutase activity and hair or free concentrations in the diagnosis of hypocuprosis in ruminants. *Res. Vet. Sci.* 35:47-52.
- Tanaka, M., Y. Kamiya, T. Suzuki, M. Kamiya y Y. Nakai. 2008. Relationship between milk production and plasma concentrations of oxidative stress markers during hot season in primiparous cows. *J. Anim. Sci.* 79: 481-486.
- Walters, T., M. Olivares, P. Pizarro y C. Muñoz. 1997. Iron anemia and infection. *Nutr. Rev.* 55:11-124.
- Wikel, S. K. 1981. The induction of host resistance to tick infestation with a salivary gland antigen. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 30:284.
- Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, y F. M. Whittington, 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78: 343-358.



**ESTUDIO II. SUPLEMENTACIÓN DE UN INÓCULO DE LEVADURAS PARA
MEDIR EL COMPORTAMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE
CERDOS EN ENGORDA**



RESUMEN

SUPLEMENTACIÓN DE UN INÓCULO DE LEVADURAS PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE CARNE DE CERDOS EN ENGORDA

POR:

M. C. NILDA ELENA RUÍZ HOLGUÍN

Doctorado in Philosophia en Producción Animal

Secretaría de Investigación y Posgrado

Facultad de Zootecnia y Ecología

Universidad Autónoma de Chihuahua

Presidente: D. Ph. Carlos Rodríguez Muela

El objetivo fue comparar diferentes niveles de inóculo de levaduras sobre la salud, bienestar y calidad de carne de cerdos en engorda. Se utilizaron 24 cerdos de la raza YorkXLandrace, se asignaron al azar a los tratamientos: T1 (control), T2 (50 ml/kg), T3 (100 ml/kg) y T4 (150 ml/kg) de inóculo por kg de alimento consumido. Se evaluó biometría hemática (BH), minerales (Cu, Zn y Fe), actividad antioxidante (AA), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP), área del ojo de la cortilla (AOC), rendimiento de canal (RC), espesor de grasa dorsal (EGD), color de grasa y color carne. Las variables sanguíneas fueron transformadas con logaritmos y analizadas con PROC MIXED, los datos de calidad de carne, PF y GDP se analizaron con PROC NPAR1WAY. Se encontró que el PF, GDP, eritrocitos y Hemoglobina fueron mayores ($P<0.05$) en T2. Los leucocitos y neutrófilos fueron mayor ($P<0.05$) en T1 y los linfocitos menores ($P<0.05$). La AA fue más baja ($P<0.05$) el día 15 y 40 para T3 y T4. El T2 tuvo el



color de grasa y carne más oscuro y el RC más alto ($P < 0.05$), el T4 tuvo EGD menor y mayor ($P < 0.05$) AOC. Se concluye que adicionar 50ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento mejora las condiciones de bienestar, salud y producción de cerdos en engorda. Pero si lo que se busca es mejorar la calidad de carne en canal el mejor tratamiento es una concentración de 150ml/kg de levadura en el alimento.



ABSTRACT

SUPPLEMENTATION OF AN INOCULUM YEAST, FOR ASSESSING BEHAVIOUR, HEALTH AND QUALITY OF MEAT IN FATTENING PIGS

BY

NILDA ELENA RUIZ HOLGUIN

The objective was to compare different levels of inoculum of yeasts on health, welfare and meat quality in fattening pigs. Twenty-four YorkXLandrace piglets were randomized to each treatment: T1 (control), T2 (50 ml / kg), T3 (100 ml / kg) and T4 (150 ml / kg) of inoculum per kg of feed intake. Hematic biometry (BH), minerals (Cu, Zn and Fe), antioxidant activity (AA), final weight (PF), daily weight gain (GDP), rib eye area (REA), carcass yield (RC), Fat thickness (FT), fat and meat color were evaluated. Blood variables were transformed with logarithms and analyzed with PROC MIXED. Blood variables were transformed with logarithms and analyzed with PROC MIXED. Meat quality, PF and GDP were analyzed using PROC NPAR1WAY. It was found that the PF, GDP, erythrocytes and hemoglobin were higher ($P < 0.05$) in T2. Leukocytes and neutrophils were higher ($P < 0.05$) in T1 and lower to lymphocytes ($P < 0.05$). The AA was lower ($P < 0.05$) on 15 and 40 days for T3 and T4. The T2 had darker meat and fat color and RC highest ($P < 0.05$), the T4 had EGD lower and higher ($P < 0.05$) AOC. It is concluded that adding 50 ml / kg of yeast inoculum in feed improves the conditions of welfare, health in pigs. And to improve the carcass and meat quality the best treatment is a concentration of 150 ml / kg of yeast in the diet.



INTRODUCCIÓN

El mejoramiento en la producción, la calidad de la carne y la salud animal son aspectos importantes en el sector productivo. Estos factores influyen en los criterios de calidad para que las prácticas de producción sean más favorables y tengan mayor enfoque en la calidad y minimice los riesgos en la salud humana. Las demandas del consumidor están influenciadas por el consumo de carne saludable lo cual se relaciona con una menor deposición de grasa (Dransfield *et al.*, 2005). Así surge la necesidad de conocer si un animal que crece más rápido y con menos grasa corporal mantendrá buenas características de la canal (Latorre *et al.*, 2008).

En la actualidad se ha puesto especial atención a la producción de alimentos funcionales, que tienen como objetivo la adición de microorganismos benéficos que mejoran las propiedades de la microflora autóctona del intestino (Champagne *et al.*, 2005). Estos microorganismos son los llamados probióticos los cuales adicionados a las dietas y consumidos por el animal en cantidades adecuadas se traduce en una mayor producción.

El uso de un inóculo de levaduras obtenido a partir del bagazo de manzana podría ser una alternativa para el mejoramiento de la producción de carne de cerdo, las características de la canal y la salud del mismo, ya que aporta en la dieta levaduras benéficas activas (Díaz-Plascencia *et al.*, 2010). Las levaduras son también conocidos como probióticos por su capacidad de mejorar el metabolismo, salud y producción de los animales (Díaz-Reyes *et al.*, 2009).



Estos aditivos pueden contribuir a la estabilidad del ecosistema gastrointestinal e influir en los procesos de digestión y absorción, lo que determina el buen funcionamiento del tracto gastrointestinal y el buen estado de salud del animal (Rondón *et al.*, 2013). Las levaduras también inhiben bacterias patógenas, reducen niveles de colesterol en suero, diarreas y cáncer intestinal, mejoran la absorción de calcio, síntesis de vitaminas y estimulan el sistema inmune (Sánchez *et al.*, 2009).

Sin embargo, no se conocen datos que expliquen la relación entre el crecimiento y las características de la carne con la salud, se espera que al modificar el comportamiento productivo y la calidad del alimento cambien estos parámetros (Latorre *et al.*, 2008).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue comparar el efecto de la adición de diferentes niveles de inóculo de levaduras en la dieta de cerdos en engorda para medir su bienestar, salud y calidad de carne.



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Trabajo

Esta investigación fue realizada en la unidad metabólica y el laboratorio de nutrición animal de las instalaciones de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, Chih., México, ubicada en el km 1. Periférico R. Almada, localizada a 28° 35' 07.73" y 106° 06' 24.37" a 1516 msnm, con rango de temperatura de -7.4 °C a 37.7 °C, humedad relativa de 49 % y una precipitación pluvial de 387.5 mm (CONAGUA, 2012).

Preparación del Inóculo de Levaduras

El material utilizado para este experimento fue un aditivo comercial de levaduras de manzana Lebas® con 1.8×10^9 UFC/ml. Para preparar el inóculo se les agregó 250 g de melaza de caña, 750 ml de suero de leche, 2 g de urea, 0.04 g de sulfato de amonio. El tiempo de fermentación para el inóculo fue de 96 h a una temperatura ambiente promedio de 28 °C.

Descripción de los Animales y Tratamientos

Para la realización de este estudio se utilizaron 24 cerdos destetados de la craza YorkXLandrace de aproximadamente 28.17 ± 3.6 kg de peso vivo (machos castrados), mismos que fueron previamente desparasitados y vitaminados. Los cerdos fueron alojados en jaulas metabólicas individuales con agua y alimentados con una dieta de adaptación durante 15 días al inicio del experimento.

Las dietas suministradas fueron una formulación de acuerdo a lo recomendado por el NRC (2009) para cerdos en engorda (Cuadro 9). Cada cerdo fue asignado al azar a uno de los cuatro tratamientos, T1 (tratamiento



Cuadro 9.- Dietas experimentales para cerdos

Composición	Iniciador (kg)	Crecimiento (kg)	Engorda (kg)
Sorgo (molido)	640	720	750
Pasta de soya	275	228	220
Sebo	35	22	0
Premix V y M	50	30	30
Total (kg)	1000	1000	1000

Dietas calculadas con el programa Nutrion 5 en base seca.



control), T2 (50 mL/kg de inóculo de levaduras por animal en el alimento consumido), T3 (100 mL/kg de inóculo de levaduras por animal en el alimento consumido) y T4 (150 mL/kg de inóculo de levaduras por animal en el alimento consumido). Con seis repeticiones por tratamiento. A mitad del experimento fueron descartados dos cerdos de la prueba, debido a causas ajenas al efecto de tratamiento, por lo que el tamaño de muestra del T3 y T4 se redujo a 5 repeticiones por tratamiento. Los cerdos fueron pesados y se les tomaron las muestras de sangre los días 15, 40, 71 y 99 de iniciado el experimento, las muestras de sangre se colectaron en un tubo vacutainer®

Variables Evaluadas

Peso final (PF). Esta variable se midió el día 99 del estudio, para ello se utilizó una báscula REVUELTA® con capacidad de 1500 kg.

Ganancia diaria de peso (GDP). Se calculó mediante una resta del peso final menos el inicial y el producto se dividió entre el número de días que duró la engorda.

Biometría hemática (BH). Para analizar biometría hemática las muestras se colectaron en un tubo Vacutainer® (EDTA). Se determinaron diferentes componentes sanguíneos en cantidad, porcentaje y peso, siendo los siguientes: Leucocitos (Leu), Neutrófilo (Neu), Linfocitos (Lin), Células mixtas (Cm), Eritrocitos (Er), Hemoglobina (Hem), Hematocrito (Hto), Volumen corpuscular medio (VCM), Hemoglobina corpuscular medio (HCM), Concentración de hemoglobina corpuscular medio (CMHC) y Plaquetas (Pq). Las muestras para BH se enviaron a un Laboratorio de análisis Clínico, donde se les realizó su análisis.



Minerales en suero sanguíneo. Los minerales que se determinaron fueron zinc (Zn), cobre (Cu) y hierro (Fe). Para el análisis de las muestras primero se llevó a cabo una digestión ácida en el microondas multiwave GO, para lo cual se agregó en los vasos de digestión del microondas 2 ml de suero, 10 ml de ácido nítrico, 2 ml de ácido clorhídrico y 1 ml de peróxido de hidrógeno. Los vasos se cerraron y se colocaron en el rotor y después en el microondas, el tiempo de la digestión fue de 40 min.

Posterior a la digestión ácida, el contenido de los vasos se decantó a un matraz volumétrico de 50 ml en el cual se aforó la muestra y se almacenó en frascos de plástico de 50 ml para su posterior lectura en el espectrómetro óptico de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES).

Actividad antioxidante (AA). Se determinó utilizando el Kit Total Antioxidant Capacity (TAC) Assay Kit (C) al cual se le hicieron algunas modificaciones para adaptarlo al volumen de muestra disponible. Para llevar a cabo esta técnica se preparó una solución de trabajo utilizando un μl de Cu más 49 μl de solución diluyente los cuales vienen incluidos en el kit. Para la curva de calibración se preparó el estándar de trolox utilizando el liofilizado que incluye el kit más 20 μl de dimetilsulfóxido (DMSO) y 480 μl de agua destilada. Para los puntos de la curva se utilizaron 50 μl de solución de trabajo, 0, 4, 8, 12, 16 y 20 μl de trolox los cuales se aforaron hasta 100 μl con agua destilada. Las muestras de plasma sanguíneo fueron diluidas con agua destilada en una relación de 1:20 (10 μl de muestra y 190 μl de agua destilada), posteriormente en una placa de Elisa se agregaron 10 μl de muestra diluida, 40 μl de agua destilada y 50 μl de solución de trabajo, luego se incubaron por una hora y



media a 30 °C, pasado este tiempo se agregaron 100 µl de agua destilada a cada poso y se procedió a la lectura en un espectrofotómetro a una absorbancia de 570 nm.

Rendimiento de canal (RC). Se determinó mediante la división del peso de la canal caliente y el peso vivo del animal y se multiplicó por 100.

Espesor de grasa dorsal (EGD). Se determinó en el mismo corte que el AOC, en un ángulo de 45° respecto al eje del musculo y la medición se registró en mm tal como lo indica Smith (1982).

Área del ojo de la costilla (AOC). Para la medición de esta variable se empleó una plantilla cuadrículada de decimas de pulgada la cual se colocó sobre la superficie del lomo a la altura de la 12ª y 13ª costilla para exponer al músculo *Longissimus Dorsi* (Smith, 1982).

Color de carne y grasa (L, a*, b*). Se determinó a las 72 h utilizando un colorímetro Minolta® Sensing, Inc; Osaka Japón, con la metodología usada por Garrido *et al.* (1994).

Análisis Estadístico

Los datos de BH, minerales y AA fueron analizados utilizando un modelo unifactorial en un diseño de parcelas divididas completamente al azar. Los datos fueron transformados con logaritmos, luego se analizaron con el procedimiento MIXED del paquete SAS® (SAS, 2006), bajo el siguiente modelo experimental.

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + T_j + \text{Ind}_k(T_j) + D * T_{(ij)} + E_{ijk},$$

dónde:

Y_{ijkl} es la variable respuesta,



μ es la media general,

D_i efecto del i-ésimo día,

T_j efecto de la j-ésimo tratamiento,

$D*T_{(ij)}$ efecto de la interacción del i-ésimo día con la j-ésimo tratamiento,

$Ind_k(T_j)$ efecto del término de error para probar los efectos de la parcela principal

e_{ijkl} efecto aleatorio del término del error.

Para las variables PF, RC, AOC, EGD, color de carne y grasa para el análisis se utilizó un modelo completamente al azar con cuatro tratamientos. Luego los datos fueron analizados con el PROC NPAR1WAY del paquete SAS (SAS, 2006), la mediana se calculó mediante el PROC SORT y la separación de medias se hizo utilizando la prueba de U-Demmann Whitney del programa SPSS versión 20, bajo el siguiente modelo experimental.

$$Y_i = \mu + T_i + E_i,$$

dónde:

Y_{ijk} es la variable respuesta,

μ es la media general,

T_i efecto del i-ésimo tratamiento,

E_{ijk} efecto aleatorio del término del error.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso Final y Ganancia Diaria de Peso

El peso final y la ganancia diaria de peso fueron mayores ($P<0.05$) en los animales del T2 con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, se observó que conforme se aumentó el nivel de inóculo (T3 y T4) los animales tuvieron menos peso y su ganancia diaria fue incluso menor ($P<0.05$) que para el T1 (Cuadro 10). Estos resultados concuerdan con los mencionados por Rodríguez *et al.* (2011) quienes suplementaron 10, 20 y 30 % de levaduras en alimento para aves y observaron que conforme se aumentaba el nivel de levaduras el PV de los animales disminuía.

Sissons (1989) publicó que hay ocasiones en que se obtienen resultados satisfactorios con el uso de levaduras y en otras ocasiones se tienen efectos negativo al suplementar las dietas con los probióticos y considera que esta falla del probióticos es debido a la falta de interacción de la bacteria o levadura con el sustrato de la dieta y también a la variabilidad en la tolerancia a la bilis por parte de los probióticos. Otra causa primordial que puede perjudicar su efecto es la falta de adhesión del probióticos al epitelio intestinal y la carencia de especificidad por parte del huésped (Fuller, 1986).

En este estudio, el comportamiento productivo coincide con otros estudios en los cuales se encontró un incremento en la ganancia de peso en cerdos en la etapa de destete (Collier *et al.*, 2010), también se han observado incremento en la ganancia de peso (Martínez *et al.*, 2000) al suplementar cerdos con levaduras en concentraciones de 3 kg/ton de alimento, se observó que su peso final y su ganancia fueron mayores en comparación con los cerdos



Cuadro 10.- Peso y ganancia diaria de peso en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras

Variables	Tratamientos**			
	1	2	3	4
n	6	6	5	5
Peso Final (PF)	12.5±13.5 ^b	13.33±13.5 ^a	11.00±12.7 ^c	8.60±12.7 ^d
Ganancia Diaria (GD)	12.16±13.5 ^b	13.66±13.5 ^a	10.60±12.7 ^c	9.00±12.7 ^d
*PF (kg)	124.20	125.50	120.40	118.70
*GDP (kg)	0.90	0.93	0.89	0.88

a, b, c, d diferente literal entre columna muestra diferencia (P<0.05) entre tratamiento.

*Medianas del PF y la GDP

**T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 mL/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.



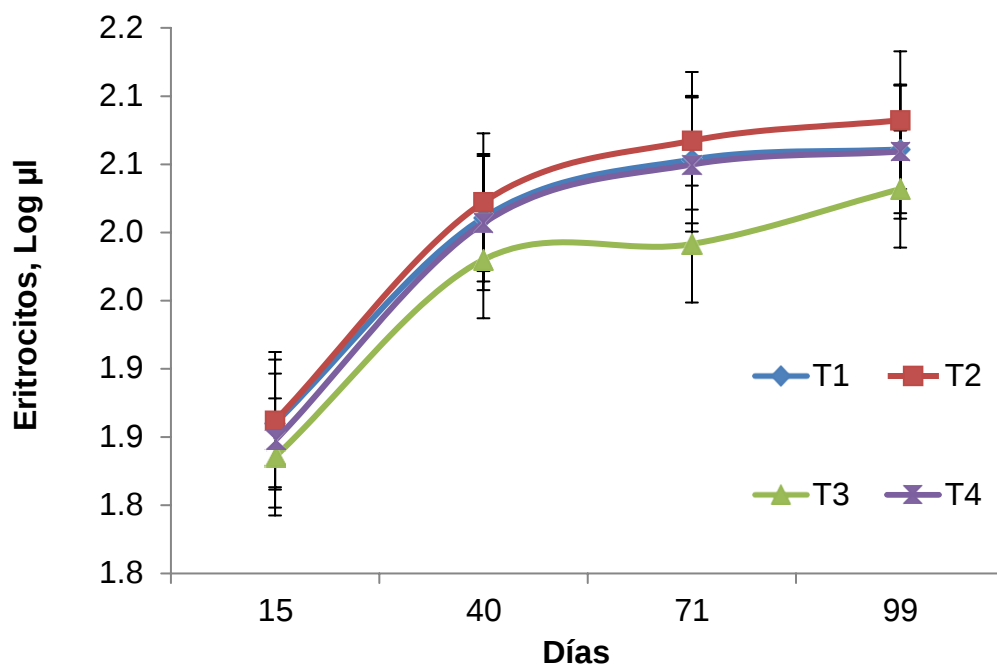
que no fueron suplementados (Cuaron, 2004).

Biometría Hemática (BH)

Glóbulos rojos.- La cantidad de eritrocitos fue diferente ($P<0.05$) entre tratamientos registrándose los valores más bajos en el T3 (Gráfica 19), también se observó que la concentración de eritrocitos aumentó en todos los tratamientos a través del tiempo. Los valores de hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM y CMHC fueron más altos ($P<0.05$) en el T2 (Cuadro 11). Sin embargo, todos los valores están dentro de los parámetros normales descritos para cerdos domésticos (Williams, 1997).

Cuando se tienen valores altos en el hematocrito implica un aumento de la viscosidad de la sangre y la resistencia al flujo sanguíneo, causando una mayor carga de trabajo al corazón (Shlosberg *et al.*, 1996). Debido a que los animales del T2 fueron los más pesados podemos relacionar los resultados de hematocrito y hemoglobina con un metabolismo más rápido y una demanda más elevada de oxígeno. Zhang y Reisen (2000) mencionaron que en condiciones normales de tensión de oxígeno, hay mayor ganancia de peso corporal lo que ocasiona que se tenga un mayor incremento en el gasto cardíaco.

Éste aumento en los valores de glóbulos rojos en los animales del T2 puede atribuirse a que los animales recibieron un aporte constante de hierro en la ración el cual contribuye a la formación de los glóbulos rojos Patterson *et al.* (1976) publicaron que cuando hay elementos hemoformadores en la ración esto permite que el animal logre una buena hemoglobínogénesis. Ly (2001) mencionó que al incluir azúcares en las raciones de los cerdos se afectan



Gráfica 19.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la cantidad de eritrocitos en cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.



Cuadro 11.- Logaritmos ($\pm$ EE) de glóbulos rojos en cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras

Variables	Tratamiento*			
	1	2	3	4
Hemoglobina	2.64 $\pm$ 0.01 ^{ab}	2.68 $\pm$ 0.01 ^a	2.60 $\pm$ 0.01 ^b	2.63 $\pm$ 0.01 ^b
Hematocrito	3.84 $\pm$ 0.01 ^b	3.86 $\pm$ 0.01 ^a	3.80 $\pm$ 0.01 ^c	3.85 $\pm$ 0.01 ^{ab}
VCM	4.16 $\pm$ 0.01 ^b	4.19 $\pm$ 0.01 ^a	4.13 $\pm$ 0.01 ^c	4.16 $\pm$ 0.01 ^b
HCM	2.96 $\pm$ 0.01 ^b	3.00 $\pm$ 0.01 ^a	2.93 $\pm$ 0.01 ^c	2.93 $\pm$ 0.01 ^c
CMHC	3.40 $\pm$ 0.01 ^a	3.41 $\pm$ 0.01 ^a	3.40 $\pm$ 0.01 ^a	3.38 $\pm$ 0.01 ^b

a, b, c, diferente literal entre columna muestra diferencia ($P < 0.05$) entre tratamiento.

*T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.



algunos índices bioquímicos de la sangre, lo que justifica un rendimiento productivo inferior de los animales con respecto a cerdos de igual categoría alimentados con raciones de cereales.

Glóbulos blancos.- La concentración de leucocitos y neutrófilos fue más alta ($P<0.05$) en los animales del T1, por otro lado la cantidad de linfocitos estuvo más baja ($P<0.05$) en los animales del T1 en comparación con los de los otros tratamientos (Cuadro 12). Este aumento en la concentración de leucocitos y neutrófilos aunado a la disminución de linfocitos es un indicador de la presencia de estrés en los animales.

Meyer y Harvey (2000) mencionaron que cuando un animal es sometido a estrés se producen altas cantidades de adrenalina lo que da como resultado una leucocitosis en los animales, la adrenalina también es la responsable de la neutrófilia que se producen en situaciones estresantes. Los glucocorticoides plasmáticos durante el estrés fisiológico, tienen una estrecha relación con el nivel de leucocitos, ya que esta hormona puede actuar incrementando el porcentaje de neutrófilos y disminuyendo el porcentaje de linfocitos (Blanco *et al.*, 2009). Estos mismos autores mencionaron que animales sometidos a estrés producen altas cantidades de glucocorticoides los cuales actúan incrementando el número y el porcentaje de neutrófilos (neutrófilia), mientras que decrecen los linfocitos (linfopenia o linfocitopenia).

La utilización de inóculo de levaduras en la dieta ayuda a los animales a estimular el sistema inmune a través de mecanismos asociados con la presencia de glucanos, de este modo la cantidad de leucocitos y neutrófilos serán menores en animales libres de patógenos en régimen de producción



Cuadro 12.- Logaritmos ($\pm$ EE) de glóbulos blancos en cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras

Variables	Tratamiento*			
	1	2	3	4
Leucocitos	3.01 $\pm$ 0.06 ^a	2.69 $\pm$ 0.06 ^c	2.81 $\pm$ 0.07 ^b	2.67 $\pm$ 0.06 ^c
Neutrófilos	3.60 $\pm$ 0.07 ^a	3.56 $\pm$ 0.06 ^b	3.19 $\pm$ 0.07 ^d	3.25 $\pm$ 0.07 ^c
Linfocitos	4.08 $\pm$ 0.03 ^c	4.26 $\pm$ 0.03 ^a	4.23 $\pm$ 0.03 ^{ab}	4.22 $\pm$ 0.03 ^b

a, b, c, d, diferente literal entre columna muestra diferencia ($P < 0.05$) entre tratamiento.

*T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.

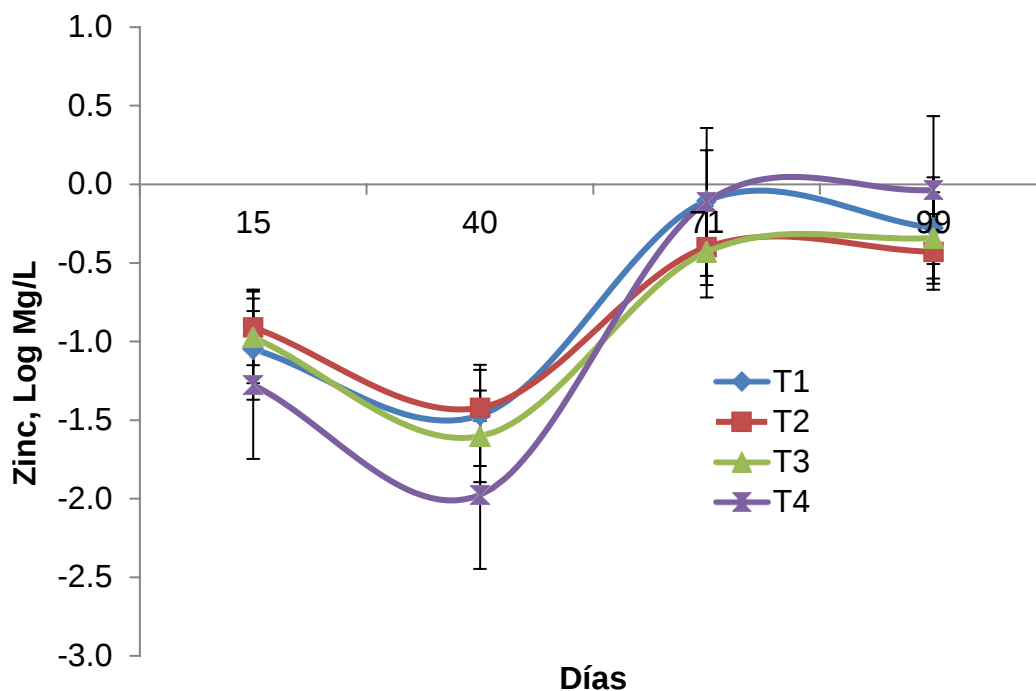


(Fox, 1994). Gusils *et al.* (2002) reportaron que con el uso de levaduras los linfocitos aumentan la producción de interferón gamma y los macrófagos la producción de interferón beta, también se estimulan las células T causantes de la inmunidad celular.

Concentración de Minerales en Suero Sanguíneo de Cerdos

Zinc (Zn).- La concentración de zinc fue diferente ($P<0.05$) entre día de muestreo teniéndose las concentraciones más bajas los días 15 y 40, las cuales empezaron a aumentar a partir del día 71 para todos los tratamientos (Gráfica 20). Cuando hay concentraciones de zinc bajas es un indicador de la presencia de estrés el cual pudiera ser ocasionado por la temperatura o manejo (el alojamiento en jaulas es muy estresante para el cerdo) o gran esfuerzo por actividad física también influyen en la disminución ó aumento de las concentraciones de los elementos esenciales (Rosef *et al.*, 2004).

Las funciones que tiene el zinc en la respuesta inmune no están completamente definidas, sin embargo, se sabe que es esencial para la integridad del sistema inmune (Hambridge *et al.*, 1986). Ya que es un componente estructural de la enzima superóxido dismutasa (SOD), la cual ayuda a eliminar los radicales libres producidos en el cuerpo durante una respuesta al estrés (Murray *et al.*, 2000). Algunas consecuencias de la carencia de Zn es una menor resistencia a infecciones, debido a fallas en la respuesta inmunitaria celular y humoral, con evidente compromiso de los mecanismos de la inflamación y las defensas antioxidantes (Bruno *et al.* 2007). Cerone *et al.* (2000) reportaron que cuando hay deficiencia de Zinc y Cobre se provoca en los animales una atrofia del bazo y del timo, linfopenia, monocitosis y disminución



Gráfica 20.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de zinc en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.

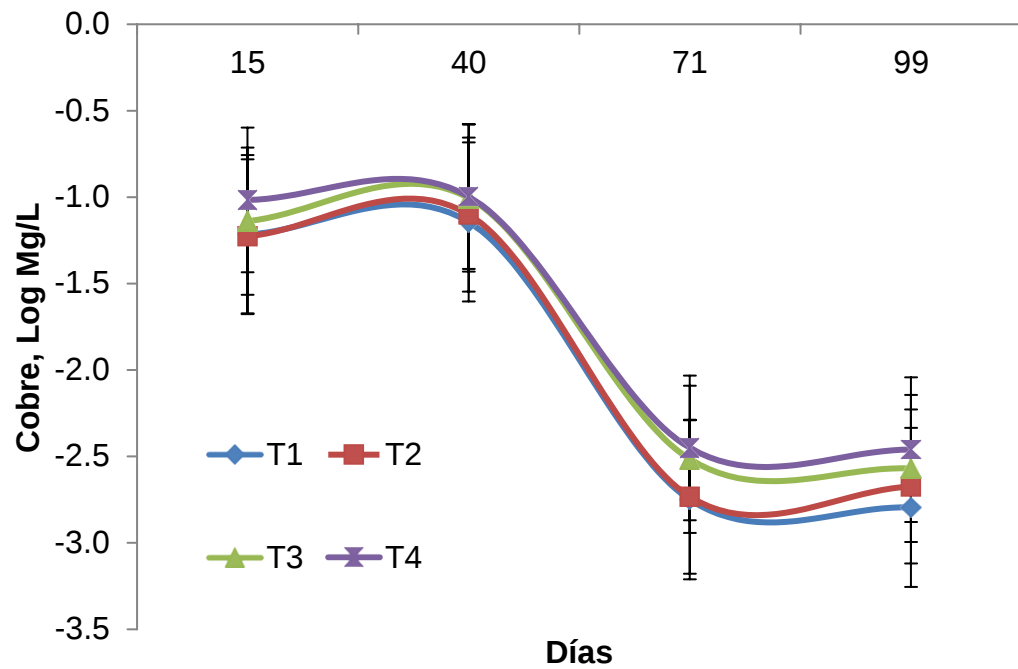


de la capacidad fagocítica de los neutrófilos, afecta a las células T y B y por tanto la producción de anticuerpos.

Cobre (Cu).- Para esta variable las concentraciones fueron muy similares en los cuatro tratamientos, sin embargo, se obtuvo diferencia ($P < 0.05$) a través de los días de muestreo, se observó que las concentraciones más altas ($P < 0.05$) se tuvieron los días 15 y 40, las cuales comenzaron a disminuir a partir del día 71 para todos los tratamientos (Gráfica 21). En este trabajo los cuatro tratamientos presentaron niveles bajos el día 71 y 99, esto coincide con que la concentración de zinc esos días fue alta. Lo cual pudo haber comprometido la absorción de Cu y tuvo efecto sobre su concentración, o posiblemente porque el Cu fue incorporado a la enzima SOD en las células rojas durante la hematopoyesis (Suttle y McMurray, 1983).

El Cu es un elemento traza esencial para los procesos de respuesta inmune, juega un rol de cofactor para muchas enzimas (citocromo oxidasa, ceruloplasmina y superóxido dismutasa), por lo que puede realizar varias funciones en el sistema inmune de las cuales el mecanismo directo de acción no está bien descrito (Solaiman *et al.*, 2007). Spears (2003) mencionó que cuando se presenta una hipocuprosis disminuye la actividad de enzimas Cu dependientes como la citocromo oxidasa, que es necesaria para la actividad fagocítica y de la superóxido dismutasa (SOD).

Este mismo autor menciona que esta disminución provoca una reducción en la vida media de los leucocitos ya que estas células dependientes de enzima causan predisposición de enfermedades infecciosas y virales. La disminución de los glóbulos rojos (anemia) y de los glóbulos blancos (leucopenia) en



Gráfica 21.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de cobre en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.

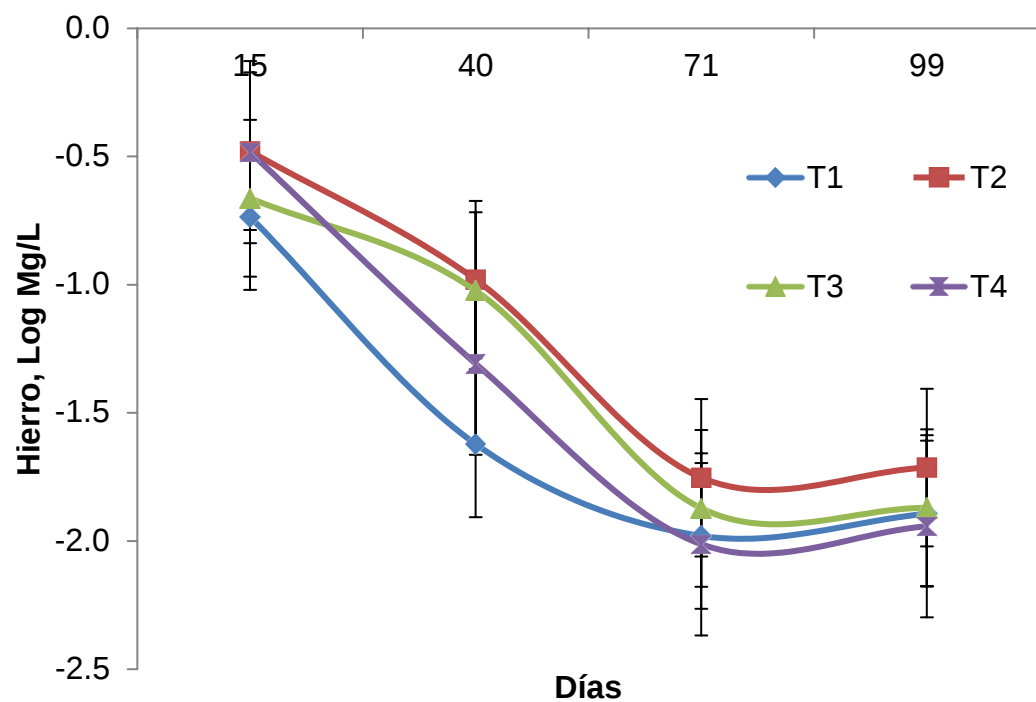


particular los neutrófilos (neutropenia) afectan negativamente el sistema inmunológico del animal y con ello la capacidad de respuesta a la infección.

Hierro (Fe).- La concentración de hierro disminuyó ($P < 0.05$) para los cuatro tratamientos conforme pasaron los días en que se efectuaron los muestreos (Gráfica 22). Esta disminución en la cantidad de hierro la podemos relacionar con el aumento en la concentración de eritrocitos ya que el hierro es un componente de la hemoglobina, la cual permite que los glóbulos rojos transporten el oxígeno y lo distribuyan a los tejidos del cuerpo (Miller *et al.*, 1982), por lo tanto si el hierro no está presente en el suero sanguíneo nos indica que está siendo utilizado.

Por ejemplo esta disminución también puede ser debido a que los lechones crecen rápidamente, su peso se duplica rápidamente comparado con el tamaño que tienen al nacimiento. Junto con este crecimiento aumentan las necesidades de hierro para producir la hemoglobina del creciente volumen sanguíneo (Furugouri, 1972). Es posible que la cantidad de hierro que los cerdos pudieron obtener de la dieta proporcionada ya no era suficiente para cubrir la demanda de producción de hemoglobina a partir de los 71 días de muestreo.

Gongora *et al.* (2004) mencionaron que una adecuada suplementación de hierro en la dieta es de gran importancia debido a que los cerdos tienen escasas reservas corporales, lo que ocasiona anemia ferropénica además de disminuir la producción de hemoglobina y por tanto retrasar el crecimiento. El hierro también participa en la activación del sistema inmunitario activando varias enzimas que intervienen en los fenómenos inflamatorios y favorecen la



Gráfica 22.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la concentración de hierro en cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras. *T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.



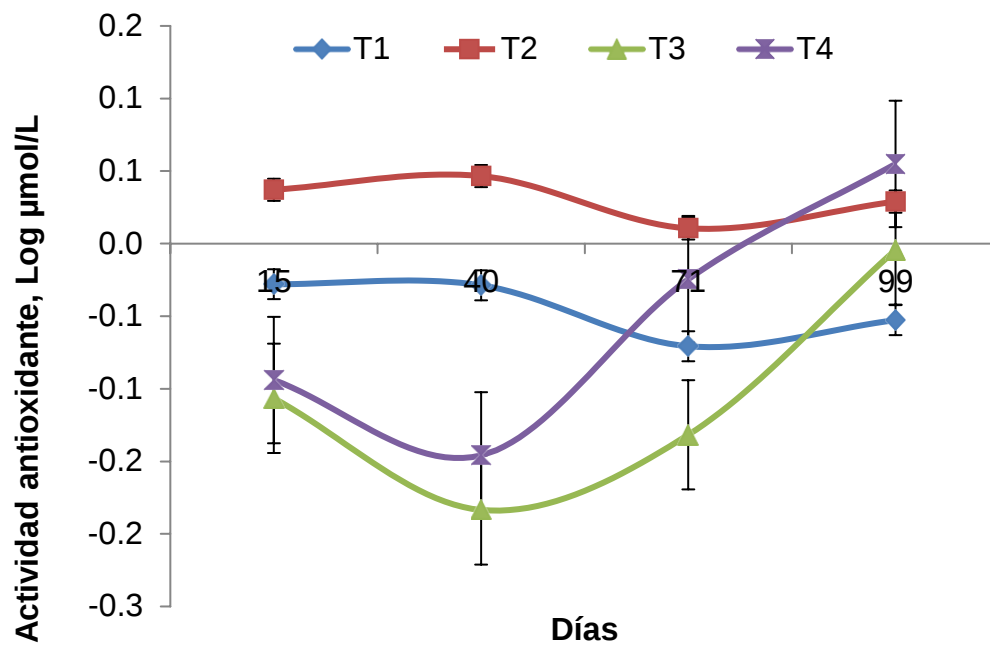
hiperplasia de leucocitos así como la fabricación de anticuerpos. Por lo tanto, un aporte adecuado garantiza una mejora en el sistema inmunitario y mayor resistencia a procesos infecciosos (Furugouri, y Kawabata, 1976).

Actividad Antioxidante (AA)

La capacidad antioxidante fue más baja ($P<0.05$) para los animales del T3 y T4 en los días 15 y 40 del muestreo, sin embargo, para el día 71 y 99 en estos tratamientos se observó que la AA empezó a aumentar ($P<0.05$). Por otro lado las concentraciones para T2 y T1 fueron mayores en el día 15 y 40 mismas que en comparación con T3 y T4 permanecieron más estables hasta el día 71 y 99 del muestreo (Gráfica 23). Este aumento de la AA en los animales del T3 y T4 se pudiera relacionar con el aumento de la temperatura en el lugar donde se llevó el experimento, al respecto Tanaka *et al.* (2008) mencionaron que el estrés por calor estimula la producción de radicales libres y especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que ocasiona que el animal entre en estrés oxidativo lo que corresponde a un desequilibrio entre la tasa de producción de oxidantes y la de su degradación. La baja concentración de AA en el T3 y T4 los días 15 y 40 puede deberse a una elevada producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), Prior y Cao (1999) mencionaron que cuando hay un incremento en la producción de ROS puede ocasionar una disminución en la capacidad antioxidante total in vivo.

Calidad de Carne de Cerdos

En relación a las características de color de la carne y grasa se observó, que el color de grasa fue más brillante ($P<0.05$) en los cerdos del T1, T3 y T4 en comparación con el T2 lo cual nos indica que la grasa de los animales en



Gráfica 23.- Logaritmos ($\pm$ EE) de la capacidad antioxidante del plasma de cerdos suplementados con diferente nivel de inóculo de levaduras.
*T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras;
T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.



este tratamiento fue más obscura (Cuadro 13) lo que pudo haber afectado el proceso de comercialización de las canales. En cuanto al color de la carne el efecto negativo nuevamente se observa ya que los cerdos del T2 tuvieron valores más bajos ($P < 0.05$) en comparación con los otros tratamientos los cuales tuvieron valores de luminosidad y tendencia al rojo muy similares. Este color más oscuro en la grasa y carne de los animales del T2 puede estar provocado por los valores altos de hemoglobina que se presentaron en este tratamiento. MacDougall (1982) publicó que la mioglobina es la encargada de dar el color rojo brillante a la carne, sin embargo, el color restante proviene de la hemoglobina, la cual se encuentra principalmente en la sangre que circula, pero se puede encontrar en pequeñas cantidades en los tejidos después de la matanza.

Otros elementos que pueden influenciar el color de la carne son los factores intrínsecos, bioquímicos, fisicoquímicos y extrínsecos como la alimentación y estrés pre-sacrificio (Pérez, 2006). Anteriormente Judge *et al.* (1989) reportaron que el color de la carne puede estar influenciado por aspectos fisicoquímicos como un descenso en el pH ya que desde el momento del sacrificio el color cambia debido a la transformación de glucógeno en ácido láctico, el cual puede transformar las propiedades de la carne.

Sin embargo, sería interesante conocer si existe una relación entre el nivel de inóculo y aspectos fisiológicos del animal, ya que los cerdos fueron manejados y sacrificados en un rastro TIF por lo que las diferencias aquí encontradas pudieran estar más relacionadas con el nivel de inóculo suplementado y no con el manejo ante y pos-mortem de los cerdos.



Cuadro 13.- Datos ($\pm$ DE) y medianas del color de la grasa y carne de cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras

Variables		Tratamiento*			
		1	2	3	4
Color de Grasa	L	15.00 $\pm$ 13.56 ^a	6.00 $\pm$ 13.56 ^c	11.20 $\pm$ 12.76 ^b	14.20 $\pm$ 12.76 ^a
	a*	9.83 $\pm$ 13.56 ^c	8.60 $\pm$ 13.56 ^c	12.66 $\pm$ 12.76 ^b	15.00 $\pm$ 12.76 ^a
	b*	16.83 $\pm$ 13.56 ^a	5.83 $\pm$ 13.56 ^c	10.00 $\pm$ 12.76 ^b	13.40 $\pm$ 12.76 ^b
Color de Carne	L	13.91 $\pm$ 13.56 ^a	5.91 $\pm$ 13.56 ^b	13.40 $\pm$ 12.76 ^a	13.40 $\pm$ 12.76 ^a
	a*	15.50 $\pm$ 13.56 ^a	6.60 $\pm$ 13.56 ^d	13.00 $\pm$ 12.76 ^b	10.33 $\pm$ 12.76 ^c
	b*	15.33 $\pm$ 13.56 ^a	3.50 $\pm$ 13.56 ^c	13.00 $\pm$ 12.76 ^b	15.00 $\pm$ 12.76 ^a
**Color de Grasa	L	74.42	68.63	72.73	74.16
	a*	-3.52	-2.61	-3.67	-2.23
	b*	36.56	27.72	35.69	36.34
**Color de Carne	L	50.46	46.25	49.79	49.29
	a*	3.00	1.63	1.87	1.88
	b*	23.97	13.56	22.55	23.66

a, b, c, d, diferente literal entre columna muestra diferencia ($P < 0.05$) entre tratamiento.

L.- luminosidad; a* intensidad a rojo; b* intensidad a amarillo *T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.

**Mediana del color de grasa y carne



Para el EGD esta fue menor ($P < 0.05$) en los cerdos del T4 con respecto a los animales del T0, T1 y T3 (Cuadro 14). En cuanto a el AOC se observó que la producción de músculo en las canales de los cerdos del T1, T2 y T4 fue más alta ($P < 0.05$), comparada con los del T3 (Cuadro 14). Sin embargo, para el RC no se encontró efecto entre tratamientos ($P > 0.05$) ya que todos los tratamientos fueron muy similares (Cuadro 14).

Estos resultados nos indica que los cerdos del T4 produjeron una mayor cantidad de carne y una menor cantidad de grasa dorsal, lo que desde el punto de vista de la producción beneficia al sistema productivo y también a la salud humana ya que tiene la ventaja de que las canales pueden llegar al consumidos con un menor contenido de grasa dorsal. Es posible que este efecto sea el resultado del uso del inóculo, García *et al.* (2014) encontraron que las levaduras pueden actúe en el metabolismo del animal, tanto energético como proteico, lo cual aumenta el tiempo de recambio de las células intestinales provocando ahorro en los nutrientes digeridos por el animal y posibilita que estos se puedan utilizar en la producción de masa muscular.

Cuadro 14.- Datos ($\pm$ DE) y medianas de calidad en carne de cerdos suplementados con diferente nivel de levaduras

Variables	Tratamientos*			
	1	2	3	4
EGD	12.08 $\pm$ 13.53 ^b	9.91 $\pm$ 13.53 ^c	16.80 $\pm$ 12.73 ^a	7.40 $\pm$ 12.73 ^d
RC	12.00 $\pm$ 12.84 ^a	13.80 $\pm$ 12.11 ^a	13.40 $\pm$ 12.11 ^a	12.00 $\pm$ 12.11 ^a
AOC	11.80 $\pm$ 12.04 ^a	11.41 $\pm$ 12.77 ^a	8.20 $\pm$ 12.04 ^b	12.50 $\pm$ 12.04 ^a
**EGD (cm)	2.30	2.40	2.80	2.00
**RC (%)	82.15	80.95	83.43	83.00
**AOC(cm ²)	7.00	6.85	6.20	7.10

a, b, c, d, diferente literal entre columna muestra diferencia ($P < 0.05$) entre tratamiento.

*T1.- Tratamiento control; T2.-50 ml/kg de inóculo de levaduras; T3 100 ml/kg de inóculo de levaduras y T4 150 ml/kg de inóculo de levaduras en el alimento consumido por animal.

**Medianas de las variables de calidad de carne

RC.- Rendimiento de canal; AOC.-Área del ojo de la costilla; EGD.- Espesor de grasa dorsal



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este trabajo, se concluye que los animales del T2 fueron los más beneficiados en cuanto a salud y bienestar animal ya que sus conteos de glóbulos blancos y rojos estuvieron más cercanos a los que se recomiendan normales, también estos animales tuvieron pesos más altos y una ganancia diaria de peso mayor. Para la actividad antioxidante la de los animales del T2 fue más estable conforme se desarrolló el experimento. Sin embargo se encontró que en cuanto a calidad de carne los animales del T4 fueron mejores ya que el tamaño del área del ojo de la costilla fue más grande y la producción de grasa fue menor lo cual es un beneficio para la salud humana.

Se recomienda realizar más investigación utilizando otros niveles de inóculo más bajos, porque en este trabajo se encontró que entre más se aumenta el nivel de inóculo son menos los beneficios que se obtienen en cuanto a salud y producción.



LITERATURA CITADA

- Blanco, M., I. Casasús y J. Palacio. 2009. Effect of age at weaning on the physiological stress response and temperament of two beef cattle breeds. *Animal*. 3:108-117.
- Bruno, R. S., Y. Song, S. W. Leonard, D. J. Mustacich, A. W. Taylor, M. G. Traber y E. Ho. 2007. Dietary zinc restriction in rats alters antioxidant status and increases plasma F2 isoprostanes. *J Nutr Biochem*. 18 :509-518.
- Cerone, S. I., A. S. Sansinanea, y S. A. Streitenberg, M. C. García y N. J. Auza. 2000. Bovine monocyte-derived macrophage function in induce copper deficiency. *Gen Phy Biophys*. 19:49-58.
- Champagne, C. P., N. J. Gardner y D. Roy. 2005. Challenger in the addition of probiotic cultures to foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 45:61-84.
- Collier, C. T., J. A. Carroll, M. A. Ballou, J. D. Starkey y J. C. Sparks. 2010. Oral administration of *Saccharomyces cerevisiae* boulardii reduces mortality associated with immune and cortisol reponses to *Escherichia coli* endotoxin in pigs. *J. Anim. Sci*. 89:52-58.
- CONAGUA. 2012. Atlas del agua en México. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-36-12.pdf> .Consultado septiembre, 2015.
- Cuarón, J. 2004. Efecto de un producto de levadura activa sobre la función inmune en cerdos. Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 15 p.
- Díaz-Reyes, A., J. Galindo, R. Bocourt, O. Moreira, y L. Sarduy. 2009. Efecto de un hidrolizado enzimático de *Saccharomyces cerevisiae* y sus diferentes fracciones en la dinámica fermentativa ruminal del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en condiciones in vitro. *Rev. Cub. Cienc. Agríc*. 43: 251-257.
- Díaz-Plascencia, D., C. Rodríguez-Muela, P. Mancillas-Flores, C. Angulo, F. Salvador, O. Ruiz, H. O. Rubio, S. Mena, y A. Elías. 2010. Desarrollo de un inóculo con diferentes sustratos mediante fermentación sólida sumergida. *Redvet. Elect, Vet*. 10:1-10.
- Dransfiel, E., T. M. Nagpo, A. N. Nielson, L. Bredahl, P. O. Sjöden, M. Magnusson, M. M. Campo y G. R. Nute. 2005. Consume choiser and suggested Price for pork as influenced by its appearance, taste, and information concerning country of origin and organic pig production. *Meat Sci*. 69:61-70.
- Fox, S. 1994. Probióticos en la nutrición animal. *Rev. Mundo Porcino* 17: 28-32.



- Fuller, R. 1986. Probiotics. J. Appl. Bact. 61:15.
- Furugouri, K. 1972. Plasma iron-binding capacity in piglets in anaemia and iron administration. J Anim Sci; 34: 421-426.
- Furugouri, K., y A. Kawabata. 1976. Iron absorption by neonatal pig intestine in vivo. J. Anim. Sci. 42:1460.
- García, Y., M. Pérez, Y. García, B. Rodríguez, R. Boucourt, V. Torres, N. Albelo, O. Núñez, J. A. Guzmán, M. Febles y A. C. Noda. 2014. Efecto probiótico de una cepa de *Wickerhamomyces anomalus* en pollos de ceba. Rev. Cubana de Cienc. Agríc. 48: 125-128.
- Garrido, M. D., S. Bañón, J. Pedauye y J. Laencina. 1994. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughterline. Meat Sci. 37:421-429.
- Góngora, M. M.; F. Sarmiento, S. J. Correa y R. R. Santos. 2004. Evaluación de la pertinencia de aplicar hierro a lechones criados en un sistema de producción en exterior. Vet. México. 35:4.
- Gusil, C., S. Cuozzo, F. Sesma y S. González. 2002. Examination of adhesive determinants in three species of *Lactobacillus* isolated from chicken. Can j. microbial. 48:34-42.
- Hambridge, K. M., C. E. Casey y N. F. Krebs. 1986. Zinc. In trace elements in human and animal nutrition. 5th ed. Walter Mertz. Academic Press. Inc., Londres. Reino Unido.
- Judge, M. D., E. D. Aberle, J. C. Forrest, H. B. Hedrick, y R. A. Merkel. 1989. Principles of meat Science. Kendall hunt publishing Company. United State of America.
- Latorre, M. A., C. Pomar, L. Faucitano, C. Gariépy, y S. Méthot. 2008. The relationship within and between production performance and meat quality characteristic and pigs from three different genetic lines. Livest. Sci. 115: 258-267.
- Ly, J. 2001. Fructosuria y lacticiduria en cerdos alimentados con distintas fuentes de carbohidratos. Revista computadorizada de Producción Porcina 8: 41-52.
- MacDougall, D. B. 1982. Changes on the colour and opacity of meat. Food Chemistry. 9: 75-88.
- Martínez, A., L. E. Zapata, J. Sierra, M. P. Pérez, R. P. Pradal, R. Mendoza, M. O. Velásquez y J. A. Cuarón. 2000. Ileitis, intestinal microflora and performance of growing-finishing pigs fed *Saccharomyces cerevisiae*. J. Anim. Sci. 78: 1296.



- Meyer, D. y J. Harvey. 2000. El laboratorio en Medicina Veterinaria. Editorial Intermédica. Buenos Aires, Argentina.
- Miller, E. R., G. L. Waxler, P. K. Ku, D. E. Leery y C. K. Whither. 1982. Iron requirements of baby pigs reared in germ-free or conventional environments on condensed milk diet, J. Anim. Sci. 54: 106.
- Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes y V. W. Rodwell. 2000. Harper's Biochemistry. 25th ed. p 135, 223. McGraw Hill Health Professional Division, New York. E. U. A.
- Patterson, M., A. Pérez y Y. Schut. 1976. Algunos valores hematológicos de cerdos alimentados con desperdicios procesados parcialmente sustituidos por miel final. II Congreso Veterinaria. La Habana. Pp.249.
- Pérez, A. J. A. 2006. Color. Ciencia y Tecnología de Carnes. Editorial Limusa: D.F., Mexico. pp 634.
- Prior, R. L. y G. Cao. 1999. *In vivo* total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. Free Radic Biol Med. 27:1173-1181.
- Rodríguez, B., L. Mora, D. Oliveira, A. C. Euler, L. Lara y P. Lezcano. 2011. Chemical composition and nutritive value of torula yeast (*Candida utilis*), grown on distiller's vinasse, for poultry feeding. Cuban J. Agric. Sci. 45: 261.
- Rondón, A. J., Y. Ojito, F. G. Arteaga, M. Laurencio, G. Milián, y Y. Pérez. 2013. Probiotic effect of *Lactobacillus salivarius* C 65 on productive and health indicators of lactating piglets. Cuban J. Agric. Sci. 47:401.
- Rosef, O., L. H. Nystøyl, T Solenes y J. M. Arnemo. 2004. Haematological and serum biochemical reference values in free-ranging red deer (*Cervus elaphus atlanticus*). Rangifer. 24: 79-85.
- Sánchez, B., C. G. Gavilán, A. Margolles y M. Gueimonde. 2009. Probiotic fermented milks: present and future. Int. J. Dairy Technol. 62:472-483.
- SAS. 2006. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. SAS Institute Inc. Estados Unidos de Norteamérica.
- Shlosberg, A., M. Bellaiche, G. Zeitlin, M. Ya'Acobi y A. Cahaner. 1996. Hematocrit values from ascites in coldstressed broilers from parents selected by hematocrit. Poultry Sci. 75: 1-5.
- Sissons, J. W. 1989. Potential of probiotic organisms to prevent diarrhoea and promote digestion in farm animals. A review. J. Sci. Food and Agric. 49:1-13.



- Smith, G. C., G. T. King y Z. L. Carpenter. 1982. Beef Carcass Evaluation. Laboratory Manual for Meat Science. Prentice-Hall, 3a ed. Pp. 215. Englewood Cliffs, N.Y. E. U.A.
- Solaiman, S. G., T. J. Craig, G. Reddy y C. E. Shoemaker. 2007. Effect of high levels of Cu supplement on growth performance, rumen fermentation, and immune responses in goats kids. Small. Rumin. Res. 69:115-123.
- Spears, J. W. 2003. Trace mineral bioavailability ruminants. J. Nutr. 133:1506-1509.
- Suttle, N. F. y C. H. McMurray. 1983. Use of erythrocyte copper-zinc superoxide dismutase activity and hair or free concentrations in the diagnosis of hypocuprosis in ruminants. Res. Vet. Sci. 35:47-52.
- Tanaka, M., Y. Kamiya, T. Suzuki, M. Kamiya y Y. Nakai. 2008. Relationship between milk production and plasma concentrations of oxidative stress markers during hot season in primiparous cows. J. Anim. Sci. 79:481-486.
- Williams, N. H. T. S. Stahly, y D. R. Zimmerman, 1997. Effect of chronic immune system activation on the growth and dietary lysine needs of pigs fed from 6 to 112 kg. J. Anim. Sci. 75:2481 – 2492.
- Zhang, R. y E. Reisen. 2000. Obesityhypertension: The effects on cardiovascular and renal system. Am J Hypertens 13: 1308-1314.