

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CANTIDAD Y CALIDAD DE SEMEN EN FUNCION DEL CRECIMIENTO CORPORAL  
Y TESTICULAR DE TORETES ROMOSINUANO

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de  
Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de  
la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de  
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiae*

por

MIGUEL BRAVO SANTILLAN

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Departamento de Producción Animal  
Turrialba, Costa Rica  
1984

DEDICATORIA

A Zenaida,

Miguel y

Adriana, con cariño

A mis queridos padres,

Juana y Telésforo

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento:

Al Dr. Jorge de Alba, Consejero Principal, a los Doctores Ludwig Muller y Karel Vohnout e Ing. Miguel Mellado, miembros del Comité Consejero por su gran ayuda para el desarrollo del presente estudio.

A AID en Perú por el apoyo económico que me brindó para desarrollar mis estudios.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María, Perú por brindarme la oportunidad de estudiar.

A la familia Dennis Smith, por la sincera amistad que me brindó durante mi permanencia en Turrialba.

A Milena Dennis por su gran colaboración en la elaboración y revisión del presente documento.

A Maricela Chaves por su apoyo mecanográfico.

A mis colegas de estudios, especialmente a Nilson de Melo, Jorge Aldunate, César Samur, Gustavo Bronstein, Jorge Espinoza, Mary Quinlan, Uriel Barrantes, George Bruno, Ernesto Ducca y Arturo Vargas.

Al personal de la Finca CATIE de manera especial a Pedro, Jaime y Henry.

## BIOGRAFIA

Nací en Tingo María, Perú.

De 1972 a 1977 estudié en la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María, Perú, graduándome como Ing. Zootecnista.

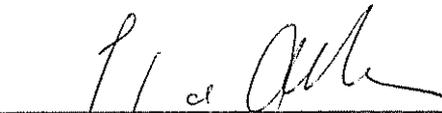
De 1978 a 1981 trabajé en la misma Universidad realizando actividades administrativas y académicas.

En marzo de 1982 ingresé al Sistema de Estudios de Posgrado UCR-CATIE, Turrialba; graduándome en Febrero de 1984 como Magister Scientiae.

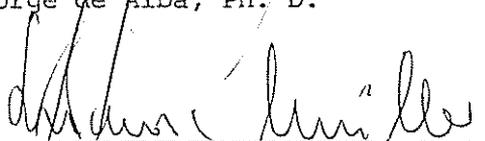
Esta tesis ha sido aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito parcial para optar al grado de

*Magister Scientiae*

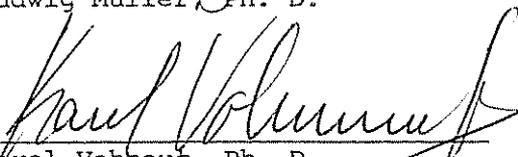
JURADO

  
\_\_\_\_\_  
Jorge de Alba, Ph. D.

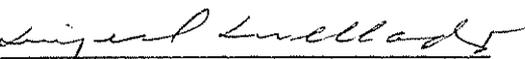
Profesor Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Ludwig Muller, Ph. D.

Miembro del Comité

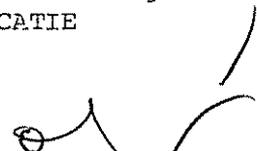
  
\_\_\_\_\_  
Karel Vohnout, Ph. D.

Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Miguel Mellado, M.Sc.

Miembro del Comité

  
\_\_\_\_\_  
Director, Programa de Estudios de Posgrado  
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales  
UCR-CATIE

  
\_\_\_\_\_  
Decano, Sistema de Estudios de Posgrado de  
la Universidad de Costa Rica

  
\_\_\_\_\_  
Miguel Bravo Santillán  
Candidato

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN .....	ix
SUMMARY .....	xii
LISTA DE CUADROS .....	xiv
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
I. INTRODUCCION .....	1
II. REVISION DE LITERATURA .....	2
A. La pubertad en los toros .....	2
1. La edad de la pubertad en los toros .....	2
2. Capacidad reproductiva a partir de la edad de la pubertad de los toros .....	3
3. Efecto de la alimentación sobre la edad de la pu- bertad y la capacidad reproductiva .....	5
B. La edad y sus relaciones con las características tes- ticulares y la producción de espermatozoides .....	7
C. La circunferencia escrotal, tamaño testicular y sus re- laciones con otras medidas corporales y la producción de espermatozoides .....	9
D. Efectos del medio ambiente sobre la capacidad de pro- ducción de espermatozoides de los toros .....	12
E. Indices de herencia de algunas características testi- culares en toros .....	16
III. MATERIALES Y METODOS .....	17
A. Localización .....	17
B. Material experimental .....	17
1. Animales .....	17
2. Semen .....	18

C.	Metodología .....	18
1.	Mediciones de los animales .....	18
2.	Mediciones de la libido .....	18
3.	Colección del semen .....	19
4.	Evaluación del semen .....	21
a.	Examen macroscópico .....	21
b.	Examen microscópico .....	21
(1)	Movilidad progresiva .....	21
(2)	Concentración de espermatozoides .....	21
(3)	Espermatozoides vivos .....	22
(4)	Morfología de espermatozoides .....	22
D.	Evaluación de variables .....	22
1.	Variables independientes (medidas físicas de los toretes) .....	22
2.	Variables dependientes (medidas de producción y calidad del semen y libido) .....	23
a.	Semen aceptable .....	23
b.	Semen de la prueba exhaustiva .....	24
c.	Libido .....	24
3.	Unidad experimental .....	24
E.	Análisis estadísticos .....	24
IV.	RESULTADOS .....	26
A.	Crecimiento testicular y sus relaciones con otras medidas físicas de los toretes .....	26
1.	Efecto del peso y la edad sobre el crecimiento testicular .....	26
2.	Límites de confianza para las medidas circunferencias escrotales .....	30
3.	Relaciones entre medidas físicas de los toretes..	32

	Página
B. Producción y características del semen .....	38
1. Cambios en la producción y calidad del semen con la edad .....	38
2. Producción y relaciones entre variables de semen aceptable .....	38
3. Producción y relaciones entre variables del semen de la prueba exhaustiva .....	40
4. Líbido .....	42
C. Edad de la pubertad .....	43
D. Relaciones entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen .....	43
V. DISCUSION .....	52
A. Crecimiento testicular y sus relaciones con otras medidas físicas de los toretes .....	52
B. Producción y características del semen .....	54
C. Edad de la pubertad .....	54
D. Relaciones entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen .....	55
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
VII. LITERATURA CITADA .....	60
VIII. ANEXO .....	66

## RESUMEN

Veinticuatro toretes Romosinuano procedentes del hato de carne de la Finca de CATIE, Turrialba, Costa Rica, fueron utilizados para estudiar las relaciones entre la circunferencia escrotal, edad, peso corporal y tasas de crecimiento con la cantidad y calidad de semen. Las relaciones entre la circunferencia escrotal, el peso corporal y la edad de los toretes se evaluaron en promedio a partir de los 365 hasta los 470 días de edad. Las relaciones entre la circunferencia escrotal (Y) y el peso corporal (X) es descrito por la ecuación de regresión lineal  $Y = 11,3073 + 0,0724X$ , ( $r = 0,77$ ). La ecuación de regresión lineal que describe la relación entre la circunferencia escrotal (Y) y la edad (X) es  $Y = 15,1548 + 0,0288X$ , ( $r = 0,38$ ) y la ecuación de regresión lineal que describe la relación entre el peso corporal (Y) y la edad (X) es  $Y = 115,1884 + 0,2503X$ , ( $r = 0,31$ ). Por otro lado, al evaluar las relaciones entre la edad al iniciarse la producción de semen, edad al producir semen aceptable, el peso corporal al destete, peso corporal al iniciarse la producción de semen, peso corporal al producir semen aceptable, la tasa de crecimiento predestete, la tasa de crecimiento postdestete, circunferencia escrotal, altura animal y longitud animal, se encontró que el peso corporal en las diferentes etapas del trabajo es la variable mejor correlacionada con las demás. Sin embargo, los coeficientes de correlación más altos fueron observados para las relaciones de la circunferencia escrotal con la edad al iniciarse la producción de semen, la tasa de crecimiento predestete (0,36 y 0,47 respectivamente,  $P < 0,05$ ), el peso corporal al destete, peso corporal al iniciarse la

producción de semen, peso corporal al producir semen aceptable y la tasa de crecimiento posdestete (0,56, 0,75, 0,83 y 0,66, respectivamente, ( $P < 0,01$ ) y una correlación negativa (-0,36) con la edad al producir semen aceptable.

Los análisis de regresión practicados para determinar los cambios en la producción y calidad del semen con el aumento en la edad de los toretes mostraron que hubo incrementos altamente significativos en las variables: producción de semen (ml), movilidad de espermatozoides (porcentaje), concentración de espermatozoides/ml, total de espermatozoides/eyaculado y espermatozoides vivos/eyaculado. Igualmente se detectó disminuciones significativas en la cantidad de espermatozoides anormales/eyaculado.

Veintiuno de los 24 toretes expresaron libido completo y alcanzaron a producir semen aceptable pero solamente 18 respondieron a la prueba exhaustiva. Los análisis de correlación entre las medidas físicas de los toretes y las variables de producción y calidad del semen, cuando éstos alcanzaron a producir semen aceptable y de la prueba exhaustiva, muestran que la circunferencia escrotal fue la medida física que se encontró mejor correlacionada con estas variables. Cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable, se encontraron correlaciones de 0,40 y 0,47 ( $P < 0,05$ ) entre la circunferencia escrotal y la producción de semen/eyaculado y la concentración de espermatozoides/ml, respectivamente; y correlaciones de 0,64 y 0,62 ( $P < 0,01$ ) entre ésta y el total de espermatozoides/eyaculado y la cantidad de espermatozoides vivos/eyaculado, respectivamente. También se encontraron correlaciones de 0,64, 0,65, 0,72

y 0,67 entre la circunferencia escrotal y las variables de la prueba exhaustiva: producción de semen/prueba, concentración de espermatozoides/ml, total de espermatozoides/prueba y espermatozoides vivos/ prueba, respectivamente.

## SUMMARY

A study of the relationships among the factors of scrotal circumference, age, body weight, growth rate, and the quantity and quality of semen was carried out using twenty-four young Romosinuano bulls from CATIE's beef breeding herd in Turrialba, Costa Rica. The bulls' scrotal circumference and body weight was evaluated over the period of 365 to 470 days of age. The relationship found between the scrotal circumference (Y) and the body weight (X) is described by the linear regression equation  $Y = 11.3073 + 0.0724X$  ( $r = 0.77$ ). By relating scrotal circumference (Y) to age (X), the equation becomes  $Y = 15.1548 + 0.0288X$  ( $r = 0.38$ ) while the relationship between body weight (Y) and age (X) is described by  $Y = 115.1884 + 0.2503X$  ( $r = 0.31$ ).

On the other hand, in a multiple correlation analysis body weight was determined to be the most highly correlated factor on a whole when relationships were evaluated among the age at the onset of semen production, the age when the semen meets the criteria of being acceptable, the body weight at the weaning, the weight when the semen becomes acceptable, the pre-weaning growth rate, the post-weaning growth weight, the scrotal circumference, and the height and length of the bull. The highest correlation coefficients considering each variable individually; however, were found when correlating scrotal circumference with the age at the onset of the semen production, the preweaning growth rate (0.36 and 0.47 respectively,  $P < 0.05$ ), the body weight at weaning, the body weight at the onset of semen production, the body weight when acceptable

semen production began, and the post-weaning growth rate (0.56, 0.75, 0.83 and 0.66 respectively,  $P < 0.01$ ). A negative correlation appeared between the scrotal circumference and the age at which the semen produced meet the criteria of being acceptable (-0.36).

As the age of the bulls rose, a regression analysis revealed highly significant increases in the following variables which quantify production and quality of semen: quantity of semen (ml), mobility of the sperm (percentage), sperm concentration/ml, total number of sperms/ejaculation and number of viable sperm/ejaculation.

At the same time, significant decreases occurred in the quantity of abnormal sperm/ejaculation. Of the twenty-four bulls studied, twenty-one expressed their libido completely and were able to produce acceptable semen, but only 19 entered into the test of exhaustion.

A correlation analysis demonstrated that of the physical characteristics measured in these 18 bulls, the scrotal circumference was most closely correlated with those variables representing the production and quality of semen. Once production of acceptable semen had begun, an analysis of correlating the scrotal circumference with semen production/ejaculation and with the concentration of sperm/ml resulted in coefficients of 0.40 and 0.47 ( $P < 0.05$ ) respectively; further analysis correlating this physical characteristics with the total sperm/ejaculation and the quantity of viable sperm/ejaculation provided coefficients of 0.64 and 0.62 ( $P < 0.01$ ) respectively.

Other coefficients of analysis correlating scrotal circumference with semen production and quality variables are the following: 0.64 for semen production/exhaustion, 0.65 for sperm concentration/exhaustion, 0.72 for total sperm/exhaustion and 0.67 live sperm/exhaustion.

LISTA DE CUADROS

En el Texto

Cuadro No.		Página
1	Mediciones posdestete de la edad, pesos corporales y circunferencias escrotales de los toretes .....	26
2	Promedio de medidas y límites de confianza de circunferencias escrotales estimadas para diferentes pesos corporales de los toretes .....	30
3	Mediciones físicas promedio de los toretes desde el inicio hasta el final del experimento .....	33
4	Coefficientes de correlación entre medidas físicas de los toretes (Variables Independientes).....	34
5	Mediciones de cantidad y calidad del semen cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable.	39
6	Coefficientes de correlación entre variables de cantidad y calidad del semen cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable .....	40
7	Mediciones de la cantidad y calidad del semen producido en la prueba exhaustiva .....	41
8	Coefficientes de correlación entre variables de cantidad y calidad del semen de la prueba exhaustiva.	42
9	Coefficientes de correlación entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen, cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable ....	45
10	Coefficientes de correlación entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen de la prueba exhaustiva .....	46
11	Coefficientes de determinación estimados mediante el modelo de regresión "stepwise" cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable .....	49
12	Coefficientes de determinación estimados mediante el modelo de regresión "stepwise" para las variables de la prueba exhaustiva .....	50

En el Anexo

Cuadro No.

Página

13	Promedios de producción y calidad del semen de tres toretes que no alcanzaron a producir semen aceptable, durante el período de evaluación .....	66
----	--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Página
1	Distribución de medidas de circunferencias escrotales con respecto a los pesos corporales de los toretes .....	27
2	Distribución de medidas de circunferencias escrotales con respecto a la edad de los toretes .....	28
3	Distribución de los pesos corporales con respecto a la edad de los toretes .....	29
4	Línea de regresión y límites de confianza estimadas para diferentes medidas de circunferencia escrotal con los pesos corporales de los toretes...	31
5	Distribución de las mediciones de volumen de semen/eyaculado (ml) y línea de ajuste, de acuerdo con el aumento en la edad de los toretes.....	35
6	Distribución de las mediciones de movilidad de espermatozoides (porcentaje) y línea de ajuste, de acuerdo con el aumento en la edad de los toretes.	35
7	Distribución de las mediciones de concentración de espermatozoides/ml de semen y línea de ajuste, de acuerdo con el aumento en la edad de los toretes .....	36
8	Distribución de las mediciones del total de espermatozoides/eyaculado y línea de ajuste, de acuerdo con el aumento en la edad de los toretes .....	36
9	Distribución de las mediciones de la cantidad de espermatozoides vivos/eyaculado y línea de ajuste, de acuerdo con el aumento en la edad de los toretes .....	37
10	Distribución de mediciones de cantidad de espermatozoides anormales (porcentaje) y línea de ajuste de acuerdo con el aumento en la edad de los toretes .....	37
11	Representación del comportamiento de las variables del semen aceptable: a) producción de semen, ml; b) concentración de espermatozoides/ml; c) total de espermatozoides/eyaculado y d) espermatozoides vivos/eyaculado, con respecto a la circunferencia escrotal .....	47

12

Representación del comportamiento de las variables del semen de la prueba exhaustiva: a) producción de semen, ml; b) concentración de espermatozoides/ml; c) total de espermatozoides/prueba y d) espermatozoides vivos/prueba, con respecto a la circunferencia escrotal .....

48

## I. INTRODUCCION

Cuando se utilizan toretes jóvenes subfértiles o incapaces de cubrir vacas, ocurren pérdidas económicas. La adopción de un método para predecir la fertilidad de los toros en un hato de carne o leche puede evitar esas pérdidas. La posibilidad de seleccionar tempranamente los machos de alta fertilidad en los hatos puede resultar en mayor número de vacas paridas al año y en consecuencia en más terneros destetados.

Existe gran variabilidad en el desarrollo testicular de toros jóvenes dentro de una misma raza y edad (21). Se sabe que las medidas de la circunferencia escrotal se encuentran altamente correlacionadas con la producción de espermatozoides en toros de uno a dos años de edad (2,21,60).

El presente estudio tiene como objetivos:

1. Determinar las relaciones entre la circunferencia escrotal, edad, peso corporal, tasas de crecimiento y la cantidad y calidad de semen en toretes Romosinuano.
2. Evaluar el uso de algunas medidas corporales como criterios para asignar un valor reproductivo a los toros, que permita la selección temprana de reproductores con adecuadas características de producción de semen.

## II. REVISION DE LITERATURA

## A. LA PUBERTAD EN LOS TOROS

1. La edad de la pubertad en los toros

La pubertad en los toros fue definida como la edad en que el toro produce el primer eyaculado con una cantidad mínima de  $50 \times 10^6$  espermatozoides, con un mínimo de 10% de movilidad (5,40,61). Según Lunstra *et al.* (42), las características posiblemente asociadas a la pubertad incluyen el peso corporal, tamaño testicular, concentración de hormonas, agresividad sexual y producción de espermatozoides. En un estudio realizado en Nebraska estos autores encontraron que el promedio de la edad en días en que alcanzaron la pubertad seis grupos de toros fue de:  $264 \pm 9$  para Brown Swiss,  $283 \pm 9$  para Red Poll,  $295 \pm 9$  para Angus,  $296 \pm 9$  para A x H y  $300 \pm 9$  para Hereford. Los más pesados fueron los Brown Swiss (295 kg) y los Red Poll y Hereford fueron los más livianos (258 y 261 kg respectivamente). Hubo incremento lineal de hormonas luteinizantes y testosterona desde los siete hasta los 13 meses de edad, sin diferencias entre razas ( $P < 0,01$ ). Los toros exhibieron su primer interés sexual tres semanas antes de la pubertad, alcanzando habilidad para la monta seis semanas después. En circunferencia escrotal ( $27 \pm 2$  cm) no existieron diferencias entre razas ( $P < 0,01$ ). La evaluación de las características del semen de los toros arriba mencionados fue realizada por Lunstra y Echterkamp (43), quienes observaron diferencias significativas en la concentración de espermatozoides, movilidad progresiva, concentración proteica en el semen, espermatozoides anormales y morfología del acrosoma.

## 2. Capacidad reproductiva a partir de la edad de la pubertad de los toros

Almquist y Cunningham (1) compararon el efecto de la edad y la frecuencia de eyaculación sobre las características del semen, producción de espermatozoides y potencial reproductivo desde la pubertad hasta los dos años de edad en 17 toros Angus y Hereford. Durante el primer año siete toros eyacularon cada 15 días, y semanalmente del año a los dos años de edad; cinco toros eyacularon tres veces/semana desde la pubertad hasta los dos años de edad y cinco eyacularon seis veces/semana desde la pubertad hasta el año de edad. Conforme los toros aumentaban de edad produjeron aumentos significativos en el volumen de eyaculado, total de eyaculado/semana, total de espermatozoides con movilidad y concentración de espermatozoides. Conforme aumentó la frecuencia de la eyaculación disminuyó significativamente el volumen, pero el total de espermatozoides y la movilidad fueron significativamente mayores. La concentración de espermatozoides y el total de eyaculado/semana fueron significativamente mayores para los toros Hereford que para los Angus. Hubo diferencias significativas entre toros dentro de razas y grupos de frecuencia para todas las características del semen estudiadas.

Posteriormente, con el fin de determinar el efecto de la edad y la frecuencia de eyaculación sobre las características del semen, producción de espermatozoides y desarrollo testicular, Almquist, Branas y Barber (2) evaluaron 12 toros Charolais eyaculados una vez/semana y 10 toros seis veces semanales. Ellos encontraron incrementos significativos ( $P < 0,01$ ) en la concentración de espermatozoides, movilidad total de es

permatozoides/semana, movilidad del total de espermatozoides producidos, circunferencia y amplitud escrotal conforme los toros aumentaban de edad. Para los toros con seis eyaculados/semana, comparados con los de una eyaculación semanal, el volumen por eyaculado fue menor ( $P < 0,01$ ), pero el total de espermatozoides y el total de movilidad espermática por semana fueron superiores ( $P < 0,01$ ). Las diferencias para movilidad de espermatozoides, concentración de espermatozoides, circunferencia escrotal y amplitud testicular no fueron significativas. Observaron, además, que la circunferencia escrotal y amplitud testicular se incrementaron en un 32% desde la pubertad ( $41 \pm 1$  semanas) hasta los dos años de edad. La circunferencia escrotal al año y año y medio de edad presentó correlaciones de 0,44 y 0,52 ( $P < 0,05$ ) con extracciones de seis eyaculados/semana y de 0,62 y 0,75 ( $P < 0,01$ ) a los dos y tres años de edad, respectivamente.

Los cambios y la proporción morfológica de los espermatozoides con el aumento en la edad y diferentes frecuencias de eyaculación fueron estudiados por Martig y Almquist (45). Para este fin emplearon ocho toros Angus y nueve Hereford desde la pubertad hasta los dos años de edad. Encontraron que la fertilidad de los toros basada en las tasas de no retorno estrual a 60 y 90 días para 714 muestras de semen y 27.912 primeros servicios se incrementó ( $P < 0,01$ ) entre el año y dos años de edad y variaron ( $P < 0,01$ ) entre toros dentro de grupos y razas. La fertilidad no fue afectada significativamente por la frecuencia de eyaculación o la raza. Los porcentajes de espermatozoides normales no fueron afectados por la frecuencia de eyaculación o la raza, pero variaron ( $P < 0,01$ ) entre toros dentro de grupos).

Killiam y Amann (40) investigaron los cambios pos-puberales en las características del semen de toros Holstein y sus relaciones con las reservas gonadales de espermatozoides y el peso de los órganos reproductivos. Para este trabajo utilizaron datos de 25 toros Holstein sacrificados antes de 34 semanas de edad, a la pubertad y a los 10, 20 y 30 semanas después de la pubertad. Estos autores encontraron que los incrementos pos-puberales en volumen del eyaculado, espermatozoides totales/eyaculado, peso de los testículos y epidídimo y el número de espermatozoides/gramo de parénquima testicular fueron rápidos en las siguientes 20 semanas. Excepto para el volumen del eyaculado, contenido de espermatozoides/eyaculado y por testículos, las tasas de cambio para todas las características disminuyeron entre las 20 y 30 semanas después de la pubertad. Las correlaciones entre los pesos de los órganos reproductivos y la edad pos-puberal no fueron significativamente mayores que las de la edad posnatal.

La factibilidad de congelamiento de semen producido por toros jóvenes ha sido demostrado por Cunningham, Almquist y Pearson (22) quienes evaluaron el semen de toros Angus y Hereford desde el año hasta los dos años de edad.

### 3. Efecto de la alimentación sobre la edad de la pubertad y la capacidad reproductiva

El efecto del consumo de energía sobre el comportamiento reproductivo de dos grupos de toros Holstein, desde los ocho hasta los 46 meses de edad, alimentados con 60 y 100% de TDN (nutrientes digestibles totales), fue probado por Van Demark y Mauger (55). Estos autores encon-

traron que la subalimentación afectó grandemente el desarrollo corporal, glándulas endócrinas y canal reproductivo, especialmente durante el período de rápido crecimiento. A partir de los 46 hasta los 58 meses de edad las raciones fueron cambiadas, observando que los animales subalimentados ganaron peso corporal hasta cerca de lo normal pero no ocurrió recuperación plena de los huesos, glándulas endócrinas o crecimiento testicular. La reducción a 60% del consumo de TDN de la ración normal causó una ligera disminución en el peso corporal y poco o ningún cambio en otras características medidas. La capacidad reproductiva de estos toros fue evaluada por Van Demark, Fritz y Mauger (56) quienes encontraron que la subalimentación afectó el volumen del semen y el número de espermatozoides como también la capacidad de recuperar el semen en las gónadas, medidas a través de una serie de pruebas exhaustivas.

Coulter (21) midió el efecto de dietas con alta y baja energía digestible (150 y 120 kcal/p<sup>0,75</sup>/día) sobre la capacidad reproductiva de toros jóvenes Angus y Hereford. El encontró que el consumo de dietas con alta energía por toretes Hereford de uno a dos años de edad parecía reducir en forma considerable su potencial reproductivo, estimado mediante evaluación de las reservas de espermatozoides en el epidídimo en animales sacrificados.

Almquist (3), al evaluar 10 toros Holstein alimentados con concentrado ofrecido libremente desde las 17 semanas hasta los dos años de edad, encontró que estos animales alcanzaron la pubertad a más temprana edad y produjeron 1,4 veces más espermatozoides por semana que otros to-

ros alimentados con energía limitada. Igualmente Wolf, Almquist y Hale (61) compararon el efecto de asignaciones altas de alimento en toros jóvenes Angus y Hereford y demostraron que no existieron diferencias significativas entre razas y edad en producir los primeros espermatozoides móviles, peso corporal a la pubertad y orientación de la monta. Sin embargo, las características del semen y la congelabilidad fueron altamente variables.

#### B. LA EDAD Y SUS RELACIONES CON LAS CARACTERISTICAS TESTICULARES Y LA PRODUCCION DE ESPERMATOZOIDEOS

Para estudiar la producción diaria de espermatozoides (DSP), las reservas extragonadales (EGR), los pesos y dimensiones de los órganos reproductivos de toros Angus, Charolais y Hereford, y determinar las relaciones entre estas características, Weisgold y Almquist (57) utilizaron siete toros Angus y siete Hereford de siete años de edad. Un segundo grupo fue constituido por ocho toros Charolais de tres años y otro grupo de 11 animales de cinco a seis años de edad. Los toros de las diferentes razas difirieron ampliamente en peso testicular, DSP y EGR, resultando los toros Angus superiores ( $P < 0,01$ ) a los Hereford, mientras que las características de los grupos Charolais no difirieron significativamente. Las correlaciones entre el peso testicular y la DSP para los toros Angus y Charolais fueron significativas, 0,71 y 0,81 ( $P < 0,01$ ), pero no fueron significativas para los toros Hereford, 0,41. La eficiencia de producción de espermatozoides para los toros Charolais de tres años fue alta ( $P < 0,01$ ), pero para los toros de cinco a seis años no difirió significativamente entre los toros Angus y Hereford. Para los toros adultos,

el peso testicular y el peso corporal no fueron significativamente correlacionados.

Los cambios ocurridos en el semen y los órganos reproductivos de nueve toros Holstein fueron estudiados por Foote *et al.* (31) con el fin de determinar los valores de predicción de las mediciones tempranas. Encontraron que los toros difirieron en tamaño y consistencia testicular\*, volumen de eyaculado, producción total y anormalidades de espermatozoides. Los años tuvieron gran efecto sobre el tamaño y consistencia testicular, volumen de eyaculado y producción total de espermatozoides. La correlación entre el tamaño testicular y la producción de espermatozoides fue de 0,72. La consistencia testicular fue un indicativo de la calidad del semen, medido por correlaciones con las características del semen que variaron entre 0,61 y 0,95.

Coulter, Larson y Foote (13), al evaluar el efecto de la edad sobre el crecimiento y consistencia testicular de 339 toros Holstein comparados con toros Angus, encontraron una alta tasa de crecimiento testicular en toros jóvenes Holstein, limitado crecimiento en toros adultos y un ligero descenso en toros viejos. Los toros Angus presentaron un mayor tamaño testicular hasta los tres años de edad; a partir de esa edad fueron superados por los toros Holstein. La consistencia testicular decreció ligeramente desde los seis hasta los 54 meses de edad, a partir de esa edad hubo un pequeño aumento; sin embargo, en algunos casos de toros adultos observaron declinación en esta característica. Los mismos autores deter-

---

\*Consistencia testicular = firmeza o solidez de los testículos medida mediante un tonómetro.

minaron también diferencias entre toros en ambas características, y en el tamaño testicular diferencias amplias en toros de la misma edad.

Hafs, Hoyt y Beaton (34) utilizaron 10 toros lecheros para medir los efectos de una prolongada eyaculación diaria sobre la libido, producción y características de los espermatozoides y la fertilidad. Los toros eyaculados una vez por semana necesitaban un promedio de 9,2 minutos de estímulo sexual y 2,9 montas falsas antes de cada eyaculado. Los animales que eyaculaban diariamente necesitaban 16 minutos de estímulo y 3,7 montas falsas. El promedio de producción y características del semen para los que eyaculaban una vez/semana fue de 9,5 ml/eyaculado, 63% de movilidad, 1,89 billones de espermatozoides/ml, 17,8 billones/eyaculado (total semanal) y 11,1 billones de espermatozoides móviles/eyaculado (total semanal). Para los animales que eyaculaban una vez por día, 6,2 ml/eyaculado, 69% de movilidad, 0,81 billones/ml, 4,8 billones/eyaculado, 3,4 billones de espermatozoides móviles/eyaculado y un total de 33,8 billones de espermatozoides/semana y 23,6 billones de espermatozoides móviles/semana. Todas las diferencias entre las dos frecuencias de eyaculación con respecto al criterio de producción de espermatozoides fueron estadísticamente significativas, excepto el volumen/eyaculado. No hubo diferencias significativas de fertilidad entre el semen de eyaculados diarios y semanales (70 y 73%).

#### C. LA CIRCUNFERENCIA ESCROTAL, TAMAÑO TESTICULAR Y SUS RELACIONES CON OTRAS MEDIDAS CORPORALES Y LA PRODUCCION DE ESPERMATOZOIDEOS

Según Hahn, Foote y Seidel (35) la circunferencia escrotal se encuentra altamente correlacionada con el peso de los testículos ( $r=0,92$ ).

Estos investigadores, al estudiar cuatro grupos de toros Holstein de 17 a 22, 34 a 42, 42 a 53, 59 a 69 meses de edad y un grupo más de 15 toros de 72 meses de edad y variada condición física, encontraron en promedio semanal producciones de 28,4, 41,5, 38,0, 42,7 y 28,2 x 10<sup>9</sup> espermatozoides de acuerdo con el aumento en la edad de los grupos y una producción semanal por gramo de testículo de 61,2, 58,5, 53,6, 52,8 y 34,4 x 10<sup>6</sup> espermatozoides. Estos datos sugieren que hay una reducción de la espermatogénesis en toros viejos, debiéndose entonces capitalizar el potencial espermatogénico de los toros de dos a seis años de edad. Las correlaciones determinadas en este estudio, entre la circunferencia escrotal y la producción de semen por semana fueron: 0,81, 0,72, 0,64, 0,40 y -0,22, respectivamente.

Coulter y Foote (15) estudiaron 250 toros Holstein entre los 19 y 189 meses de edad; encontraron una correlación de 0,86 entre el peso de los testículos y la edad para 24 toros de 60 ó menos meses de edad y una correlación de 0,60 para 23 toros de más de 60 meses de edad. Encontraron además, una correlación de 0,79 entre el peso de los testículos y la circunferencia escrotal. En este mismo estudio las diferencias de pesos testiculares de los toros de similar edad fueron amplias.

Willett y Ohms (59) determinaron correlaciones de 0,94 entre la circunferencia escrotal *in situ* y el peso o volumen de los testículos extirpados de 69 toros. Las correlaciones encontradas en este trabajo, entre la circunferencia escrotal y la producción de espermatozoides, fueron sólo de 0,34 y 0,32 durante períodos de evaluación de un año y cinco meses, respectivamente; pero, con cuatro pruebas exhaustivas a 16 toros jó-

venes a intervalos semanales, el valor de estas correlaciones fue elevado a 0,92; encontraron además, una correlación de -0,53 para seis toros viejos. En tres estudios más, realizados por los mismos autores, encontraron que la relación entre el tamaño testicular y el peso corporal de toros adultos fue muy baja para permitir la estimación de una a partir de la otra.

Para establecer las relaciones entre el peso corporal, tamaño y consistencia testicular en toros Holstein en desarrollo, Coulter y Foote (17) evaluaron 411 toros desde los seis hasta los 72 meses de edad. Estos autores determinaron correlaciones de 0,96 entre el peso corporal y la edad, de 0,81 entre el peso corporal y la circunferencia escrotal y de -0,45 entre la consistencia testicular y el peso corporal de los toretes. No encontraron relación uniforme entre el peso corporal y la consistencia testicular; sin embargo, una correlación parcial de -0,16 ( $P < 0,01$ ) indicó que los toros más pesados y gordos tienden a tener testículos con menor consistencia.

Willetty Ohms (58) determinaron correlaciones de 0,94 y 0,99 entre el peso de los testículos extirpados y su volumen para 53 y 16 toros respectivamente. En este mismo estudio encontraron una correlación de 0,32 entre la circunferencia escrotal (dos mediciones por toro) y la producción de espermatozoides de 72 toros en servicio regular de inseminación artificial en un período de cinco meses; la correlación con el número de servicios mantenido constante fue de 0,30. Las correlaciones encontradas por estos mismos autores al evaluar las variables indicadas, utilizando 47 toros en servicio regular de inseminación artificial a lo

largo de un año fueron de 0,46 y 0,43 y la correlación entre la circunferencia escrotal y la producción total de espermatozoides fue de 0,68. En otro trabajo Willett y Ohms (60), determinaron una correlación de 0,91 ( $P < 0,01$ ) entre la circunferencia escrotal y el promedio de espermatozoides producidos por toros jóvenes en 16 series de pruebas exhaustivas y una correlación de 0,34 ( $P < 0,01$ ) para toros adultos. En este estudio emplearon dos toros jóvenes (13 y 18 meses de edad) y seis toros adultos (9 a 10 años) que fueron sometidos a una serie de cuatro pruebas exhaustivas. Otros siete toros jóvenes (11 a 36 meses) fueron sometidos individualmente a dos series de cuatro pruebas exhaustivas, con intervalos entre series de aproximadamente un año.

Smith *et al.* (53) emplearon 40 toros Santa Gertrudis de dos años de edad para determinar las relaciones entre la circunferencia escrotal, la calidad del semen, libido y fertilidad (evaluando el porcentaje de hembras en celo preñadas (Tasa PE) y el porcentaje de hembras saltadas (Tasa PM)). Cada uno de los 40 toros fue expuesto a 100 hembras Santa Gertrudis por períodos de cuatro días. El número de hembras en celo varió entre 12 y 27. La circunferencia escrotal, anomalías y movilidad de espermatozoides no fueron significativamente correlacionadas con la tasa de PE o la tasa de PM. La libido (número de saltos/número de estros) x 100 fue positivamente correlacionada ( $r = 0,44$ ) con la tasa PE.

#### D. EFECTOS DEL MEDIO AMBIENTE SOBRE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE ESPERMATOZOIDEOS DE LOS TOROS

Para medir los efectos de los meses durante el año, días de la semana, temperatura, humedad y los cambios de temperatura y humedad sobre

la producción de semen, Everet y Bean (25) evaluaron las características del semen producido por 57 toros Holstein en servicio de inseminación artificial durante tres años en Ithaca, N.Y. (38°23' Latitud Norte). Ellos encontraron amplias diferencias entre toros, entre el primer y segundo eyaculado y entre intervalos de colecciones para todas las mediciones del semen producido. Los meses de diciembre fueron los mejores para la producción total de espermatozoides, a pesar de que junio y julio fueron los meses en que se obtenía el mayor volumen seminal. La producción total de semen fue mayor los viernes y menor los miércoles. Los efectos de la temperatura y humedad y los cambios de estas variables fueron pequeñas e inconsistentes. En otro trabajo realizado en la misma localidad, Everet (26) evaluó el efecto del medio ambiente sobre la producción de 565 toros Holstein en servicio de inseminación artificial durante seis años. El demostró que las repetidas eyaculaciones en un mismo día causaron mayores disminuciones en la concentración de espermatozoides que en el volumen del semen. La producción de espermatozoides por unidad de tiempo por toro fue maximizada con colecciones frecuentes. Factores como el porcentaje de humedad, cambios de temperatura y los días de la semana tenían ligeros efectos sobre la producción de espermatozoides. Everet mencionó que no es bien conocido aún, si estos cambios en la producción de semen sean debidos a efectos sobre los toros o pueden estar influenciados por los operadores.

Fields, Burns y Warnik (28) en Florida (25°7' LN) evaluaron 218 toros jóvenes (16 a 20 meses de edad) de las razas Hereford, Angus, Santa Gertrudis y Brahman. Estos investigadores encontraron que durante los

meses de verano el tamaño testicular, la movilidad y concentración de espermatozoides por eyaculado se incrementaron moderadamente en los toros Brahman y Santa Gertrudis. Los toros Angus mostraron estabilidad o pequeños aumentos en el tamaño testicular, volumen y calidad del semen, sugiriendo que esta raza había alcanzado un mayor desarrollo a los 16 meses de edad. Los toros Hereford mostraron descenso en el tamaño testicular y calidad del semen que pudo ser debido a la penuria ocasionada por el medio ambiente al estar sometidos al verano tropical de Florida. Dentro de los Hereford, los toros de la línea de origen Montana mostraron un menor descenso que las líneas originarias de Florida.

Las variaciones estacionales de las anomalías de los espermatozoides de toros en clima tropical fueron estudiadas por Fayemi y Adegrite (27) en Ibadán, Nigeria (7°23' Latitud Norte). Estos autores examinaron semen obtenido semanalmente de 10 toros Cebú durante un año y encontraron que las anomalías eventuales de los espermatozoides se encontraban en mayor cantidad durante la estación seca, cuando la temperatura promedio era los 26°C, que durante la estación lluviosa cuando la temperatura era más baja. Ellos atribuyen que esta situación es causada probablemente por la temperatura ambiental elevada y las carencias nutricionales. Igualmente, Killy y Hurst (39) mencionaron que temperaturas persistentes de 26,6°C o mayores tenían efectos depresivos sobre la fertilidad de los toros.

Se sabe también que el medio ambiente tiene sus efectos sobre el comportamiento reproductivo de otras especies animales. Islam y Land (38) en Medlothian, Escocia (55°55' Latitud Norte) estudiaron la variación estacional del diámetro de los testículos y la producción de esper-

matozoides en diferentes razas de carneros. En este estudio utilizaron 5 carneros Finnish Landrace (Finn), 5 Tasmanian Merino (Merino), 5 cruces de éstos (Finn-Merino), 5 Finn-Dorset seleccionados por su alto diámetro testicular (Finn-Dorset-High) y 4 de ésta última, pero de bajo diámetro testicular (Finn-Dorset-Low). Encontraron variación estacional marcada para los diferentes grupos raciales, tanto en el diámetro testicular como en la producción de espermatozoides. A continuación se transcribe la representación gráfica de los resultados obtenidos por estos investigadores:

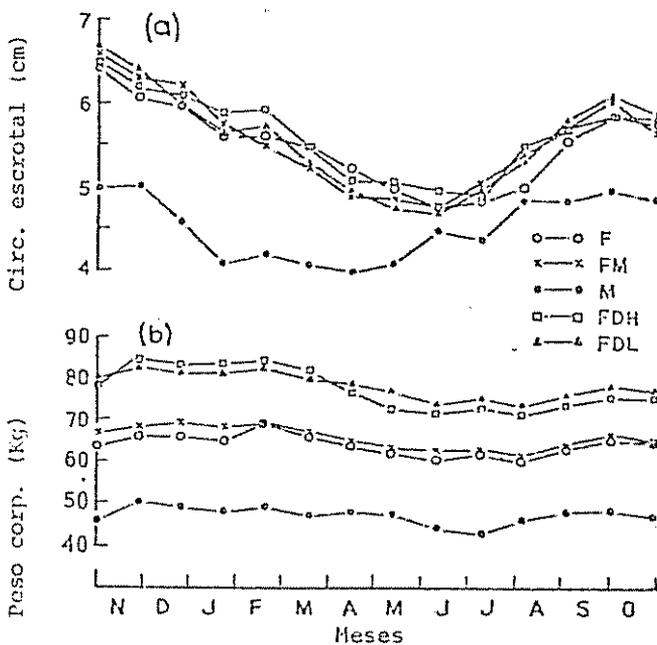


Fig. 1. Promedio diámetros testiculares (a) y pesos corporales (b) de carneros Finnish Landrace (F), Merino (M), Finn-Dorset High (FDH) y Finn-Dorset Low (FDL) a través del año.

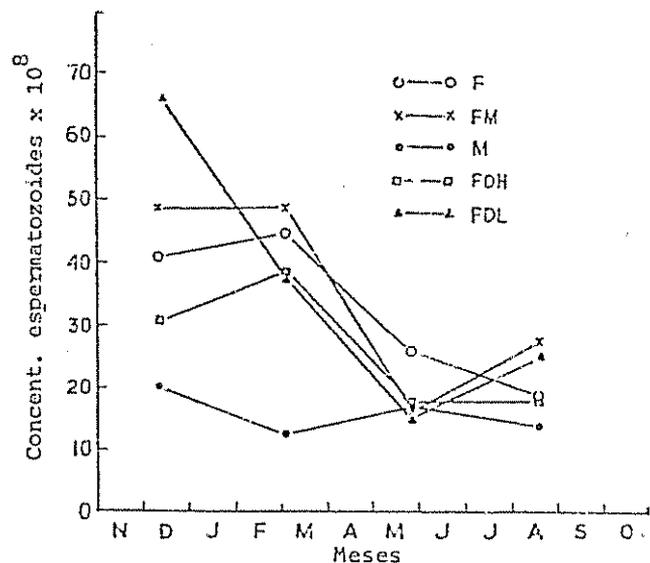


Fig. 2. Promedio diario de producción de espermatozoides de carneros Finnish Landrace (F), Merino (M), Finn-Merino (FM), Finn-Dorset High (FDH) y Finn-Dorset Low (FDL) a través de año.

## E. INDICES DE HERENCIA DE ALGUNAS CARACTERISTICAS TESTICULARES EN TOROS

La capacidad de los toros de transmitir a su progenie algunas características testiculares deseables para la producción y calidad del semen, puede ser de gran utilidad para el mejoramiento de toros con estas características que podrían producir mayor cantidad y calidad de espermatozoides. Coulter, Rounsaville y Foote (12) estimaron los índices de herencia de la circunferencia escrotal y consistencia testicular en toros Holstein a diferentes edades: 12-17, 18-23, 24-29, 30-35, 36-42, 43-47, 48-53, 54-59, 60-65 y 66-71 meses de edad. Los índices de herencia para la circunferencia escrotal fueron (entre paréntesis número de animales): 0,62 (52), 0,78 (81), 0,58 (78), 0,88 (75), 0,58 (72), 0,72 (79), 0,65 (72), 0,42 (78), 0,64 (63) y 0,21 (55), respectivamente. Para la consistencia testicular fueron: 0,44 (48), 0,42 (73), 0,48 (70), 0,23 (67), 0,16 (63), 0,28 (72), 0,41 (63), 0,01 (69), 0,21 (57) y 0,38 (52), respectivamente. Igualmente Neely *et al.* estimaron los índices de herencia de la circunferencia escrotal, largo y diámetro de los testículos en toros Hereford. Los valores estimados fueron:  $0,28 \pm 0,20$ ,  $0,07 \pm 0,20$ , y  $0,28 \pm 0,24$  a los 205 días de edad y  $0,44 \pm 0,24$ ,  $0,16 \pm 0,21$  y  $0,40 \pm 0,24$  a los 365 días de edad, respectivamente.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### A. LOCALIZACION

El presente estudio se realizó en las instalaciones para inseminación artificial del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba (10°02' Latitud Norte), Costa Rica. El CATIE está localizado en una zona del trópico húmedo, a una altitud de 602 msnm con una temperatura media mensual de 22,4°C, con variaciones de 17,8° a 22,4°C (promedio de 24 años). El promedio de precipitación pluvial anual es de 2643 mm (promedio de 39 años), distribuidos casi uniformemente durante todo el año, con una humedad relativa promedio diaria de 87,6% (promedio de 24 años) (10).

#### B. MATERIAL EXPERIMENTAL

##### 1. Animales

Se emplearon 24 toretes Romosinuano procedentes del hato de carne de la Finca Experimental del CATIE. Todos estaban sometidos a las mismas condiciones de manejo, sanidad y alimentados con forraje al pastoreo en las praderas de la finca CATIE. Recibían suplementación mineral para consumo voluntario, consistente en 50% de sal común y 50% de harina de huesos. Estos animales presentaron los siguientes promedios de edad, peso corporal y tasas de crecimiento en las diferentes etapas de evaluación: fueron destetados a los 217 días de edad con pesos corporales de 166 kg y una tasa de ganan-

cia de peso de 619 g/día. Al iniciarse la producción de semen, cuando tenían 418 días de edad, presentaron 223,5 kg de peso corporal con una tasa de ganancia diaria de 288 g y cuando alcanzaron a producir semen aceptable a los 484 días tuvieron 235 kg de peso corporal con una tasa de ganancia diaria de 218 g.

## 2. Semen

El semen que se utilizó en el presente trabajo fue obtenido de cada uno de los 24 toreros mediante el método de la vagina artificial. Cada eyaculado fue estudiado individualmente.

## C. METODOLOGIA

### 1. Mediciones de los animales

Después del destete, los pesos y otras medidas físicas de los toreros fueron obtenidos cada 21 días hasta la finalización del experimento. La circunferencia escrotal fue medida en el punto más amplio del diámetro testicular, utilizando una cinta métrica graduada en cm. La altura de los animales se midió a la cruz y el largo, desde el punto inferior delantero del húmero, hasta la cerviz.

### 2. Mediciones de la libido

La libido de cada animal fue evaluada a través de su comportamiento frente a una vaca en celo, desde el inicio hasta el final de la obtención y evaluación del semen. Para este fin, se utilizó la tabla de calificaciones que se describe a continuación:

<u>Puntaje</u>	<u>Reacciones</u>
0	Ningún interés por la vaca en celo.
1	Interés momentáneo, se acerca a la vaca, utiliza el olfato pero no sostiene el interés.
2	Hay interés, se acerca lo suficiente, "flehmen" y algún intento de montar, pero descontinúa el interés.
3	Salta a la vaca, sin extrusión del pene.
4	Santa con extrusión pero sin intentar <u>in</u> tromisión alguna.
5	Salta, intenta intromisión repetidas <u>ve</u> ces pero no hay reacción eyaculatoria al hacer el mismo contacto con la vagina artificial.
6	Salta, intenta intromisión, hay reacción eyaculatoria pero no aparece ningún eyaculado o es acuoso o con menos de 10% de movilidad.
7	Salta, intenta intromisión y eyaculación con semen con más de 10% de movilidad.

### 3. Colección del semen

Aproximadamente 20 días antes de iniciar la colección del semen, los toretes fueron sometidos a un manejo de acostumbramiento. Este

consistió en llevarlos diariamente a la sala de extracción de semen y ponerlos a cada uno ante vacas o vaquillas en celo por espacio de media hora más o menos para que realizaran sus primeros saltos, poniendo simultáneamente el pene en contacto con la vagina artificial.

Con el fin de observar la evolución de la cantidad y características del semen, se realizaron dos colecciones semanales durante un promedio de 65 días, mediante el método de la vagina artificial. Tres de los 24 toretes evaluados no respondieron a esta rutina de colecciones, obteniéndose el semen de éstos a intervalos diarios mayores y con exposiciones más prolongadas ante una vaca en celo.

Minutos antes de la colección del semen, los toretes fueron estimulados mediante dos o tres saltos falsos a vacas en celo. El tiempo que necesitó cada animal para estimularse fue variado; sin embargo, se estimó en promedio unos 15 minutos, sin incluir los animales de difícil colección, quienes requirieron más de 30 minutos cada uno.

Después que los animales mostraron capacidad para eyacular y se obtuvieron cinco muestras de semen con 60% de movilidad y concentraciones de  $500 \times 10^6$  espermatozoides/ml (semen aceptable), se realizó una prueba exhaustiva a cada animal con el fin de intentar una mejor evaluación de su capacidad de producción y calidad de semen. Esta prueba fue realizada enmarcada dentro de los siguientes criterios para su terminación:

1. Máximo número de saltos obtenibles durante 6 horas
2. Aparición de saltos con 0,5 ml de semen o menos, o
3. Tres saltos sin producción de semen

#### 4. Evaluación del semen

El semen colectado en un tubo de vidrio graduado y puesto inmediatamente en un vaso con agua a 37°C hasta completar la evaluación macroscópica y microscópica.

##### a. Examen Macroscópico

El examen macroscópico consistió en la evaluación y registro de las siguientes características: el volumen del eyaculado en ml; el aspecto que se caracterizó como: cremoso, acuoso y lechoso; el color que varió de acuerdo a la concentración de espermatozoides en: blanco cremoso, amarillento, blanco y transparente, correspondiendo éste último a un eyaculado sin espermatozoides.

##### b. Examen microscópico

###### (1) Movilidad progresiva

La movilidad progresiva se determinó a través del microscopio, poniendo una gota de semen sin diluir sobre un portaobjeto, operación realizada con dos repeticiones. La escala de calificación que se utilizó para evaluar la movilidad fue de 10 a 80% (6).

###### (2) Concentración de espermatozoides

La concentración de espermatozoides por ml se determinó mediante el método del hemocitómetro. La fórmula de estimación es la siguiente:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de esp. x 5 cuadros}}{80} + 200 \times 4.000 \times 1.000 = \text{espermat/ml}$$

(3) Espermatozoides vivos

Para determinar el porcentaje de espermatozoides vivos se preparó una tinción diferencial de espermatozoides vivos y muertos utilizando eosina-anilina. Para esta estimación se contaron 100 espermatozoides en diferentes campos del frotis.

(4) Morfología de espermatozoides

Las células anormales fueron determinadas en forma simultánea a la determinación de células vivas y muertas. Las anomalías de la cabeza fueron categorizadas en: cabezas pequeñas, piriformes, aguzadas, microcabezas, gigantescas, asimétricas, sin acrosomas; las anomalías de la cola en: colas dobladas, dobles, arroscadas, abaxiales, truncadas y filiformes. Se determinaron además gotas citoplasmáticas (49) y cabezas sin cola.

D. EVALUACION DE VARIABLES

1. VARIABLES INDEPENDIENTES (MEDIDAS FÍSICAS DE LOS TORETES)

Para efectos del presente estudio se han considerado evaluar las siguientes medidas corporales de los toretes como variables independientes:

1. Edad al iniciarse la producción de semen, días
  2. Edad al producir semen aceptable, días
  3. Peso corporal al destete, kg
  4. Peso corporal al inicio de la producción de semen, kg
  5. Peso corporal al producir semen aceptable, kg
  6. Tasa de crecimiento predestete, g
  7. Tasa de crecimiento posdestete, g
  8. Circunferencia escrotal, cm
  9. Altura animal, cm
  10. Longitud animal, cm
- 
2. Variables Dependientes (Medidas de producción, calidad del semen y líbido)

A continuación se indican las medidas de cantidad y calidad del semen aceptable y de la prueba exhaustiva. Su evaluación se efectuó como variables dependientes:

a. Semen aceptable

1. Producción de semen/eyaculado, ml
2. Movilidad de espermatozoides, porcentaje
3. Concentración de espermatozoides/ml
4. Total de espermatozoides/eyaculado
5. Espermatozoides vivos/eyaculado
6. Espermatozoides anormales/eyaculado

b. Semen de la prueba exhaustiva

1. Producción de semen/prueba, ml
2. Movilidad de espermatozoides, porcentaje
3. Concentración de espermatozoides/ml
4. Total de espermatozoides/prueba
5. Espermatozoides vivos/prueba
6. Espermatozoides anormales/prueba

c. Líbido

Comportamiento sexual de los toretes frente a una vaca en celo.

3. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por cada uno de los 24 toretes de los que se obtuvieron las medidas físicas y el semen que fueron evaluados.

E. ANALISIS ESTADISTICOS

Con la información obtenida en este estudio, se establecieron relaciones de causa a efecto entre variables dependientes relacionadas con la producción y calidad de semen y variables independientes relacionadas con las medidas corporales. Se utilizaron modelos de regresión de la forma:

$$Y_i = f (X_j, X_j + n + E_i)$$

Donde:

$i$  = representa las variables del semen

$X_j$  = representa las variables corporales

$E_i$  = representa la variación no explicada por el modelo y la variación en la unidad experimental

Se estudiaron las relaciones entre y dentro de variables independientes y dependientes a través de procesos de correlaciones simples y múltiples.

Se estimaron también los límites de confianza para diferentes medidas de circunferencias escrotales para diferentes pesos corporales de los toretes. Para estos cálculos se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$LC = \bar{Y} + b (X - \bar{X}) \pm t_{\alpha} \cdot s_{xy} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X - \bar{X})^2}{SCX}}$$

Donde:  $\bar{Y}$  = promedio de la variable dependiente

$b$  = promedio de variación de la variable dependiente

$t_{\alpha}$  = nivel de significancia ( $P < 0,05$ )

$s_{xy}$  = desviación estándar de la regresión

$n$  = número de observaciones

## IV. RESULTADOS

## A. CRECIMIENTO TESTICULAR Y SUS RELACIONES CON OTRAS MEDIDAS FISICAS DE LOS TORETES

1. Efecto del peso y la edad sobre el crecimiento testicular

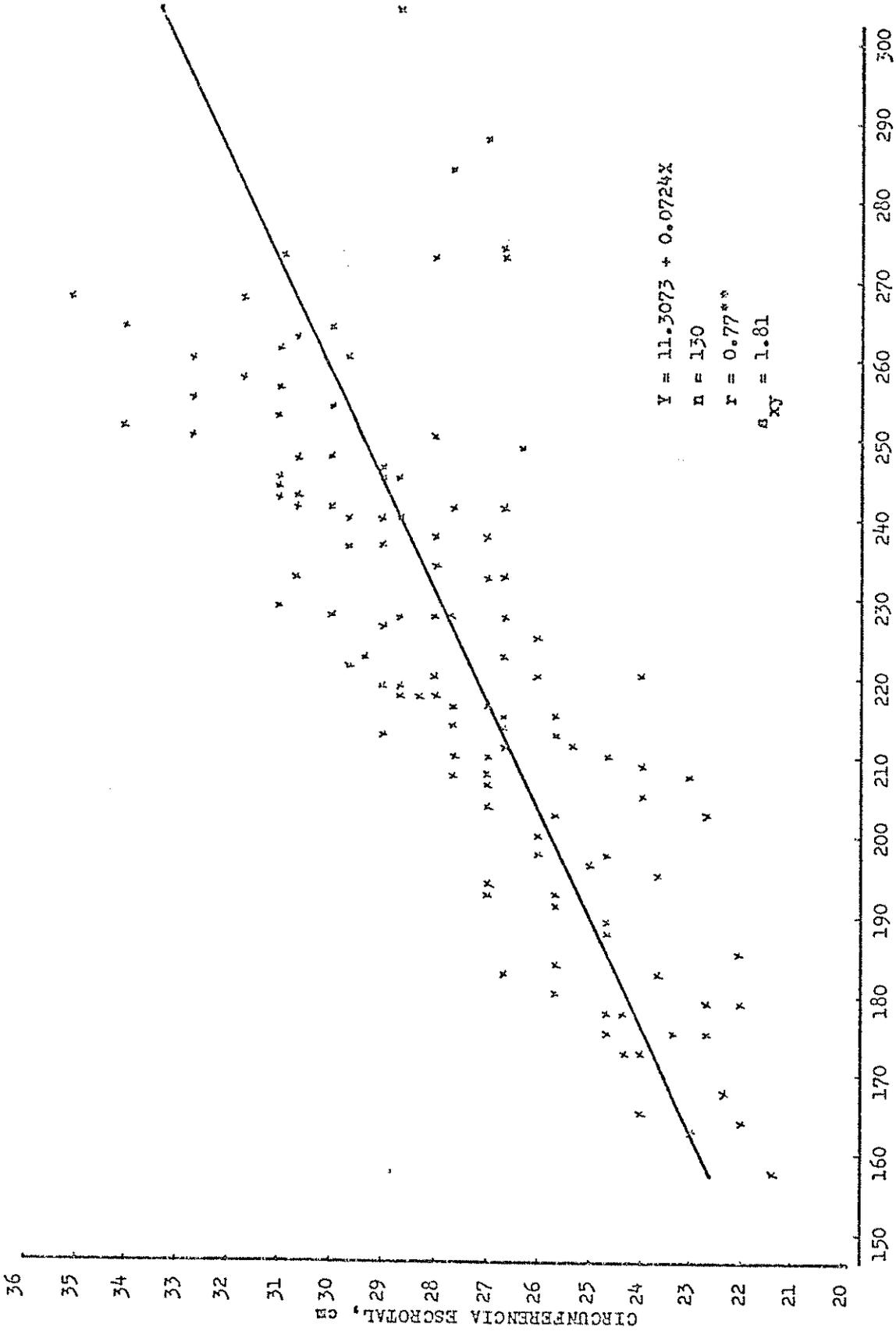
Los datos utilizados para evaluar el efecto de la edad y el peso sobre el crecimiento testicular de los toretes, medidos por un período de 105 días después del destete, se resumen en el Cuadro 1. Estos datos, analizados estadísticamente, mostraron que la circunferencia escrotal se encuentra significativamente correlacionada ( $P < 0,01$ ) con el peso corporal y con la edad (0,77 y 0,38 respectivamente). Se encontró también aunque baja pero significativa correlación (0,31  $P < 0,01$ ) entre el peso corporal y la edad.

Las ecuaciones y curvas de tendencias que describen el comportamiento de cada una de las variables correlacionadas se presentan en las Figuras 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Mediciones posdestete de la edad, pesos corporales y circunferencias escrotales de los toretes.

MEDICIONES	N	$\bar{X} \pm$	DE*	MINIMAS-MAXIMAS
Edad, días	130	424 $\pm$	37	328 - 508
Peso, kg	130	221 $\pm$	30	158 - 304
Circunferencia escrotal, cm	130	27,3 $\pm$	2,8	21,4 - 35,4

\* DE = Desviación estándar



PESO CORPORAL, KG

Figura 1. DISTRIBUCION DE MEDIDAS DE CIRCUNFERENCIAS ESCROTALES CON RESPECTO A PESOS CORPORALES

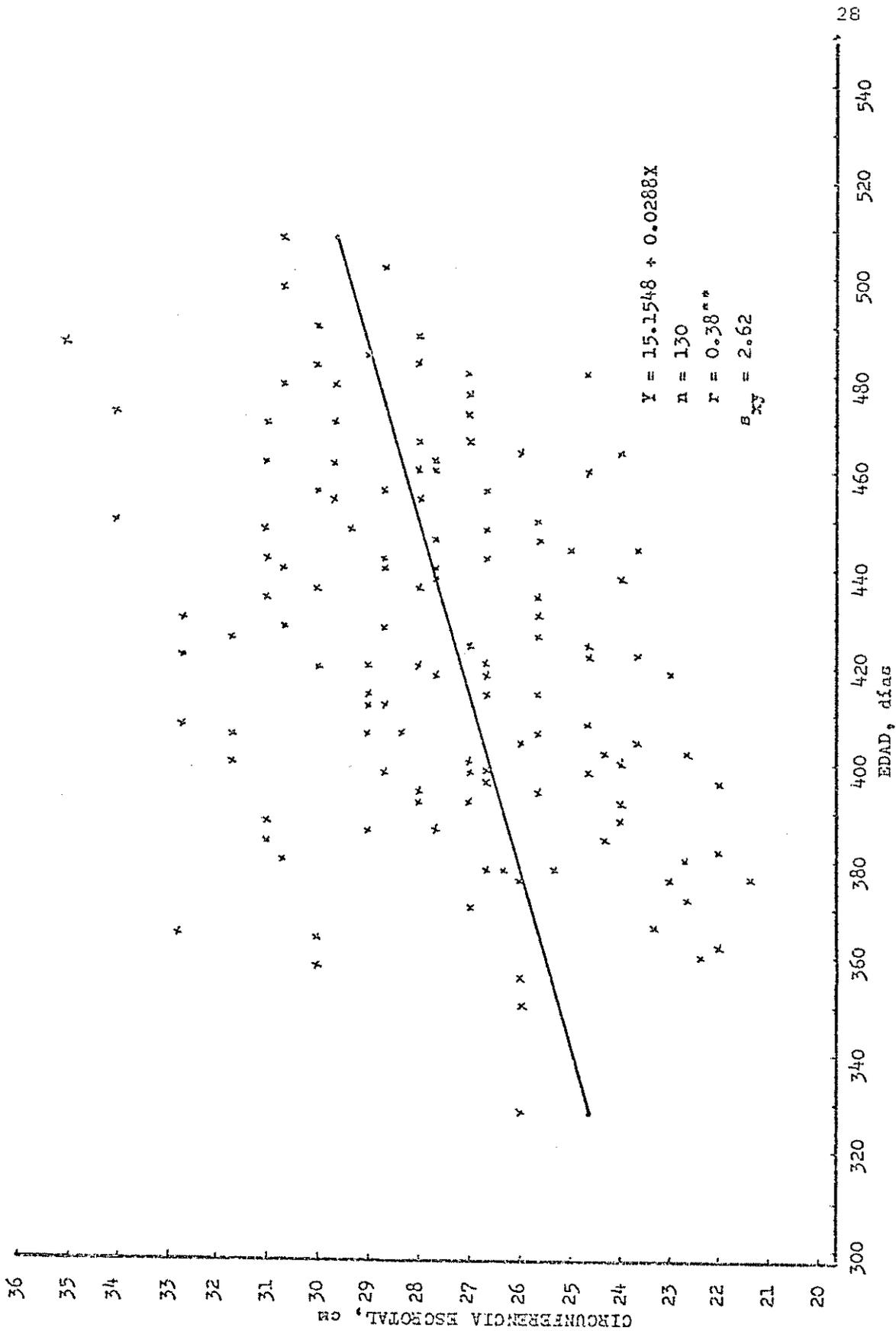


Figura 2. DISTRIBUCION DE MEDIDAS DE CIRCUNFERENCIAS ESCROTALES CON RESPECTO A LA EDAD DE LOS TORRETES

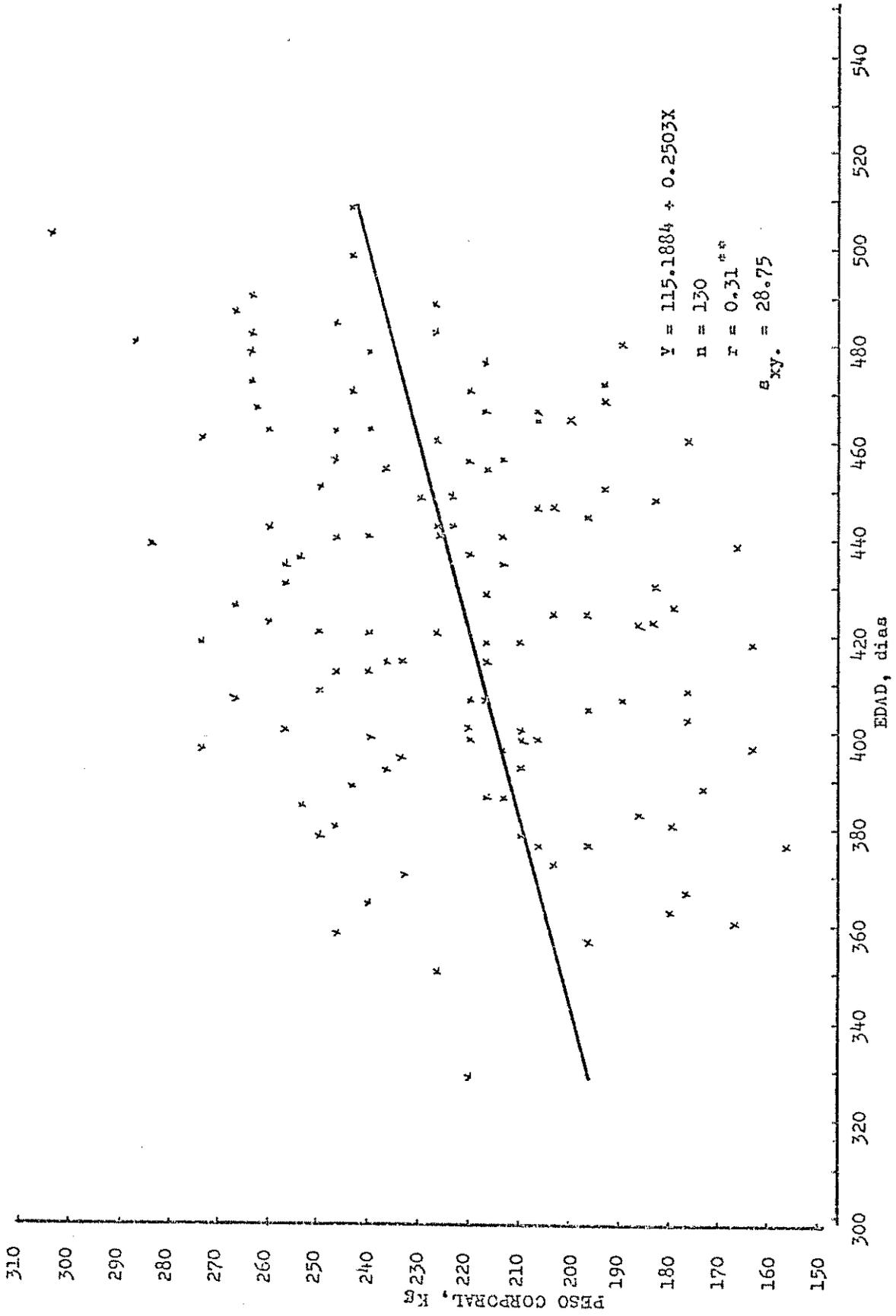


Figura 3. DISTRIBUCION DE PESOS CORPORALES CON RESPECTO A LA EDAD DE LOS TORETES

2. Límites de confianza para las medidas de circunferencias escrotales

Con los valores que describen el incremento lineal de la circunferencia escrotal (Figura 1) con respecto al peso corporal ( $Y = 11,3073 + 0,0724X$ , donde  $Y$  = circunferencia escrotal (cm) y  $X$  = peso corporal (kg), se estimaron los límites de confianza para los promedios de las diferentes medidas de las circunferencias escrotales encontradas durante el presente estudio (Cuadro 2, Figura 4).

Cuadro 2. Promedio de medidas y límites de confianza de circunferencias escrotales estimadas para diferentes pesos corporales de los toretes.

PESO Kg	$\bar{X}$ CIRCUNF.ESCR. (cm)	LIMITES DE CONFIANZA*	
140	21,4	20,6	- 22,2
160	22,8	22,2	- 23,5
180	24,3	23,8	- 24,8
200	25,7	25,4	- 26,1
220	27,2	26,9	- 27,5
240	28,6	28,3	- 29,0
260	30,1	27,6	- 30,5
280	31,5	30,9	- 32,1
300	33,0	32,2	- 33,7
320	34,0	33,5	- 35,3

\*  $P < 0,05$

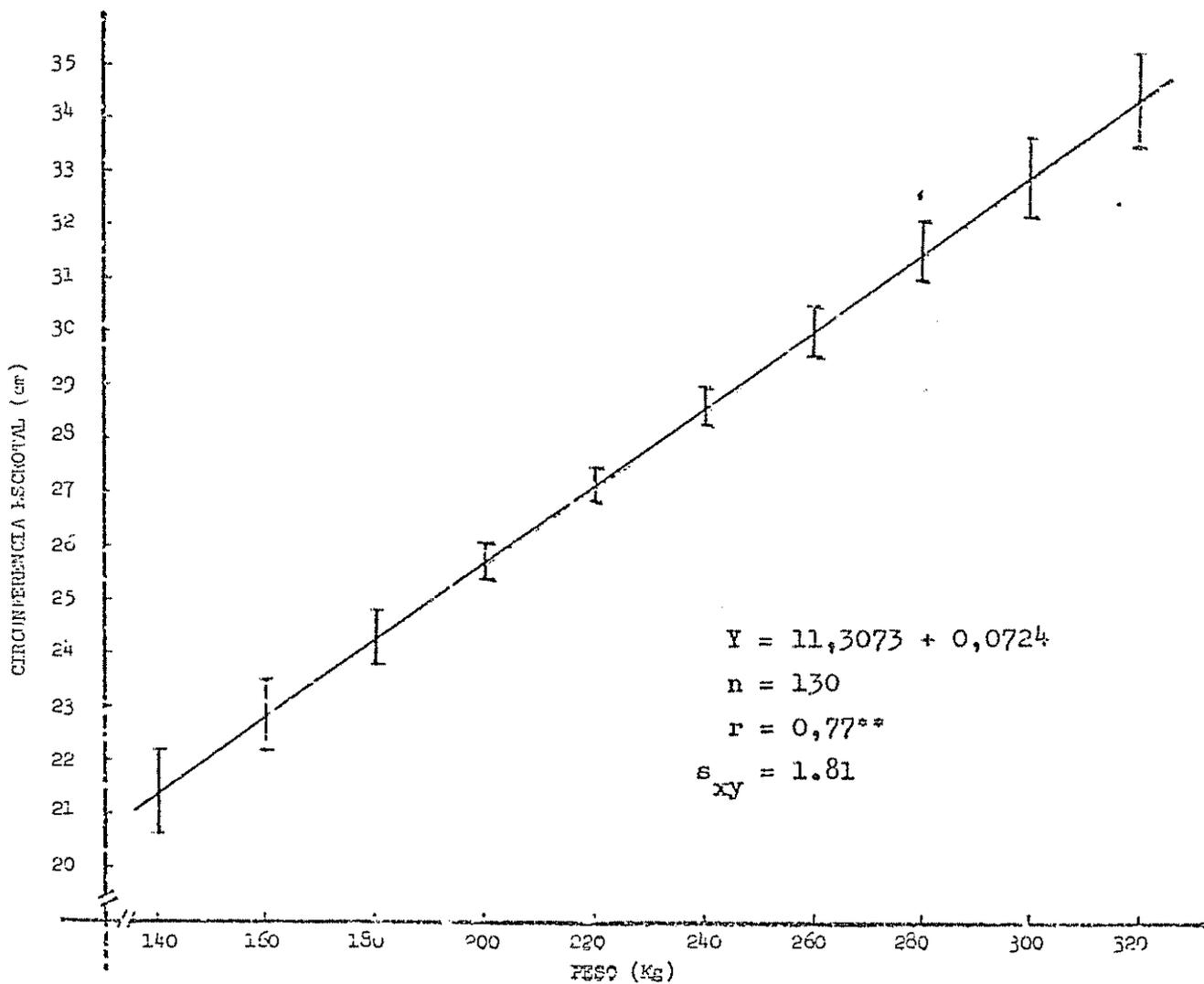


FIGURA 4 . Línea de regresión y límites de confianza estimadas para diferentes medidas de circunferencia escrotal con los pesos corporales de los toretes.

### 3. Relaciones entre medidas físicas de los toretes

Los promedios y las desviaciones estándar de las medidas físicas de los toretes, considerados como variables independientes para los fines del presente estudio, se presentan en el Cuadro 3. Las variables: edad al producir semen aceptable, peso corporal al producir semen aceptable, circunferencia escrotal, altura del animal y longitud del animal, corresponden a las mediciones realizadas cuando los animales comenzaron a producir semen aceptable.

Existió gran variación en la edad y el peso de los toretes, tanto al iniciarse la producción de semen como cuando comenzaron a producir semen aceptable. De igual manera, se observó amplia variación en la circunferencia escrotal.

Los coeficientes de correlación que se presentan en el Cuadro 4, muestran las relaciones entre las diferentes medidas físicas de los animales (variables independientes). La circunferencia escrotal presentó correlaciones bajas pero significativas (0,43, 0,47 y 0,46,  $P < 0,05$ ) con la edad al iniciarse la producción del semen, la tasa de crecimiento predestete y altura del animal, respectivamente; correlaciones altamente significativas (0,56, 0,75, 0,83, 0,66 y 0,64,  $P < 0,01$ ) con el peso corporal al destete, peso corporal al iniciarse la producción del semen, peso corporal al producir semen aceptable, tasa de crecimiento predestete y longitud del animal, respectivamente. Una correlación negativa (-0,36) fue observada entre la circunferencia escrotal y la edad.

Cuadro 3. Mediciones físicas promedio de los toretes desde el inicio hasta el final del experimento

MEDICIONES	N	$\bar{X}$ + DE*	MINIMAS - MAXIMAS
A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días	24	428,4 ± 27,9	377,0 - 505,0
A2 = Edad al producir semen aceptable**, días	21	467,4 ± 24,3	419,0 - 502,0
A3 = Peso corporal al destete, Kg	24	165,1 ± 23,8	121,0 - 218,0
A4 = Peso corporal al iniciarse la producción de semen, kg	24	223,5 ± 30,8	164,0 - 284,0
A5 = Peso corporal al producir semen aceptable, kg	21	235,0 ± 24,9	190,0 - 268,0
A6 = Tasa de crecimiento predestete, g	24	619,9 ± 83,0	481,0 - 789,0
A7 = Tasa de crecimiento posdestete, g	24	288,2 ± 79,2	127,0 - 401,0
A8 = Circunferencia escrotal, cm	24	29,4 ± 2,4	25,4 - 35,0
A9 = Altura animal, cm	24	111,6 ± 3,5	105,0 - 120,0
A10 = Longitud animal, cm	24	85,8 ± 3,5	81,0 - 94,0

\* DE = Desviación Estándar

\*\* Semen aceptable = Semen con 60% de movilidad y un mínimo de  $500 \times 10^6$  espermatozoides

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre medidas físicas de los toretes (Variables Independientes)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	1,00									
A2	0,55	1,00								
A3	0,09	-0,27	1,00							
A4	0,08	-0,48	0,87**	1,00						
A5	0,10	-0,26	0,82**	0,93**	1,00					
A6	-0,04	-0,35	0,74**	0,69**	0,64**	1,00				
A7	-0,06	-0,62**	0,37	0,74**	0,66**	0,23	1,00			
A8	0,43*	-0,36	0,56**	0,75**	0,83**	0,47*	0,66**	1,00		
A9	0,17	-0,23	0,55**	0,59**	0,46*	0,55**	0,36	0,46*	1,00	
A10	0,32	-0,01	0,56**	0,63**	0,66**	0,59**	0,41*	0,64**	0,77**	1,00

\* P &lt; 0,05

\*\* P &lt; 0,01

A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días

A2 = Edad al producir semen aceptable, días

A3 = Peso corporal al destete, kg

A4 = Peso corporal al iniciarse la producción de semen, kg

A5 = Peso corporal al producir semen aceptable, kg

A6 = Tasa de crecimiento predestete, g

A7 = Tasa de crecimiento posdestete, g

A8 = Circunferencia escrotal, cm

A9 = Altura animal, cm

A10 = Longitud animal, cm

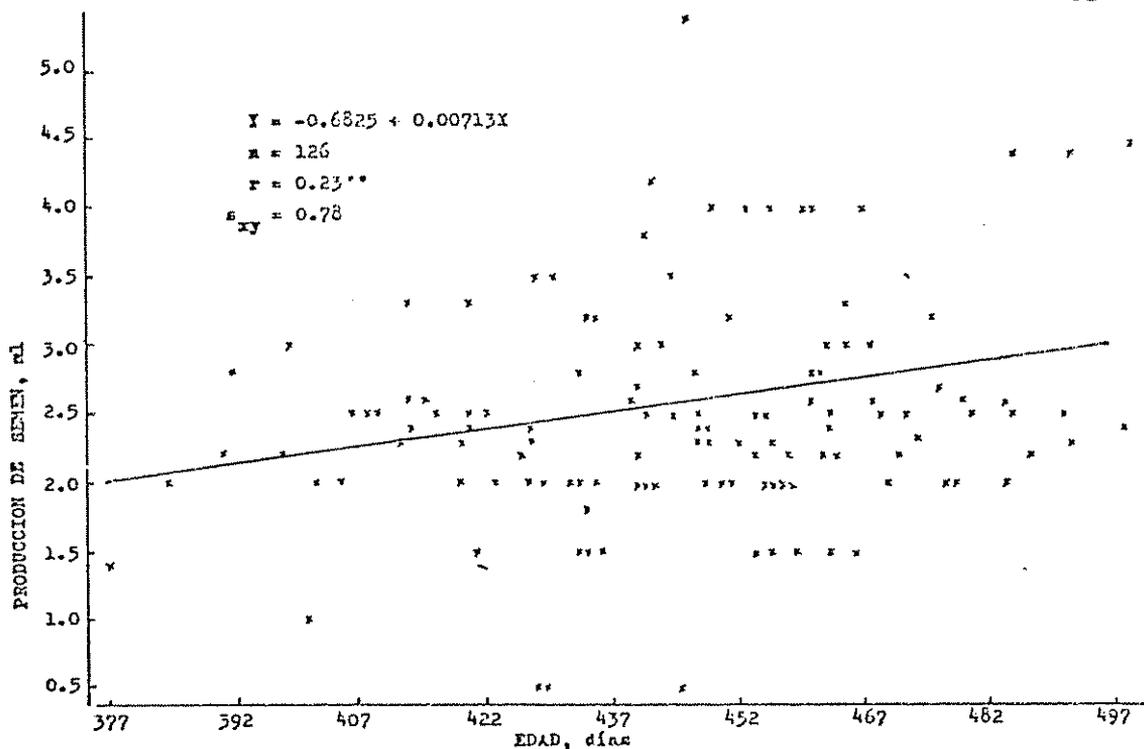


Figura 5. DISTRIBUCION DE LAS MEDICIONES DE VOLUMEN DE SEMEN/EYACULADO (ml) Y LINEA DE AJUSTE, DE ACUERDO CON EL AUMENTO EN LA EDAD DE LOS TORETES.

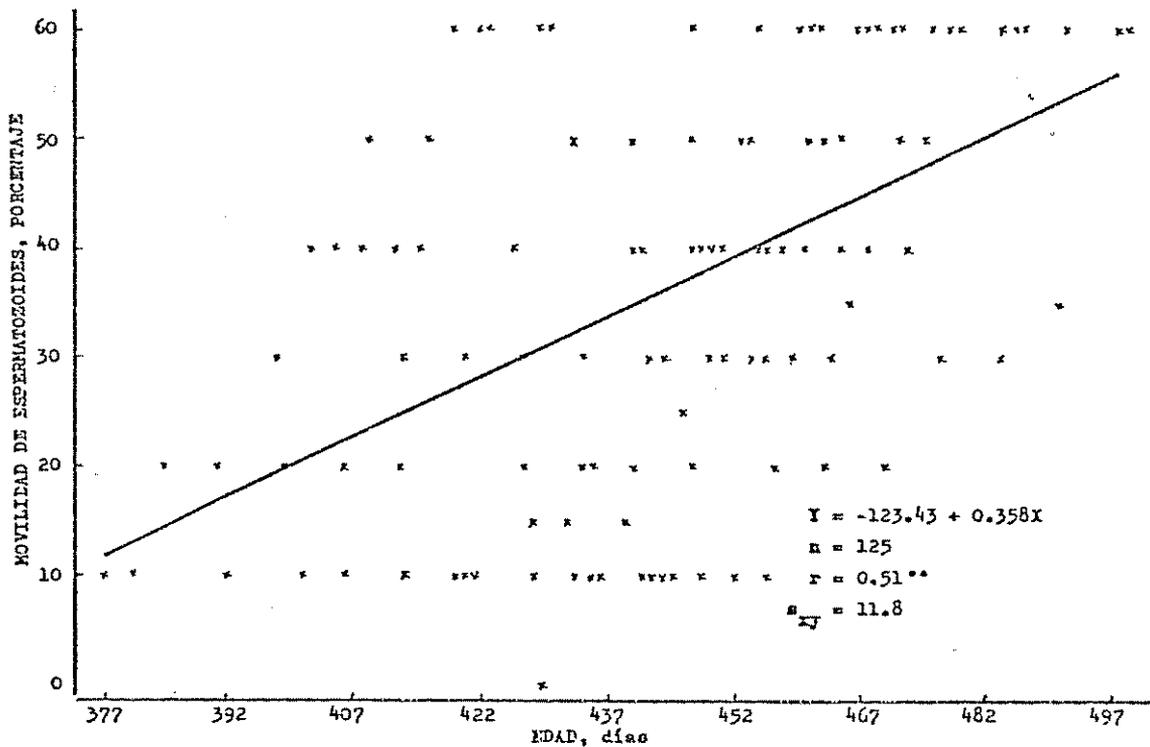


Figura 6. DISTRIBUCION DE LAS MEDICIONES DE MOVILIDAD DE ESPERMATOZOIDES (PORCENTAJE) Y LINEA DE AJUSTE, DE ACUERDO CON EL AUMENTO EN LA EDAD DE LOS TORETES.

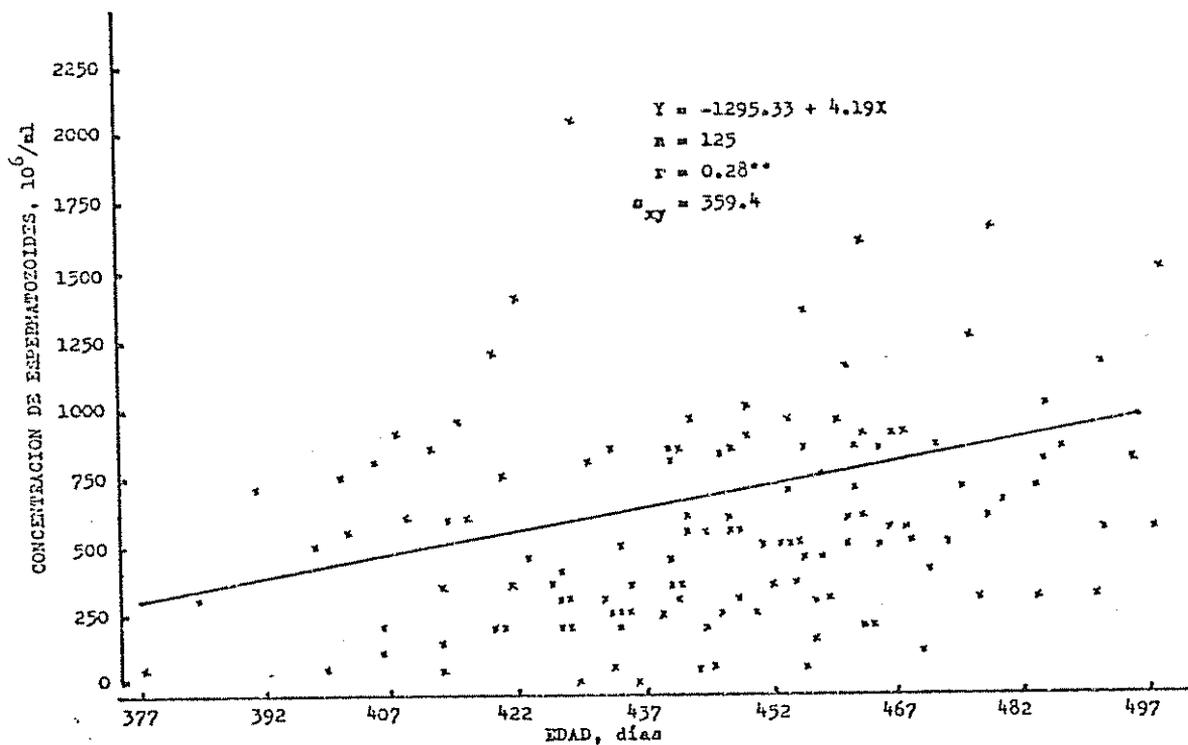


Figura 7. DISTRIBUCION DE LAS MEDICIONES DE CONCENTRACION DE ESPERMATOZOIDES/ml DE SEMEN Y LINEA DE AJUSTE, DE ACUERDO CON EL AUMENTO EN LA EDAD DE LOS TORSTES.

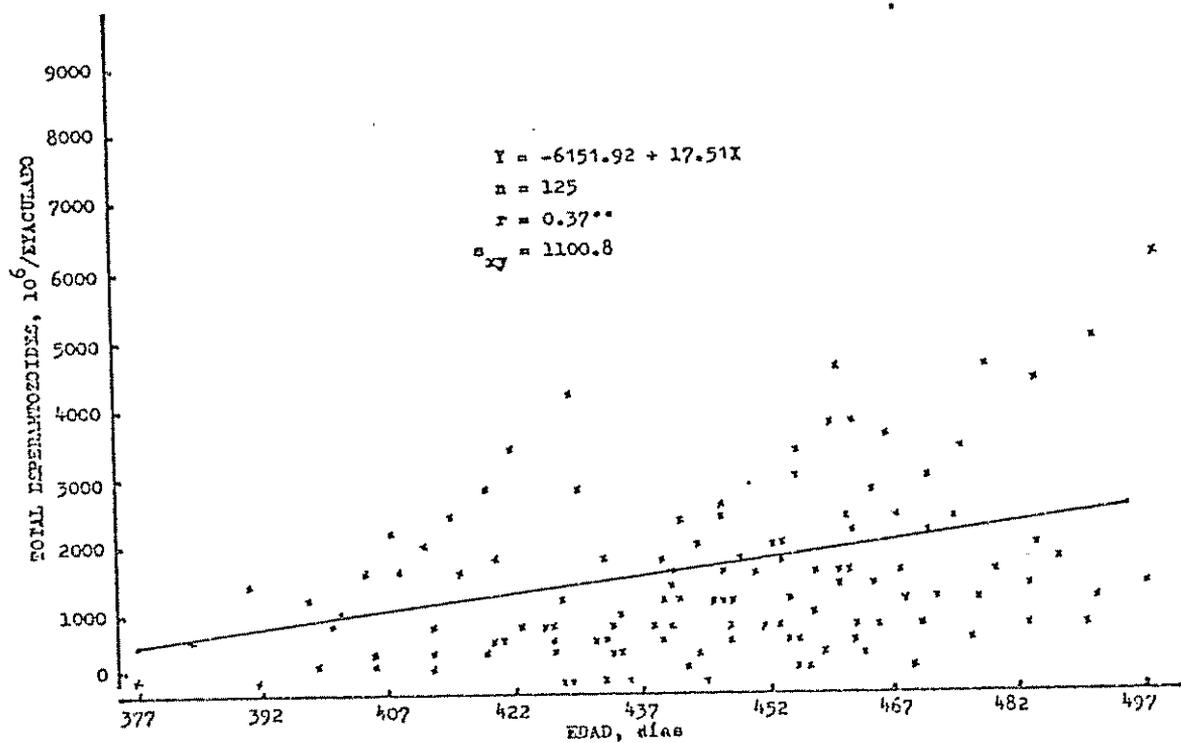


Figura 8. DISTRIBUCION DE LAS MEDICIONES DEL TOTAL DE ESPERMATOZOIDES/EYACULADO Y LINEA DE AJUSTE, DE ACUERDO CON EL AUMENTO EN LA EDAD DE LOS TORSTES.

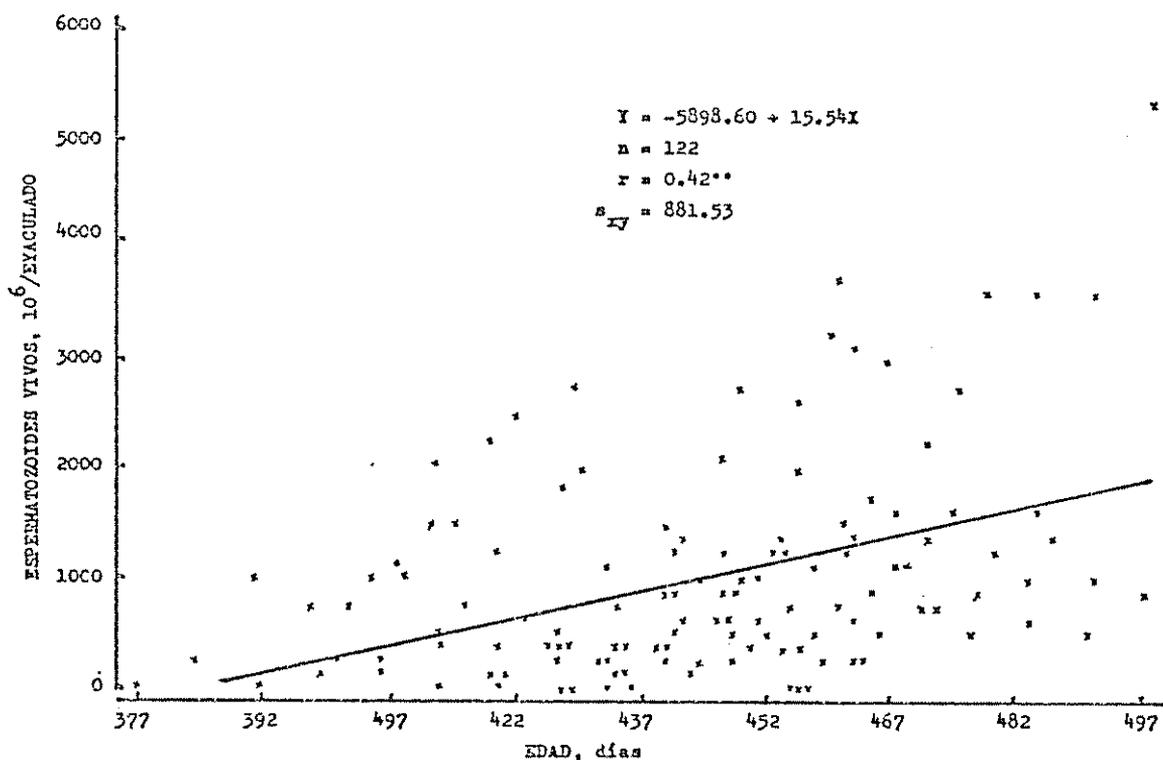


Figura 9. DISTRIBUCION DE LAS MEDICIONES DE LA CANTIDAD DE ESPERMATOZOIDES VIVOS/EYACULADO Y LINEA DE AJUSTE, DE ACUERDO CON EL AUMENTO EN LA EDAD DE LOS TOROS.

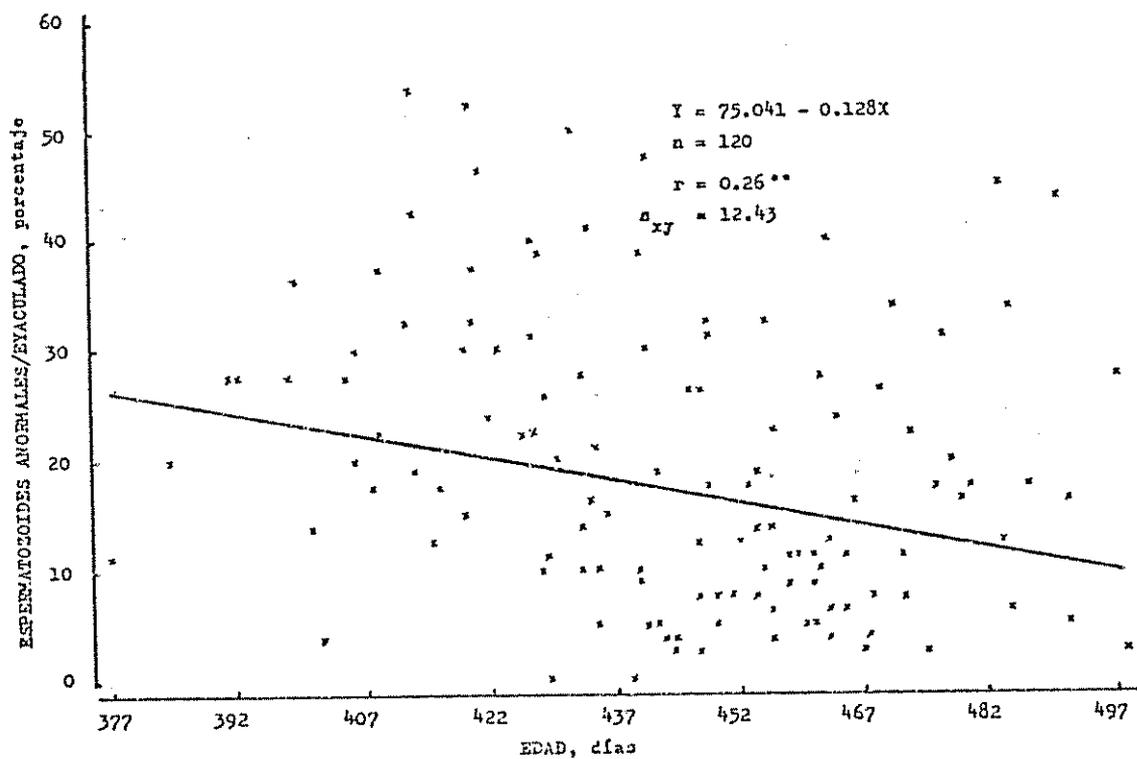


Figura 10. DISTRIBUCION DE MEDICIONES DE CANTIDAD DE ESPERMATOZOIDES ANORMALES (PORCENTAJE) Y LINEA DE AJUSTE, DE ACUERDO CON EL AUMENTO EN LA EDAD DE LOS TOROS.

## B. PRODUCCION Y CARACTERISTICAS DEL SEMEN

### 1. Cambios en la producción y calidad del semen con la edad

Los cambios en las diferentes variables de producción y calidad del semen conforme los toretes aumentaban en edad, estimados mediante un modelo de regresión lineal, se representan gráficamente (Figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10).

Como se puede apreciar, las variables: producción de semen (ml), movilidad de espermatozoides (porcentaje), concentración de espermatozoides/ml, total de espermatozoides por eyaculado y espermatozoides vivos/eyaculado, se encontraron positivamente correlacionados con los aumentos en la edad de los toretes. Los coeficientes de correlación que presentaron estas relaciones, aunque bajas, fueron altamente significativas (0,26, 0,51, 0,28, 0,37 y 0,42 respectivamente). La variable espermatozoides anormales/eyaculado mostró estar negativamente correlacionada con el aumento en la edad de los toretes (-0,26,  $P < 0,01$ ).

El promedio de los valores de las diferentes variables del semen entre los 377 y 497 días de edad (54 y 71 semanas) de los toretes fueron los siguientes: producción de semen 2,4 ml, movilidad de espermatozoides 33%, concentración de espermatozoides/ml  $533,6 \times 10^6$ , total de espermatozoides/eyaculado  $1349,9 \times 10^6$ , espermatozoides vivos/eyaculado  $933,2 \times 10^6$  y espermatozoides anormales 18%.

### 2. Producción y relaciones entre variables de semen aceptable

Los promedios y desviaciones estándar de las diferentes medidas de cantidad y calidad del semen registrados, cuando los toretes comenza

ron a producir semen aceptable, se presentan en el Cuadro 5, donde se puede apreciar las diferencias que existieron en cuanto a producción y calidad del semen, entre animales.

Cuadro 5. Mediciones de cantidad y calidad del semen cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable.

MEDICIONES	N	$\bar{X}$	$\pm$	DE*	MINIMAS-MAXIMAS
C1 = Prod. de semen/eyac., ml	21	2,80	$\pm$ 0,51	0,51	2,0 - 4,2
C2 = Movilidad espermat., %	21	57,61	$\pm$ 5,38	5,38	40,0 - 60,0
C3 = Concent. espermat., $10^6$ /ml	21	1024,76	$\pm$ 413,05	413,05	550,0 - 2070,0
C4 = Total espermat., $10^6$ /eyac.	21	2789,95	$\pm$ 1270,76	1270,76	1265,0 - 6300,0
C5 = Espermat, vivos, $10^6$ /eyac.	21	2065,15	$\pm$ 1106,83	1106,83	961,4 - 5418,0
C6 = Espermat, anormales, $10^6$ /eyaculado	21	15,47	$\pm$ 10,72	10,72	2,4 - 40,3

\*DE = Desviación Estándar

Los resultados del análisis de correlación, realizado para determinar las relaciones entre variables del semen aceptable, se presentan en el Cuadro 6. Estos coeficientes demuestran que la producción de semen/eyaculado, ml y la concentración de espermatozoides/ml se encontraban significativamente correlacionadas ( $P < 0,01$ ) con el total de espermatozoides/eyaculado y la cantidad de espermatozoides vivos/eyaculado. Similarmente, el total de espermatozoides/eyaculado se encontró significativamente correlacionado con la cantidad de espermatozoides vivos/eyaculado.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre variables de cantidad y calidad del semen cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00					
C2	-0,12	1,00				
C3	0,10	0,08	1,00			
C4	0,53**	0,10	0,82**	1,00		
C5	0,53**	0,11	0,75**	0,98**	1,00	
C6	-0,35	0,42	-0,30	-0,37	-0,41	1,00

\*\* (P < 0,10)

C1 = Producción de semen/eyaculado, ml

C2 = Movilidad de espermatozoides, porcentaje

C3 = Concentración de espermatozoides,  $10^6$ /ml

C4 = Total de espermatozoides,  $10^6$ /eyaculado

C5 = Espermatozoides vivos,  $10^6$ /eyaculado

C6 = Espermatozoides anormales,  $10^6$ /eyaculado

### 3. Producción y relaciones entre variables del semen de la prueba exhaustiva

De los 21 toretes que alcanzaron a producir semen aceptable, 18 respondieron a la prueba exhaustiva realizada dentro de los criterios fijados para el presente estudio.

Los resultados de las mediciones de cantidad y calidad del semen obtenidos en la prueba exhaustiva se resumen en el Cuadro 7, donde se

aprecia que existió amplia variación individual, tanto en la cantidad como en la calidad del semen producido.

Cuadro 7. Mediciones de la cantidad y calidad del semen producido en la prueba exhaustiva.

MEDICIONES	N	$\bar{X} \pm$	DE*	MINIMAS-MAXIMAS
B1 = Prod. de semen, ml	18	7,10 $\pm$	2,6	3,6 - 12,8
B2 = Movilidad espermat., %	18	60,00 $\pm$	0,0	60,0 - 60,0
B3 = Concent. espermat., $10^6$ /ml	18	652,45 $\pm$	191,3	228,5 - 1029,8
B4 = Total espermat., $10^6$ /prueba	18	4925,83 $\pm$	2984,5	960,0 - 13182,0
B5 = Espermat, vivos, $10^6$ /prueba	18	3504,06 $\pm$	2178,5	662,4 - 8700,1
B6 = Espermatozoides anormales, $10^6$ /prueba	18	18,02 $\pm$	10,41	4,8 - 37,1

\* DE = Desviación estándar

Los coeficientes de correlación determinados entre variables del semen de la prueba exhaustiva se presentan en el Cuadro 8. Estos resultados muestran que la producción de semen, ml se encontró significativamente correlacionada ( $P < 0,01$ ) con la concentración de espermatozoides/ml, el total de espermatozoides/prueba y la cantidad de espermatozoides vivos/prueba. A su vez, la concentración de espermatozoides/ml con el total de espermatozoides/prueba y la cantidad de espermatozoides vivos/prueba. En forma similar, el total de espermatozoides/prueba con la cantidad de espermatozoides vivos/prueba.

Cuadro 8. Coeficientes de correlación entre variables de cantidad y calidad del semen de la prueba exhaustiva.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6
B1	1,00					
B2	0,00	0,00				
B3	0,61**	0,00	1,00			
B4	0,93**	0,00	0,81**	1,00		
B5	0,94**	0,00	0,79**	0,98**	1,00	
B6	-0,25	0,00	-0,28	-0,28	-0,32	1,00

\*\* (P < 0,01)

B1 = Producción de semen, ml

B2 = Movilidad de espermatozoides, porcentaje

B3 = Concentración de espermatozoides,  $10^6$ /ml

B4 = Total de espermatozoides,  $10^6$ /prueba

B5 = Espermatozoides vivos,  $10^6$ /prueba

B6 = Espermatozoides anormales,  $10^6$ /prueba

#### 4. Líbido

Después del período de acostumbramiento, la libido, medida en base a los criterios establecidos para fines del presente estudio, evolucionó rápidamente en más de 80% de los animales. El 20%, o sea tres animales, no expresaron libido completo hasta el término de la evaluación.

### C. EDAD DE LA PUBERTAD

La pubertad en toros es definida como la edad en la que el toro produce en el primer eyaculado una cantidad de  $50 \times 10^6$  espermatozoides con una movilidad mínima de 10% (5,40,61). En el presente estudio el promedio de espermatozoides en el primer eyaculado fue de  $180 \times 10^6$  espermatozoides con más de 12% de movilidad. Esta superioridad, indica que la evaluación del semen fue iniciada cuando los toretes habían pasado la edad de la pubertad, por lo tanto no fue posible determinarla.

### D. RELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS FISICAS Y LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL SEMEN

Los coeficientes de correlación determinados entre las medidas físicas de los toretes (variables independientes) y la cantidad y calidad del semen (variables dependientes), obtenidos en el momento en que los animales comenzaron a producir semen aceptable y de la prueba exhaustiva, se presentan en los Cuadros 9 y 10, respectivamente.

Cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable, se aprecia que las edades, tasas de crecimiento y los pesos corporales se encuentran correlacionados sólo con algunas variables de calidad del semen. De estas variables, los pesos corporales presentaron los coeficientes más altos. La circunferencia escrotal fue la única variable correlacionada con la producción de semen, ml además de tres variables de calidad del semen. Las correlaciones entre la circunferencia escrotal y las variables: producción de semen/eyaculado, ml y la concentración de espermatozoides/ml fueron de 0,40 y 0,47 respectivamente ( $P < 0,05$ ). Se encontraron también correlaciones de 0,64 y 0,62 ( $P < 0,01$ ) entre ésta y las va-

riables: total de espermatozoides/eyaculado y la cantidad de espermatozoides vivos/eyaculado, respectivamente. No se encontraron correlaciones significativas entre la circunferencia escrotal y las variables: movilidad de espermatozoides y espermatozoides anormales/eyaculado.

Los coeficientes de correlación entre las medidas físicas de los toretes y las variables de producción y calidad del semen de la prueba exhaustiva fueron más altas que en el caso anterior, manteniéndose la circunferencia escrotal como la variable independiente mejor correlacionada con las variables: producción de semen/prueba, ml, concentración de espermatozoides/ml, total de espermatozoides/prueba y espermatozoides vivos/prueba, cuyos coeficientes de correlación fueron: 0,64, 0,65, 0,72 y 0,67, respectivamente ( $P < 0,01$ ). Las correlaciones entre la circunferencia escrotal y las variables: movilidad de espermatozoides y espermatozoides anormales/prueba no fueron significativas. El comportamiento de estas variables con respecto a la circunferencia escrotal se presenta en las Figuras 11 y 12.

Para determinar el conjunto de variables independientes que influyeron significativamente sobre el comportamiento de las variables de producción y calidad del semen, se utilizó el modelo de regresión "stepwise" (Cuadros 11 y 12). Estos resultados muestran que, cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable, solamente el comportamiento de las variables: producción de semen, ml y el total de espermatozoides/eyaculado fueron explicados principalmente por la circunferencia escrotal (Cuadro 11), mientras que en la prueba exhaustiva el comportamiento de todas las variables, excepto una (espermatozoides anormales/prueba), han sido explicadas significativamente por la circunferencia escrotal.

Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen, cuando los toros comenzaron a producir semen aceptable.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
C1	0,18	-0,13	0,19	0,28	0,18	0,21	0,17	0,40*	0,23	0,37
C2	0,00	-0,16	0,40*	0,41*	0,45*	0,42*	0,29	0,34	0,39	0,35
C3	0,12	-0,29	0,27	0,42*	0,31	0,04	0,45*	0,47*	0,57*	0,31
C4	0,32	-0,18	0,39	0,51**	0,43*	0,13	0,44*	0,64**	0,59**	0,60**
C5	0,42*	-0,07	0,41*	0,48*	0,41*	0,12	0,34	0,62**	0,56**	0,64**
C6	-0,38	-0,05	0,03	0,03	0,16	0,14	0,09	-0,17	0,19	0,12

\* P < 0,05

\*\* P < 0,01

#### VARIABLES INDEPENDIENTES

- A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días  
 A2 = Edad al producir semen aceptable, días  
 A3 = Peso corporal al destete, kg  
 A4 = Peso corporal al iniciarse la producción de semen, kg  
 A5 = Peso corporal al producir semen aceptable, kg  
 A6 = Tasa de crecimiento predestete, g  
 A7 = Tasa de crecimiento posdestete, g  
 A8 = Circunferencia escrotal, cm  
 A9 = Altura animal, cm  
 A10 = Longitud animal, cm

#### VARIABLES DEPENDIENTES

- C1 = Producción de semen/eyaculado, ml  
 C2 = Movilidad de espermatozoides, porcentaje  
 C3 = Concentración espermat.,  $10^6$ /ml  
 C4 = Total espermatozoides  $10^6$ /eyaculado  
 C5 = Espermatozoides vivos,  $10^6$ /eyaculado  
 C6 = Espermatozoides anormales,  $10^6$ /eyaculado

Cuadro 10. Coeficientes de correlación entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen de la prueba exhaustiva.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
B1	0,52**	0,14	0,41*	0,47*	0,42	0,08	0,38	0,64**	0,22	0,43*
B2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B3	0,17	-0,24	0,45*	0,57*	0,45*	0,04	0,55**	0,65**	0,35	0,44*
B4	0,49*	0,05	0,48*	0,53**	0,47*	0,09	0,42*	0,72**	0,31	0,55**
B5	0,50**	0,08	0,46*	0,52**	0,47*	0,02	0,45*	0,67**	0,25	0,48*
B6	-0,46*	-0,26	0,23	0,29	0,37	0,51**	0,25	0,10	0,37	0,36

\* P < 0,05

\*\* P < 0,01

#### VARIABLES INDEPENDIENTES

- A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días  
 A2 = Edad al producir semen aceptable, días  
 A3 = Peso corporal al destete, kg  
 A4 = Peso corporal al iniciarse la producción de semen, kg  
 A5 = Peso corporal al producir semen aceptable, kg  
 A6 = Tasa de crecimiento predestete, g  
 A7 = Tasa de crecimiento posdestete, g  
 A8 = Circunferencia escrotal, cm  
 A9 = Altura animal, cm  
 A10 = Longitud animal, cm

#### VARIABLES DEPENDIENTES

- B1 = Producción de semen/prueba, ml  
 B2 = Movilidad de espermatozoides, porcentaje  
 B3 = Concentración de espermatozoides,  $10^6$ /ml  
 B4 = Total espermatozoides,  $10^6$ /prueba exhaustiva  
 B5 = Espermatozoides vivos,  $10^6$ /prueba exhaustiva  
 B6 = Espermatozoides anormales,  $10^6$ /prueba exhaustiva

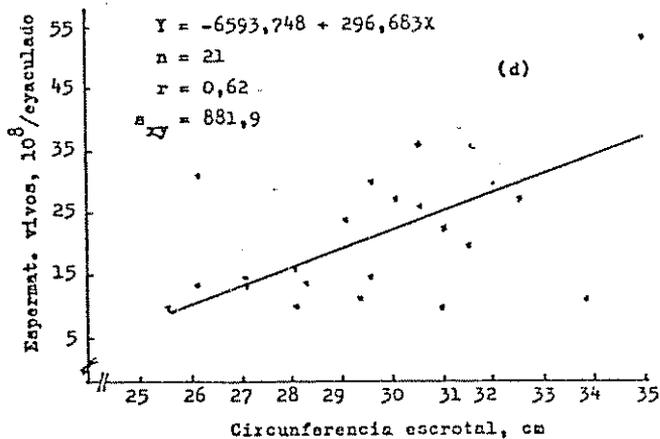
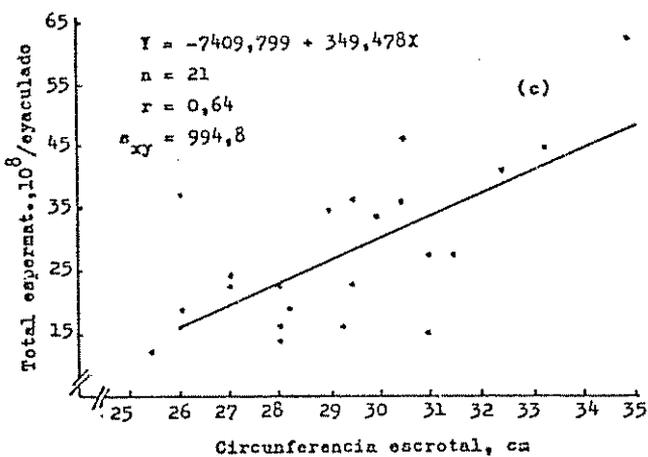
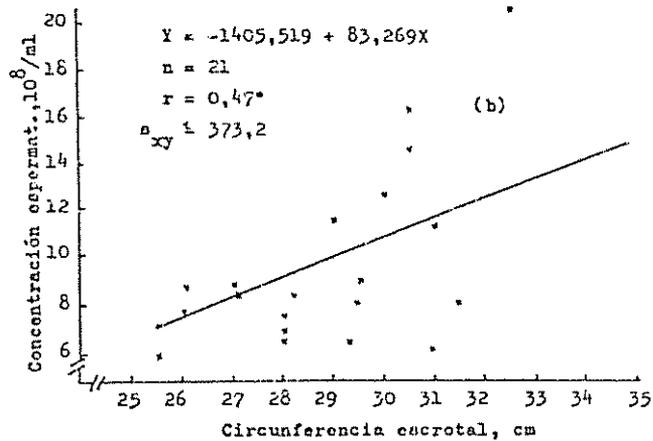
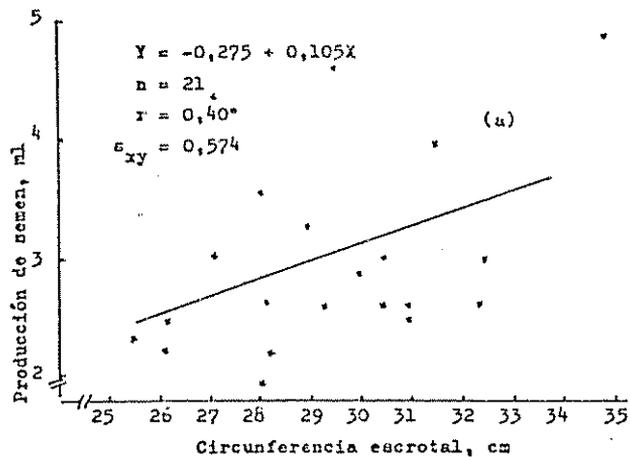


Figura 11. Representación del comportamiento de las variables del sexo aceptable: a. Producción de semen, ml, b. Concentración de espermatozoides/ml, c. Total de espermatozoides/eyaculado y d. Espermatozoides vivos/eyaculado, con respecto a la circunferencia escrotal.

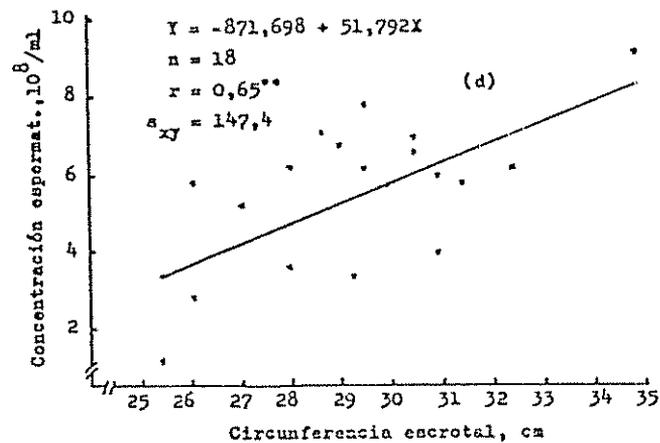
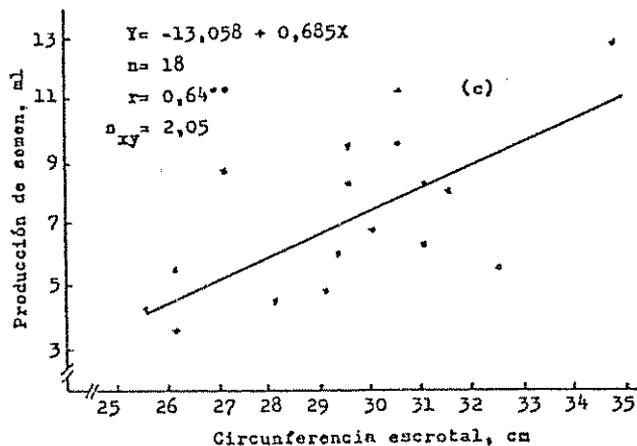
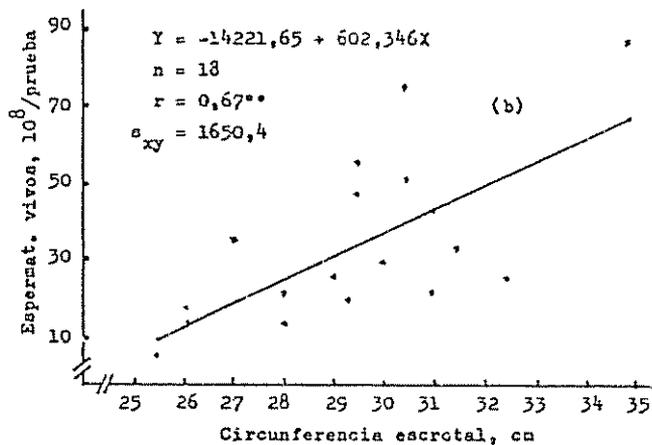
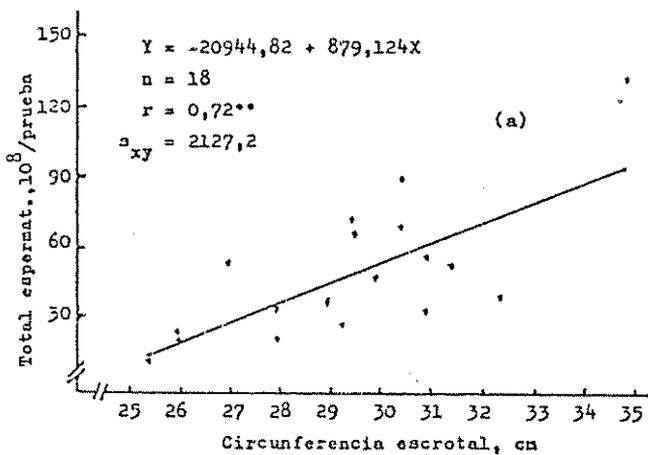


Figura 12. Representación del comportamiento de las variables del semen de la prueba exhaustiva: a. Producción de semen, ml, b. Concentración de espermatozoides/ml, c. Total de espermatozoides/prueba y d. Espermatozoides vivos/prueba, con respecto a la circunferencia escrotal.

Cuadro 11. Coeficientes de determinación estimados mediante el modelo de regresión "stepwise", cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable.

VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES DEPENDIENTES	R <sup>2</sup>
A8		C1: Producción de semen, ml	0,16
A5		C2: Movilidad de espermatozoides	0,20
A9		C3: Concentración espermatozoides/ml	0,33
A9	A7	Concentración espermatozoides/ml	0,42
A8		C4: Total espermatozoides, 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,41
A8	A9	Total espermatozoides, 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,52
A8	A9 A6	Total espermatozoides, 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,60 a
A10		C5: Espermatozoides vivos 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,41
A10	A1	Espermatozoides vivos 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,49
A10	A1 A2	Espermatozoides vivos 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,57 b
A1		C6: Espermatozoides anormales 10 <sup>6</sup> /eyac.	0,15

A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días

A2 = Edad al producir semen aceptable, días

A5 = Peso corporal al producir semen aceptable, kg

A6 = Tasa de crecimiento predestete, g

A7 = Tasa de crecimiento posdestete, g

A8 = Circunferencia escrotal, cm

A9 = Altura animal, cm

A10 = Longitud animal, cm

a, b = Ecuaciones página 51

Cuadro 12. Coeficientes de determinación estimados mediante el modelo de regresión "stepwise" para las variables de la prueba exhaustiva.

VARIABLES INDEPENDIENTES		VARIABLES DEPENDIENTES	R <sup>2</sup>
A8		B1: Producción de semen, ml	0,41
A8	A1	Producción de semen, ml	0,58
A8		B3: Concentración de esperm/ml	0,44
A8	A6	Concentración de esperm/ml	0,57
A8		B4: Total espermat. 10 <sup>6</sup> /prueba	0,52
A8	A1	Total espermat. 10 <sup>6</sup> /prueba	0,66 c
A8		B5: Espermat. vivos 10 <sup>6</sup> /prueba	0,45
A8	A6	Espermat. vivos 10 <sup>6</sup> /prueba	0,62 d
A6		B6: Espermat. anormales/10 <sup>6</sup> /prueba	0,26

A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días

A6 = Tasa de crecimiento predestete, g

A8 = Circunferencia escrotal, cm

c, d = Ecuaciones página 51

Las ecuaciones de regresión múltiple que definen las relaciones más importantes entre las medidas físicas y la producción y calidad del semen se describen a continuación:

$$a) Y = -23.909,49 - 5,36 A6 + 324,7 A8 + 184,59 A9$$

$$b) Y = -17,310,97 + 22,58 A1 - 15,27 A2 + 198,52 A10$$

$$c) Y = -38.545,85 + 46,89 A1 + 794,24 A8$$

$$d) Y = -12.421,98 - 14,18 A6 + 835,95 A8$$

A1 = Edad al iniciarse la producción de semen, días

A2 = Edad al producir semen aceptable, días

A6 = Tasa de crecimiento predestete, g

A8 = Circunferencia escrotal, cm

A9 = Altura animal, cm

A10 = Longitud animal, cm

## V. DISCUSION

## A. CRECIMIENTO TESTICULAR Y SUS RELACIONES CON OTRAS MEDIDAS FISICAS DE LOS TORETES

Una correlación de 0,77 entre la circunferencia escrotal y el peso corporal fue el valor determinado en el presente estudio, al evaluar 24 toretes durante 105 días después del destete. Este resultado es un valor cercano al que encontró Coulter (17) al evaluar 411 toros Holstein, desde 6 hasta los 72 meses de edad. En el mismo trabajo Coulter (17) determinó una correlación de 0,96 entre el peso corporal y la edad, la cual difiere ampliamente con el valor encontrado en el presente estudio al evaluar estas dos variables ( $r = 0,31$ ). Esta incongruencia puede ser debida a la gran variabilidad de peso entre animales (Figura 3) y al corto período de evaluación.

Por otro lado, el análisis de correlación entre todas las medidas físicas de los toretes evaluadas en el presente estudio, permitió determinar que la circunferencia escrotal se encuentra significativamente correlacionada con las siguientes variables: peso al destete, peso corporal al iniciarse la producción de semen y peso corporal al producir semen aceptable (0,56, 0,75 y 0,83, respectivamente,  $P < 0,01$ ). Estos resultados sugieren que probablemente el peso corporal sea la variable que tiene mayor influencia sobre el comportamiento de la circunferencia escrotal.

Estos resultados pueden tener relación con lo que citan otros autores como Coulter y Foote (17), que encontraron un coeficiente de correla-

ción de 0,81 entre el peso corporal y la circunferencia escrotal de toros Holstein en desarrollo. En otro trabajo los mismos autores (15), determinaron que la circunferencia escrotal se encontró altamente correlacionada con el peso de los testículos en toros de la misma raza ( $r = 0,79$ ). Igualmente, Hahn *et al.* (35) determinaron un coeficiente de correlación de 0,92 entre estas dos variables en toros Holstein de diferentes edades y Willett (59) también refiere una correlación de 0,96 entre estas mismas variables en toros de carne.

En cuanto a las relaciones existentes entre las medidas de la circunferencia escrotal, la edad y el peso de los toros, Coulter y Foote (17) refieren que, en promedio, circunferencias escrotales de 26,7, 28,4 y 30,9 cm en toros Holstein, corresponden a pesos corporales de 140, 200 y 300 kg respectivamente. En otro trabajo Coulter *et al.* (13) presentaron valores de  $30,6 \pm 3,3$  y  $34,9 \pm 2,4$  cm de circunferencia escrotal para toros Holstein de 6 a 12 y de 12 a 18 meses de edad, y para toros Angus entre las mismas edades de  $33,5 \pm 3,1$  y  $36,1 \pm 3,0$  cm de circunferencia escrotal, respectivamente. También Hahn *et al.* (35) mencionan que, circunferencias escrotales de 28,4 y 34,9 cm, corresponden a toros de 7 a 12 y de 13 a 18 meses de edad respectivamente.

En el presente estudio se estimaron en promedio los siguientes valores de circunferencias escrotales: 21,4, 22,8, 24,3, 25,7, 27,2, 28,6, 30,1, 31,5, 33,0 y 34,4 cm que correspondieron a pesos corporales de 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260, 280, 300 y 320 kg. Estos resultados son comparables con los datos obtenidos de la literatura, a pesar de que

los animales utilizados en la presente investigación han estado sometidos a condiciones de alimentación y manejo exclusivo de pastoreo.

#### B. PRODUCCION Y CARACTERISTICAS DEL SEMEN

Existen estudios sobre los cambios en la producción y características del semen de toros con el incremento en la edad. Almquist y Cunningham (1) evaluaron 17 toros Angus y Hereford de uno a los dos años de edad y encontraron cambios significativos en movilidad de espermatozoides, volumen de semen y concentración de espermatozoides/eyaculado, con los cambios en la edad de los toros. Posteriormente, también Almquist y colaboradores (2) estudiaron 22 toros Charolais desde la pubertad hasta los dos años de edad y encontraron incrementos significativos en la concentración de espermatozoides/eyaculado, movilidad de espermatozoides y volumen del eyaculado, conforme los toros aumentaban en edad. Estos informes son concordantes con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se encontraron cambios altamente significativos en las diferentes variables del semen evaluadas, con los cambios en la edad de los toretes. Igualmente los promedios del volumen de semen, concentración y movilidad de espermatozoides encontrados en este estudio son comparables con los registrados por los investigadores mencionados (1,2).

#### C. EDAD DE LA PUBERTAD

Los criterios más ampliamente aceptados para definir la edad de la pubertad en toretes son los definidos por Barber y Almquist (5), Killian

y Amann (40) y Wolf, Almquist y Hale (61), quienes sostienen que la edad de la pubertad de los toros es definida como la edad en que el toro produce en el primer eyaculado una cantidad de  $50 \times 10^6$  espermatozoides con una movilidad mínima de 10%. En el presente estudio, al iniciarse la evaluación del semen de los toretes cuando tenían en promedio 14 meses de edad, se encontró que los primeros eyaculados contenían en promedio, concentraciones de  $180 \times 10^6$  espermatozoides con más de 12% de movilidad. Estos resultados difieren considerablemente de lo descrito por los autores mencionados, sugiriendo que los toretes Romosinuano alcanzaron la edad de la pubertad antes de los 14 meses de edad.

#### D. RELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS FISICAS Y LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL SEMEN

De acuerdo con los resultados de este trabajo las variables: edad, peso corporal y tasa de crecimiento, parecen no tener mayor influencia sobre el comportamiento de producción y calidad del semen, razón por la cual se dará mayor énfasis a la discusión sobre la circunferencia escrotal.

La circunferencia escrotal muestra ser una características altamente repetible, de fácil obtención como indicador del tamaño testicular. Así se encuentra significativamente correlacionada con el peso de los testículos en toros de diferentes edades y con la producción de espermatozoides en toros jóvenes (35,39). Sin embargo, Hahn *et al.* (35) mencionaron que la circunferencia escrotal y la producción de espermatozoides en toros viejos estarían negativamente correlacionadas, debido a una de-

clinación de la eficiencia de producción de espermatozoides con la edad. Willett y Ohms (58) encontraron un coeficiente de correlación de 0,68 entre la circunferencia escrotal y la producción de espermatozoides de 47 toros en servicio regular de inseminación artificial. Los mismos investigadores (60) encontraron una correlación de 0,91 entre la circunferencia escrotal y la producción de espermatozoides de toros de 13 a 18 meses de edad. En otro estudio realizado por Hahn *et al.* (35), en el cual utilizaron ocho toros Holstein de 17 a 22 meses de edad, se estableció una correlación de 0,87 entre estas dos variables.

En el presente estudio la circunferencia escrotal de 21 de los 24 toretes evaluados fue significativamente correlacionada con la producción de espermatozoides (0,64,  $P < 0,01$ ), cuando los toretes alcanzaron a producir semen aceptable. Con la producción de espermatozoides en la prueba exhaustiva, se encontró una mayor correlación (0,72,  $P < 0,01$ ) entre estas dos variables. Posiblemente esto sea debido a que mediante la prueba exhaustiva se logró evaluar mejor la capacidad de producción de espermatozoides de los toros. De cualquier manera, las relaciones entre la circunferencia escrotal y la producción de espermatozoides encontradas en el presente estudio, son concordantes con los valores obtenidos de la literatura.

El análisis de regresión múltiple "stepwise" permitió identificar cuales variables independientes se encontraron significativamente ( $P < 0,05$ ) correlacionadas con las variables de producción y calidad del semen (Cuadro 11 y 12). Cuando los toretes comenzaron a producir semen aceptable, la circunferencia escrotal, la altura de los animales y la tasa de crecimiento predestete contribuyeron mejor a la variación del total de espermato-

zoides/eyaculado ( $r^2 = 0,60$ ); igualmente, la longitud de los animales, la edad al iniciarse la producción de semen y la edad al producir semen aceptable influyeron sobre el número de espermatozoides vivos/eyaculado ( $r^2 = 0,57$ ). Los análisis para identificar las variables independientes mejor correlacionadas con las variables de la prueba exhaustiva, indican que la circunferencia escrotal tuvo influencia significativa ( $P < 0,05$ ) sobre el total de espermatozoides/prueba ( $r^2 = 0,52$ ), al añadirse el efecto de la edad al iniciarse la producción de semen, esta relación se vio mejorada ( $r^2 = 0,66$ ). Similarmente la circunferencia escrotal influyó sobre el número de espermatozoides/prueba ( $r^2 = 0,45$ ) y al añadirse al modelo, la tasa de crecimiento predestete, se mejoró esta relación ( $r^2 = 0,62$ ). Como se parecía, estas relaciones son relativamente bajas, por lo tanto no se recomienda utilizar las ecuaciones que se describen en los resultados (página 51) como modelos de predicción de la capacidad de producción de espermatozoides de los toros. Sin embargo, pueden ser de utilidad para orientar otros trabajos de investigación de esta naturaleza.

Hay que mencionar, que solamente 21 de los 24 toretes alcanzaron a producir semen aceptable y 18 respondieron a la prueba exhaustiva. Los tres toretes que no lograron producir semen aceptable durante la evaluación, presentaban circunferencias escrotales de 28,5, 29,5 y 34 cm, valores muy cercanos al promedio de todos los animales ( $29,4 \pm 2,4$  cm). Sin embargo, la calidad del semen de los tres toretes fue muy pobre. Estos presentaron en promedio una movilidad de espermatozoides menor al 10% y concentraciones por debajo de  $100 \times 10^6$  espermatozoides/ml (Cuadro 13A). No

se investigaron las razones de este comportamiento. Se especula que puede tratarse de un fenómeno hereditario, desde que todos los animales exteriorizaron buena salud y estos tres toros no mostraron ninguna diferencia aparente con los otros toros. Sería recomendable que los animales con estas características reproductivas sean investigados desde otros puntos de vista, con especial atención de los defectos en la anatomía microscópica celular y niveles hormonales. Por otro lado, convendría realizar evaluaciones por períodos de tiempo mayores que el empleado en este trabajo, para ver si ocurre alguna modificación en la calidad del semen con el aumento en la edad.

Los tres toretes que no respondieron a la prueba exhaustiva fueron aquellos que no se amansaron completamente; éstos presentaban respuestas muy variadas al manejo en la sala de extracción del semen, a pesar que mostraron buena agresividad sexual frente a una vaca en celo y producir semen eventualmente que permitió su evaluación. Vale indicar que el período de acostumbramiento de los animales al presente estudio fue corto. Se considera necesario que para futuras investigaciones los animales sean amansados desde más temprana edad, de este modo posiblemente se evitarían situaciones como las que se acaban de describir.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo las condiciones en que el trabajo fue desarrollado, se pueden inferir las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. La circunferencia escrotal es la medida física mejor correlacionada con las medidas de producción y calidad del semen; sin embargo, no se recomienda utilizarla como criterio de selección temprana de reproductores. Esta conclusión deriva del hecho que el comportamiento sexual y reproductivo deficiente de algunos animales no fue detectado por la medida mencionada.
2. Es recomendable estudiar el comportamiento reproductivo de los toretes desde más temprana edad y por períodos de tiempo mayores.
3. Es recomendable que la capacidad de producción y calidad del semen de los toretes sea evaluada a través de pruebas exhaustivas, repetidas a varias edades.
4. Comparar la producción y calidad del semen, utilizando diferentes métodos de eyaculación, para obviar la objeción de posibles interacciones entre el individuo y la respuesta a la vagina artificial o presencia del operador.
5. Finalmente, se recomienda que para futuras investigaciones se haga una selección previa de los animales en base a algunas características físicas como tamaño testicular y peso corporal.

## VII. LITERATURA CONSULTADA

1. ALMQUIST, J. O. y CUNNINGHAM, D. C. Reproductive capacity of beef bulls. I. Post puberal changes in semen production at different ejaculation frecuencies. *Journal of Animal Science* 26(1):175-181. 1967.
2. \_\_\_\_\_., BRANAS, R. J. y BARBER, K. A. Post puberal changes in semen, production of Charolais bulls ejaculated at high frequency and the relation between testicular measurement and sperm output. *Journal of Animal Science* 42(3):670-678. 1976.
3. \_\_\_\_\_., Effect of long term ejaculation at high frequency on output of sperm, sexual behavior and fertility of Holstein bulls; relation of reproductive capacity to high nutrient allowance. *Journal of Dairy Science* 65(5):814-823. 1982.
4. AMANN, R. P. y ALMQUIST, J. O. Reproductive capacity of dairy bulls. VIII. Direct and indirect measurement of testicular sperm production. *Journal of Dairy Science* 45(6):774-780. 1962.
5. BARBER, K. A y ALMQUIST, J. O. Growth and feed efficiency and their relationship to puberal traits of Charolais bulls. *Journal of Animal Science* 40(2):288-301. 1975.
6. BEARDEN, H. J. y FUQUAY, J. W. Reproducción Animal Aplicada. Traducido del inglés por Héctor Sumano López. México, El Manual Moderno, 1982. 358 p.
7. BLOCKEY. M. A. de B. The influence of serving capacity of bulls of herd fertility. *Journal of Animal Science* 46(3):589-593. 1978.
8. BOYD, L. J. y VAN DEMARK, N. L. Spermatogenic capacity of the male bovine L.A. measurement technique. *Journal of Dairy Science* 40(6):689-697. 1957.
9. BRÉDDERMAN, P. J. y FOOTE, R. H. Volume of stressed bull spermatozoa and protoplasmatic droplets, and the relationship of cell size to motility and fertility. *Journal of Animal Science* 28(4):496-501. 1969.
10. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación de observaciones hasta diciembre de 1982. Turrialba, Costa Rica. 1 p.

11. CLARKE, R. H. *et al.* Comparison of the fertility of bovine semen collected by artificial vagina and electro-ejaculation from bulls with low libido. *Australian Veterinary Journal* 49(5):240-241. 1973.
12. COULTER, G. H. ROUNSAVILLE, T. R. and FOOTE, R. H. Heritability of bovine testicular measurement. *Journal of Animal Science* 39(1):204. 1974.
13. \_\_\_\_\_, LARSON, L.L., FOOTE, R. H. Effect of age on testicular growth and consistency of Holstein and Angus bulls. *Journal of Animal Science* 41(5):1383-1389. 1975.
14. \_\_\_\_\_, y FOOTE, R. H. Effect of season and year of measurement on testicular growth and consistency of Holstein bulls. *Journal of Animal Science* 42(2):434-438. 1976.
15. \_\_\_\_\_, y FOOTE, R. H. Relationship of testicular weight to age and scrotal circumference of Holstein bulls. *Journal of Dairy Science* 59(4):730-732. 1976.
16. \_\_\_\_\_, ROUNSVILLE, T. R. y FOOTE, R. H. Heritability of testicular size and consistency on Holstein bulls. *Journal of Animal Science* 43(1):9-12. 1976.
17. \_\_\_\_\_, y FOOTE, R. H. Relationship of body weight to testicular size and consistency in growing Holstein bulls. *Journal of Animal Science* 44(6):1076-1079. 1977.
18. \_\_\_\_\_, FOOTE, R. H. y ROUNSAVILLE, T. R. Genetic correlations between testicular traits in Holstein bulls and milk and fat production of their daughters. *Journal of Dairy Science* 60(8):1304-1307. 1977.
19. \_\_\_\_\_, OKO, R. J. y CONSTERTON, T. W. Incidence and ultrastructure of "crater" defect of bovine spermatozoa. *Theriogenology* 9(2):167-173. 1978.
20. \_\_\_\_\_, y FOOTE, R. H. Bovine testicular measurements and indicators of reproductive performance and their relationships to productive traits in cattle: A review. *Theriogenology* 11(4):297-311. 1979.
21. \_\_\_\_\_. Testicular development: its management and significance in young beef bulls. In *Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction, 8th, U.S.A., 1980. Proceedings.* Columbia, Missouri, National Association of Animal Breeders. 1980. 106-111 pp.
22. CUNNINGHAM, D.C., ALMQUIST, J. O. y PEARSON, R.E. Reproductive capacity of beef bulls. II Post puberal relations among ejaculation frequency sperm freezability and breeding potential. *Journal of Animal Science* 26(1):182-187. 1967.

23. DIETRICH, G. "Custom-Freezing" of semen in beef cattle production. *Animal Research and Development* 5:124-132. 1977.
24. ELMORE, R. G., BIERSCHWAL, C. J. y YOUNQUIST, R. S. Scrotal circumference measurements in 764 beef bulls. *Theriogenology* 6(5):495-489. 1976.
25. EVERET, R. W. y BEAN, B. Environmental influences on semen output. *Journal of Dairy Science* 65:1303-1310. 1969.
26. \_\_\_\_\_. Environmental influences on semen output. In *Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction, 9th, MILWAUKEE, WISCONSIN, 1982. Proceedings. Columbia Missouri, National Association of Animal Breeders. 1982. 13-17 p.*
27. FAYEMI, R. G. y ADEGRITE, O. Seasonal variations in sperm abnormalities in bulls in a tropical climate. *Rev. Elev. Med. Vet. Pags. Trop.* 35(1):69-72. 1982.
28. FIELDS, M. J., BURNS, W. C. y WARNICK, A. C. Age, season, and breed effects on testicular volume and semen traits in young beef bulls. *Journal of Animal Science* 48(6):1299-1304. 1979.
29. FOOTE, R. H. y HEATH, A. Effect of sperm losses in semen collection equipment on estimated sperm output by bulls. *Journal of Dairy Science* 46(3):242-244. 1968.
30. \_\_\_\_\_. Semen quality from the bulls to the freezer: an assessment. *Theriogenology* 3(6):219-235. 1975.
31. \_\_\_\_\_ *et al.* Seminal quality, spermatozoa output and testicular changes in growing Holstein bulls. *Journal of Dairy Science* 60(1):85-87. 1977.
32. GAUNT, S.N., DAMON, R. A. y BEAN, B. H. Heritability of fertility of dairy sires. *Journal of Dairy Science* 59(8):1502-1504. 1976.
33. HAFEZ, E. S. E. Reproducción de los animales de granja. Traducido del inglés por Ramón Salazar. México, Herrero, 1962. 482 p.
34. HAFS, H. D., HOYT, R. S. y BEATON, R. W. Libido, Sperm Characteristics. Sperm output and fertility of mature dairy bulls ejaculated daily or weekly for thirty-two weeks. *Journal of Dairy Science* 42(4):626-634. 1959.
35. HAHN, J., FOOTE, R. H. y SEIDEL, G. E. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. *Journal of Animal Science* 29(1):41-47. 1969.

36. HANSON, R. D., MITCHEL, J. R. y FLEMING, W. N. Abnormal sperm cell patterns in young Holstein sires. *Journal of Animal Science* 51 (supl. 1):282-283. 1980.
37. HERRICK, J. B y SELF, H. L. Evaluación de la fertilidad del toro y del verraco. Traducido del inglés por Jaime Esain Escobar. Zaragoza, España. Acribia. 1965. 135 p.
38. ISLAM, A. B. M. M. y LAND, R. B. Seasonal variation in testis diameter and sperm output of rams of breeds of different prolificacy. *Animal Production* 25:311-317. 1977.
39. KILLY, J. W. Y HURST, VICTOR. The effect of season on fertility of the dairy bull and the dairy cow. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 143(1):40-43. 1963
40. KILLIAN, G. J. y AMANN, R. P. Reproductive capacity of dairy bulls. IX. Changes in reproductive organ weights and semen characteristics of Holsteins bulls during the first thirty weeks after puberty. *Journal of Dairy Science* 55(11):1631-1535. 1972.
41. LACROIX, A. *et al.* Temporal fluctuations of plasma LH and testosterone in Charolais bull calves during the first year of life. *Ann. Biol. Bioch. Biophys.* 17(6):1013-1019. 1977.
42. LUNSTRA, D.D., FORD, J. J. y ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production, and aggressiveness in bulls of different breeds. *Journal of Animal Science* 46(4):1054-1062. 1978.
43. \_\_\_\_\_, y ECHTERNKAMP, S. E. Puberty in beef bulls: acrosome morphology and semen quality in bulls of different breeds. *Journal of Animal Science* 55(3):638-648. 1982.
44. MACMILLAN, K. L. *et al.* Some semen characteristics in dairy bulls ejaculated with artificial vaginas at varying temperatures. *Journal of Animal Science* 49:1132-1133. 1966.
45. MARTIG, R. C. y ALMQUIST, J. O. Reproductive capacity of beef bulls. III Post puberal changes in fertility and sperm morphology at different ejaculation frecuencies. *Journal of Animal Science* 28(3): 375-378. 1969.
46. NEELY, J. D. *et al.* Genetic parameters for testes size and sperm number in Hereford bulls. *Journal of Animal Science* 55(5):1033-1039. 1982.

47. O' CONNOR, M. L. y SAACKE, R. G. Effect of anti-yolk diluent sera upon bovine spermatozoa in egg yolk diluter. *Journal of Animal Science* 47(3):661-665. 1978.
48. ROUNSAVILLE, T. R. y FOOTE, R. H. Heritability of bovine testicular measurements, *Journal of Animal Science* 39(1):204. 1974.
49. SAACKE, R. G. Morphology of the sperm and its relationship to fertility. In *Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction, 3th, Chicago, Illinois, 1970. Proceedings. Columbia, Missouri, National Association of Animal Breeders. 1970. 17-29 pp.*
50. SALISBURY, G. W., VAN DEMARK, N. L. Y LODGE, J. R. Fisiología de la reproducción e inseminación artificial de los bovinos. Traducido del inglés por José María Santiago Luque. Zaragoza (España) Acribia. 1978. 831 p.
51. SIEDEL, G. E. Jr. y FOOTE, R. H. Influence of semen collection interval and tactile stimulation on semen quality and sperm output in bulls. *Journal of Dairy Science* 52(7):1074-1079. 1969.
52. SCWARTZ, D., MACDONALD, P. D. M. y HEUCHEL, V. On the relationship between the number of spermatozoa and the probability of conception. *Reprod. Nutr. Develop.* 21(6A):979-988. 1981.
53. SMITH, M. F. *et al.*, Relationship among fertility, scrotal circumference seminal quality and libido in Santa Gertrudis bulls. *Theriogenology.* 16(4):379-397. 1981.
54. SWANSON, L. V. *et al.* Puberal relationships of some endocrine and reproductive criteria in Hereford bulls. *Journal of Animal Science* 33(4):823-828. 1971.
55. VAN DEMARK, N. L. y MAUGER, R. E. Effect of energy intake on reproductive performance of dairy bulls. I. Growth, reproductive organs and puberty. *Journal of Dairy Science* 47(7): 798-802. 1964.
56. \_\_\_\_\_, FRITZ, G. R. y MAUGER, R.E. Effect of energy intake on reproductive performance of dairy bulls. II. Semen production and replenishment. *Journal of Dairy Science* 47:898-904. 1964.
57. WEISGOLD, A. D. y ALMQUIST, J. O. Reproductive capacity of beef bulls. VI. Daily spermatozoa production, spermatozoae reserves and dimensions, weight of reproduction organs. *Journal of Animal Science* 48(2):351-358. 1979.
58. WILLETT, E. L. y OHMS, J. J. Testicular size on production of spermatozoa by bulls. *Journal of Animal Science.* 14(4):1261. 1955.

59. WILLETT, y OHMS, J.J. Measurements of testicular size and its relation to production of spermatozoa by bulls. *Journal of Animal Science*. 40(12):1559-1569. 1957.
60. \_\_\_\_\_, y OHMS, J.J. Relation of testicular size to production of spermatozoa by young and aged bulls, *Journal of Animal Science*. 40(6):622. 1957.
61. WOLF, F. R., ALMQUIST, J. O. Y HALE, E. B. Puberal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. *Journal of Animal Science* 24(3):761-765. 1965.

A N E X O S

Cuadro 13A. Promedios de producción y calidad del semen de tres toretes que no alcanzaron a producir semen aceptable durante el período de evaluación.

Volumen ml		Movilidad Progresiva %	Espermat. $10^6$ /ml	Espermat. $10^6$ /eyac.	Espermat. vivos %	Líbido
2,5	<	10	13	33	28	5
2,5	<	10	160	400	32	6
1,8	<	10	166	298	23	6
1,9	<	10	96	182	15	6
2,3	<	10	146	335	19	6
2,3	<	10	166	381	7	6
2,4	<	10	86	206	4	6