

PRUEBA DE TOROS A LA TOLERANCIA AL CALOR POR MEDIO DE SU PROGENIE  
E INFLUENCIA DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA EN LA RACION SOBRE  
LA TEMPERATURA RECTAL Y RITMO RESPIRATORIO

Por

Melchor C. Cadena



Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas  
Turrialba, Costa Rica  
Octubre de 1958

PRUEBA DE TOROS A LA TOLERANCIA AL CALOR POR MEDIO DE SU PROGENIE  
E INFLUENCIA DE DIFERENTES NIVELES DE FIBRA EN LA RACION SOBRE  
LA TEMPERATURA RECTAL Y RITMO RESPIRATORIO

Tesis

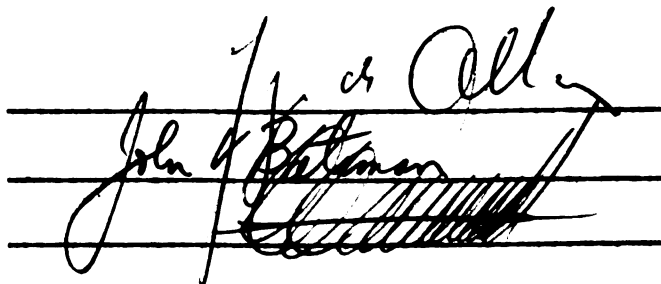
Sometida al Consejo de Estudios Graduados  
como requisito parcial para optar el grado  
de

Magister Agriculturae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas

APROBADO:



Consejero

Comité

Comité

Octubre de 1958.

A MIS PADRES

### AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo agradece profundamente al Dr. Jorge de Alba, su ayuda y dirección.

Agradece igualmente a los miembros de su Comité, Dr. John V. Bateman e Ing. Candelario Carrera. Asimismo, al Banco de México y al Proyecto 39 del Programa de Cooperación Técnica de la O.E.A., por haberle concedido una beca para sus estudios graduados.

A la Srta. Angelina Martínez por la revisión de la literatura.

A la Srta. Clotilde Cattáneo, al Sr. Juvenal Valerio y a todas las personas que en una u otra forma cooperaron con el autor.

## BIOGRAFIA

Melchor Cadena Cadena, nació en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, México, el día 24 de Julio de 1934.

Cursó sus estudios primarios y secundarios en su ciudad natal.

Posteriormente ingresó en la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" en la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, en donde obtuvo el grado de Ingeniero Agrónomo en el año 1956.

En Septiembre de 1957 ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, en el Departamento de Industria Animal en calidad de estudiante graduado, habiendo terminado sus estudios en Septiembre de 1958.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
MATERIALES Y METODOS .....	7
RESULTADOS .....	10
DISCUSION .....	16
RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	22
SUMMARY AND CONCLUSIONS .....	25
LITERATURA CITADA .....	27

INDICE DE CUADROS

No.		Página
1.	Concentrados usados con tres niveles de fibra .....	8
2.	Análisis del pasto Imperial ( <u>Axonopus scoparius</u> (Flugge) Hitch) secado al aire .....	9
3.	Análisis de la variancia de los movimientos respiratorios .....	11
4.	Análisis de la variancia de las temperaturas rectales...	11
5.	Promedio de las temperaturas rectales y movimientos respiratorios .....	12
6.	Promedio de temperaturas rectales y movimientos respiratorios a 29.4°, 35.0°, 40.5°C .....	12
7.	Análisis de la variancia para movimientos respiratorios a tres niveles de fibra en la ración .....	13
8.	Análisis de la variancia para temperaturas rectales, a tres niveles de fibra en la ración .....	14
9.	Promedios de movimientos respiratorios y temperaturas rectales en los tres niveles de fibra y a temperatura de 35.0°C .....	14
10.	Lecturas de hematócrito, temperatura rectal y movimientos respiratorios .....	15

## INTRODUCCION

En el mundo se produce solamente el 60% de la dieta mínima de leche, de la cual corresponden 227 Kgs. de leche para las zonas templadas y 27 Kgs. para las tropicales. Esta baja producción es debida a numerosos factores, tales como: clima, parásitos, enfermedades, valores nutritivos de los forrajes, etc. El hombre del trópico al intentar mejorar estas condiciones, ha tratado de seguir prácticas ya establecidas en zonas templadas, fracasando muchas veces. Con el adelanto en los últimos años de la genética de poblaciones y los nuevos métodos que han surgido para evaluar individuos en su comportamiento como transmisores de características deseables, los investigadores se han encontrado con conocimientos totalmente nuevos que han evolucionado los antiguos sistemas de cría y de selección. Se han calculado índices de herencia (heritability) para características de ganado de leche tales como producción de leche por año, porcentaje de grasa en la leche, etc.; igualmente en ganado de carne, cerdos, ovejás, en aspectos que interesan al criador. Un índice que puede ser útil para predecir actuación futura es el índice de consistencia (repeatability). Estos sistemas han sido estudiados en zona templada. Investigaciones similares deben llevarse a cabo en el trópico para tener más bases en el adelanto de la ganadería tropical.

En un estudio preliminar llevado a cabo en el Departamento de Industria Animal del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, se observaron diferencias de comportamiento en la cámara climática en hijas de diferentes padres. Por esta causa se creyó necesario llevar a cabo un



estudio, en el cual se pudiera medir estas diferencias. Para este objeto se escogieron hijas de tres diferentes padres, las cuales se sometieron a tres niveles de temperatura con una humedad alta. Tomándoles la temperatura rectal y el ritmo respiratorio en un período de seis horas.

Por carecer de literatura suficiente sobre la influencia de la fibra en el ritmo respiratorio y temperatura rectal, y por estar contenida en un alto porcentaje en los forrajes tropicales, se llevó a cabo una exploración en ese sentido. Utilizando las novillas del estudio anterior, se sometieron éstas a un régimen de alimentación en estabulación completa. Este régimen consistió en variarles el contenido de fibra en la ración a tres niveles diferentes. Después de tenerlas siete días con cada nivel, se observaron sus reacciones fisiológicas al calor en la cámara climática. Además se les tomaron lecturas de hematócrito, para buscar una posible correlación entre dicha lectura y resistencia al calor.

## REVISION DE LITERATURA

Los índices de herencia e índices de consistencia, han sido en su mayor parte calculados en zonas templadas. La cría animal en estas condiciones cuenta con un factor favorable, el ambiente. Estudios similares no se han hecho en zonas tropicales en donde el factor ambiente es determinante para la vida de los individuos. Al hablar aquí de ambiente nos referimos a todos los factores externos que afectan la producción animal en regiones tropicales, tales como: enfermedades, nutrición (30), hábitos de pastoreo (12), etc. Es evidente, como lo afirman Shrode (28) y Bond et al (4), la necesidad que existe de experimentos genéticos relacionados con condiciones ambientales y averiguar sobre los mecanismos de la herencia en estas condiciones desfavorables. En un estudio hecho por Seath (27) con vacas Holstein en dos años consecutivos encontró un índice de consistencia (repeatability) para temperatura individual de 15.2% para el primer año y de 38.5% para el segundo. Los índices de herencia estimados para producciones individuales basadas en las diferencias entre progenies fueron de: temperatura del cuerpo 15.1% para el primer año y 30.8% para el segundo; respiraciones 76.6% y 84.3% respectivamente. Esto nos demuestra que la selección se va haciendo más efectiva al tener un mayor número de años con registro. Se han hecho numerosas sugerencias respecto a selección de ganado en ambientes térmicos altos. Lee y Phillips (17), Phillips (24) y Bonsma (5) opinan que la selección en los trópicos se debe basar en la capacidad productiva de leche, carne, huevos, lana. Las temperaturas altas reducen el crecimiento, resultando en menos engorde de bovinos y porcinos (32). Cartwright (6) estudió el

engorde de ganado Brahman y Herford, en períodos cálidos en un hato de 365 animales, al peso ganado durante este período le encontró un índice de herencia de 19%, concluyendo que la mejor selección es la basada en aumentos de peso durante los meses de verano. El efecto del calor sobre vacas lactando ocasiona una baja producción, así como disminución en el apetito (13). La eficiencia productiva es afectada por la temperatura ambiente. Brody (7) concluye que al aumentar la temperatura ambiente aumenta la temperatura rectal con una declinación de la productividad. La fertilidad es afectada por el calor ambiental, en vacas se ha encontrado la llamada esterilidad de verano. La calidad del semen y producción de esperma es menor en ambientes cálidos (30).

Se han estudiado las reacciones fisiológicas de varias especies y razas, encontrándose que una de las primeras respuestas al aumentar la temperatura ambiente, es el aumento del ritmo respiratorio y la temperatura rectal (19). Kibler y Brody (14) encontraron que aumentando la temperatura ambiente de 50.0° a 105.0°F hubo un incremento del ritmo respiratorio y la temperatura rectal, en ganado Brahman, Jersey y Holstein. Efectos similares encontró Casady et al (9) en toros Holstein jóvenes, iguales resultados reporta Findlay (12).

Además de la influencia del clima existen los caracteres intrínsecos del animal que afectan la tolerancia al calor, como: densidad del pelo, sexo, edad (Asker et al, 2). Klemm y Robinson (15) encontraron que a mayor edad hay incremento en la resistencia al calor. Hay ciertas condiciones que afectan las reacciones fisiológicas a altas

temperaturas, como: actividad, estado de salud, rendimiento y alimentación (16).

Algunos investigadores han estudiado las correlaciones que existen entre la cantidad de algunos compuestos de la sangre y la adaptación al calor. En comparaciones de ganado tropical con europeo se ha encontrado una mayor cantidad de glóbulos rojos por centímetro cúbico en el primero que en el segundo (29), asimismo, las temperaturas altas causan aumento de la hemoglobina circulante (12). Comparando ganado Zebú y el ganado Europeo en lecturas de hematócrito, se han encontrado lecturas más altas en el ganado Zebú (3, 19). En estudios comparativos entre Jersey y Red Sindhi y el F<sub>1</sub> de estas razas se encontraron las lecturas más altas en el hematócrito, así como mayor resistencia al calor (27).

Se citó como una de las condiciones que afectan la tolerancia al calor, la alimentación (7, 12, 13, 17), a este respecto a pesar de que es citado por numerosos autores, no existe suficiente evidencia experimental. Mullick et al (22) encontraron que durante los meses de verano baja el consumo de alimentos. Nordfeldt et al (23) en estudios con diferentes niveles de fibra en raciones para vacas lecheras, encontraron que la cantidad de fibra en la ración tiene influencia definitiva sobre la producción de leche, hubo diferencia significativa para pulsaciones, pero no para respiraciones y temperaturas rectales. Leighton y Rupel (18) hicieron comparaciones con dos niveles de fibra sin variar los demás componentes de las raciones, en vacas lactando. Los niveles fueron 12.5 y 4.3% en la ración total, encontrándose diferencia significativa entre producciones de leche, temperatura del cuerpo, ritmo respiratorio

y altamente significativo para el pulso, los autores indican que también puede haber influido en los resultados, que la ración con menor cantidad de fibra, tenía menor volumen que la de un contenido mayor. Robinson y Lee (25) probaron el efecto de dos niveles nutricionales sobre las respuestas fisiológicas en gallinas, cerdos y ovejas. Encontraron que la diferencia en comportamiento fué significativamente más alta para el nivel mayor. Sin embargo, para niveles altos de proteína no hubo ninguna diferencia. Los niveles nutricionales tienen efecto sobre la motilidad del rumen. Morillo (20) reporta una diferencia altamente significativa entre cantidad de relleno en la panza y motilidad. El clima tiene influencia sobre la rumia, Appleman y Delouche (1) encontraron que al aumentar la temperatura, hay una disminución en la rumia; este estudio fué hecho en cabras.

## MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo consta de dos partes. La primera es una prueba a la tolerancia al calor de toros por medio de sus hijas, la segunda, influencia de la fibra contenida en la ración sobre el movimiento respiratorio y temperatura rectal. Además se tomó una lectura de hematócrito para determinar una correlación entre ésta y la tolerancia al calor.

Para la primera parte se escogieron cuatro hijas de tres toros diferentes de la raza criolla lechera. La edad de los animales fluctuaba entre 1 año y 1 año 4 meses. Se usó la cámara climática del Departamento de Industria Animal del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Las novillas fueron sometidas a tres niveles de temperatura, 29.4°, 35.0° y 40.5°C; se usó una humedad de 25 mm. de presión de vapor. El tratamiento fué aplicado en el día y la noche. El diseño experimental fué en parcelas sub-subdivididas (31). Las parcelas grandes correspondieron a padres (error a), el error b a Día vs. Noche y el error c a temperaturas. Las novillas fueron entrenadas durante un mes y medio antes de la fase experimental, con el objeto de acostumbrarlas al manejo al que estarían sometidas. Los animales pastaron en potreros de pasto pangola (Digitaria decumbens Stent) y se les suministraba 1 Kg diario de concentrado de 16% de proteína por cabeza. Durante el experimento las novillas recibían cada 15 días fenotiazina así como un baño con Muscatox contra la garrapata (Boophilus microplus (Canestrini)) y el tórsalo (Dermatobia hominis, L. Jr.). Los animales permanecían durante seis horas en cada temperatura. Considerando que este tiempo es

el máximo de calor en un día. En la cámara se les tomaba cada dos horas la temperatura rectal y el ritmo respiratorio; la temperatura rectal fué tomada con termómetros clínicos. Antes de ser usados era comprobada su exactitud en el laboratorio. Las lecturas del ritmo respiratorio fueron hechas por apreciación directa, observando los movimientos en el ijar 15 segundos, la suma de cuatro observaciones fué la lectura para un minuto. Los promedios de las lecturas tomadas en seis horas, fueron las que se usaron para el análisis estadístico. Los animales eran introducidos en la cámara a las ocho de la mañana y permanecían en ella hasta las dos de la tarde, para las observaciones de noche se metían a las ocho y se sacaban a las dos del día siguiente.

Cuadro N°1. Concentrados usados con tres niveles de fibra.

Concentrado	T.D.N.★	Fibra★II	Fibra
I	73.51%	18.87%	2.9%
II	68.60%	16.70%	14.6%
III	68.30%	17.50%	22.0%

★ Tablas de Morrison (21)

★★ Análisis de laboratorio del Departamento.

Para la segunda parte se usaron los mismos animales aprovechando el entrenamiento de éstos. Las novillas permanecieron estabuladas durante esta fase experimental. Los animales comieron pasto Imperial (Axonopus scoparius (Flugge) Hitch) y concentrado a tres niveles de fibra (Cuadro N°1). La materia seca del pasto se determinó cada semana, con el objeto de hacer los cálculos más exactos, el análisis del

pasto se da en el Cuadro N°2. El total de fibra resultó de la suma del concentrado más la del pasto, determinando así los tres niveles de fibra en la ración. Los niveles de fibra fueron de 16%, 23 y 25.5%. El consumo del pasto se determinó por diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado. Las novillas comieron durante siete días la ración, asumiendo que durante este período el relleno de la panza era uniforme para cada nivel de fibra. Después de siete días con cada ración se sometieron a una temperatura de 35.0°C y 25 mm. de presión de vapor, siguiendo el mismo sistema para tomarles la temperatura rectal y movimientos respiratorios que en la primera parte. El análisis estadístico se llevó a cabo por medio de un análisis de variancia común, además se sacó la diferencia mínima significativa para las comparaciones entre niveles de fibra en la ración.

Cuadro N°2. Análisis del pasto Imperial (Axonopus scoparius (Flugge) Hitch) secado al aire.

Materia seca	Proteína	Extracto etéreo	Fibra	Ceniza	E.N.N.
15.5%	11.65%	2.48%	27.2%	8.28%	50.39% ★★
15.4%	10.48%	1.85%	26.0%	8.01%	53.66% ★

★ Tablas de De Alba (10)

★★ Análisis del Departamento

A cada novilla se le tomó una muestra, con la cual se determinó una lectura de hematócrito. La lectura de hematócrito se hizo por el método de Wintrobe. Con esta lectura se determinó el índice de correlación (6) entre ritmo respiratorio y hematócrito y temperatura rectal y hematócrito. La temperatura de la cámara para la determinación de esta lectura fué de 35.0°C.



RESULTADOS

Para mayor comprensión, los datos de las diferentes fases serán presentados separadamente.

1. Prueba de Toros por Medio de sus Hijas.

En la primera parte se probaron las hijas de tres padres diferentes, a las temperaturas de 29.4°, 35.0°, 40.5°C. Se hizo el análisis estadístico separadamente para temperaturas rectales y movimientos respiratorios, el primero es presentado en el Cuadro N°3. Como se puede apreciar se encontraron diferencias altamente significativas para movimientos respiratorios, entre Día vs. Noche, entre temperaturas y Temperaturas x Día vs. Noche. En el Cuadro N°4 se presenta el análisis para temperaturas rectales, los resultados fueron: diferencia altamente significativa entre Día vs. Noche, diferencia significativa de la interacción Padres x Día vs. Noche y altamente significativa entre temperaturas. Observando los promedios podemos apreciar la magnitud de las diferencias encontradas. La lectura promedio para movimientos respiratorios en el día fué de 76.1/min. y en la noche de 98.6/min. La temperatura rectal promedio durante el día fué de 39.11°C y en la noche de 39.41°C. En el Cuadro N°5 se puede apreciar la interacción de Padres x Día vs. Noche para temperaturas rectales; durante el día las novillas con menor temperatura rectal fueron las hijas del toro Limeño, mientras que en la noche las novillas con menor temperatura rectal fueron las hijas del toro Floreño.

Cuadro N°3. Análisis de la Variancia de los Movimientos Respiratorios.

Fuentes de Variación	G.L	S.C	C.M	F
Padres	2	885.75	442.87	0.530
Error (a)	9	7513.76	834.86	
Sub-total	11			
Día vs. Noche	1	9097.21	9097.21	101.18 <b>***</b>
Pad. x Día vs. Noche	2	210.24	105.12	1.17
Error (b)	9	809.20	89.91	
Sub-total	23			
Temperaturas	2	6411.00	3205.50	41.40 <b>***</b>
Temp. x Padres	4	339.76	84.94	1.10
Temp. x Día vs. Noche	2	1772.20	886.10	11.44 <b>***</b>
Temp. x Pad. x Día vs. Noche	4	599.21	17.62	0.23
Error (c)	36	2787.33	77.42	
T o t a l	71	30425.66		

**\*\*\*** Significativo al 1%

Cuadro N°4. Análisis de la Variancia de las Temperaturas Rectales.

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F
Padres	2	0.13	0.065	0.414
Error (a)	9	1.42	0.157	
Sub-total	11			
Día vs. Noche	1	1.53	1.530	30.60 <b>***</b>
Pad. x Día vs. Noche	2	0.43	0.215	4.30 <b>*</b>
Error (b)	9	0.45	0.050	
Sub-total	23			
Temperaturas	2	0.88	0.490	14.00 <b>***</b>
Temp. x Padres	4	0.10	0.025	0.714
Temp. x Día vs. Noche	2	0.16	0.080	1.600
Temp. x Pad. x Día vs. Noche	4	0.06	0.015	0.428
Error (c)	36	1.26	0.035	
T o t a l	71	6.52		

**\*** Significativa al nivel del 1%

**\*\*\*** Significativa al nivel del 5%

Cuadro N°5. Promedio de las Temperaturas Rectales y Movimientos Respiratorios.

Padres	Ritmo respiratorio			Temperatura rectal		
	Día	Noche	Promedio	Día	Noche	Promedio
Limeño	70.19	96.38	83.28	39.00	39.50	39.25
Floreño	80.19	103.49	91.84	39.14	39.28	39.21
Sabroso	77.91	95.85	86.88	39.20	39.43	39.31
Promedio total	76.10	98.58		39.41		

Cuadro N°6. Promedio de Temperaturas Rectales y Movimientos Respiratorios a 29.4°, 35.0°, 40.5°C.

Temperaturas	Ritmo respiratorio			Temperatura rectal		
	Día	Noche	Promedio	Día	Noche	Promedio
29.4°	58.9	91.8	75.3	38.93	39.30	39.11
35.0°	75.3	100.7	88.0	39.14	39.42	39.28
40.5°	93.9	103.1	98.5	39.29	39.47	39.38

La diferencia estadística encontrada entre temperaturas puede apreciarse en el Cuadro N°6. Los promedios para movimientos respiratorios por minuto en las temperaturas de 29.4°, 35.0°, 40.5°C, fueron de 75.3, 88.0 y 98.5°C respectivamente; las temperaturas rectales a los 3 niveles fueron de 39.11°, 39.28°, y 39.38°C. La interacción de Temperaturas x Día vs. Noche se ve en el Cuadro N°5 y N°6; los promedios son los citados anteriormente.

2. Estudio del Contenido de Fibra en la Ración y Lectura de Hematócrito.

Con el objeto de probar la influencia de la fibra contenida en la ración sobre la temperatura rectal y movimientos respiratorios se les



dió a las novillas una ración con 16%, 23.0% y 25.5% de fibra.

Para encontrar la diferencia entre niveles de fibra se hizo un análisis de variancia común. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: se encontró diferencia altamente significativa entre niveles de fibra para temperaturas y sólo significativa para respiraciones. La diferencia entre novillas fué altamente significativa, tanto en respiraciones como temperatura rectal (Cuadro N°7 y N°8). Los promedios para las tres raciones son presentados en el Cuadro N°9. Se calculó la diferencia mínima significativa al 5%, como puede apreciarse en el Cuadro N°9, en los promedios para respiraciones por minuto se encontró diferencia entre el nivel de 16% y el de 23% de fibra pero no así en el de 16.0% y 25.5% de fibra. La diferencia entre el nivel de 23.0% y el de 25.5% se acercó mucho a la significancia. Al hacer las comparaciones para temperaturas rectales se encontró diferencia entre el nivel de 16% y el de 25.5% de fibra, la comparación entre el nivel de 16.0% y el de 23.3% estuvo muy cerca de la significancia.

Cuadro N°7. Análisis de la Variancia para Movimientos Respiratorios a tres Niveles de Fibra en la Ración.

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F
Niveles	2	688.11	344.10	3.42 *
Entre novillas	11	6303.47	573.04	5.662 **
Error	22	2222.65	101.02	
T o t a l	35	9214.23		

\* Significativa al nivel del 5%

\*\* Significativa al nivel del 1%

Cuadro N°8. Análisis de la Variación para Temperaturas Rectales, a tres Niveles de Fibra en la Ración.

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F
Niveles	2	0.52	0.260	5.77 **
Entre novillas	11	6.11	0.555	12.33 **
Error	22	1.01	0.045	
T o t a l	35	7.64		

\*\* Significativa al 1%.

Cuadro N°9. Promedios de Movimientos Respiratorios y Temperaturas Rectales en los tres Niveles de Fibra y a Temperatura de 35.0°C.

% de Fibra en la Ración	Movimientos Respiratorios	Temperaturas Rectales
16.0	67.94	39.03
23.0	77.88	39.19
25.5	69.46	39.32

D.M.S. (5%) para Respiraciones = 8.5

D.M.S. (5%) para Temperaturas Rectales = 0.17

Con la lectura de hematócrito se determinó una correlación entre ésta y la temperatura rectal y movimientos respiratorios. Las lecturas de hematócrito por animal, temperatura rectal y movimientos respiratorios son dadas en el Cuadro N°10. La correlación encontrada entre lectura de hematócrito y ritmo respiratorio fué de -0.51 (no significativa) y la de lectura de hematócrito y temperatura rectal fué de -0.74, altamente significativa al nivel del 1% de probabilidad.

Cuadro N°10. Lecturas de Hematócrito, Temperatura Rectal y Movimientos Respiratorios.

Novillas	Hematócrito	Temperatura Rectal	Movimientos Respiratorios
269	23.5	38.8	33.6
265	29.0	38.3	67.0
273	19.0	39.1	77.0
272	26.0	38.9	60.0
263	22.0	39.3	75.3
258	27.0	27.0	52.0
261	26.0	26.0	79.6
266	33.0	33.0	46.0
260	25.0	25.0	75.6
268	25.0	25.0	75.6
270	21.0	21.0	61.6
283	17.0	17.0	112.0
Suma	293.5	468.4	815.30
Promedio	24.46	39.03	67.94

Correlaciones:

Hematócrito y Temperatura Rectal = -0.74  
Hematócrito y Mov. Respiratorios = -0.51

## DISCUSION

Numerosos investigadores han estudiado el comportamiento de los animales en ambientes térmicos altos. Estas investigaciones han sido llevadas a cabo ya sea en cámaras climáticas o en condiciones naturales. Así se ha llegado a determinar qué razas de ganado son más resistentes al calor, influencia del calor sobre la producción lechera, etc. Pero pocos estudios han sido hechos relacionados con los mecanismos de la herencia de la tolerancia al calor. Actualmente no se conoce qué parte de la tolerancia al calor de los padres es transmitida a los hijos o qué influencia tienen los padres sobre la producción en regiones tropicales. Estos problemas son importantes para mejorar la cría de ganado en zonas tropicales.

En el estudio de diferentes padres por medio de su progenie se encontró diferencia estadística entre el día y la noche; esta diferencia es similar a la encontrada por De Alba y Sampaio (11). La causa exacta no es posible definirla, probablemente es debida a los hábitos de pastoreo o a los diferentes rellenos de la panza. Esta diferencia se presentó tanto en temperaturas rectales como en movimientos respiratorios. En el análisis para temperaturas rectales se encontró diferencia significativa de la interacción Padres x Día vs. Noche. Esto nos indica la diferencia de comportamiento de las progenies de los toros. En el día las hijas con menor temperatura rectal fueron las del toro Limeño, en la noche las hijas con menor temperatura rectal fueron las del toro Floreño. Si tomamos en cuenta que la menor temperatura rectal nos indica una mayor resistencia al calor, podemos ver que la resistencia al

calor no es igual en la noche que en el día. En estudios hechos por Kibler y Brody (14) encontraron que aumentando la temperatura ambiente de 10°C (50°F) a 40.5°C (105°F) hubo un aumento de la temperatura rectal y el ritmo respiratorio. En este trabajo se encontró una diferencia altamente significativa entre temperaturas; éstos, son resultados similares a los citados anteriormente, sólo que en el presente trabajo las temperaturas variaron de 29.4° a 40.5°C. El diseño estadístico en parcelas divididas, conduce a una comparación más exacta entre los tratamientos de las sub-parcelas, en este caso se pudo cambiar el error a pero no se creyó conveniente debido a que las diferencias entre padres fué muy pequeña. En el proyecto original se había incluido la temperatura de 23.9°C, esta temperatura sólo se pudo sostener en la cámara una noche, la mayor dificultad fué poner la humedad a los 25 mm. de presión de vapor requeridos. A pesar de que se regó agua en el piso para aumentar la evaporación. Se trató varias veces de poner la temperatura de 23.9°C durante el día pero esto no fué posible debido a que la temperatura del aire que se metía a la cámara tenía una mayor temperatura y el mecanismo de refrigeración no operó eficientemente; aún en los días frescos después de estar los animales media hora dentro de la cámara, la temperatura aumentaba sobre los 23.9°C.

Por la falta de investigaciones relacionadas con la herencia a la tolerancia al calor sería muy aventurado hacer cualquier sugestión sobre la selección a este respecto. Además, se ha sugerido que la tolerancia al calor está asociada a una baja producción (7, 22, 32). Por tal motivo, existe la posibilidad de que al estar seleccionando animales



muy adaptados a condiciones cálidas, se esté seleccionando animales con bajo rendimiento económico. Mientras no exista suficiente evidencia experimental, no se puede definir en qué forma se puede hacer la cría en zonas cálidas, en lo que respecta a la tolerancia al calor y su relación con la producción. A pesar de que en este trabajo no se encontraron grandes diferencias entre las progenies de los toros, sólo la diferencia en habilidad para resistir al calor entre el día y la noche, es posible pensar que esta diferencia encierre algún mecanismo de importancia. Por tal motivo, es necesario hacer experimentos similares y precisar más la magnitud de estas diferencias.

Uno de los factores que afectan la producción en los trópicos es la calidad de los forrajes. Numerosos autores citan que la tolerancia al calor es afectada por el contenido de la panza del animal (1, 16, 17, 21, 24). A este respecto no existe suficiente evidencia experimental. La segunda parte de este estudio comprende la influencia de diferentes porcentajes de fibra en la ración sobre la temperatura rectal y el ritmo respiratorio. Se encontró diferencia significativa para movimientos respiratorios entre niveles de fibra y altamente significativa para temperaturas rectales. Estos datos concuerdan con los encontrados por Leighton y Rupel (18), en que concluyen que la fibra tiene influencia sobre el ritmo respiratorio y la temperatura rectal. En un estudio hecho por Nordfeldt et al (23) con vacas lecheras, no encontraron influencia de la fibra en la ración sobre la temperatura rectal y el ritmo respiratorio en ambiente natural de Hawaii, pero sí encontraron influencia en las pulsaciones. Este experimento tiene el inconveniente de que

fué conducido para probar la influencia de la fibra en la ración sobre la producción de leche. Por lo tanto, los datos obtenidos sobre la temperatura rectal y movimientos respiratorios fueron secundarios. La diferencia significativa para movimientos respiratorios encontrada entre la ración de 16% de fibra y la ración con 23% de fibra, nos demuestra la influencia de la fibra sobre el ritmo respiratorio. Para temperaturas rectales hubo diferencia entre la ración de 16% y la de 25.5%. Al observar estas variaciones, vemos que el aumento de respiraciones no estuvo asociado en forma lineal con el aumento de fibra en la ración. Una de las causas que pudieron haber influido es, la diferencia en consumo de materia seca, es decir, el análisis fué hecho basándose en porcentajes de fibra pero no en consumo total de materia seca. Estas mismas diferencias en el consumo tanto en volumen como en cantidad se presentaron en la investigación hecha por Leighton y Rupel (18).

Los porcentajes de nutrientes de los forrajes tropicales comparados con los de las zonas templadas son bajos. Los forrajes tropicales por lo general contienen un alto porcentaje de fibra. Además en las zonas tropicales no se dispone de concentrados a bajo precio que puedan aumentar el nivel nutricional de los animales. Un buen manejo de pastos es la forma más económica y práctica de aumentar la producción. Si hemos dicho que la fibra contenida en la ración tiene influencia adversa sobre el ritmo respiratorio y la temperatura rectal, estamos viendo que este nutriente afecta desfavorablemente el funcionamiento normal de los animales. Si el contenido de fibra tiene estos efectos, el primer paso es ver la forma de bajar el contenido de fibra en la ración,

con los medios que disponemos. Si tomamos en cuenta la diferencia en composición que tienen los pastos a diferentes estados de madurez, vemos que a menor edad los pastos contienen menor cantidad de fibra, así como una mayor cantidad de proteínas. Así que, una de las formas de disminuir el consumo de fibra es, dar a los animales el pasto en su estado más tierno. Al seguir esta práctica estaríamos al mismo tiempo aprovechando su máximo valor nutricional. Si se trata de animales en producción obtendríamos un beneficio, ya que un alto contenido de fibra tiene como consecuencia una baja producción.

La correlación encontrada entre la lectura de hematócrito y temperatura rectal fué de  $-0.74$ , o expresada en porcentaje el  $54.76\%$  de la temperatura rectal depende de la lectura de hematócrito. La correlación entre lectura de hematócrito y respiraciones fué de  $-0.51$ , o sea que sólo el  $26\%$  de las respiraciones dependen de la lectura de hematócrito. Esto nos indica que la temperatura rectal está más asociada con la lectura de hematócrito que las respiraciones. Desde el punto de vista de tolerancia al calor, es importante conocer la cantidad de cuerpos formados que contiene la sangre. Los datos encontrados concuerdan con los diferentes autores. Blincoe y Brody (3) encontraron en el ganado Zebú una mayor lectura de hematócrito, que en el ganado Europeo. Rusoff et al (26) comparando animales Red-Sindhi con Jersey, encontraron menor lectura de hematócrito en estos últimos así como una menor tolerancia al calor. Datos similares son reportados por Stone et al (29).

En la discusión presentada, se afirma el hecho de la falta de

experimentación relacionada con los alimentos tropicales y su influencia en la fisiología del animal. Debido a este factor y de acuerdo con la línea de proyectos del Departamento de Industria Animal, relacionados con los estudios climatológicos sobre ganado, el autor cree conveniente hacer algunas sugerencias para investigaciones futuras a este respecto.

1. Determinar específicamente en ambientes calidos, cuál es el nivel de fibra que los animales deben ingerir en su ración, para que no sufra alteración su ambiente interno.
2. Estudios relacionados con la calidad y cantidad de alimento ingerido, y su posible correlación con la influencia a la tolerancia al calor.

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio para probar toros a la tolerancia al calor por medio de sus hijas. Influencia de tres niveles de fibra en la ración, sobre la temperatura rectal y el ritmo respiratorio. El estudio fué hecho en la cámara climática del Departamento de Industria Animal del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Tres toros de la raza Criolla lechera fueron probados. Para tal efecto se escogieron cuatro hijas de cada uno, cuyas edades variaban entre 1 año y 1 año y medio. Los mismos animales se usaron para probar el efecto de la fibra contenida en la ración. Los animales se sometieron en la cámara climática a tres temperaturas, 29.4°, 35.0° y 40.5°C con 25 mm. de presión de vapor. Se les tomó la temperatura rectal y el ritmo respiratorio. Los datos fueron analizados según el diseño de parcelas sub-subdivididas. Para la prueba de fibra se les dió tres niveles de fibra en la ración, 16%, 23%, y 25%. Tomándoles la temperatura rectal y el ritmo respiratorio después de cada nivel. Se les tomó una lectura de hematócrito a cada novilla. Con esta determinación se sacó una correlación con la temperatura rectal y movimiento respiratorio.

En la primera parte relacionada con la prueba de toros por medio de su progenie, se encontró una diferencia significativa al nivel del 1% entre las siguientes comparaciones: Día vs. Noche y entre Temperaturas, esta diferencia fué tanto en temperaturas como en respiraciones. Además, se encontró una diferencia altamente significativa de la interacción Temperaturas x Día vs. Noche para respiraciones y diferencia

significativa de la interacción Padres x Día vs. Noche para temperaturas rectales.

En el estudio del contenido de la fibra en la ración, se encontró diferencia significativa entre niveles, tanto en temperaturas rectales como en movimientos respiratorios.

La correlación entre lectura de hematócrito y respiraciones fué de -0.51. La correlación correspondiente entre hematócrito y temperatura rectal fué de 0.74.

Por los resultados presentados en el presente trabajo se puede llegar a las siguientes conclusiones.

1. Las respuestas fisiológicas al calor no son iguales de día que de noche. Los animales muestran menos resistencia a ambientes cálidos durante la noche.
2. Al aumentar la temperatura ambiente los animales aumentan su temperatura rectal y su ritmo respiratorio.
3. La habilidad para mantener una temperatura rectal baja en el día y en la noche varía con las diferentes progenies; así, las hijas con menor temperatura rectal durante el día fueron las del toro Floreño con un promedio de 39.00°C y durante la noche las hijas del toro Limeño resultaron con un promedio de 39.28°C más bajo que de los otros grupos.
4. El contenido de fibra en la ración tiene influencia sobre la temperatura rectal y el ritmo respiratorio. Debido a este factor, en los estudios relacionados con la fisiología de los animales en ambientes cálidos, debe especificarse qué clase de

- alimentación están recibiendo, así como un análisis del mismo.
5. La cantidad de cuerpos formados en la sangre (lectura de hematócrito) tiene relación con la temperatura rectal en ambientes cálidos.

### SUMMARY AND CONCLUSIONS

As part of the climatology investigations of the Inter-American Institute of Agricultural Science, two experiments were conducted; the first, to explore the possibility of using the ability to transmit heat tolerance as a measure for selecting sires; the second, to determine the influence of ration fiber on rectal temperature and respiration rate.

Four daughters of each of three milking criollo sires were tested for heat tolerance, by submitting them, in the climatic chamber, to three levels of temperatures -- 29.4°C, 35.0°C, and 40.5°C. The vapor pressure for all temperatures was 25 mm. of mercury. The treatments were applied both night and day. Respiration rates and rectal temperatures were used to measure heat tolerance. The data were analyzed in a split-plot design. The same heifers were used in the fiber experiment, using three levels of fiber -- 16%, 23%, and 25.5%. A correlation was obtained between rectal temperature and hematocrit, and between respiration rate and hematocrit.

In the first part of this study, concerned with the transmitting of heat tolerance, differences at the 1% level were found between the following comparisons; day vs. night, and between temperatures. These differences were found in both rectal temperatures and respiration rates. Furthermore, highly significant differences were also found in the interaction of Sires x Day vs. Night for rectal temperature.

There were highly significant differences between fiber levels in rations, as measured either by rectal temperature or respiratory movements.



The correlation between hematocrit readings and respirations rates was  $-0.51$ . The correlation between hematocrits, and rectal temperatures was  $-0.74$ .

The results of this study led to the following conclusions:

1. The physiological responses to thermal stress are not the same during day as during the night. The animals demonstrated less resistance to high ambient temperatures during the night.
2. When there is an increment in ambient temperature, the animals increase their rectal temperatures and respiration rates.
3. The ability of maintaining low rectal temperatures was not the same in all the progeny groups. For instance, the daughters of the bull Limeño had the lowest rectal temperatures,  $39.0^{\circ}\text{C}$ , during the night, and the daughters of Floreño were lowest during the day, with an average of  $39.38^{\circ}\text{C}$ .
4. The fiber content of the ration affects the respiration rate and rectal temperature. Therefore, experiments related to physiology and thermal stress should take this into account. Reports of the ration with its fiber content should be made.
5. The quantity of blood cells is related to the rectal temperature in thermal stress.

LITERATURA CITADA

1. APPLEMAN, R. D. & DELOUCHE, J. C. Behavioral, physiological and biochemical responses of goats to temperature, 0° to 40°C. *Journal of Animal Science* 17(2):326-335. 1958.
2. ASKER, A. A., RAGAB, A. T. & GHANY, M. A. Some factors affecting heat tolerance of cattle and buffaloes. *Nature* 171(4363): 1074. 1953.
3. BLINCOE, C. & BRODY, S. Environmental physiology, with special reference to domestic animals. XVII. The influence of temperature on blood composition of cattle. *Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin* no. 488. 1951. 44 p.
4. BOND, T. E., KELLY, C. F. & HEITMAN, H. Improving livestock environment in high temperature areas. *Journal of Heredity* 49(2):75-79. 1958.
5. BONSMA, J. C. Breeding cattle for increased adaptability to tropical and subtropical environments. *Journal of Agricultural Science* 39(2):204-221. 1949.
6. BRATTON, R. W. & OTHERS. *Reproduction of farm animals*. Ithaca, N. Y., Cornell University, Department of Animal Husbandry, 1954. pp. 184-189.
7. BRODY, S. *Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals*. New York, Reinhold Publishing Corp., 1945. pp. 264-306.
8. CARTWRIGHT, T. C. Responses of beef cattle to high ambient temperatures. *Journal of Animal Science* 14(2):350-362. 1955.
9. CASADY, R. B., LEGATES, J. E. & MYERS, R. M. Correlations between ambient temperatures varying from 60°-95° F and certain physiological responses in young dairy bulls. *Journal of Animal Science* 15(1):141-152. 1956.
10. DE ALBA, JORGE. *Alimentación del ganado en la América Latina*. México, D. F., Prensa Médica Mexicana, 1955. 337 p.
11. \_\_\_\_\_ & SAMPAIO, J. M. C. Climatic stress on tropically reared breeds of cattle. *Journal of Animal Science* 16(3):725-731. 1957.

12. FINDLAY, J. D. The effects of temperature, humidity, air movement and solar radiation on the behaviour and physiology of cattle and other farm animals; a review of existing knowledge. Hannah Dairy Research Institute (Scotland) Bulletin no. 9. 1950. 178 p.
13. JOHNSTON, J. E. The effects of high temperatures on milk production. Journal of Heredity 49(2):65-68. 1958.
14. KIBLER, H. H. & BRODY, S. Environmental physiology, with special reference to domestic animals. XI. Effects of temperature, 50° to 105°F and 50° to 9 °F on heat production and cardio-respiratory activities in Brahman, Jersey and Holstein cows. Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin no. 464. 1950. 18 p.
15. KLEMM, G. H. & ROBINSON, K. W. The heat tolerance of two breeds of calves from 1 to 12 months of age. Australian Journal of Agricultural Research 6(2):350-364. 1955.
16. LEE, D. H. K. Manual of field studies on the heat tolerance of domestic animals. F A O Development Paper no. 38. 1953. 161 p.
17. \_\_\_\_\_ & PHILLIPS, R. W. Assessment of the adaptability of livestock to climatic stress. Journal of Animal Science 7(4):391-425. 1948.
18. LEIGHTON, R. E. & RUPEL, I. W. Effects of fiber content of the ration on milk production and hot-weather discomfort of producing dairy cows. Texas Agricultural Experiment Station Progress Report no. 1889. 1956. 7 p. (mimeographed).
19. McDOWELL, R. E. Physiological approaches to animal climatology. Journal of Heredity 49(2):52-61. 1958.
20. MCRILLO, F. J. Motilidad del rumen en ganado lechero. Tesis sin publicar. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1958. 52 p. (multigrafiada).
21. MORRISON, F. B. Feeds and feeding; a handbook for the student and stockman. 22d ed. Ithaca, N. Y., Morrison Publishing Co., 1956. 1165 p.
22. MULLICK, D. N., MURTY, V. N. & KEHAR, N. D. Seasonal variations in the feed and water intake of cattle. Journal of Animal Science 11(1):42-49. 1952.

23. NORDFELDT, S. & OTHERS. Influence of crude fiber in the ration on efficiency of feed utilization by dairy cows. *Journal of Dairy Science* 33(7):473-485. 1950.
24. PHILLIPS, R. W. La cría de ganado en ambientes desfavorables. F A O - Estudios Agropecuarios no. 1, rev. 1955. 189 p.
25. ROBINSON, K. W. & LEE, D. H. K. The effect of the nutritional plane upon the reactions of animals to heat. *Journal of Animal Science* 6(2):182-194. 1947.
26. RUSOFF, L. L., FRYE, J. B. & SCOTT, G. W. Blood studies of Red-Sindhi-Jersey crosses. I. Hemoglobin, hematocrit, plasma calcium and plasma inorganic phosphorus values of Red-Sindhi-Jersey daughters and their Jersey dams. *Journal of Dairy Science* 34(12):1145-1150. 1951.
27. SEATH, D. M. Heritability of heat tolerance in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 30(3):137-144. 1947.
28. SHRODE, R. R. Breeding considerations in relation to climatic problems. *Journal of Heredity* 49(2):80-81. 1958.
29. STONE, E. J. & OTHERS. Heat tolerance studies of purebred Brown Swiss and Red Sindhi x Brown Swiss strains of dairy cattle. IV. Certain blood constituents as related to growth, production and climatological changes. In Johnston, J. E., ed. *Studies of the adaptation of dairy cattle to hot climatic conditions for 1954*. Baton Rouge, Louisiana Agricultural Experiment Station, 1955. pp. 31-34. (Dairy Department - Departmental Publication no. 2).
30. ULLERG, L. C. The influence of high temperature on reproduction. *Journal of Heredity* 49(2):62-64. 1958.
31. VILLARS, D. S. Statistical design and analysis of experiments for development research. Dubuque, Iowa, Wm. C. Brown Co., 1951. pp. 129-140.
32. WARWICK, E. J. Effects of high temperatures on growth and fattening in beef cattle, hogs and sheep. *Journal of Heredity* 49(2):69-74. 1958.