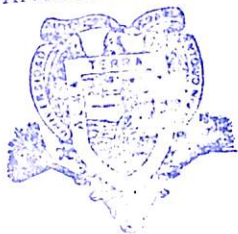


INFLUENCIA AMBIENTAL SOBRE LA APITUD
REPRODUCTIVA Y NIVELES DE TESTOSTERONA
EN MACHOS CAPRINOS

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

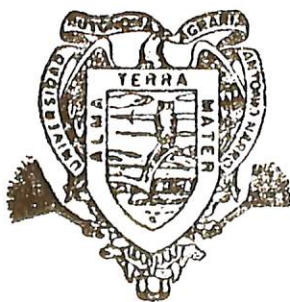


BIBLIOTECA

RIGOBERTO ARAUJO RODRIGUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCION ANIMAL



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

NOVIEMBRE DE 1989

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de


MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCION ANIMAL

C O M I T E P A R T I C U L A R


Asesor principal:

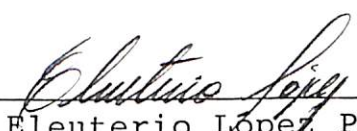

M.V.Z. M.C. José Luis Berlanga Flores

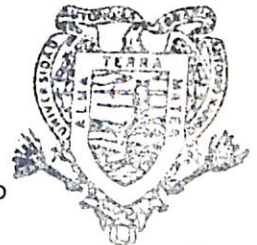
Asesor:


Dr. Carlos de Luna Villarreal

Asesor:


Ing. M.C. Heriberto Díaz Solís


Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila
Noviembre de 1989

AGRADECIMIENTOS

A esa fuerza interna que me ha guiado siempre: DIOS

Al MVZ. M.C Jose Luis Berlanga F. por el apoyo y confianza depositada para realizar ésta tesis.

Al Dr. Carlos de Luna V. por sus atinadas observaciones en el transcurso de mi formación.

Al Ing. M.C Heriberto Diaz S. por su colaboración en el análisis estadístico.

Al Dr. Ramiro López T. por el interés demostrado en una mejor capacitación del estudiante de ésta Universidad.

De manera especial a la Q.F.B. Laura Padilla G. por su total colaboración en la evaluación de laboratorio; así como a Guadalupe Flores F. y Genaro García P. en el trabajo de campo.

A las instituciones participantes INIFAP SARH (capacitación), CONACYT y UAAAN.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA:

Que siempre ha estado presente apoyandome en todo tipo de situaciones: GRACIAS YA SHUA.

A MIS HIJOS:

Natalia, Andrés y Rigoberto; que empiezan a enfrentarse a la vida, cuenten con todo mi apoyo y confianza para realizarlo.

A MIS PADRES Y HERMANOS:

Por su apoyo.

COMPENDIO

Influencia Ambiental Sobre la Aptitud Reproductiva
y Niveles de Testosterona en Machos Caprinos

Por

RIGOBERTO ARAUJO RODRIGUEZ

MAESTRO EN CIENCIAS
PRODUCCION ANIMAL

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Buenavista, Saltillo, Coahuila. Noviembre, 1989.

M.V.Z. M.C. José Luis Berlanga Flores - Asesor -

Palabras clave: Estacionalidad, características semi-
nales, testosterona, tamaño testicu-
lar, l**í**bido, machos caprinos.

Durante un año se evaluaron siete sementales caprinos, encastados de las razas Alpino, Nubia y Saanen; para determinar la influencia de los factores climáticos (Temperatura, - Fotoperíodo y Precipitación) sobre la actividad reproductiva á través del año.

Los resultados indican que la mayor actividad reproductiva se localizó durante los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre. Los niveles de testosterona sanguínea oscilaron de 1.05 a 11.96 ng/ml en febrero y agosto respectivamente. El efecto de los factores climáticos fue muy marcado para los niveles de testosterona sanguínea, presentando correlaciones significativas ($r = 0.44, 0.31$ y 0.56) con las variables temperatura, fotoperíodo y precipitación respectivamente. Las variables de las características seminales se vieron influenciadas parcialmente por los factores climáticos; presentando asociación las variables volumen eyaculado con el fotoperíodo ($r = 0.25$), motilidad masal, concentración espermática y la variable compuesta calidad seminal con la temperatura ($r = 0.25, 0.25$ y 0.25 , respectivamente), y la variable climática precipitación se asoció sólo con la variable espermias vivos. Los niveles de testosterona sanguínea se asociaron con casi todas las variables de las características seminales, específicamente con espermias vivos, espermias normales, motilidad masal, motilidad progresiva y calidad seminal; lo cual ratifica la importancia de ésta hormona en el mantenimiento de la espermatogénesis. Las fluctuaciones en el diámetro testicular, se asociaron con el incremento en los niveles de testosterona sanguínea y características seminales, esto señala que la influencia climática sobre la actividad reproductiva en machos caprinos, es a nivel hormonal principalmente, implicando cambios en la actividad espermatogénica y a su vez fluctuaciones en las medidas testiculares a través del año. La variable concentración espermática fue, al - -

parecer, la que más influyó sobre la calidad seminal ($r = 0.95$). El comportamiento de las variables con respecto a la fecha del año, demostró que algunas de ellas responden a una estacionalidad, en donde los factores climáticos y sus interacciones están influyendo.

ABSTRACT

Seasonal Variation in Reproductive Attributes
and Testosterone Levels in Bucks

By

RIGOBERTO ARAUJO RODRIGUEZ

MASTER OF SCIENCE
ANIMAL PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Buenavista, Saltillo, Coahuila. November 1989

M.V.Z. M.C. José Luis Berlanga Flores - Advisor -

Key Words: Seasonality, semen quality, testosterone,
testicular dimensions, libido, goats.

The influence of temperature, daylength and rainfall on the reproductive activity of 3 Alpine, 3 Nubian and 1 Saanen Buck was determined during some year period.

The highest reproductive activity was found in july, august, september, october and november. Blood serum testosterone levels ranged from 1.05 to 11.96 ng/ml. These value were recorder in february and august, respectively. Temperature, daylength and rainfall were significantly correlated

with blood serum testosterone levels ($r = .44, .32$ and $.56$, respectively). Correlation between volume of ejaculate and daylength was $.24$ where as correlations between sperm motility, sperm concentration and semen quality with temperature was $.25, .25$ and $.25$, respectively. Rainfall was only associated with percentaje of live sperm. Blood serum testosterone levels showed association with almost all of the semen characteristics, particulary with percentaje of normal cells, percentaje of live cells, sperm motility and semen quality. These results show the importance of testosterone on spermatogenesis. Variations in testicular diameter showed a positive, correlation with blood serum testosterone and sperm characteristics. These results demostrated that the influence of climatic factors on the reproductive activity of bucks in mainly of the hormonal level which in turn brings about changes in testicular dimension and spermatogenesis. Sperm concentration had the highest influence on semen quality ($r = .95$). The marked fluctuation throughout the year of the variables studies indicated that it exist a reproductive seasonality in bucks and that climatic factors and its interactions are exteroceptive factors influencing sexual activity in the bucks.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Población Caprina Mundial y Nacional	3
Material Genético.....	3
Actividad Reproductiva y Factores que Influyen ...	4
Cambios Relacionados con la Epoca del Año	4
Niveles Hormonales de Testosterona	6
Comportamiento Sexual o Líbido	10
Medidas Testiculares Relacionadas con la Cali- dad Seminal	11
Otros Factores que Influyen Sobre la Calidad - Seminal.....	12
MATERIALES Y METODOS	15
Localización y Descripción del Area	15
Animales Experimentales	16
Procedimientos y Variables Analizadas.....	16
A) Variables Relacionadas con el Semental	16
B) Variables Relacionadas con los Factores Cli- máticos	25
Metodología Estadística Utilizada	25
Primera Etapa	25
Segunda Etapa	27
RESULTADOS Y DISCUSION	31
Análisis de Correlación Entre las Variables Res- puesta.....	36
Análisis del Modelo Cúbico Probado para las Varia- bles Respuesta	49

	Pág.
Análisis del Efecto de los Factores Climáticos ..	49
Resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP)'	54
CONCLUSIONES	76
RESUMEN	79
LITERATURA CITADA	83
APENDICE A.....	88

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pag.
4.1	Valores promedio de las variables analizadas en los diferentes meses del año	32
4.2	Correlaciones simples entre los niveles hormonales de testosterona, <u>l</u> íbido y factores climáticos.....	37
4.3	Correlaciones simples entre las características seminales y los factores climáticos	38
4.4	Correlaciones simples entre las características seminales y niveles de testosterona y <u>l</u> íbido	40
4.5	Correlaciones simples entre las medidas testiculares, niveles de testosterona y <u>l</u> íbido.	42
4.6	Correlaciones simples entre las medidas testiculares y factores climáticos	42
4.7	Correlaciones simples entre medidas testiculares y características seminales	43
4.8	Correlaciones simples entre las medidas corporales y medidas testiculares	45
4.9	Correlaciones simples entre las características seminales y medidas corporales	45
4.10	Correlaciones simples entre las variables del apartado de las características seminales	46
4.11	Resultados del análisis de varianza para los efectos lineal, cuadrático y cúbico de la variable cualitativa - ordinal " <u>f</u> lecha", sobre las variables respuesta.....	50
4.12	Variables que respondieron estadísticamente a la influencia de los factores climáticos y sus interacciones	52

4.13	Pesos ajustados (coeficientes de correlación) de las variables sobre los primeros cuatro - componentes (CP) de un análisis de componentes principales, en la determinación de una - influencia ambiental sobre la actividad sexual en machos	55
4.14	Valores medios de las variables relacionadas significativamente con los componentes CP ₁ y CP ₂ (valores observados).....	64
4.15	Valores medios para las variables relacionadas significativamente con los componentes CP ₁ y CP ₃ (datos observados).....	69
4.16	Valores medios de las variables relacionadas significativas con los componentes CP ₁ y CP ₄ (datos observados).....	72
A1	Análisis de varianza para la variable volumen eyaculado	89
A2	Análisis de varianza para la variable motili <u>dad</u> masal	90
A3	Análisis de varianza para la variable espermas vivos	91
A4	Análisis de varianza para la variable espermas normales	92
A5	Análisis de varianza para la variable calidad seminal	93
A6	Análisis de varianza para la variable testos <u>terona</u>	94
A7	Análisis de varianza para la variable líbido	95

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pag.
4.1	Fluctuaciones del índice de calidad seminal en machos caprinos a través del año	33
4.2	Fluctuaciones en los niveles de testosterona sanguínea y líbido en machos caprinos a través del año	34
4.3	Espacios de las variables generadas por los componentes CP ₁ y CP ₂ , en la actividad reproductiva de sementales caprinos	61
4.4	Espacio de los individuos meses generados - por los componentes CP ₁ y CP ₂ , en la actividad reproductiva de sementales caprinos.....	62
4.5	Espacio de las variables generadas por los - componentes CP ₁ y CP ₃ , en la actividad reproductiva de sementales caprinos	67
4.6	Espacio de los individuos-meses generados - por los componentes CP ₁ y CP ₃ , en la actividad reproductiva de sementales caprinos	68
4.7	Espacio de las variables generadas por los - componentes CP ₁ y CP ₄ , en la actividad reproductiva de sementales caprinos	73
4.8	Espacio de los individuos-meses generados - por los componentes CP ₁ y CP ₄ , en la actividad reproductiva de sementales caprinos	74

CAPITULO I

INTRODUCCION

La ganadería caprina del país se encuentra localizada principalmente en las regiones áridas y semiáridas, siendo en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí donde se ubica la mayor población (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (SARH), 1984). En estas regiones la especie caprina representa una perspectiva para el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, ya que posee amplias características de rusticidad y gran potencial de adaptación a las condiciones climáticas extremas que aquí prevalecen. El material genético predominante consiste en su mayoría en ganado criollo y/o mestizo, con alta consanguinidad, y en menor proporción las razas mejoradas.

La eficiencia reproductiva de la mayoría de los hatos es muy baja, ya que carecen de una plataforma técnica adecuada para el mejoramiento de los índices de fertilidad. Con base a lo anterior, cabe señalar la importancia que representa la reproducción, como uno de los pilares fundamentales en la producción animal; en donde la relevancia de la fertilidad del hato caprino radica en gran parte en la aptitud reproductiva del semental.

La actividad reproductiva de los machos caprinos sigue, al parecer, una tendencia de respuesta que gira alrededor de una estacionalidad, que ha causado efectos sobre la cantidad y calidad de semen producido, niveles en la concentración de testosterona, medidas testiculares y apetito sexual; dicho efecto va a depender de diversos factores, en donde la ubicación geográfica es determinante ya que se relaciona con lo largo del fotoperíodo de cada región en particular, ya que de esto dependerá el grado de estimulación del sistema endocrino de los animales. Con base a esto, se podría suponer una respuesta local en la actividad sexual de la especie caprina, dependiendo de las condiciones ambientales prevalecientes en estas latitudes, por lo cual surgió el presente estudio que plantea los siguientes objetivos:

1. Establecer el efecto de la estacionalidad sobre la actividad reproductiva de los machos caprinos en la región, considerando la influencia que ejerce la interacción de los factores climáticos (fotoperíodo, temperatura y precipitación) sobre los niveles de testosterona sanguínea.
2. Determinar el grado de asociación que presenten los niveles en la concentración de testosterona sanguínea, con las características seminales, comportamiento sexual y medidas testiculares.

CAPITULO 2

REVISION DE LITERATURA

Población Caprina Mundial y Nacional

La población caprina en el mundo se calcula en aproximadamente en 400 millones de cabezas, en donde los productos más importantes son la producción de leche, carne, fibra y pieles; ésta especie se encuentra ubicada en las regiones ecuatoriales o tropicales, dentro de los 30° del Ecuador (Shelton, 1978).

En México, dicha población es de alrededor de 10 millones, la cual está distribuida en los Estados del Norte, principalmente, y su finalidad productiva es la de obtener leche y carne (SARH, 1984). En estas regiones se presentan condiciones climáticas extremosas, lo cual no ha sido una limitante, dadas las amplias características de adaptación y rusticidad que presentan los caprinos.

Material Genético

Aunque existen razas bien definidas, el material genético predominante en el país, consiste en una colección amorfa-mestiza con altos niveles de consanguinidad y poca eficiencia reproductiva, la cual se encuentra influenciada

por diversos factores, dentro de los que destacan los mecanismos ambientales provocando diferentes respuestas, dependiendo de cada región en particular (De Alba, 1970).

Actividad Reproductiva y Factores que Influyen

Cambios Relacionados con la Época del Año

La actividad sexual en la especie caprina, al igual que en otras, muestra un ciclo estacional o de época, en donde el fotoperíodo influye en su manifestación (Sinha *et al.* 1981; Shelton, 1978), ya que los cambios en los patrones lumínicos tienen un efecto estimulativo a nivel eje hipotálamo hipófisis, con la consecuente secreción de las hormonas involucradas en esta actividad (Arbiza, 1986).

En las hembras, los efectos del fotoperíodo son más marcados, manifestando cambios en la presentación de celos, o bien en la fertilidad a través del año; por lo que respecta a los machos, estos cambios se reflejan sobre las características seminales, diámetro testicular, niveles de testosterona y comportamiento sexual o líbido (Arbiza, 1986; Lindsay *et al.*, 1984; Schambacher y Lunstra, 1976).

La estacionalidad, relacionada con el fotoperíodo, se ha observado que generalmente presenta su máxima expresión o actividad sexual en otoño y mínima en primavera (Dufour *et al.*, 1984; Boland *et al.*, 1984; Quittet, 1978; Schambacher y Lunstra, 1976), pero existen divergencias en

cuanto a su efecto, ya que algunos estudios reportan que en latitudes cercanas al Ecuador éstos son mínimos; por el contrario, en regiones templadas es considerable la respuesta en la actividad reproductiva, de acuerdo a la época del año (Shelton, 1978).

En ciertas regiones del mundo, como en la India, no se ha encontrado una tendencia estacional definida, ya que algunas razas de caprinos muestran una declinación en su actividad sexual durante los meses de verano y otras no (Arbiza, 1986), lo cual coincide con lo reportado en el sur de México, por Avendaño *et al.* (1984), en donde se observó que las hembras presentan capacidad de concepción durante todo el año, siendo más marcada en el otoño; en machos se observaron fluctuaciones en la circunferencia escrotal.

Los efectos del fotoperíodo, se encuentran ligados a cambios hormonales y de calidad seminal; en estudios con carneros, el volumen eyaculado se incrementa durante la época del otoño y coincide con los niveles máximos en la concentración de testosterona (Sanford *et al.*, 1977; Schambacher y Lunstra, 1976). Por el contrario, en días largos se han observado disminuciones en el peso testicular, reservas espermáticas, espermátocitos primarios y diámetro de los tubos seminíferos (Gómez *et al.*, 1971; Johnson *et al.*, 1973). Otros estudios reportan variaciones estacionales en la calidad seminal, con la tendencia a presentar mayor calidad seminal, cuando los días se acortan. Se han observado cambios en la concentración de los niveles de testosterona, dentro y

fuera de la época de cruce, lo cual va a llevar implícitos cambios en la espermatogénesis a través del año, su monitoreo podría ser indicativo para la detección de la etapa óptima en la actividad reproductiva, ya que en estas etapas, se observan marcados incrementos hormonales (Mezez y Forro, 1986).

La estacionalidad sobre la actividad sexual de los caprinos, en la mayoría de los casos, es atribuida a la influencia ejercida por el fotoperíodo, pero es importante considerar el efecto interaccional que presenta con otros factores climáticos, ya que se ha observado que animales expuestos a temperatura ambiente elevada, los mecanismos termoreguladores del testículo disminuyen en su eficiencia, afectando el funcionamiento de las células de Leydig (Gómez *et al.*, 1971), observándose además, disminución de la motilidad progresiva (Sorensen, 1984); o en el caso de épocas lluviosas y alta humedad relativa, donde Simplicio *et al.* (1982) encontraron disminuciones en la concentración espermática, esto hace necesario realizar análisis más profundos e integrales de la influencia de los factores climáticos en su conjunto.

Niveles Hormonales de Testosterona

Dentro del complejo hormonal involucrado en la actividad reproductiva en machos, es importante analizar el papel que desempeñan los andrógenos, específicamente de la testosterona, cuya producción se localiza en testículos, corteza suprarrenal, placenta y en ovarios (Frandsen, 1986).

Existen varios reportes acerca de la función de la testosterona, los cuales indican que es esencial el mantenimiento de la espermatogénesis, la presencia del líbido, desarrollo testicular, desarrollo de glándulas accesorias y crecimiento corporal (Hillel *et al.*, 1986; Sharpe, 1987; Arbiza, 1986; Frandson, 1986).

Dentro de la interacción de las hormonas secretadas por las glándulas endocrinas, es importante también destacar la función que la testosterona manifiesta sobre el control de la secreción de la hormona luteinizante (LH), y sobre la hormona estimulante de las células intersticiales (ICSH). La hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) ejercen acción sobre las células intersticiales de los testículos (células de Leydig), las cuales son responsables de producir la testosterona. Esta interacción hormonal, está de manifiesto en el proceso de la espermatogénesis, inducida por la hormona folículo estimulante (FSH), pero en dicho proceso la testosterona es necesario en la regulación meiótica y mitótica de las células germinativas, así como en la fase de la maduración de las espermátidas (Sorensen, 1984).

La especie caprina ha mostrado una cierta estacionalidad reproductiva, la cual es más marcada en las hembras que en los machos, y está asociada con procesos fotodependientes (De Alba, 1985; Valencia *et al.*, 1986). Esta estacionalidad influye sobre las concentraciones hormonales, dentro y fuera de la época de cría en donde se han observado -

cambios progresivos en los perfiles de la hormona luteinizante (LH) y testosterona conforme se aproxima la época de cruce (Sanford *et al.*, 1977), estos cambios además, pueden estar influenciados por otros factores tales como la raza (Bondurant 1981; De Alba, 1985; Schambacher y Lunstra, 1976), por la edad (Williams *et al.*, 1976), y por la exposición de hembras en celo (Illus *et al.*, 1976).

La hormona luteinizante (LH) y la testosterona siguen un patrón de secreción episódico, fluctuando sus picos en base a una estacionalidad, por otro lado, la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) es constante (Sanford *et al.*, 1976; Katangole *et al.*, 1974).

La influencia de la testosterona sobre la calidad espermática, ha tenido divergencias, ya que, mientras algunos autores reportan que esta influye sobre el volumen eyaculado y motilidad espermática (Dufour *et al.*, 1984), otros mencionan que aunque esta hormona es necesaria para la función testicular no tiene un efecto directo sobre la calidad seminal en el modo del eyaculado (Trejo, 1987).

Con respecto a la fluctuación de los niveles de testosterona, es importante considerar la ubicación geográfica, ya que en este sentido algunos autores como Hoffman *et al.*, (1972) no encontraron variaciones estacionales en la espermatogénesis, aunque la actividad de las glándulas accesorias más alta, coincidió con los máximos niveles de testosterona durante la época de apareamiento. En casos contrarios, -

existen reportes de que los niveles hormonales presentan marcada asociación con el fotoperíodo, siendo mayores cuando las horas luz decrecen a través del año (Sanford *et al.*, 1977; Scambacher y Lunstra, 1976), esta asociación va acompañada de modificaciones en algunas características seminales; ya que en estudios realizados con carneros, Sanford *et al.* (1977) observó que el volumen eyaculado ha mostrado alta correlación con los niveles de testosterona, durante la época de otoño. En el mismo sentido se tiene, que algunos reportes indican altas concentraciones de los niveles de testosterona en primavera y bajos en otoño, en carneros de la raza angora (Loubser, *et al.*, 1983), lo cual es contrario a lo reportado por Mezes y Forro (1986), que encontraron los mayores niveles de testosterona en otoño y menores en primavera, coincidiendo esto con lo reportado por Scambacher y Lunstra (1976) y Johnson *et al.* (1973).

Dufour *et al.* (1984), reportan variaciones significativas entre las diferentes épocas del año, en donde los niveles de testosterona más bajos fueron en la época de verano y los más altos en el otoño, dichos niveles, además, estuvieron altamente correlacionados con el tamaño testicular y con la libido.

En otros estudios realizados con carneros de diversas razas se ha encontrado que existen diferencias significativas en los niveles de testosterona entre épocas del año, atribuidas tanto a una estacionalidad como a efectos de raza (Boland *et al.*, 1984), contrario a esto, Mezes y Forro (1986) reportan

diferencias no significativas entre razas en las concentraciones de los niveles de testosterona.

Al parecer el efecto del fotoperíodo, hace acto de presencia sobre la concentración hormonal, pero no de manera definida y clara; ésto quizás debido a la interacción que presenta con otros factores climáticos, ya que en ambientes de temperatura elevada se ha observado que resulta en detrimento para la función de las células de leyding, por lo que la producción de testosterona es afectada (Gómez *et al.*, 1971) y esto podría explicar, en parte, las diferencias en lo reportado por los diferentes autores.

Comportamiento Sexual o Líbido

Al presentarse cambios estacionales en los niveles de concentración de testosterona, es de esperar que el comportamiento sexual o líbido responden de similar manera, ya que éstas variables se encuentran altamente correlacionadas (Sanford *et al.*, 1977), a través de las diferentes épocas del año (Dufour *et al.*, 1984).

Respecto al comportamiento sexual, Shelton (1978), menciona que los machos caprinos presentan fluctuaciones estacionales y su ausencia trae consigo poca habilidad para la detección de hembras en celo. Incrementos en la líbido se encuentran asociados con los picos de liberación de la hormona luteinizante (LH) y testosterona, durante la época de apareamiento (Sanford *et al.*, 1977), en donde el fotoperíodo - -

influye de manera determinante. La evaluación del comportamiento sexual puede realizarse por varios métodos, como lo son: tiempo de reacción, tiempo de recuperación y pruebas de monta a corral (Trejo, 1984).

Medidas Testiculares Relacionadas con la Calidad Seminal

A este respecto, se ha observado que el diámetro testicular guarda una estrecha asociación con el nivel de testosterona (Dufour *et al.*, 1984; Lindsay *et al.*, 1984), existiendo fluctuaciones del diámetro testicular que dependen de la duración del fotoperíodo a través del año.

El tamaño de la circunferencia escrotal es reportada como un indicativo de fertilidad, en relación a un menor número de espermatozoides anormales, la cual varía de acuerdo a la condición corporal, edad y raza, principalmente (Ott y Memon, 1980; Gipson *et al.*, 1985; Land y Sales, 1977).

Algunos autores reportan la circunferencia escrotal como un signo de inicio de la pubertad (Lunstra, 1982), dicha medida se considera de mucha importancia en la selección de nuevos sementales, dada su alta repetibilidad y heredabilidad (Knigh, 1977), ya que animales con testículos pequeños no son aptos para producir semen con suficiente calidad (Fincher, 1964), además el peso o tamaño testicular presenta una alta correlación con la circunferencia escrotal (Hahn *et al.*, 1969).

Por otro lado, el buen funcionamiento de los testículos se ha visto afectado por los incrementos de la temperatura ambiente, lo cual repercute sobre la calidad seminal (Gómez *et al.*, 1971).

Sorensen (1984) menciona que para asegurar una buena fertilidad en la elección de futuros sementales, es importante que éstos presenten testículos de tamaño grande y buena consistencia, ya que su función principal radica en producir las células reproductivas.

Otros Factores que Influyen Sobre la Calidad Seminal

Otros factores que son necesarios considerar sobre la actividad reproductiva, son: la raza, edad y nivel de nutrición de los animales.

Efecto de Raza

En cuanto a raza se refiere, se tiene que las razas de origen Europeo manifiestan una estacionalidad más marcada, esta se ha reflejado en diferencias significativas entre razas, en cuanto al volumen eyaculado (Bondurant, 1981; Corteel, 1977). En otros casos, se han encontrado diferencias entre razas de carneros, sobre el nivel hormonal (Sanford *et al.*, 1982; Schambacher y Lunstra, 1976), incremento precoz en el diámetro testicular (Land y Sales, 1977), concentración espermática (Simplicio *et al.*, 1982) y comportamiento sexual o líbido (Dufour *et al.*, 1984).

Efecto de la Edad

El factor edad, ha sido reportado con estar altamente correlacionado con el crecimiento testicular y epididimario, en donde la testosterona es fundamental para este desarrollo (Márquez *et al.*, 1987), aunque el suministro de andrógenos antes de la pubertad no reduce la edad apta para el servicio (Salazar *et al.*, 1987) ya que en esta etapa, no existen en los testículos suficiente cantidad de receptores para esta hormona (Monet - Kuntz *et al.*, 1984).

Diferencias significativas, se reportan en cuanto a motilidad progresiva, concentración espermática y anormalidades entre animales púberos y adultos (Trejo, 1987). Conforme avanza la edad del animal, la cantidad seminal se incrementa, machos caprinos de un año de edad producen el 60 por ciento de espermatozoides con relación a animales de dos años o más (Trejo, 1984).

Efecto de la Nutrición

La buena nutrición de los animales, va a estar relacionada con los requerimientos energéticos necesarios para cada etapa de producción, por lo que la energía para la reproducción es disponible una vez que se han cubierto las necesidades de mantenimiento y producción (Maynard, 1968), siendo esta adecuada, se ha observado que aumenta el diámetro testicular y la producción espermática (Valencia *et al.*, 1986), en caso contrario, se reportan retrasos en la madurez sexual,

pobre calidad seminal, disminuciones de la libido y degeneraciones testiculares (Trejo, 1984; Belanger, 1984; De Alba, 1970).

CAPITULO 3

MATERIALES Y METODOS

Localización y Descripción del Area

El presente trabajo se llevó a cabo en el Rancho Experimental Ganadero "Los Angeles", perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el cual se encuentra ubicado a 15 km al oriente del kilómetro 35 de la carretera Saltillo-Zacatecas, dentro de los paralelos $25^{\circ}11'$ - latitud norte y $101^{\circ}04'$ longitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 2050 m.

En dicho lugar, la temperatura media anual es de 13.4°C , presentándose heladas en la zona a partir del mes de octubre, siendo más intensas y frecuentes en el mes de enero. La precipitación media anual es de 307.2mm, con un régimen de distribución de junio a octubre, además algo de precipitación dentro de los meses de la temporada de invierno. En cuanto al fotoperíodo medio anual presentado, es del orden de 12 horas luz, siendo diciembre el mes más corto y junio el mes más largo, con 10.45 y 13.56 horas luz respectivamente.

El tipo de clima es clasificado como BSIKW (e'), según Koppen, modificado por García (1973), correspondiéndole

un clima semiseco-templado, muy extremoso, con lluvias de verano y precipitaciones invernales superiores al 10 por ciento del total anual.

Animales Experimentales

Los animales experimentales utilizados en el estudio, consistieron de siete sementales caprinos, los cuales estuvieron bajo condiciones semi-estabuladas de manejo y alimentación, las características raciales de éstos, fueron de las razas Alpina, Nubia y Saanen, en una edad promedio de dos y medio a tres años; a los cuales, previo al estudio se les realizó un examen clínico general del aparato reproductor, con la finalidad de detectar irregularidades en pene y testículos principalmente.

Procedimientos y Variables Analizadas

La toma de información mensual se inició a partir del mes de marzo de 1988, con una frecuencia mensual finalizando en el mes de febrero de 1989; la cual incluyó dos tipos de variables: A) Variables relacionadas con el semental y B) Variables relacionadas con los factores climáticos.

A) Variables Relacionadas con el Semental

a) Características Seminales

La evaluación de las características seminales, consideró la valoración macroscópica y microscópica del semen.

En la evaluación macroscópica se tomaron las variables: volumen eyaculado, apariencia del eyaculado, pH, motilidad masal y presencia o ausencia de material extraño; y la microscópica motilidad individual, concentración espermática, por ciento de espermias vivos y muertos, así como por ciento de anomalías.

Extracción de la Muestra del Semen. La muestra de semen analizada se obtuvo por el método de electroeyaculación (Zemjaniz, 1982), auxiliándose para recolectarlo con una jaula-trampa adaptada al tamaño de los sementales, para su mejor manejo. Para la recolección se utilizaron embudos de plástico flexible a los cuales se les fijó un tubo de ensaye de 10 ml, dicho tubo se le protegió del cambio de luz y temperatura con la finalidad de proteger al máximo la muestra, la cual antes de obtenerse se realizó la limpieza de prepucio para evitar su contaminación. Posteriormente se llevó a cabo la técnica de la electroeyaculación propiamente dicha e inmediatamente después de obtenida la muestra se llevó a cabo el análisis macroscópico para determinar las siguientes variables:

- 1) Volumen eyaculado. El cual se midió directamente de los tubos de ensaye graduados. Esta variable, es determinante para la obtención del número total de espermatozoides eyaculados, al multiplicarlo por la concentración.

2) Apariencia del eyaculado (escala 1-3). Esta variable determina el color y aspecto del semen dentro de los tubos colectores, se le clasificó de acuerdo a la escala siguiente:

<u>Escala</u>	<u>Clasificación</u>
3 (buena)	Blanca - cremosa
2 (aceptable)	Amarilla - cremosa
1 (pobre)	Transparente

3) Potencial de hidrógeno. Este se realizó para determinar el grado de ácidos y/o alcalinidad que presenta el semen, y para obtenerlo se utilizó papel tornasol, al cual se le colocó una gota de semen, que al cambiar la coloración se le comparó con una escala colorimétrica de pH ya establecida.

En el análisis microscópico del semen se evaluaron las siguientes variables:

1) Motilidad masal (Escala 3-7). La información obtenida con respecto a esta variable, se determinó utilizando una gota de semen sobre un portaobjetos, para su observación microscópica y la clasificación respondió a la siguiente:

<u>Escala</u>	<u>Clasificación</u>
7 (muy buena)	Movimientos muy enérgicos. Alta concentración gran oleaje.
6 (buena)	Movimiento enérgico, buena concentración, buen oleaje.
5 (regular)	Poco movimiento, buena concentración, buen oleaje.
4 (Aceptable)	Poco movimiento, buena concentración, poco oleaje.
5 (escaso)	Poco movimiento, baja concentración, sin oleaje

2) Motilidad Progresiva (). A diferencia de la anterior, esta variable, después de colocar la gota de muestra de semen sobre el portaobjetos, se le adiciona una gota de Citrato de Sodio (al 2.9 por ciento), para una dilución que permita la apreciación del movimiento de espermatozoides de manera individual.

3) Espermatozoides vivos y muertos (). En este caso, se tomó una gota de muestra de semen, a la cual se le adicionan tres gotas de colorante eosina-nigrosina (al 2.9 por ciento), ya que precisamente la determinación parte del principio

de coloración selectiva; esta mezcla se coloca en un portaobjetos para realizar un frotis, el cual después de que se ha secado, se examina al microscopio para clasificar las células espermáticas que no se hayan tenido, siendo estas las células viables.

4) Morfología o anormalidades (). Esta variable se determinó con la misma técnica seguida para la obtención de espermatozoides vivos y muertos, es decir, la frotis es el mismo y consiste en de tectar las anormalidades que presentan las células espermáticas, las que se clasifican en anormalidades primarias y secundarias.

5) Concentración espermática ($\times 10^6/\text{ml}$). Con la ayuda de un hemocitómetro se determinó esta variable, dicho instrumento consiste en una laminilla especial con dos cámaras de conteo; además se utilizó una pipeta de dilución con la cual se tomó una gota de semen y se diluyó en una solución acuosa de eosina al 2.9 por ciento con un factor de dilución 1:200. Realizada la mezcla se colocó una gota en cada cámara de conteo y posteriormente cuantificar.

Esta variable nos aporta información acerca del número de espermatozoides por ml en el eyaculado.

b) Comportamiento Sexual o Líbido (Escala 0-5)

Siguiendo con las variables que se evaluaron, relacionadas con el semental, se hace referencia a la determinación del apetito sexual o líbido, el cual se obtuvo mediante el método de "Monta a corral" (Trejo, 1984), que consiste en la exposición del semental con una hembra por espacio de cinco minutos; el comportamiento sexual manifestado durante este tiempo se codificó y se le ubicó dentro de una escala, esta evaluación se realizó regularmente de las 10:30 a 11:30 a.m.

<u>Escala</u>	<u>Clasificación</u>
5	Bastante interés, olfateos, flemen, desenvaine con más de cuatro intentos de monta.
4	Bastante interés, olfateos flemen, desenvaine, tres intentos de monta.
3	Buen interés, olfateos, flemen desenvaine, con dos intentos de monta.
2	Interés regular, pocos olfateos, con un intento de monta.
1	Interés regular, pocos olfateos sin intentos de monta.
0	Ningún interés durante la prueba

c) Niveles de Testosterona Sanguínea

Para la determinación de esta variable se siguió la metodología del radio-inmunoanálisis (Merino, 1986). Previamente se realizó la extracción de 10 cc de sangre de la vena yugular del animal y posteriormente, por centrifugado, se le separó el suero el cual se sometió a la prueba del radio-inmunoanálisis (RIA), que se realiza de la manera siguiente: Se toman .5 ml de suero sanguíneo y se mezclan con cinco mililitros de éter, estos se agitan y se espera a que se separen las dos fases (acuosa y orgánica), la acuosa se congela utilizando CO₂ comprimido con acetona y la fase orgánica, que posee proteínas y otros componentes, se pasa a un frasco y se deja evaporar a temperatura ambiente o bajo flujo de nitrógeno, se restituye con 2.5 ml de buffer gelatina y fosfato mono y dibásico (B.G.F.) con un pH de 7.8. Se ponen .5 ml de volumen de suero procesado (VSP), un mililitro de anticuerpo (suero de conejo), un mililitro de hormona marcada disuelta en VGF; esta mezcla se incuba a una temperatura de 4°C por cuatro horas, se añaden .2 mililitros de mezcla carbón dextrán en movimiento, para homogenizar la mezcla, y se deja reposar por espacio de 20 minutos para luego centrifugar a 3500 rpm por 10 minutos con la finalidad de separar la fracción unida de la fracción libre; el líquido sobreandante (parte unida), se transfiere a unos frascos (frascos de centelleo) donde se le añaden cinco mililitros del líquido de centelleo, se mezcla y se deja reposar por 12 horas. Dicha solución de centelleo tiene la particularidad de producir -

protones, los cuales van a ser detectados por un instrumento conocido como contador de centelleos líquido (espectometría a base de rayos laser B), y este realiza el conteo denominado cuentas por minuto. Se realiza una curva patrón con concentraciones de testosterona que van de 100 a 1000 picogramos (pg), luego se grafica una curva estándar en por ciento de unión, se corrige la pérdida en la extracción y el factor de dilución; el valor de la parte unida se obtiene en unidades de pg y la determinación de testosterona sanguínea se lleva a cabo con la fórmula siguiente:

$$\text{ng/ml} = \frac{\text{Pg} \times 5}{\text{VSP} \times \text{Recuperado} \times 1000}$$

donde:

Pg = Picogramos

5 = Cant. Soluc. de Centelleo

VSP = Volumen de suero procesado

d) Medidas Zoométricas

Estas variables fueron de dos tipos: medidas corporales que influyeron el peso corporal, perímetro torácico y longitud corporal, que aunque no se incluyeron dentro de los objetivos, se consideraron para determinar una posible relación de la condición del animal con su calidad seminal y por otro lado, las medidas testiculares correspondientes a circunferencia escrotal (media y superior) y volumen testicular; -siguiendo la metodología descrita a continuación:

d₁) Peso Corporal (kg). Para obtener el peso corporal se utilizó una báscula de plataforma con capacidad de 500 kg, a la cual se le adaptó una jaula-trampa para mayor facilidad en el manejo del animal.

d₂) Perímetro Torácico (cm). Esta medida se realizó colocando una cinta métrica flexible en el área que comprende desde el área media dorsal a la parte media ventral.

d₃) Longitud Corporal (cm). También en este caso se utilizó una cinta métrica flexible, tomando la medida desde la base del apéndice caudal a la punta de la cruz.

En lo referente a testimetría se llevó de la siguiente forma:

d₄) Circunferencia Media Escrotal (cm). Esta variable se midió estando el animal parado, jalando los testículos hacia la parte baja del escroto y tomando la medida en la parte más ancha de este. La medición se llevó a cabo con una cinta métrica flexible.

d₅) Circunferencia Escrotal Superior (cm). De la misma manera que la variable anterior, se obtuvo esta medición, sólo que ésta se llevó a cabo en la parte superior del escroto.

d₆) Volumen Testicular (ml). Esta variable se evaluó por la técnica de desplazamiento de volumen en un recipiente, con agua tibia, graduado o al máximo de su capacidad; con -

la diferencia del desplazamiento se obtuvo el volumen testicular.

B) Variables Relacionadas con los Factores Climáticos

Estas variables fueron obtenidas a partir de los valores medios mensuales registrados en el área de estudio; - considerando específicamente los factores climáticos, temperatura, fotoperíodo y precipitación. El equipo utilizado para obtener esta información consistió de un termómetro de máximas y mínimas, un fotómetro y un pluviómetro, respectivamente.

Metodología Estadística Utilizada

Para facilitar el análisis e interpretación de los resultados, dado el alto número de variables consideradas, - el análisis estadístico se llevó a cabo en dos etapas:

1. Correlaciones simples y regresiones lineales múltiples (Step-wise).
2. Análisis de componentes principales (ACP)

Primera Etapa

Una vez obtenida la información del trabajo de campo, las variables se agruparon en dos categorías:

- 1) Variable respuesta. Que incluyó las características seminales, medidas morfológicas testiculares, niveles de testosterona y libido.
- 2) Variables independientes o factores climáticos: temperatura, fotoperíodo y precipitación.

Las variables respuestas que expresaron sus valores en porcentajes se les transformó vía arco seno $\sqrt{\text{porcentaje}}$ (Alder y Roessler, 1968).

Primeramente como análisis previo, para establecer el grado de asociación de las variables climáticas, con respecto a las variables respuesta se estimaron sus correlaciones simples.

Posteriormente, con el objeto de analizar la tendencia que presentaron las variables respuestas a través del año, con respecto a la variable cualitativa-ordinal denominada fecha (con niveles 1,2, 3,.....12) se probó un modelo de regresión múltiple cúbico.

Una vez detectada la tendencia de cada variable respuesta a través de la fecha, se seleccionaron aquellas que fueron significativas a un determinado efecto, para someterlas al procedimiento de regresión por pasos (Step-wise), en donde el modelo utilizado consideró los efectos simples, cuadráticos y sus interacciones de las variables independientes o factores climáticos (Hintze, 1985).

El análisis de regresión por pasos, no fue jerarquizando la magnitud del efecto de los factores climáticos sobre cada una de las variables respuesta.

Segunda Etapa

Esta incluyó la técnica multivariada (ACP), que analiza las interrelaciones entre un número elevado de variables.

En este caso, también se realizó la agrupación de variables que quedaron de la siguiente manera:

a) Variables de las características seminales

Volumen eyaculado

pH

Motilidad masal

Espermas vivos

Espermas normales

Concentración espermática

Calidad seminal (variable compuesta)

b) Medidas morfológicas testiculares

Circunferencia escrotal (media)

Circunferencia escrotal (superior)

Volumen testicular

Testículo derecho

Testículo izquierdo

c) Nivel hormonal y comportamiento sexual

Testosterona

Líbido

d) Variables climáticas

Temperatura

Fotoperíodo

Precipitación

Previo al análisis de componentes principales (ACP), se obtuvieron los promedios de cada una de las variables con sideradas, así como su desviación estándar de todas las ob- servaciones realizadas a través del año de estudio.

Posteriormente, el análisis multivariado en sí, se desarrolló a partir de una matriz de correlaciones muestrales, donde se utilizó el paquete estadístico Number Cruncher, Statistical System (Hintze, 1985). Este análisis nos propor- cionó los eigenvalores y los vectores asociados con cada eigenvalor, información necesaria para el ajuste de los pe- sos de cada variable sobre cada componente, de tal forma que la suma de cuadrados de los "pesos" de cada variable sobre los componentes gobernados sea proporcional a la varianza total de cada variable explicada por esos componentes. Di- cho ajuste, se realizó utilizando la transformación sugerida por Guevara (1983).

$$\sqrt{k \cdot UKj}$$

donde:

k = varianza total (eigenvalor) explicada por el k -ésimo componente.

UK_j = Es el peso para la j -ésima variable en el k -ésimo componente.

Estos "pesos ajustados" se refieren en sí, a los coeficientes de correlación entre variables y componentes principales.

Los valores definidos como h_j , representan la proporción de la varianza de cada una de las variables que ha sido explicada por los componentes seleccionados, es decir:

$$h_j = \frac{k U K_j}{n} \quad \text{para } j = 1, 2, 3, \dots, 5$$

donde:

n = número de componentes seleccionados.

Los resultados se interpretaron basándose en dos tipos de gráficas, una incluyó a cada una de las variables consideradas (Espacio de variables), donde se utilizaron las cargas ajustadas (Coeficiente de correlación entre variables y componentes); y el otro tipo, consideró la ubicación de cada uno de los individuos -mes (Espacio de individuos-mes) para observar la cercanía entre ellos y la tendencia de agrupación de las observaciones de los diferentes meses del año.

De la gráfica que nos ubicó los espacios de individuos-mes, dentro de los componentes seleccionados se utilizaron los cuadros de valores medios, incluyendo sólo las variables que fueron significativas en cada componente; para poder observar las tendencias relacionadas con los individuos-mes, con respecto a los factores climáticos; en este caso, se utilizó el procedimiento descrito por Isebrands y Crows (1975) siguiendo la fórmula:

$$S_{ij} = (\bar{X}_{ik} - \bar{X}_k/S_k) U_{kj}$$

donde:

n = número de variables

S_{ij} = valor correspondiente para el componente j en la observación i .

X_{ik} = valor original de la variable k en la observación i .

X_k = media de la variable k

S_k = desviación estándar de la variable k

U_{kj} = Peso (no ajustado) de la variable k sobre el componente j .

$(X_{ik} - X_k/S_k)$, representa una estandarización de los valores originales, el cual tiende a asignar la misma importancia a todas las variables, puesto que estos se registraron en diferentes unidades de medida.

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSION

Primeramente, tratando de establecer como fue el comportamiento de las variables analizadas a través de los diferentes meses del año, se puede apreciar que la tendencia general de estas, fue de presentar sus más altos valores dentro de los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre (Cuadro 4.1).

Dentro de las variables del apartado de las características seminales, es importante analizar que la variable compuesta calidad seminal, presentó dos picos a través del año (Figura 4.1); el primero consideró los meses de abril y mayo y el segundo dentro de los meses comprendidos entre julio a noviembre. Lo interesante de estos dos picos, es la relación que guardan con respecto al nivel de testosterona y libido manifestado (Figura 4.2), ya que aunque en abril y mayo la variable calidad seminal presenta altos valores, los niveles de testosterona y libido en dichos meses son bajos; lo cual puede interpretarse a manera de que, si un semental no presenta actividad hormonal y apetito sexual adecuado, este es de poca utilidad aunque presente buena calidad seminal. En el caso del pico presentado entre los meses de julio a noviembre, los altos valores de la variable calidad seminal -

Cuadro 4.1. Valores promedio de las variables analizadas en los diferentes meses del año

	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept.	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb
Características Seminales												
Volumen eyaculado (ml)	1.50	1.37	1.71	0.74	1.47	1.20	1.50	2.00	1.67	1.50	1.74	0.71
pH seminal	7.48	7.50	7.00	7.10	7.35	7.10	7.10	7.40	7.40	7.35	7.35	6.71
Motilidad masal (0-9)	5.28	7.00	6.85	3.28	6.85	8.57	6.71	7.28	5.71	3.71	6.14	4.71
Motilidad progresiva (%)	66.72	72.99	74.69	34.90	73.42	78.55	70.82	77.90	64.66	64.90	67.30	60.10
Espermas vivos (%)	57.42	68.64	69.10	64.10	74.77	90.24	86.73	82.21	72.10	71.80	76.50	65.80
Espermas normales (%)	82.15	92.12	84.43	80.42	93.05	96.18	97.45	96.42	91.90	90.10	91.70	93.62
Concentración espermática ($\times 10^6/ml$)	188.14	272.40	277.71	125.57	218.14	336.28	213.71	209.71	228.00	159.00	144.78	150.28
Calidad seminal	394.43	506.15	505.93	304.99	460.00	601.25	468.71	466.23	456.66	385.00	379.28	369.89
Medidas testiculares												
(\bar{X}) Circunferencia escrotal (cm)	23.00	24.00	24.00	23.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	23.50	23.50	23.50
Volumen testicular (ml)	362.00	435.71	405.00	371.00	475.00	414.00	446.00	431.00	432.00	440.00	435.00	424.00
Circunferencia superior (cm)	18.70	19.00	18.40	18.00	18.30	18.40	18.30	18.00	18.00	17.30	17.30	18.00
Testículo derecho (cm)	14.50	15.00	15.10	14.50	16.00	16.00	16.00	16.30	16.20	16.60	16.90	16.30
Testículo izquierdo (cm)	14.40	15.10	15.50	15.00	16.70	16.20	16.70	16.90	16.60	16.40	16.80	16.00
Hormonal y comportamiento sexual												
Testosterona (ng/ml)	1.07	1.48	1.30	1.30	11.52	11.96	4.26	3.68	2.52	1.61	1.25	1.05
Líbido (0-5)	2.57	2.71	1.00	0.85	4.57	4.85	2.90	4.57	4.14	1.85	3.42	1.28
Factores climáticos												
Temperatura (°C)	9.9	15.8	18.4	18.7	19.0	19.4	15.9	14.6	13.3	10.6	10.8	12.8
Fotoperíodo (h luz)	11.87	12.59	13.18	13.46	13.31	12.81	12.11	11.41	10.80	10.50	10.70	11.21
Precipitación (mm)	10.5	57.0	25.0	86.0	104.0	120.6	65.0	1.0	10.0	4.0	29.5	5.0

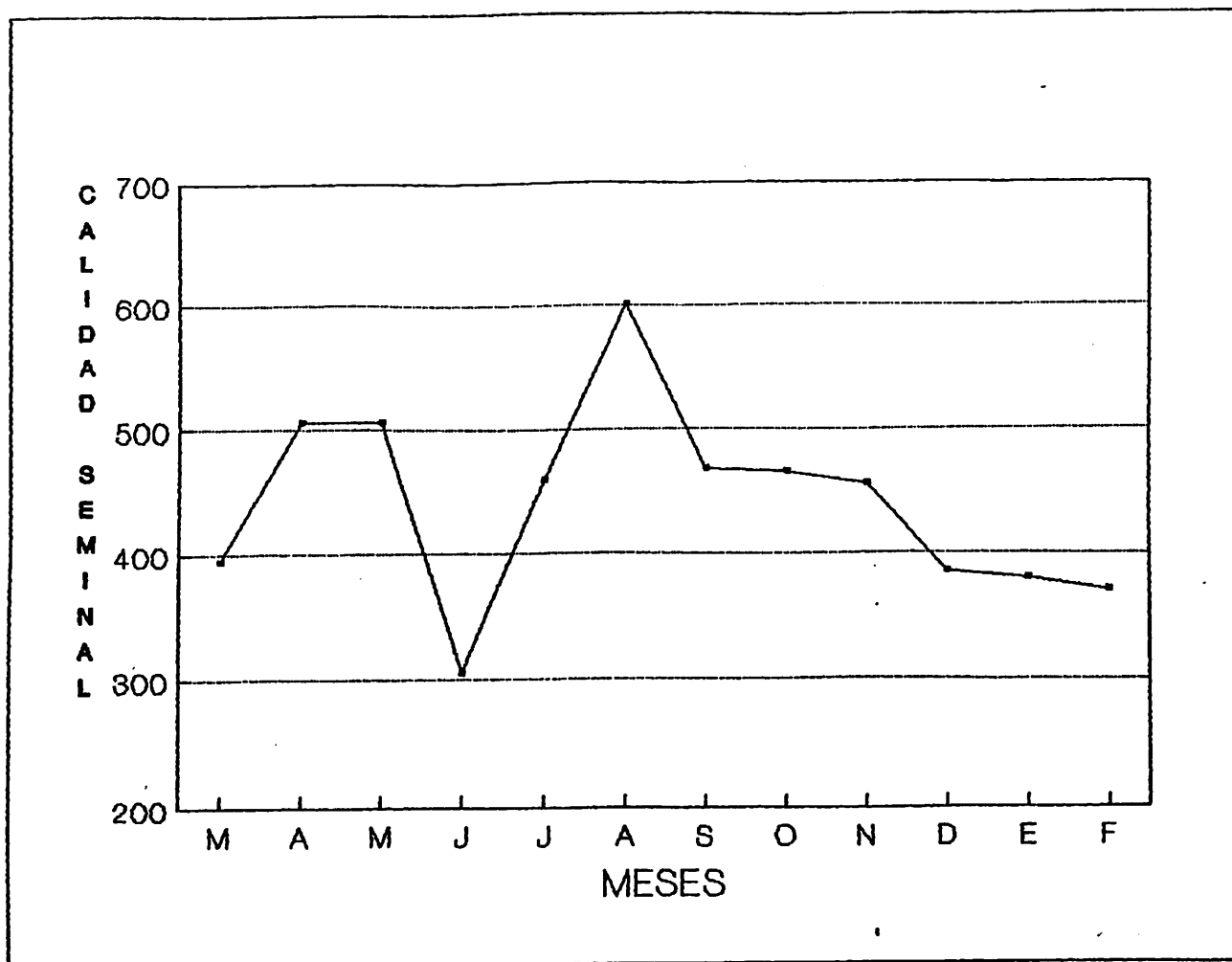


Figura 4.1. Fluctuaciones del índice de calidad seminal en machos caprinos a través del año.

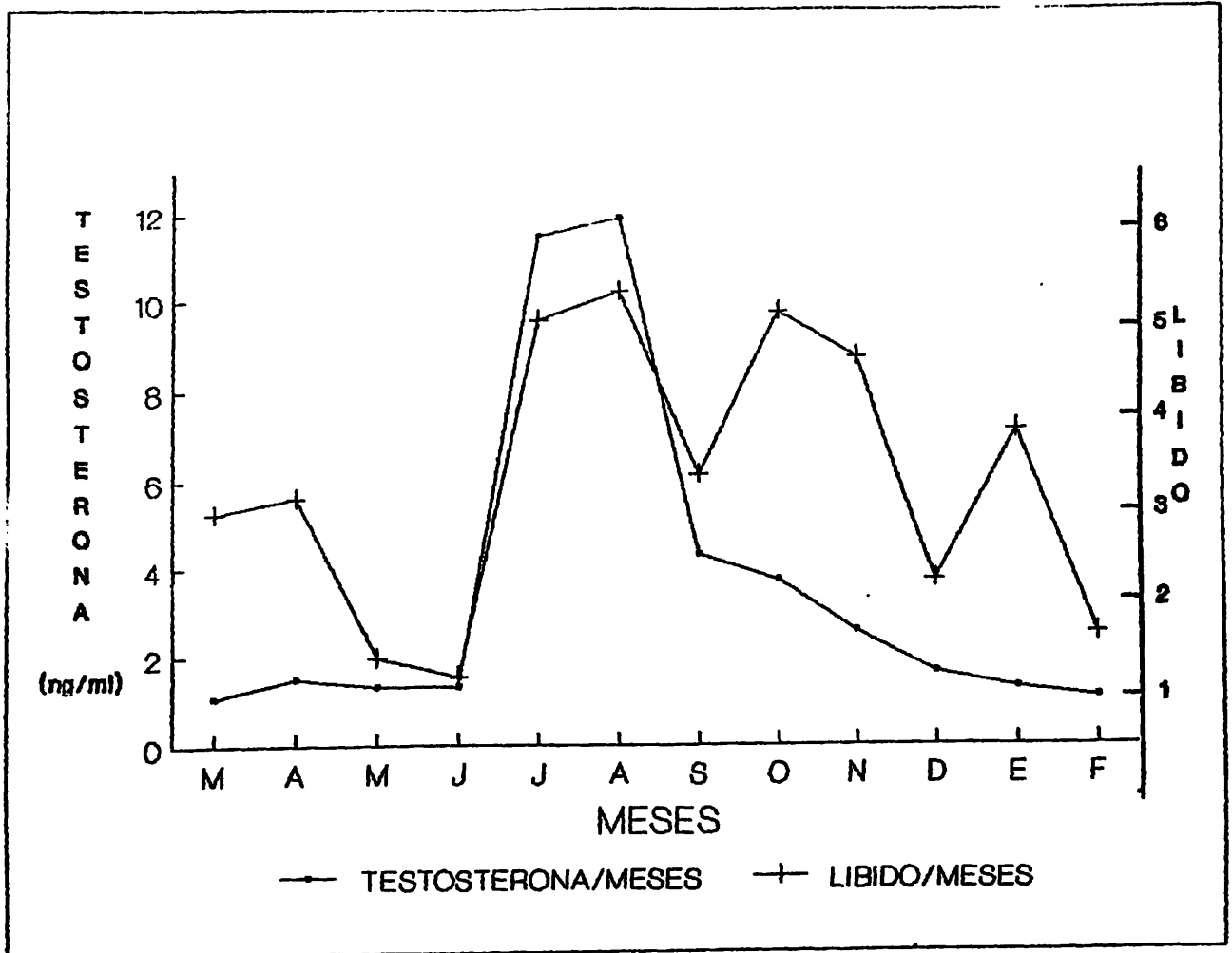


Figura 4.2. Fluctuaciones en los niveles de testosterona sanguínea y libido en machos caprinos a través del año.

coincide con la máxima expresión manifestada en los niveles de testosterona y apetito sexual. Además, es importante señalar que en estos dos picos, la influencia de los factores climáticos y sus interacciones, están actuando de manera diferente sobre cada uno de ellos.

Con respecto a las variables del apartado de medidas testiculares, se observó que casi siguieron un patrón de comportamiento similar a la de la variable compuesta calidad seminal, excepto que la variable volumen testicular se mantuvo a un nivel regularmente constante del mes de julio a febrero (Cuadro 4.1).

Como se puede observar, la mejor actividad sexual se manifestó durante la época de verano-otoño, lo cual coincide parcialmente con varios reportes en los que señalan una máxima actividad sexual en otoño y mínima en la primavera (Dufour *et al.*, 1984; Boland *et al.*, 1984; Schambacher y Lunstra, 1976) ya que en este caso la calidad seminal expresada en la época de primavera fue adecuada.

Así también, detrás del comportamiento que siguieron las variables, a través de las diferentes épocas del año, se encuentran los efectos causados por la influencia de la interacción de los factores climáticos, la cual se observa de manera más marcada sobre la concentración en los niveles de testosterona y comportamiento sexual o líbido.

Análisis de Correlación Entre las Variables Respuesta

Analizando el grado de asociación de las variables respuesta en relación con los factores climáticos, se observó que para la variable respuesta nivel de testosterona fue muy marcado, ya que ésta demostró correlaciones altamente significativas, tanto con la temperatura, fotoperíodo y precipitación, con valores de $r = 0.44$, 0.31 y 0.56 , respectivamente (Cuadro 4.2).

En el Cuadro 4.3, cuyo objetivo fue determinar la correlación de las variables respuesta que involucra a las características seminales con los factores climáticos, se observó que la variable volumen eyaculado presentó una correlación significativa ($P < 0.05$) con el fotoperíodo $r = 0.24$; las variables motilidad masal, concentración espermática y calidad seminal presentaron correlaciones significativas al $P < 0.05$ con la variable temperatura con una $r = 0.25$, 0.25 y 0.25 , respectivamente; la variable climática precipitación, sólo presentó asociación con la variable respuesta espermias vivos ($r = 0.22$).

En los dos cuadros anteriores, como se observó, la influencia de los factores climáticos en su totalidad es determinante sobre la concentración en los niveles de testosterona y de manera parcial con algunas variables de las características seminales; esto trajo consigo la necesidad de establecer el grado de asociación que presentaron las variables del apartado de las características seminales con los

Cuadro 4.2. Correlaciones simples entre los niveles hormonales de testosterona, líbido y factores climáticos

Variables	Test.	Li	T	F	P
Testosterona (T)	1	0.43**	0.44**	0.31**	0.56**
Líbido (Li)		1	0.07ns	-0.09ns	0.22*
Temperatura (T)			1	0.86**	0.78**
Fotoperíodo (F)				1	0.74**
Precipitación (P)					1

** (P ≤ 0.01) diferencia altamente significativa

* (P ≤ 0.05) diferencia significativa

ns no significativo

Cuadro 4.3. Correlaciones simples entre las características seminales y los factores clí-
máticos

Variabes	Temperatura	Fotoperíodo	Precipitación
Apariencia	0.15 ns	0.11 ns	0.07 ns
Vol. eyaculado	0.19 ns	0.24 *	0.16 ns
pH	-0.12 ns	-0.07 ns	-0.01 ns
Mot. masal	0.25 *	0.16 ns	0.21 ns
Conc. espermática	0.25 *	0.19 ns	0.18 ns
Mot. progresiva	0.15 ns	0.07 ns	0.20 ns
Espermas vivos	0.20 ns	0.006ns	0.22 *
Espermas normales	0.04 ns	-0.11 ns	0.07 ns
Calidad seminal	0.25*	0.15 ns	0.20 ns

** (P ≤ 0.01) diferencia altamente significativa

* (P ≤ 0.05) diferencia significativa

ns no significativo

niveles de testosterona y libido (Cuadro 4.4), dicho cuadro muestra una asociación de la variable testosterona con casi todas las variables incluidas en el apartado de las características seminales, tales como: motilidad masal, espermas vivos, espermas normales, calidad seminal y motilidad progresiva, esta última con el más alto grado de asociación; exceptuando a las variables volumen eyaculado, pH y concentración espermática. La variable respuesta libido casi siguió la misma tendencia que la variable testosterona, ya que a diferencia de ésta presentó significancias asociativas con las variables volumen eyaculado y pH.

En este sentido, se aprecia cómo los niveles de la concentración de testosterona están influyendo sobre las variables del apartado de las características seminales; lo que coincide con varios reportes acerca de la función de esta hormona en los procesos del mantenimiento de la espermatogénesis (Sharpe, 1987). Hillel *et al.*, 1986; Arbiza, 1986; Sorensen, 1984), pero además de la activación de dicha hormona, mostró alto grado de asociación con los factores climáticos; podríamos entonces asumir, que el efecto de los factores climáticos se localiza de manera directa sobre la actividad hormonal, lo que a su vez implica cambios en la calidad seminal presentada por los sementales caprinos, en las diferentes épocas del año; y esto ha quedado de manifiesto en los diversos estudios en los que se ha observado la influencia de la actividad hormonal sobre la calidad seminal, relacionada a una estacionalidad (Dufour *et al.*, 1984; Sanford *et al.*, 1977; Schambacher y Lunstra, 1976).

Cuadro 4.4. Correlaciones simples entre las características seminales y niveles de testosterona y líbido

Variables	Testosterona	Líbido
Apariencia	0.07 ns	0.06 ns
Vol. eyaculado	0.008ns	0.24 *
pH	-0.01 ns	0.28 *
Mot. masal	0.26 *	0.32 **
Conc. espermática	0.16 ns	0.18 ns
Mot. progresiva	0.38 **	0.18 ns
Espermas vivos	0.25 *	0.22 *
Espermas normales	0.27 *	0.26 *
Calidad seminal	0.24 *	0.24 *

** (P ≤ 0.01) diferencia altamente significativa

* (P ≤ 0.05) diferencia significativa

ns no significativo

Así también se apreció en el Cuadro 4.2 que la variable respuesta líbido presentó una correlación altamente significativa ($P < 0.01$) con la variable testosterona ($r = 0.43$); lo cual era de esperarse ya que esta hormona es fundamental para la manifestación del apetito sexual del semental (Dufour *et al.*, 1984; Sanford *et al.*, 1977), a su vez la variable líbido estableció asociación significativa con la variable climática precipitación ($r = 0.22$).

Por otro lado, se ha observado que el diámetro testicular guarda una estrecha asociación con los niveles de testosterona a través del año (Dufour *et al.*, 1984; Lindsay *et al.*, 1984), en este caso se pudo apreciar de igual manera (Cuadro 4.5) en donde las variables circunferencia escrotal y el volumen testicular presentaron asociaciones significativas ($P \leq 0.01$) con el nivel de testosterona ($r = 0.28$ y 0.24 , respectivamente). Estas medidas testiculares no presentaron ninguna asociación con los factores climáticos considerados (Cuadro 4.6); lo que nuevamente demuestra que el efecto de dichos factores climáticos es a nivel hormonal y las variaciones en las medidas testiculares van a depender de la presencia de la testosterona, en relación a los procesos espermatogénicos, ya que estas medidas testiculares guardaron asociaciones significativas con algunas variables del apartado de características seminales, principalmente con las variables apariencia, volumen eyaculado, concentración espermática, espermias normales y la variable compuesta calidad seminal (Cuadro 4.7). Esto es de importancia para cuando se -

Cuadro 4.5. Correlaciones simples entre las medidas testiculares, niveles de testosterona y libido

VARIABLES	TESTOSTERONA	LÍBIDO
Circunferencia escrotal media	0.28 *	0.06 ns
Circunferencia escrotal superior	0.008 ns	0.02 ns
Volumen testicular	0.24 *	0.32 *

* ($P \leq 0.05$) diferencia significativa
 ns no significativo

Cuadro 4.6. Correlaciones simples entre las medidas testiculares, y factores climáticos

VARIABLES	TEMPERATURA	FOTOPERÍODO	PRECIPITACIÓN
Circunferencia escrotal media	0.15 ns	0.15 ns	0.08 ns
Circunferencia escrotal superior	0.07 ns	0.12 ns	0.08 ns
Volumen testicular	0.03 ns	-0.05 ns	0.08 ns

ns no significativo

Cuadro 4.7. Correlaciones simples entre medidas testiculares y características seminales

Variables	Circunferencia escrotal media	Circunferencia escrotal superior	Volumen Testicular
Apariencia	0.27 *	0.23 *	0.24 *
Volumen eyaculado	0.13 ns	0.21 ns	0.22 *
pH	-0.14 ns	-0.13 ns	0.003ns
Motilidad masal	0.15 ns	-0.09 ns	-0.16 ns
Conc. espermática	-0.04 ns	-0.28 ns	-0.14 ns
Motilidad progresiva	0.06 ns	-0.03 ns	-0.05 ns
Espermas vivos	-0.002ns	-0.006ns	0.05 ns
Espermas normales	0.10 ns	0.16 ns	0.31 **
Calidad seminal	-0.03 ns	0.23 *	-0.09 ns

** (P ≤ 0.01) diferencia altamente significativa

* (P ≤ 0.05) diferencia significativa

ns no significativo

vayan a seleccionar sementales, los cuales deben presentar buenas medidas testiculares dada su alta heredabilidad y repetibilidad que estas variables expresan (Knight, 1977).

En el Cuadro 4.8 se puede apreciar que las variables de las medidas corporales, presentan alta significancia en su asociación con las medidas testiculares, lo que nos indica que la condición corporal es un indicativo relacionado con animales de buena circunferencia escrotal y esto a su vez, como indicativo de buena calidad seminal.

La asociación de las medidas corporales con las variables del apartado de calidad seminal (Cuadro 4.9) no se observó que éstas fueran un indicativo de buena calidad seminal, ya que sus correlaciones fueron no significativas; y una relación más directa, se podría encontrar más bien con las variables de las medidas testiculares; asumiendo que animales con testículos pequeños no son aptos para producir semen de suficiente calidad (Fincher, 1964). Es decir, la condición corporal no está asociada con la calidad seminal de manera directa, sino, indirectamente, a través de las medidas testiculares.

Como se esperaba, la asociación entre variables del apartado de las características seminales, fue de significativo a altamente significativo (Cuadro 4.10), y se observó de la siguiente manera: La variable apariencia se correlacionó con las variables volumen eyaculado, motilidad masal, concentración espermática y calidad seminal ($r = 0.25, 0.47, 0.44$ y 0.44 respectivamente), lo que indica que eyaculados

Cuadro 4.8. Correlaciones simples entre las medidas corporales y medidas testiculares

VARIABLES	Circunferencia escrotal media	Circunferencia escrotal superior	Volumen testicular
Peso corporal	0.80 **	0.22 *	0.72 **
Perímetro torácico	0.77 **	0.18 ns	0.69 **
Longitud corporal	0.16 ns	0.18 ns	0.32 **

** (P ≤ 0.01) diferencia altamente significativa
 * (P ≤ 0.05) diferencia significativa
 ns no significativo

Cuadro 4.9. Correlaciones simples entre las características seminales y medidas corporales

VARIABLES	Peso corporal	Perímetro torácico	Longitud corporal
Apariencia	-0.18 ns	-0.17 ns	-0.05 ns
Volumen eyaculado	0.04 ns	0.01 ns	0.06 ns
pH	-0.01 ns	0.01 ns	-0.05 ns
Motilidad masal	0.12 ns	0.10 ns	-0.01 ns
Conc. espermática	-0.08 ns	-0.09 ns	0.08 ns
Motilidad progresiva	0.10 ns	0.09 ns	-0.005ns
Espermas vivos	0.04 ns	-0.04 ns	0.10 ns
Espermas normales	-0.11 ns	0.09 ns	0.14 ns
Calidad seminal	-0.07 ns	-0.08 ns	0.04 ns

ns no significativo

Cuadro 4.10. Correlaciones simples entre las variables del apartado de las características seminales

Variabes	Ap.	Vol. e	pH	Mot. M.	C. esp.	M. P.	E. V.	E. n.	C. s.
Apariencia	1	-0.25*	0.09ns	0.47**	0.44**	0.11ns	0.09ns	0.05ns	0.44**
Vol. eyaculado		1	0.24*	0.05ns	-0.11ns	-0.10ns	-0.04ns	0.11ns	-0.07ns
pH			1	0.03ns	0.07ns	0.05ns	-0.10ns	0.05ns	0.09ns
Mot. masal				1	0.50**	0.25*	0.57**	0.34**	0.67**
Conc. sperm.					1	0.24*	0.18ns	-0.005ns	0.95**
Mot: progresiva						1	0.20ns	0.15ns	0.38**
Espermas vivos							1	0.52**	0.39**
Esperm. norm:								1	0.20ns
Calidad seminal									1

** (P ≤ 0.01) diferencia altamente significativa

* (P ≤ 0.05) diferencia significativa

ns no significativo

de buena apariencia (blanco-cremoso) presenten buena calidad así también, la correlación negativa que presenta volumen - eyaculado, se traduce que a mayor volumen eyaculado la apariencia es de más baja clasificación.

La variable volumen eyaculado estableció una asociación significativa con la variable pH ($r = 0.24$), es decir, en épocas en las que se incrementa el volumen eyaculado, el valor del pH tiende a alcalinizarse; esto es importante ya que, eyaculados con pH ácidos, disminuyen la motilidad espermática, como resultado de la acumulación de ácido láctico, producto de la actividad metabólica del espermatozoide (Sorensen, 1984).

La variable motilidad masal, estableció una correlación significativa con la variable motilidad progresiva - - ($r = 0.25$) y altamente significativa con las variables apariencia, concentración espermática, espermatozoos vivos, espermatozoos normales y calidad seminal ($r = 0.47, 0.50, 0.57$ y 0.67 , respectivamente).

La variable concentración espermática, presentó una correlación significativa con la variable motilidad progresiva ($r = 0.24$) y altamente significativa con las variables - apariencia, motilidad masal y calidad seminal ($r = 0.44, 0.50$ y 0.95 respectivamente). Como se observa la correlación entre la variable concentración espermática y la variable compuesta calidad seminal es muy alta, lo cual comprueba que dentro de las variables del apartado de características -

seminales que más influyen sobre la calidad seminal, es la concentración espermática del eyaculado.

La variable motilidad progresiva guardó correlación significativa con las variables motilidad masal y concentración espermática ($r = 0.25$ y 0.24 respectivamente) y altamente significativa con la variable calidad seminal ($r = 0.38$).

En el caso de la variable espermias vivos, ésta manifestó una estrecha asociación, la cual fue altamente significativa con respecto a las variables motilidad masal, espermias normales y calidad seminal ($r = 0.57$, 0.52 y 0.38 respectivamente); si analizamos esta asociación, es lógico esperar que a mayor motilidad masal, se encuentre un mayor número de espermatozoides vivos y menores anormalidades, lo cual incrementa la calidad del semen.

Por último, si partimos de que la variable compuesta calidad seminal, la integran las variables motilidad progresiva, espermias vivos, concentración espermática y los espermias normales, era de suponerse una correlación significativa entre ellas, con una $r = 0.38$, 0.39 y 0.95 , respectivamente; aunque con espermias normales no manifestó asociación. Además, ésta variable, presentó alta correlación con las variables apariencia y motilidad masal ($r = 0.44$ y 0.67 respectivamente).

Análisis del Modelo Cúbico Probado para las Variables Respuesta

La tendencia que presentaron las variables respuesta, una vez que se analizaron con respecto a la variable cualitativa-ordinal "fecha" (análisis de regresión en un modelo cúbico), indicó que tres de ellas respondieron al modelo propuesto, siendo éstas las variables volumen eyaculado, pH, y apetito sexual o líbido; cuatro a un modelo cuadrático, las cuales fueron: motilidad masal, espermias vivos, calidad seminal y testosterona; y una de ellas, espermias normales a un modelo lineal (Cuadro 4.11).

Estas tendencias que presentaron las variables respuesta, nos indica que a través de los diferentes meses del año, existen fluctuaciones en la actividad reproductiva de los machos caprinos relacionada con una estacionalidad, en donde los factores climáticos y sus interacciones están influyendo; esto coincide con un gran número de investigaciones, que hablan del ciclo estacional o de época manifestada por la especie caprina (Sinha *et al.*, 1981; Shelton, 1978; Lindsay *et al.*, 1984; Schambacher y Lunstra, 1976; Dufour *et al.*, 1984; Sanford *et al.*, 1977; Boland *et al.*, 1984).

Análisis del Efecto de los Factores Climáticos

Una vez que se determinó que se presentaron fluctuaciones estacionales a través del año, de algunas variables

Cuadro 4.11. Resultados del análisis de varianza para los efectos lineal, cuadrático y cúbico de la variable cualitativa-ordinal " fecha ", sobre las variables respuesta

Variable respuesta	Modelo	Significancia	
		0.05	0.01
Apariencia	ns	ns	ns
Volumen eyaculado	cúbico	*	*
pH	cúbico	*	*
Motilidad masal	cuadrático	*	ns
Motilidad progresiva	ns	ns	ns
Espermas vivos	cuadrático	*	*
Espermas normales	lineal	*	ns
Concentración esper- mática	ns	ns	ns
Calidad seminal	cuadrático	*	ns
Circunferencia media escrotal	ns	ns	ns
Volumen testicular	ns	ns	ns
Circunferencia escro- tal superior	ns	ns	ns
Testosterona	cuadrático	*	*
Libido	cúbico	*	*

respuesta, se trató de determinar cuáles factores climáticos o qué interacción entre ellos, estaban influyendo sobre cada una de las variables respuesta, en vista del alto grado de asociación que dichos factores climáticos presentaron (Cuadro 4.2). Esta información fue analizada a partir de una regresión por pasos (Step-wise), el cual nos seleccionó de manera jerárquica la influencia que los factores climáticos de mostraron con cada una de las variables respuesta, y esto se puede observar en el Cuadro 4.12.

Como podemos observar en este cuadro (Cuadro 4.12) la variable volumen eyaculado fue influenciada en su comportamiento por la variable climática fotoperíodo, lo cual concuerda con lo reportado por Sanford *et al.* (1977), Schambacher y Lunstra (1976), en estudios realizados con carneros, donde observaron efectos del fotoperíodo sobre el volumen eyaculado.

Así también, aunque existen reportes en donde el pH se ve afectado por las condiciones climáticas (Djidme y Wenninger, 1986), en este caso se observó lo contrario, ya que ésta variable no se vió influenciada por los factores climáticos.

En el mismo sentido, se observó que de todos los factores climáticos analizados, la variable temperatura fue la que más influencia tuvo sobre las variables respuesta, siendo su efecto altamente significativo para las variables espermias vivos, espermias normales y comportamiento sexual o líbido; y significativo para las variables motilidad masal y

Cuadro 4.12. Variables que respondieron estadísticamente a la influencia de los factores climáticos y sus interacciones

Variables respuesta	Factores			Climáticos		
	T	F	P	TF	TP	FP
Volumen eyaculado	ns	*	ns	ns	ns	ns
PH	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Motilidad masal	*	ns	ns	ns	ns	ns
Espermas vivos	**	ns	ns	ns	ns	ns
Espermas normales	**	*	ns	ns	ns	ns
Calidad seminal	*	ns	ns	ns	ns	ns
Testosterona	ns	ns	**	ns	ns	**
Líbido	**	ns	**	ns	**	**

T = temperatura TP = Temperatura x Precipitación

F = Fotoperíodo TF = Temperatura x Fotoperíodo

P = Precipitación FP = Fotoperíodo x Precipitación

calidad seminal. Esto no coincide con lo reportado por Sorensen (1984), donde se menciona que las altas temperaturas disminuyen la motilidad espermática, con resultados detrimentales para la viabilidad del esperma; aunque habría que determinar entre qué rango de temperatura se mantiene dicha viabilidad; ya que en éste estudio, las altas temperaturas no afectaron la calidad seminal, quizá porque no alcanzaron aún el umbral detrimental.

la variable espermias normales se vió influenciada en su comportamiento por las variables climáticas temperatura y fotoperíodo, contrario a esto Sorensen (1984), menciona que las anomalías no guardan relación con la estación del año; quizás, en este caso los valores extremos de los factores climáticos a través del año, podrían ejercer una influencia a un estrés nutricional en la época de secas o sobre el sistema termoregulador del testículo, en meses extremos en la temperatura ambiente.

Como ya se observó en el apartado de correlaciones las variables respuesta testosterona y libido fueron las que más directamente están siendo influenciadas por la fluctuación de los factores climáticos; en la primera, los efectos en su respuesta son influenciados principalmente por la variable precipitación y además, por la interacción de ésta con el fotoperíodo, lo cual es de interés, ya que ésta hormona es esencial en el mantenimiento de la espermatogénesis (Frandsen, 1986), siguiendo un comportamiento estacional - dentro y fuera de la época de apareamiento.

En el caso de la variable respuesta líbido, fue en donde se presentó el mayor de los factores climáticos; aunque, cabe señalar, que su respuesta está estrechamente relacionada con los niveles de concentración de testosterona, dada la alta correlación que ambas manifiestan, en donde algunos reportes indican que el fotoperíodo influye de manera determinante (Dufour *et al.*, 1984; Sanford *et al.*, 1977), en este estudio la interacción de las variables climáticas fotoperíodo y precipitación presentó influencia, y no precisamente el fotoperíodo por sí solo.

Resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP)

De acuerdo a la metodología seguida en el análisis de la información, por el método multivariado o análisis de componentes principales (ACP), se consideraron 17 variables agrupadas en cuatro apartados:

- Características seminales
- Medidas morfológicas testiculares
- Hormonales y comportamiento sexual
- Climáticas

En el Cuadro 4.13 se pueden observar las correlaciones o "pesos ajustados" de cada variable con cada uno de los cuatro componentes seleccionados, los eigenvalores o valores propios de cada uno, así también, la proporción explicada por dichos componentes. Estos en su conjunto presentaron el

Cuadro 4.13. Pesos ajustados (coeficientes de correlación) de las variables sobre los primeros cuatro componentes (CP) de un análisis de componentes principales, en la determinación de una influencia ambiental sobre la actividad sexual en machos caprinos

Variabes	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	h ²
Características seminales					
Volumen eyaculado (vol.e)	0.17	- 0.36	- 0.22	- 0.47	0.42
pH seminal (pH)	0.01	- 0.01	- 0.31	- 0.72*	0.61
Motilidad masal (Mm)	0.42	0.53*	- 0.46	0.12	0.68
Espermas vivos (Ev)	0.53*	0.22	- 0.35	0.45	0.65
Espermas normales (En)	0.59*	- 0.12	- 0.31	0.26	0.53
Calidad seminal (Cs)	0.36	0.63*	- 0.47	0.02	0.74
Concentración espermática (Ce)	0.21	0.66*	- 0.38	- 0.03	0.62
Medidas testiculares					
Circ. media escrotal (C. esc.)	0.56*	- 0.39	0.37	0.02	0.60
Testículo derecho (Td)	0.64*	- 0.56*	- 0.15	0.11	0.75
Testículo izquierdo (Ti)	0.73*	- 0.54*	- 0.06	0.07	0.83
Circ. escrotal superior (C.sup)	0.26	- 0.33	0.39	0.04	0.33
Volumen testicular (Vol.t)	0.65*	- 0.54*	0.20	- 0.07	0.75
Hormonal y comportamiento sexual					
Testosterona (Tes)	0.70*	0.20	0.15	- 0.16	0.57
Libido (Li)	0.50*	0.04	- 0.32	- 0.48	0.58
Factores climáticos					
Temperatura (T)	0.44	0.60*	0.53*	- 0.03	0.83
Fotoperíodo (F)	0.23	0.61*	0.66*	- 0.08	0.86
Precipitación (P)	0.46	0.56*	0.49	- 0.16	0.79
Resumen de varianzas acumuladas					
Eingenvalor	4.03	3.63	2.44	1.36	
% de varianza	23.72	21.38	14.35	8.05	
% acumulado	23.72	45.11	59.47	67.52	

67.52 por ciento de la varianza total y la mayor proporción de la varianza de la mayoría de las variables, como se observa en los valores de la columna h^2 . El criterio de selección de éstos cuatro componentes, se basó en los aspectos biológicos y estadísticos.

El primer componente (CP_1), se le consideró como un componente mixto, ya que los "pesos ajustados" o coeficientes de correlación significativos se presentaron en las variables del apartado de las medidas testiculares, específicamente sobre la circunferencia escrotal media, volumen testicular y testículo derecho e izquierdo; el apartado de las características seminales consideró las variables espermas vivos y espermas normales; asimismo, éste componente incluyó a las variables testosterona y libido, dentro del apartado denominado hormonal y comportamiento sexual. Observándose una relación positiva, tanto entre las variables como con el componente, lo que indica que a medida que aumenta el valor del componente, el valor real de las variables mencionadas con anterioridad, también aumenta. Los valores positivos que se presentan entre variables, considera que las modificaciones en la actividad hormonal (testosterona) y comportamiento sexual, va acompañado de un incremento en la actividad espermatogénica (variables seminales) y esto a su vez implica modificaciones en las medidas testiculares; lo cual coincide con los reportes de Lindsay *et al.* (1984); Schambacher y Lunsstra (1976), en donde se observa que las fluctuaciones hormonales en la actividad sexual de los carneros, se reflejan -

sobre las características seminales y diámetro testicular a través del año.

El segundo componente (CP_2), también se le consideró como un componente mixto, ya que los "pesos ajustados" o coeficientes de correlación significativos, se presentan tanto en los apartados de las características seminales, considerándose aquí a las variables motilidad masal, concentración espermática y la variable compuesta calidad seminal; en las variables del apartado de medidas testiculares, consideró al volumen testicular y testículos derecho e izquierdo. Además, este comportamiento incluyó el apartado de las variables climáticas, que corresponden a la temperatura, fotoperíodo y precipitación. En este sentido, las variables del apartado de medidas testiculares están relacionadas positivamente entre sí, pero de manera negativa con el componente o sea que al aumentar el valor real de una de ellas se incrementa el valor de la otra; a éste respecto Hahn *et al.* (1969), reportan altas correlaciones entre el volumen testicular con la circunferencia escrotal.

Es importante analizar, en este componente, que las variables del apartado denominado climáticas (temperatura, fotoperíodo y precipitación) y las del apartado de características seminales se encuentran relacionadas positivamente entre sí y en forma negativa con las medidas testiculares. Esto indica que las variables climáticas están influyendo de manera inversa, con las variables del apartado de medidas testiculares; es decir, incrementos en los factores

climáticos a través del año, implica disminución de las medidas testiculares. A este respecto se ha observado que el diámetro testicular guarda una estrecha asociación con el nivel de testosterona y procesos espermatogénicos (Dufour, *et al.*, 1984), en donde un buen funcionamiento testicular se ha visto afectado por incrementos en la temperatura ambiente, lo cual repercute sobre la calidad seminal (Gómez *et al.*, 1971).

El tercer componente (CP₃) enfoca los coeficientes de correlación más altos, a las variables del apartado de los factores climáticos, específicamente sobre las variables temperatura y fotoperíodo (casi consideró a la variable precipitación); lo cual las relaciona positivamente con el componente, ya que al aumentar el valor real de éste, el valor real de las variables climáticas también aumenta. Al mismo tiempo, las variables climáticas se encuentran relacionadas negativamente con las variables del apartado de características seminales, que aunque presentan un coeficiente de correlación $r = 0.5$, tienden a indicar que incrementos en fotoperíodo y temperatura provocan reducciones de las características seminales se ven disminuidas, como se observó en el mes de junio en éste estudio (Cuadro 4.1). A este respecto, se ha observado que en días de fotoperíodo largo, se presentan disminuciones en el peso testicular, reservas espermáticas, espermátocitos primarios y diámetro de túbulos seminíferos (Gómez *et al.*, 1971). En otros estudios se ha observado que las temperaturas ambientes elevadas, resultan en -

detrimento para el buen funcionamiento de las células de leydig, por lo que la producción de testosterona se ve afectada (Gómez *et al.* 1971).

Aquí es importante señalar lo referente a la interacción que los factores climáticos presentan sobre la actividad sexual en la especie caprina, ya que no precisamente a menores horas luz se va a manifestar la mejor calidad seminal; puesto que se observó que la variable fotoperíodo no actúa de manera unilateral sobre dicha actividad, siendo en todo caso, la interacción de los factores climáticos en su conjunto y otros que pudieran estar ejerciendo alguna influencia. Esta interacción se presentó, al parecer, a partir de los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, principalmente (Cuadro 4.1).

El cuarto componente (CP_4), consideró a una variable con un "peso ajustado" o coeficiente de correlación alto, la cual fue la variable pH, en donde al aumentar el valor real del componente, disminuye el valor real de ésta variable; es importante analizar la tendencia que presentó ésta variable, con las variables volumen eyaculado y libido, las cuales se relacionan positivamente entre sí en relación con el componente $r = -0.47$ y -0.48 , respectivamente; en algunos estudios se ha observado que a mayor volumen eyaculado, el pH tiende a alcalinizarse; y esto resulta de interés, ya que eyaculados con pH ácido la motilidad espermática se ve afectada (Sorensen, 1984), en el mismo sentido, se han encontrado correlaciones altas entre las variables libido y volumen eyaculado (Sanford *et al.*, 1977).

Por otro lado, en cuanto a la distribución de las variables dentro del espacio generado por los primeros dos componentes (CP_1 y CP_2), se puede observar en la Figura 4.3 las variables que se encuentran más relacionadas entre sí, dentro de los componentes, dada su distribución a mayor distancia del origen, la cual se generó a partir de los "pesos ajustados" o coeficientes de correlación; dicha distribución da su significancia a la Figura 4.4, la que nos ubica la distribución o espacios de individuo-meses, generados por los componentes CP_1 y CP_2 .

En la primera figura, el análisis de esta distribución contempla, que las variables climáticas están guardando una relación estrecha con las variables de las características seminales, principalmente con las variables motilidad masal, concentración espermática y la variable compuesta calidad seminal (CP_2); en el caso del componente (CP_2), existe una agrupación de las variables del apartado de las medidas testiculares, que incluyen la circunferencia escrotal, volumen testicular y testículos derecho e izquierdo.

Así también, dicha relación nos muestra la influencia que presentan los factores climáticos sobre las características seminales; relacionándose éstas en forma directa con las medidas morfológicas testiculares, es decir, los cambios en la actividad sexual, ocasionados por la influencia de los factores climáticos, tiene una relación directa con las fluctuaciones de la circunferencia escrotal y el volumen testicular. El concepto de ortogonalidad, se manifiesta en

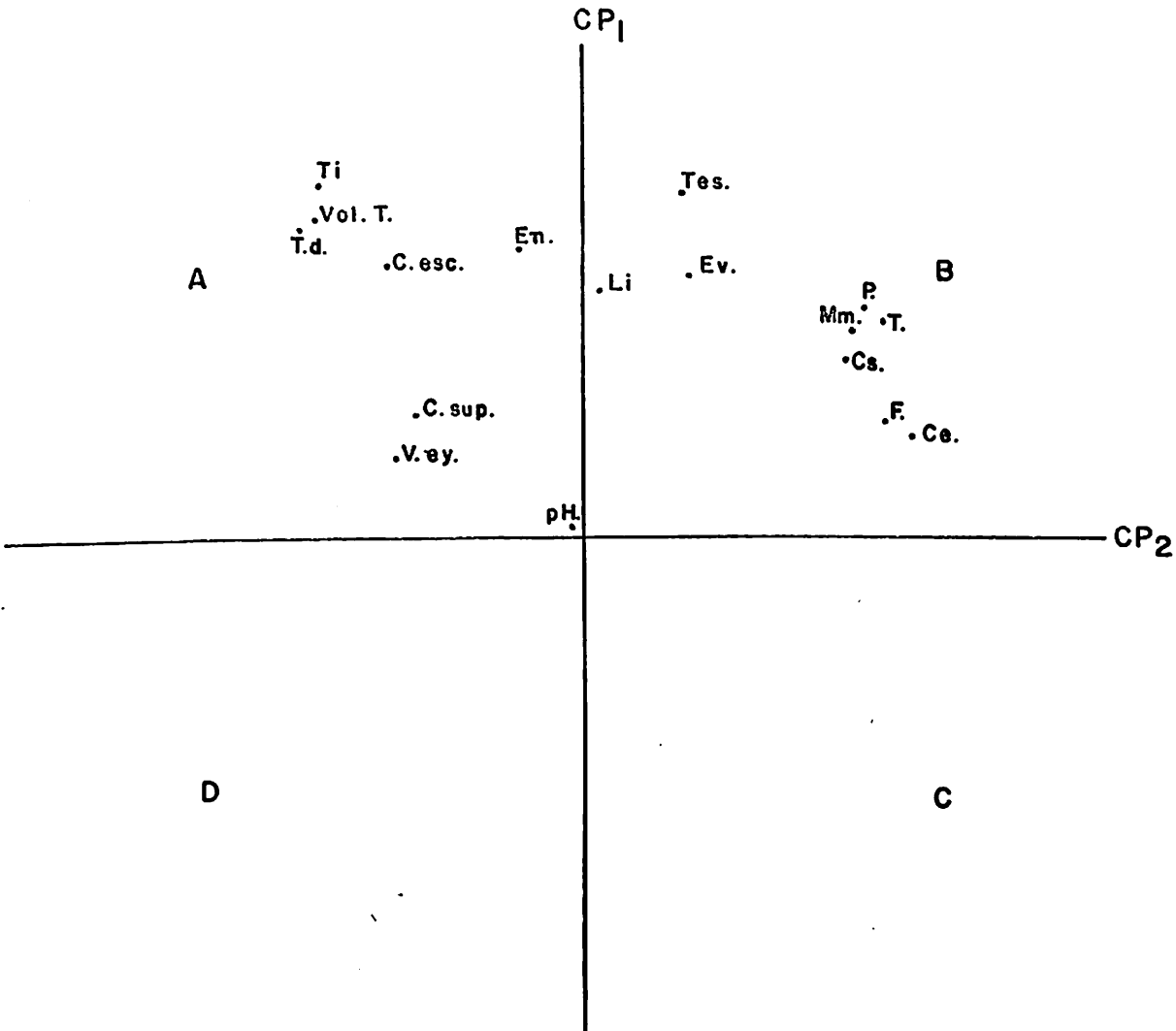


Figura 4.3. Espacios de las variables generadas por los componentes CP_1 y CP_2 , en la actividad reproductiva de sementales caprinos.

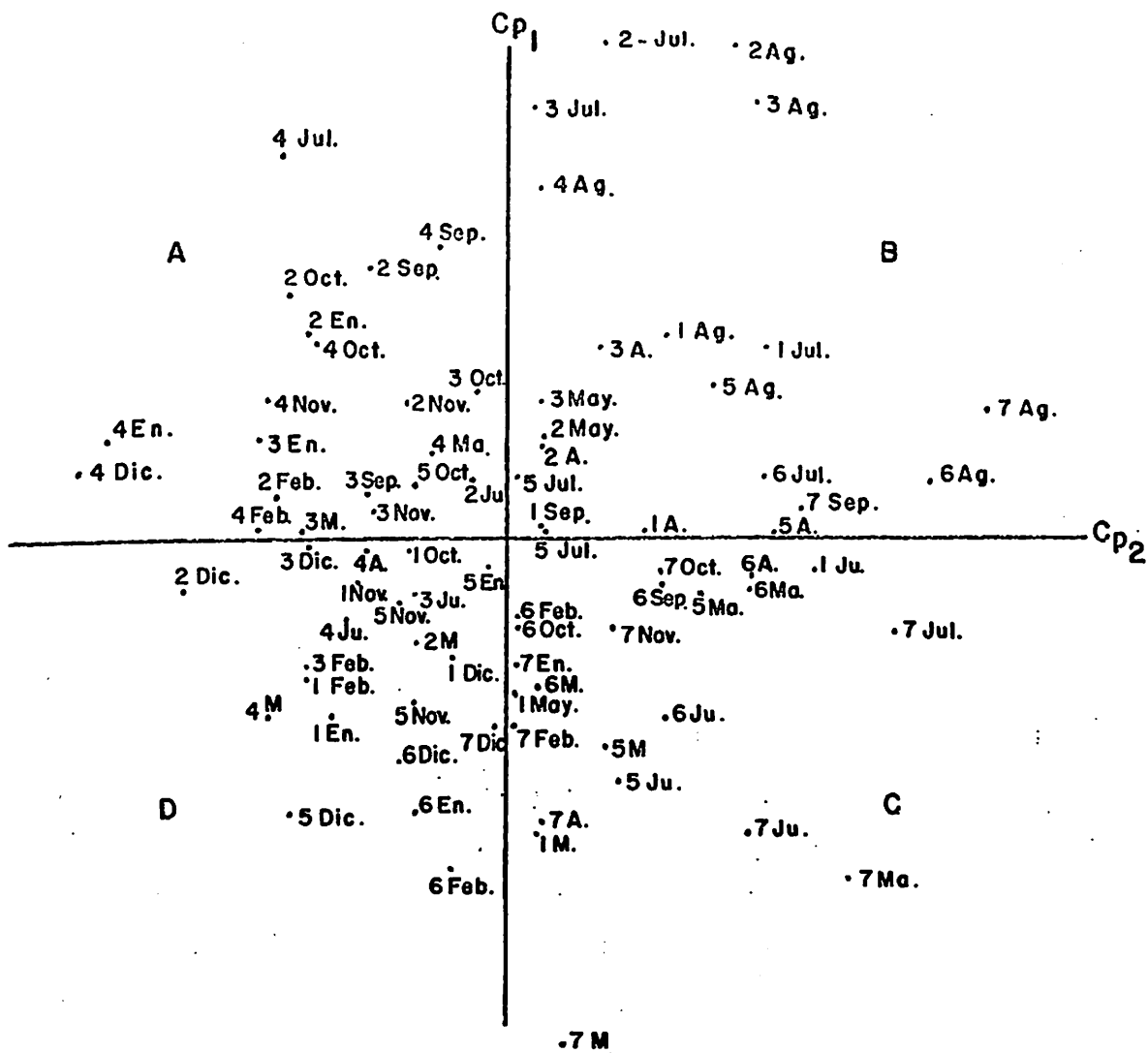


Figura 4.4. Espacio de los individuos-meses generados por los componentes CP_1 y CP_2 , en la actividad reproductiva de sementales caprinos.

relación de las medidas testiculares con los factores climáticos, ya que la asociación de éstos es a nivel hormonal y espermatogénico.

En base a las características que presentaron los individuos-meses, en la distribución espacial de éstos dos componentes (CP_1 y CP_2), se formaron los grupos A, B, C y D; los cuales se observan en la Figura 4.4, estos nos dieron origen al Cuadro 4.14, donde se incluyen los valores medios de cada una de las variables que respondieron significativamente. Lo que se puede observar en esta distribución (Figura 4.4 y Cuadro 4.14, respectivamente), es lo referente a la agrupación individuo-mes pertenecientes al grupo A y B, los cuales presentan los más altos valores en cuanto a las variables calidad seminal, medidas testiculares, niveles de testosterona y apetito sexual; ésta distribución siguió la tendencia de ubicar a los meses de julio, agosto, septiembre y octubre; considerándose, en éste estudio, como la mejor época de actividad sexual manifestada a través del año. Además, se observó que el grado de asociación de las variables de las características seminales con las variables de los factores climáticos, fue alto y la asociación de éstos con las medidas testiculares fue no significativo, lo que al parecer indica, que de acuerdo a las condiciones climáticas-ambientales que se presenten a través del año van a presentarse respuestas diversas en la actividad hormonal y espermatogénica directa e indirectamente con las medidas testiculares.

Cuadro 4.14. Valores medios de las variables relacionadas - significativamente con los componentes CP₁ y CP₂ (valores observados)

Variable	G r u p o s			
	A	B	C	D
Motilidad masal (0-9)	5.6	8.0	6.2	4.28
Espermas vivos (%)	61.0	67.0	56.9	53.20
Espermas normales (%)	77.9	78.8	65.5	69.2
Conc. Esperm. (x10 ⁶ /ml)	172.7	285.0	250.0	123.0
Calidad seminal	411.3	547.8	453.5	327.7
Circ. media escrotal (cm)	29.1	26.3	24.0	25.7
Testículo derecho (cm)	17.2	16.1	14.0	16.0
Testículo izquierdo (cm)	17.8	16.3	14.4	15.7
Volumen testicular (ml)	512.6	435.7	333.4	411.1
Testosterona (ng/ml)	3.6	7.6	1.4	1.4
Libido (escala 0-5)	3.2	3.7	1.9	2.4
Temperatura (°C)	13.8	18.3	15.2	12.4
Fotoperíodo (h luz)	11.5	12.8	12.3	11.2
Precipitación (mm)	27.9	87.4	37.2	19.4
Individuos-meses	21	21	22	20

Por otro lado, la agrupación de los valores medios de las variables de los individuos-meses del grupo D, presentan la tendencia a que se disminuyan los valores de las variables calidad seminal, niveles de testosterona y apetito sexual; y estos bajos valores se pueden entender a manera de que en este grupo se inclinó a ubicar a los meses de diciembre, enero y febrero; en donde la interacción de los factores climáticos son diferentes en sus valores a la agrupación individuo-meses de los grupos A y B. En otras palabras se puede decir, que en la época de invierno la actividad sexual se vió afectada, quizás, por la acción de las bajas temperaturas y la disminución al fotoperíodo, y/o la interacción de ambos. El mejor ejemplo es la relación directa (Cuadro 4.14) de la temperatura con la calidad seminal (12.4 vs 327.7; 13.8 vs 411.3; 15.2 vs 453.5 y 18.3 vs 547.8).

Cabe señalar, que aunque las observaciones de individuos-meses del grupo C, que por tendencia ubicó a los meses de marzo, abril, mayo y junio, presentaron mejor calidad seminal comparada con los del grupo A; estos presentaron los más bajos valores en la concentración de testosterona y líbido, lo que pone de manifiesto la importancia de esta hormona en la presentación del apetito sexual, dada a la alta correlación que ambas presentan (Sanford *et al.*, 1977; Dufour *et al.*, 1984). Además, es interesante analizar que aunque la actividad espermatogénica se mantenga, ésta es de poca utilidad si no actúa de manera coordinada con la actividad hormonal y el apetito sexual; ya que si individuos con -

buenas características seminales no presentan el adecuado apetito sexual son de escaso valor como seminales.

Los espacios de variables e individuos-meses, generados por los componentes uno y tres (CP_1 y CP_3) pueden ser observados en las Figuras 4.5 y 4.6, respectivamente; en el primero se tiene que las variables del apartado medidas testiculares, principalmente la circunferencia media escrotal y el volumen testicular, así como del apartado hormonal la variable testosterona, presentaron la tendencia de agruparse y los factores climáticos que se encuentran más cerca de ellas son la precipitación y la temperatura (CP_1); y éstas en forma directa con las variables del apartado de las características seminales, en donde el concepto de ortogonalidad con el CP_3 se observa en relación con las variables espermavivos, espermavivos normales, motilidad masal, calidad seminal y libido. Esto puede interpretarse a manera que, los factores climáticos y sus interacciones influyen sobre la actividad hormonal y ésta a su vez con las medidas testiculares, a través de las fluctuaciones en la actividad espermatogénica.

En la Figura 4.6 se encuentra la ubicación de las observaciones individuo-meses; la cual nos dió origen al Cuadro 4.15, el cual representa los valores medios de las variables que fueron significativas; quedando integrados en los grupos A, B, C y D.

En dicho cuadro, podemos observar similar tendencia de agrupación de individuo-meses con lo reportado en los -

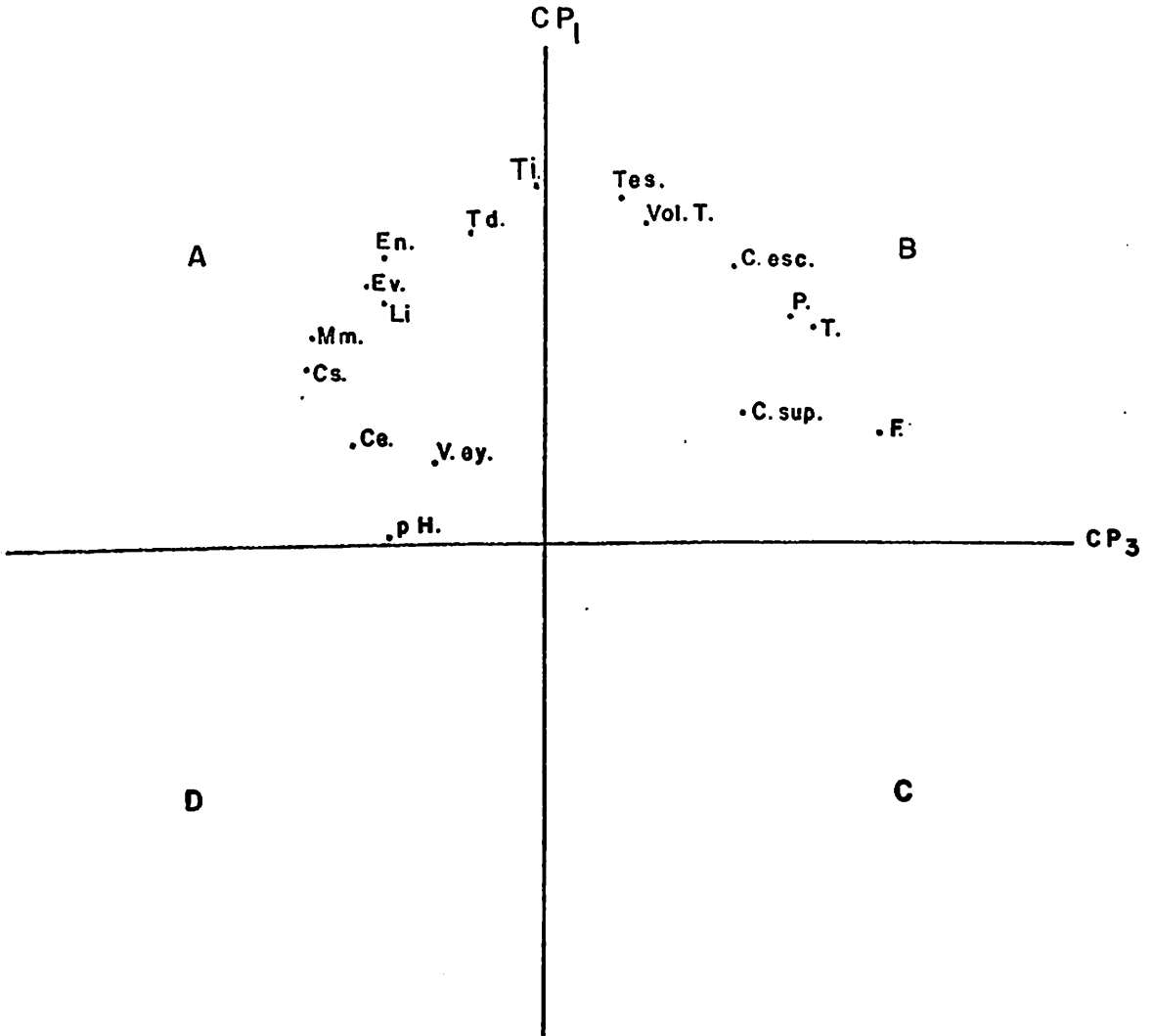


Figura 4.5. Espacio de las variables generadas por los componentes CP_1 y CP_3 , en la actividad reproductiva de sementales caprinos

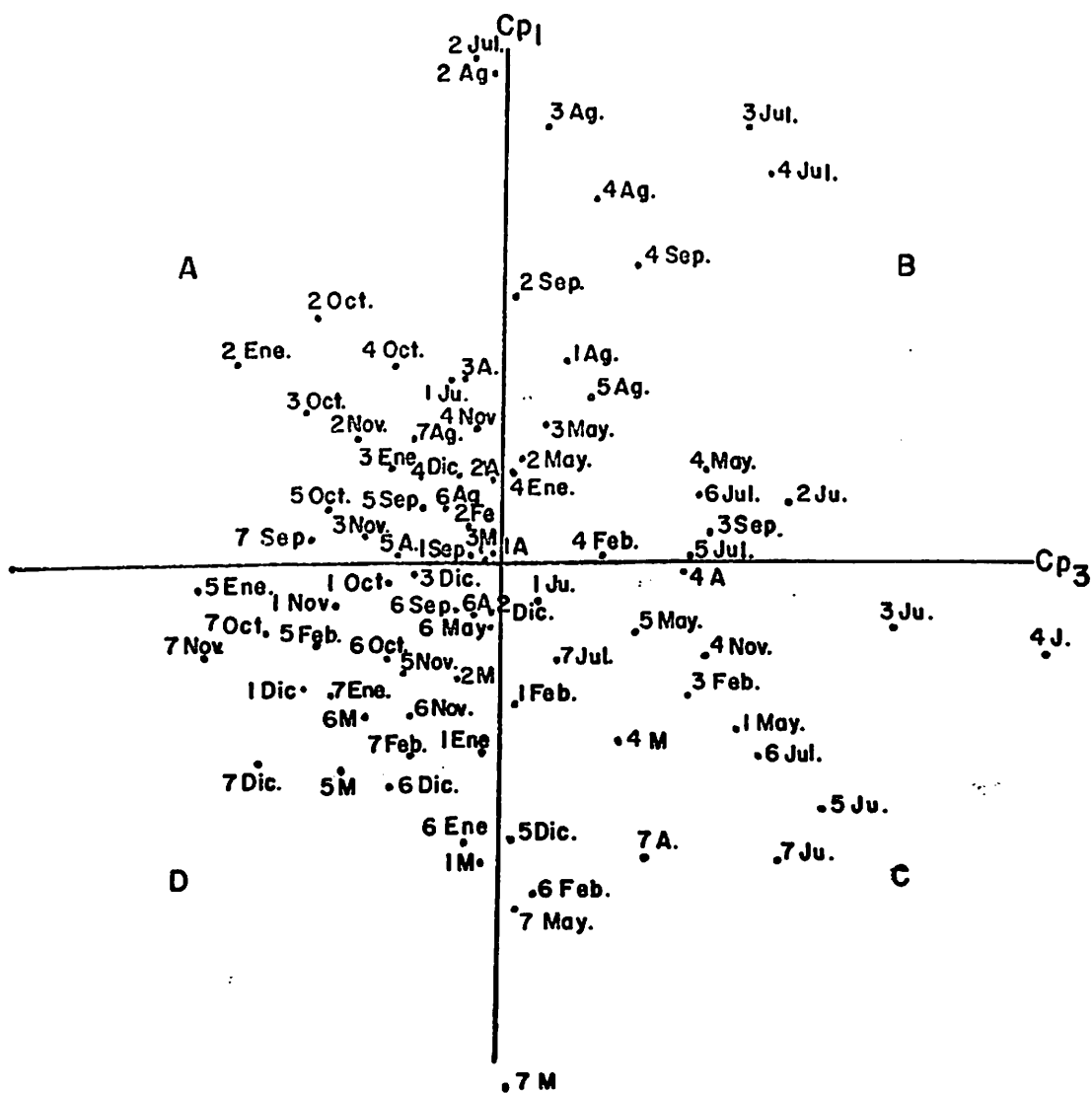


Figura 4.6. Espacio de los individuos-meses generados por los componentes C_1 y C_3 , en la actividad reproductiva de sementales caprinos

Cuadro 4.15. Valores medios de las variables relacionadas -
significativamente con los componentes CP₁ y CP₃
(datos observados)

Variable	G r u p o s			
	A	B	C	D
Espermas vivos (%)	65.29	62.09	44.29	62.00
Espermas normales (%)	77.87	79.77	59.62	73.76
Circ. media escrotal (cm)	26.95	28.52	26.30	23.76
Testículo derecho (cm)	16.70	16.52	14.52	15.33
Testículo izquierdo (cm)	16.80	17.15	14.80	15.40
Volumen testicular (ml)	466.95	485.00	380.78	364.00
Testosterona (ng/ml)	4.25	7.91	1.38	1.49
Líbido (escala 0-5)	3.80	3.20	1.33	2.75
Temperatura (°)	14.99	17.07	16.00	12.32
Fotoperíodo (h luz)	11.86	12.81	12.62	11.22
Individuos-meses	24	17	19	24

componentes CP_1 y CP_2 ; es decir, en las observaciones de los individuos-meses de los grupos A y B, los mayores valores medios corresponden a las variables de los apartados de las características seminales (esperm¹as vivos y esperm¹as normales), medidas testiculares (circunferencia media escrotal y volumen testicular) y el apartado hormonal y de comportamiento sexual (testosterona y l¹ibido); y su ubicaci¹3n correspondi¹3 a los meses de julio, agosto, septiembre y octubre.

La ubicaci¹3n de las observaciones de los individuos meses del grupo D, present¹3 la tendencia de agrupar a los meses de diciembre, enero y febrero; en donde los valores medios de las variables esperm¹as vivos y esperm¹as normales son comparables con los valores de los grupos A y B, pero a diferencia de ¹3stos, los valores medios de las variables tes¹tosterona y l¹ibido son bajos, as¹ como los valores medios de las variables del apartado de medidas testiculares. De nueva cuenta se puede observar, la influencia de la variable testosterona sobre las caracter¹sticas seminales y las medidas testiculares, a trav¹3s de una interacci¹3n de las variables clim¹aticas temperatura y fotoper¹odo (Cuadro 4.15).

En lo que respecta a la agrupaci¹3n de individuo-meses del grupo C (Cuadro 4.15) tom¹3 la tendencia de ubicar a los meses de mayo y junio, que como se podr¹3 observar, fue donde se encontraron los valores m¹3s bajos de las varia¹bles del apartado de las caracter¹sticas seminales (esperm¹as vivos y esperm¹as normales) y de apartado hormonal y com¹portamiento sexual (testosterona y l¹ibido). En este mismo

sentido, se observa que los valores medios de las variables climáticas temperatura y fotoperíodo son altos; y esto ya ha sido observado en algunos estudios en donde se menciona que en los días largos disminuye la calidad seminal, niveles hormonales y actividad sexual (Gómez *et al.*, 1971; Johnson *et al.*, 1973).

Por lo que respecta a los espacios de las variables generadas por los componentes CP_1 y CP_4 (Figura 4.7), sigue haciendo mención que guardan las variables testosterona con las variables espermias vivos y espermias normales, así como con las variables del apartado de las medidas testiculares, las cuales se encuentran en relación directa.

Así también, en base a las características que presentaron las observaciones de individuo-meses, dentro de la distribución espacial de estos dos componentes (CP_1 y CP_4) se formaron los grupos A, B, C y D (Figura 4.8); lo que dió origen al Cuadro 4.16, en donde se incluyen los valores medios de cada una de las variables que respondieron significativamente. En dicho cuadro, se observa nuevamente que las agrupaciones individuo-meses de los apartados A y B, tomaron la tendencia de ubicar a los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre; siendo aquí en donde los valores medios de las variables de los apartados de las características seminales (pH, espermias vivos, y espermias normales) hormonales y comportamiento (testosterona y libido) son más altos, comparados con los valores medios de las variables de los grupos C y D, ya que éstos son más bajos y presentaron

Cuadro 4.16. Valores medios de las variables relacionadas -
significativamente con los componentes CP₁ y CP₄
(datos observados)

Variable	G r u p o s			
	A	B	C	D
pH seminal	7.61	6.8	6.9	7.51
Espermas vivos (%)	62.31	65.01	60.43	46.90
Espermas normales (%)	77.66	79.72	70.63	69.14
Circ. media escrotal (cm)	27.6	28.5	24.7	24.9
Testículo derecho (cm)	16.5	16.7	15.3	14.57
Volumen testicular (ml)	491.14	465.58	373.34	365.58
Testosterona (ng/ml)	6.64	4.48	1.35	3.25
Líbido (escala 0-5)	4.37	2.29	2.07	3.00
Individuos-meses	24	17	26	17

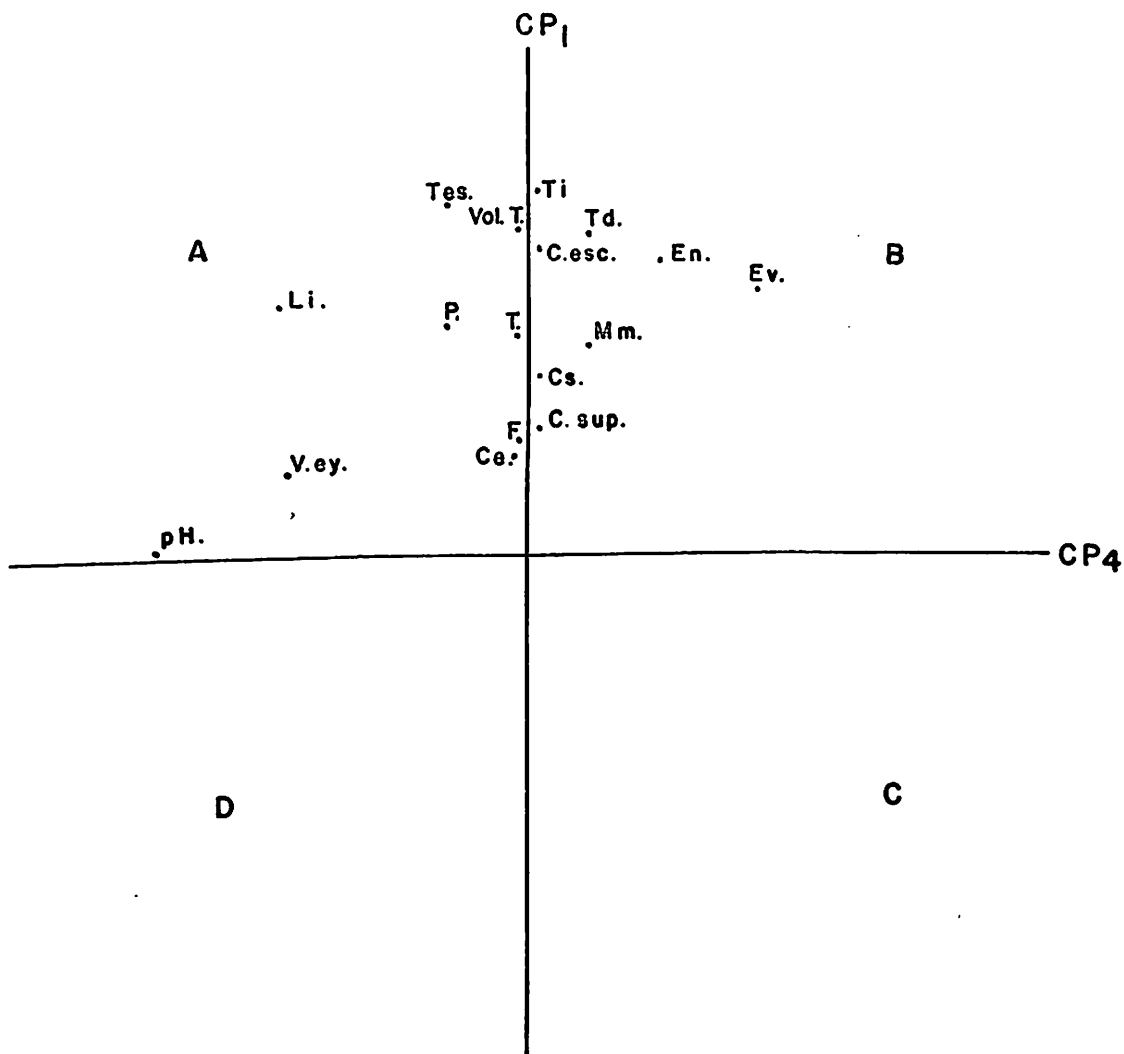


Figura 4.7. Espacio de las variables generadas por los componentes CP_1 y CP_4 , en la actividad reproductiva de sementales caprinos.

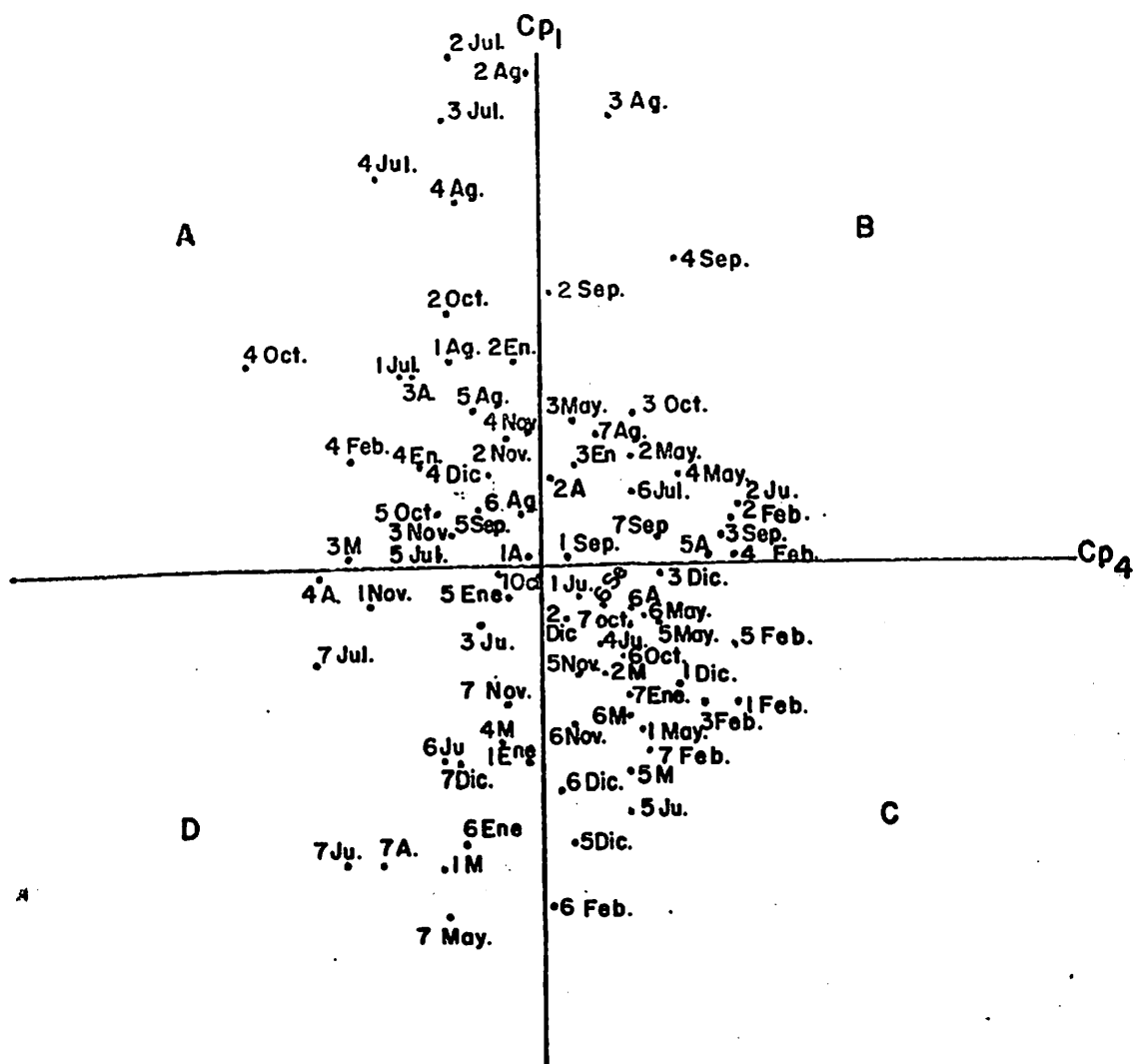


Figura 4.8. Espacio de los individuos-meses generados por los componentes CP_1 y CP_4 , en la actividad reproductiva de sementales caprinos.

la tendencia de ubicar a los meses de diciembre, enero, febrero, mayo y junio. Esto, al parecer, nos indica que existe un efecto interaccional de los factores climáticos, que disminuyen la actividad reproductiva de la especie caprina, localizada tanto en la época de secas (primavera) como en la época de invierno. En la primera la interacción climática puede estar enfocada a situaciones de días con fotoperíodo largo y nula precipitación y/o baja humedad relativa; y la segunda podría estar relacionada a situaciones respecto a las bajas temperaturas que se presentan en esta época del año.

Finalmente, cabe hacer mención que aunque los resultados obtenidos a partir del análisis de componentes principales se basaron en las tendencias de ubicación de las observaciones individuo- meses, que presentaron dentro de los espacios de los cuatro componentes seleccionados (CP_1 , CP_2 , CP_3 y CP_4), se presentaron comportamientos individuales, los cuales no fueron considerados ya que el objetivo del presente estudio, radicó en localizar la influencia que los factores climáticos sobre la actividad sexual de los machos caprinos, basados en una posible estacionalidad.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

- Una mayor actividad reproductiva de los sementales caprinos se localizó entre los meses de julio a noviembre.
- Los niveles en la concentración de testosterona sanguínea, se vieron notablemente influenciados por los factores climáticos y sus interacciones a través del año.
- Se manifestó una influencia parcial de los factores climáticos y sus interacciones sobre las características seminales, principalmente sobre las variables volumen eyaculado, motilidad masal, espermias vivos y espermias normales.
- Los factores climáticos y sus interacciones tuvieron una influencia indirecta sobre las medidas testiculares, relacionada con los incrementos de los niveles de testosterona sanguínea y actividad espermatogénica.
- La asociación de las características seminales con los niveles en la concentración de testosterona sanguínea, ratificó la importancia de esta hormona en los procesos espermatogénicos.

- La asociación entre las variables de las características seminales al parecer, demostró que la variable concentración espermática, es la que más influye sobre el índice de calidad seminal.
- De acuerdo al modelo probado, con respecto a la variable cualitativa-ordinal fecha, se observó que existen fluctuaciones en la actividad reproductiva entre los diferentes meses del año, estas fluctuaciones fueron atribuidas a la influencia de los factores climáticos y sus interacciones.
- Las interacciones de los factores climáticos funcionan como indicadores del reloj biológico, para el incremento en la actividad reproductiva de los sementales caprinos, a través del año; en este caso, al parecer, la interacción se presenta entre los meses de junio a julio, que es cuando se manifiesta el cambio en el fotoperíodo.
- La tendencia general observada, en el análisis de componentes principales, fue la de separar las observaciones individuos-meses; agrupando por un lado a los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, que es en donde se presentó la mayor actividad reproductiva, y por el otro, a las estaciones de primavera e invierno, ambas con menor actividad reproductiva. En

la primera, la influencia ambiental se manifestó en interacciones de días con fotoperíodo largo, alta temperatura y baja humedad relativa y/o nula precipitación, y en la segunda, por la interacción de días con fotoperíodo corto, bajas temperaturas y alta humedad.

- La condición corporal de los sementales no guardó asociación con las características seminales y factores climáticos, pero sí con las variables de las medidas testiculares.
- Se puede decir, finalmente, que la actividad reproductiva en machos caprinos de la región, presenta influencias ambientales, causadas por interacciones de las variables climáticas temperatura, fotoperíodo y precipitación.

CAPITULO 6

RESUMEN

Con el objeto de observar los efectos de los factores climáticos sobre la actividad reproductiva en machos caprinos; se evaluaron, durante un año, siete sementales caprinos de las razas Alpina, Nubia y Saanen, los cuales estuvieron bajo condiciones semiestabuladas de manejo y alimentación. El área de estudio se localizó en el Rancho Experimental Ganadero Los Angeles, perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado geográficamente dentro de los paralelos 25°11' latitud norte y 101°04' longitud oeste, al sur del Estado de Coahuila, México.

Las variables consideradas para el análisis fueron de dos tipos:

A. Variables relacionadas con el semental.

B. Variables relacionadas con los factores climáticos.

Dentro de las variables relacionadas con el semental (variables respuesta) se evaluaron:

a₁. Características seminales; las cuales incluyeron las variables volumen eyaculado, apariencia

motilidad masal, motilidad progresiva, espermas vivos, espermas normales, concentración espermática y la variable compuesta de calidad seminal. La muestra de semen fue obtenida por la técnica del electroeyaculado.

a . Niveles de testosterona sanguínea y comportamiento sexual; utilizando, para su determinación, la prueba del radioinmuno-análisis y la metodología de "monta a corral", respectivamente.

a . Medidas testiculares; donde se midieron las variables circunferencia escrotal y volumen testicular.

Dentro de las variables climáticas (variables independientes) se consideraron específicamente los valores medios mensuales de la temperatura, fotoperíodo y precipitación; obtenidos de la estación climatológica que se encuentra en el área de estudio.

La mayor actividad reproductiva de los sementales se presentó entre los meses de julio a noviembre. Los factores climáticos y sus interacciones, mostraron mayor influencia en los niveles de testosterona sanguínea, la cual presentó sus más bajos valores en los meses de febrero y marzo (1.05 y 1.07 ng/ml, respectivamente), y los más altos en los meses de julio y agosto (11.52 y 11.96 ng/ml, respectivamente), esta variable presentó correlaciones altamente significativas

con el comportamiento sexual o líbido ($r = -0.43$); asimismo, se asoció con casi todas las variables de las características seminales, específicamente con la motilidad masal, espermas vivos, espermas normales, motilidad progresiva y calidad seminal. La variable compuesta calidad seminal, presentó dos incrementos en sus valores a través del año; el primero se ubicó en los meses de abril y mayo, y el segundo dentro de los meses comprendidos de julio a noviembre, éste último coincidió con los máximos valores en los niveles de testosterona y apetito sexual. Los factores climáticos presentaron influencia sobre algunas variables de las características seminales, en donde la variable volumen eyaculado se asoció significativamente con el fotoperíodo ($r = 0.24$), la temperatura con las variables motilidad masal, concentración espermática y calidad seminal ($r = 0.25, 0.25$ y 0.25 , respectivamente), y la variable climática precipitación sólo manifestó asociación con los espermas vivos. Las variables circunferencia escrotal y volumen testicular, no presentaron asociación con los factores climáticos; pero sí con los niveles de testosterona sanguínea ($r = 0.28$ y 0.24) y características seminales. La variable concentración espermática fue, al parecer, la que más determinó la calidad seminal, dado a su alto grado de correlación presentado ($r = 0.95$). Se observó que a través del año, algunas variables siguieron un patrón de comportamiento que dependió de la fecha o época del año, en donde los factores climáticos y sus interacciones ejercen su influencia; esta se manifestó mas determinantemente sobre los incrementos en la actividad hormonal y apetito

sexual, siendo menos marcado sobre las características seminales. Las medidas testiculares presentaron influencia de los factores climáticos de manera indirecta, a través de los incrementos en la actividad hormonal y espermatológica. La asociación de la variable testosterona con las características seminales ratificó la importancia de esta hormona en los procesos espermatogénicos. Al parecer los factores climáticos y sus interacciones, funcionan como indicador del reloj biológico para un incremento de la actividad reproductiva de los sementales a través del año; en este estudio la activación hormonal, se presentó entre los meses de junio a julio que es cuando se presenta el cambio de fotoperíodo. Se puede decir entonces, que la actividad reproductiva en los machos caprinos de la región manifestó influencias ambientales, causadas por las interacciones de las variables climáticas temperatura, fotoperíodo y precipitación.

CAPITULO 7

LITERATURA CITADA

- Alder, L.H. and B.E. Roessler. 1968. Introduction to probability and statistics. Fourth edition. W.H. Freeman and Company. San Francisco. p. 278, 281-283. United States of America.
- Arbiza, S.I.A. 1986. Producción de caprinos. AGT. Ed. S.A. México. p. 195-198.
- Avendaño, E., A. Rosales y F. Sánchez. 1984. Efecto de la estación del año sobre la eficiencia reproductiva en caprinos criollos del sur de México. I. Reunión Nacional de Caprinocultura. UAAAN. México. p. 12.
- Belanger, J. 1984. Cría moderna de las cabras lecheras. Ed. Continental. México. 61 p.
- Boland, M.P., A.A. Al-Kamali., T.F. Crosby, N.B. Haynes, C.M. Howles., D.L. Kellher and I. Gordon. 1984. The influence of breed, season and photoperiod on semen characteristics, testicular size, libido and plasma hormone concentrations in rams. Anim. Reprod. Sci. 9(3):241-252. Netherlands.
- Bondurant, R.H. 1981. Reproductive physiology. Modern vet. (July):525-529. United States of America.
- Corteel, J.M. 1977. Production storage and insemination of goat semen. In: Management of reproduction in sheep and goat simposium. University of Wisconsin. (July) 24-25. United States of America
- De Alba, J.1970. Reproducción y genética animal. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Ed. Sci. México. p. 80-100.
- _____ 1985. Reproducción animal. Ed. La Prensa Médica Mexicana. México. p. 395.
- Djimde, M. and Wenninger. 1986. Semen quality in relation to genotype and season in the tropics of Bangladesh. Anim. Research and Development. 23:116-127. Federal Republic of Germany.

- Dufour, J.J., M.H. Fahmy, and F. Mivielle. 1984. Seasonal changes in breeding activity testicular size, testosterone concentration and seminal characteristics in rams with long or short breeding season. *J. Anim. Sci.* 58(2):416-422.
- Fincher, M.G. 1964. V Congress of Animal Reproduction. Colorado State University. Sec. 4:281. United States of America.
- Frandsen, R.D. 1986. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Ed. Interamericana. México. p. 517.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Koeppen. 2a. ed. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Gipson, T.A., D.W. Vogt, J.W. Massey and R.M. Ellersieck. 1985. Associations of escrotal circumference with semen traits in young beef bulls. *Theriogenology* 24(2):212. United States of America.
- Gómez, W.R., W.R. Butler and A.D. Johnson. 1971. Effect of elevated ambient temperature on testis and blood levels and *in vitro* Biosynthesis of testosterone in the ram. *J. Anim. Sci.* 33(4):804-807. United States of America.
- Guevara, C.R. 1983. Introducción al análisis de los componentes principales y al análisis de correspondencias CIAD-CATIE Turrialba. Costa Rica. p. 112.
- Hahn, J., R.H. Foote and G.E. Sei. del Jr. 1969. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. *J. Anim. Sci.* 29:41-47. United States of America
- Hillel, J., Levin and D. Rattner. 1986. Genetic and seasonal effects on plasma testosterone concentration during the growth period of yaez (goat x ibex crosses) and Sinai, goat male kids. Possible effect of growth *J. Anim. Breeding. Genet.* 103:265-278.
- Hintze, J.L. 1985. Number cruncher statistical system. Version 4.2. Kaysville, Utah. United States of America.
- Hoffmann, B.; W. Leidl and H. Karg. 1972. Seasonal rhythm of reproduction in the male goat. VII International Congress on Animal Reproduction and Artificial Insemination Munich Sumaries 423-424. Republic Federal Germany
- Illius, A.W., N.B. Haynes and G.E. Lamming. 1976. Effects of oove proximity on peripheral plasma testosterone levels and behavior in the ram. *J. Reprod. Fertil.* 48:75. Great Britain.

- Isebrands, J.G. and T.R. Crow. 1975. Introduction to uses and interpretation of principal component analysis in forest biology. USDA. For Serv. Gen. Tech. Rep. MC-17. North Central Experiment Sta. Poul, Minn. p. 19. United States of America.
- Johnson, B.H., D. Desjardins and L.L. Ewing. 1973. Seasonal effects on testis funetron in lams. J. Anim. Sci 37 (1):247 (Abst). United States of America.
- Katangole, C.B., F. Naftolin and R.V. Short. 1974. Seasonal variations in blood luteininzing hormone and testosterone levels in rams. J. Endocrinal. 60:101. Great Britain.
- Knight, T.W. 1977. Methods for the indirect estimation of testis weight and esperm numbers in merino and romney rams. N-2. J. of Agric Res. 20:291. New Zeland.
- Land, RB and. D.I. Sales. 1977. Matting behaviour and testis growth of finish handrace, tasmanian merino and cross breed rams. Anim. Prod. 24:83-90. United Kinding.
- Lindsay, D.R., J. Pelletier, C. Pisselet and M. Court. 1984. Changes in photoperiod and nutrition and their effect on testicular growth rams. J. Reprod. Fert. 71:351-356. Great Britain.
- Loubser, P.G., C. Nierkerk, C.H. Van and L.J.J. Botha. 1983. Seasonal changes in sexual activity and semen quality in the angora ram. Libido and male hormone concentrations. South African Journal of Animal Science 13(2):131-133. South Africa.
- Lunstra, D.D. 1982. Testicular development and onset of puberty in beef bulls. Beef Research Progress. Report N° 1. U.S. Meat Anim. Res. Center. 21:26- United States of America.
- Márquez, M.M.D., A.D. Felipe Santiago y A.G. Trejo. 1987. Reservas espermáticas gonadales y extragonadales en cabritos tratados con un análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) durante la pubertad. III Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Fac. de Estudios Superiores de Cuautitlán. UNAM. p. 48-52. México.
- Maynard, L.A. 1968. Nutrición Animal. Fundamentos para la alimentación del ganado. 2a. ed. Unión tipográfica hispanoamericana. México. 529 p.
- Merino, M. 1986. Técnica de radio de inmunoanálisis. Boletín Académico. Facultad de Medicina. Hospital Universitario de Monterrey, N.L. México. 32 p. ✓

- Mezes, M. and Z. Forro. 1986. Seasonal variations in plasma testosterone levels of rams. Bull of University of Agricultural Sciences. Godollo. (1):81-84.
- Monet-Kuntz C., M.T. Hochereau de R. and Terqui. 1984. Variations in testicular androgen receptors and histology of the lamb testis from birth to puberty. J. Reprod Fert. 70:203-210. Great Britain.
- Ott, R.S. and M.A. Memon. 1980. Breeding sounders examinations of rams and bucks a review. Theriogenology 13(2):144. United States of America.
- Quittet, E. 1978. La cabra, guía práctica para el ganadero. Ed. Mundi Prensa. Madrid España. p. 65-66.
- Salazar, C.A.E., J.L. Reyes, J.R. García y G.A. Trejo. 1987. Correlaciones entre el desarrollo corporal, tamaño testicular, calidad seminal y la concentración hormonal en cabritos tratados con androgenes y ganado tropinas antes de la pubertad. III Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Fac. de Estudios Superiores. Cuautitlán. UNAM. México. p. 28-35.
- Sanford, L.M., C. Faiman, B.E. Howland and W.M. Palmer. 1976. The profile of follicle stimulating hormone secretion in the ram. J. Anim. Sci. 56:496. United States of America.
- Sanford, L.M., W.M. Palmer y B.E. Howland. 1977. Changes in the profiles of serum, LH, FSH and testosterone, and in mating performance and ejaculate volume in the ram during the ovine breeding season. J. of Anim. Sci. 46(65):1382-1391. United States of America.
-
1982. Influence of age and breed on circulating LH, FSH and testosterone levels in the ram. Can. J. Anim. Sci. 62: 767-776. Canadá.
- Schambacher, B.D. y D.D. Lunstra. 1976. Seasonal changes in sexual activity and serum levels of LH and testosterone in finnish londrace and sufflok rams. J. Anim. Sci. 43(3):644-650. United States of America.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1984. Dirección General de Distritos y Unidades de temporal del Estado de Zacatecas. Inventario Ganadero. México. p. 25-26.
- Sharpe, R.M. 1987. Testosterone and espermatogenesis. Journal of endocrinology. 113:1-2. Great Britain.

- Shelton, E.M. 1978. Reproduction and breeding of goats. J. Dairy Sci. 61(3):994--100. United States of America.
- Sinha, N.K., W.Waing. and K.L. Shani. 1981. Effect of season and age on seminal attributes of jamnapari bucks. Indian Vet. J. 58(12):963-965. India.
- Simplicio A., A., G.S. Riera, E.A. Nelson and K.P. Pant. 1982. Seasonal variation in seminal and testicular characteristics of Brazilian somali rams in the hot semi-arid climate of tropical North-east. Brazil J. Reprod. Fert. 66(2):735-738. Great Britain.
- Sorensen, A.M. 1984. Reproducción Animal. Principios y Prácticas. Ed. McGraw-Hill. México. p. 539.
- Trejo, G.A. 1984. Manejo del semental caprino. Ganadero. 9(2):64. México.
- _____ 1987. Correlaciones entre las características seminales y los niveles de testosterona en machos puberes y adultos de la raza Alpina. Memorias de la IV Reunión Nacional de Caprinocultura. Fac. de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. p. A19-A21. México.
- Valencia, M.J., C. Galina H., A. Saltiel C., J. Becerril A., C. Bustamante, A. Calderón Y., A. Duchatev B., S. Fernández B., A. Olguín B., R. Páramo R. y L. Zarco Q. 1986. Reproducción de animales doméstico. Ed. Limusa. México. p. 347-355.
- Williams, G.L., L. Ruttle and Z. Ezas. 1976. Plasma androgen levels in yearling and mature rams. J. Anim. Sci. 43:310 (Abst.) United States of America.
- Zemjaniz, R. 1982. Reproducción Animal. Ed. Limusa. México. 253 p.

A P P E N D I C E A

Cuadro A1. Análisis de varianza para la variable volumen eyaculado

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1F + b_2PF + b_3TP + b_4T^2 + b_5P^2$$

F,V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Modelo	5	4.98	0.99	1.67 ns
F	1	2.69	2.69	4.53 *
PF	1	0.61	0.61	1.03 ns
TP	1	0.30	0.30	.50 ns
T ²	1	0.58	0.58	.98 NS
P ²	1	0.79	0.79	1.33
Error	78	46.36	0.59	
Total	83	51.34		

F = Fotoperíodo T - Temperatura P = Precipitación

Cuadro A2. Análisis de varianza para la variable motilidad ma
sal

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1T + b_2TF + b_3F + b_4F^2 + b_5T^2$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Modelo	5	127.75	25.55	5.36 **
T	1	32.83	32.83	6.89 *
TF	1	15.38	15.38	3.23 ns
F	1	8.74	8.74	1.84 ns
F ²	1	67.13	67.13	14.13 **
T ²	1	3.65	3.65	0.76 ns
Error	78	371.23	4.75	
Total	83	498.98		

T = Temperatura

F = Fotoperíodo

Cuadro A3. Análisis de varianza para la variable espermas vivos.

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1P^2 + b_2F^2 + b_3T + b_4F + b_5TF$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Modelo	5	3416.83	683.36	4.67 **
P ²	1	853.02	853.02	5.83 *
F ²	1	672.42	672.42	4.60 *
T	1	1168.43	1168.43	7.99 **
F	1	273.43	273.43	1.87 ns
TF	1	449.50	449.50	3.07 ns
Error	78	11401.90	146.17	
Total	83	14.818.73		

T = Temperatura

F = Fotoperíodo

P = Precipitación

Cuadro A4. Análisis de varianza para la variable espermas - normales

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1F^2 + b_2T + b_3F + b_4PF + b_5TF.$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Modelo	5	2196.03	439.20	4.00 **
F ²	1	163.28	163.28	1.48 ns
T	1	1045.38	1045.38	9.51 **
F	1	632.03	632.03	5.75 *
PF	1	216.59	216.59	1.97 ns
TF	1	138.72	138.72	1.26 ns
Error	78	8572.94	109.90	
Total	83	10768.98		

F = Fotoperíodo T = Temperatura P = Precipitación

Cuadro A5. Análisis de varianza para la variable calidad semanal

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1T + b_2TF + b_3F + b_4F^2 + b_5T^2 + b_6P^2$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Modelo	6	341756.00	56959.33	3.14 *
T	1	115273.90	115273.90	6.36 *
TF	1	51479.55	51479.55	2.84 ns
F	1	15716.79	15716.79	0.86 ns
F ²	1	124369.10	124369.10	6.86 *
T ²	1	27871.38	27871.38	1.53 ns
P ²	1	7045.33	7045.33	0.38 ns
Error	77	1395140.00	18118.70	
Total	83	1736896.00		

T = Temperatura

F = Fotoperíodo

P = Precipitación

Cuadro A6. Análisis de varianza para la variable testosterona

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1P^2 + b_2PF + b_3P + b_4T + b_5TP$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Modelo	5	1022.73	204.54	15.5 **
P ²	1	850.69	850.69	64.5 **
PF	1	118.81	118.81	9.01 **
P	1	6.72	6.72	0.50 ns
T	1	14.42	14.42	1.09 ns
TP	1	32.07	32.07	2.4 ns
Error	78	1028.16	13.18	
Total	83	2050.89		

P = Precipitación

F = Fotoperíodo

T = Temperatura

Cuadro A7. Análisis de varianza para la variable libido

$$\text{Modelo: } Y = b_0 + b_1P^2 + b_2TP + b_3P + b_4T + b_5PF + b_6F$$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.
Modelo	6	120.36	20.06	13.09 **
P ²	1	23.11	23.11	15.08 **
TP	1	49.13	49.13	32.00 **
P	1	10.57	10.57	6.90 *
T	1	18.41	18.41	12.00 **
PF	1	17.83	17.83	11.65 **
F	1	1.29	1.29	0.84 ns
Error	77	117.95	1.53	
Total	83	238.32		

P = Precipitación

F = Fotoperíodo

T = Temperatura