

EVIDENCIA DE QUE LA LUZ ARTIFICIAL Y LA
MELATONINA INDUCEN LA ACTIVIDAD SEXUAL DE LOS
MACHOS CABRÍOS CRIOLLOS DE LA COMARCA LAGUNERA
EXPLOTADOS DE MANERA EXTENSIVA

CARLOS ALBERTO YESCAS CORONADO

TESIS

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



Universidad Autónoma Agraria "AntonioNarro"
Unidad Laguna - Subdirección de Postgrado.
Torreón Coahuila, mayo de 1999.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Unidad Laguna

Subdirección de Posgrado

Evidencia de que la luz artificial y la melatonina inducen la actividad sexual de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera explotados de manera extensiva

Tesis

Por

Carlos Alberto Yescas Coronado

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

Maestro en Ciencias

en Reproducción Animal

Comité Particular

Asesor principal:



Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez

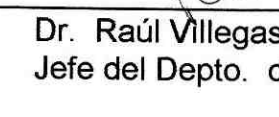
Asesor:


M.C. Jesús Vielma Sifuentes

Asesor:


Dr. Benoit Malpaux


Dr. Raúl Villegas Vizcaíno
Jefe del Depto. de Posgrado


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Posgrado

Dedicatorias

A dios nuestro señor por darme la capacidad de soportar y concluir mis estudios de Maestría en Reproducción Animal

A mis padres:

María de la Luz Coronado Mendoza

Rosalío Yescas Valles

A mi esposa e hijos:

Sara Claudia Perales Espino

Carlos Alberto

Salma Gissel

A mis hermanos:

Pablo

Felipe

Pedro

Antonio

Josefina

Román

Agradecimientos

A mi asesor Dr. José Alberto Delgadillo Sánchez quien me brindó su confianza para la realización de este estudio, por su apoyo y su amistad, gracias.

Al CONACyT por los recursos económicos facilitados durante el estudio.

Al M.V.Z. Jesús Viesca Durán por la ayuda incondicional para conseguir los animales experimentales.

A los Sres. Jesús Jáquez Guzmán y Pablo López por el cuidado de los animales experimentales.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO U-L por permitirme seguir realizando mis estudios dentro de sus instalaciones.

A mis maestros que me compartieron sus enseñanzas dentro del aula y su amistad fuera de ellas.

Muy en especial al Dr. Carlos Leyva Orasma por el apoyo y amistad que siempre me brindó, gracias.

A mis compañeros de investigación, Evaristo Carrillo C., Alfredo Flores A., Gerardo Duarte M., Gerardo Canedo, Juanita Aguilar, Javier Morán, Sergio Barraza, Concepción Aguilar, Oscar Villarreal, Gerardo Véliz, Héctor Felipe Hernández, Juan Ramón Luna, Candelario Guzmán y Antonio Pérez, por su ayuda y amistad que siempre me brindaron, gracias.

A las Sritas. Dolores López Secretaria del Depto. de Investigación, y Esther Peña Secretaria del Postgrado por su amistad y apoyo durante mis estudios, gracias.

A los encargados de la sala de cómputo: Sonia López Galindo, Víctor Arturo Hernández Bustamante y Graciela Adame por su amistad que siempre me brindaron, gracias.

Compendio

Evidencia de que la luz artificial y la melatonina inducen la actividad sexual de los machos Cabríos Criollos de la Comarca Lagunera explotados de manera extensiva

Por

Carlos Alberto Yescas Coronado

Maestría en Ciencias

Reproducción Animal

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Torreón, Coahuila, mayo 1999

Dr. J. Alberto Delgadillo Sánchez - asesor

Palabras clave: Reproducción, estacionalidad, luz artificial, melatonina, zonas subtropicales, machos cabríos.

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar el efecto de la luz artificial y la melatonina sobre la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) durante el periodo de reposo sexual explotados extensivamente sin suplementación en el corral. Se utilizaron 12

machos cabríos Criollos adultos, representativos del fenotipo de la Comarca Lagunera.

La concentración plasmática diurna de melatonina (>5 pg / ml) siempre fue superior ($P < 0.0001$) en el grupo experimental que en el grupo control. El ANOVA indicó un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.0001$). Además, existió una interacción lote*tiempo ($P < 0.05$). Sin embargo, ninguna diferencia significativa fue encontrada al hacer la comparación dos a dos. El ANOVA indicó la existencia de un efecto del tiempo sobre la evolución del peso testicular ($P < 0.0001$). También hubo una interacción lote*tiempo ($P < 0.05$). En efecto, el peso testicular de los machos del grupo experimental fue superior al de los machos del grupo testigo en el mes de abril ($P < 0.0001$). El ANOVA demostró la existencia de un efecto del tiempo sobre la latencia a la eyaculación ($P < 0.0001$). También existió una interacción lote*tiempo ($P < 0.05$). En febrero y marzo, la latencia fue mayor en el grupo experimental que en el testigo ($P < 0.05$). En cambio, en abril la latencia fue superior en el grupo testigo que en el tratado ($P < 0.05$). El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre los rechazos a la eyaculación ($P < 0.01$). Además existió una interacción lote*tiempo ($P < 0.05$). En marzo, el número de rechazos a la eyaculación fue mayor en el grupo experimental que en el grupo testigo ($P < 0.01$). El tiempo del experimento tuvo un efecto sobre el volumen del eyaculado ($P < 0.0001$). También, existió una interacción lote*tiempo ($P < 0.05$). Sin embargo, ninguna diferencia fue encontrada al comparar mes con mes. La

concentración del eyaculado también varió a través del experimento ($P < 0.001$). una interacción lote* tiempo fue registrada ($P < 0.05$). En marzo y mayo, la concentración fue superior en el grupo testigo que en el grupo tratado ($P < 0.05$). Asimismo, el número total de espermatozoides varió durante el estudio ($P < 0.001$). Una interacción lote * tiempo fue también detectada ($P < 0.05$). En abril, el número de espermatozoides fue mayor en el grupo control que en el experimental ($P < 0.05$). La motilidad espermática y el porcentaje de espermatozoides vivos variaron a través del tiempo. Ninguna interacción fue detectada entre el lote* tiempo.

Los datos demuestran que el peso testicular puede ser incrementado en los machos cabríos en condiciones extensivas usando días largos artificiales y melatonina. Sin embargo, el comportamiento sexual y la producción espermática no mejoraron con este tratamiento fotoperiódico.

Abstract

Evidence that the artificial light and melatonin induce the sexual activity of the creole male goats in the Comarca Lagunera maintained in extensive conditions

BY

Carlos Alberto Yescas Coronado

MASTER OF SCIENCE

ANIMAL REPRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, mayo 1999

Dr. J. Alberto Delgadillo Sánchez - Advisor

Key Word: Reproduction, Seasonality, Artificial light, Melatonin, Subtropical zones, Male goats.

The present study was carried out to determine the effect of artificial light and melatonin on the sexual activity in the Creole male goats of the Comarca Lagunera (26 °N) maintained in extensive conditions. Twelve creole bucks

representative of the phenotype in the Comarca Lagunera were used. The diurnal plasma melatonin concentration (>5 pg / ml), was higher in the experimental ($P<0.0001$) than of the control group. ANOVA indicated an effect of time on the changes in body weight ($P<0.0001$). In addition, an interaction between group and time was also revealed ($P<0.05$). However no difference was found when the data were compared two by two. Time had an effect on testicular changes ($P<0.0001$). An interaction group and time was observed ($P<0.05$). In April, the testicular weight was higher in the treated than in the control group ($P<0.0001$). The latency of ejaculation varied throughout the experiment ($P<0.0001$). An interaction group and time was observed ($P<0.05$). In February and March, the latency to ejaculation was higher in the treated than in the control group ($P<0.05$). In contrast, in April, this latency was higher in the control than in the experimental group ($P<0.05$). The refusal number to ejaculate varied during the study ($P<0.01$). In addition, an interaction between group*time was found ($P<0.05$). In March, the values obtained in the experimental group were higher than those observed in the control group ($P<0.01$). Time had an effect on the changes in ejaculate volume ($P<0.0001$) and an interaction was observed ($P<0.05$). However, no difference was found when the data were compared two by two. The ejaculate concentration also varied through the study ($P<0.001$) and an interaction group and time was found ($P<0.05$). In March and May, the ejaculate concentration was lower in the experimental than in the control group ($P<0.001$). In the same way, the total

number of spermatozoa per ejaculate varied during the study and interaction time and group was revealed ($P < 0.05$). In April, the observed values were higher in the control than in the experimental group ($P < 0.05$). The spermatozoa motility and the percentage of live spermatozoa varied through the experiment ($P < 0.001$). No interaction time and group was detected.

These data demonstrate that the testicular weight can be increased in Creole male goats in extensive conditions using artificial long days and melatonin. However, the sexual behavior and the semen production were not improved by this photoperiodic treatment.

INDICE DE CONTENIDO

páginas.

Indice de figuras..... XIII

Capítulo 1

Introducción..... 1

Objetivo..... 3

Hipótesis..... 3

Capítulo 2

Revisión de literatura..... 4

2.1.-Actividad reproductiva de ovinos y caprinos originarios de zonas templadas 4

2.2.-Variaciones del peso testicular y producción espermática 5

2.3.- La libido y secreción de testosterona 6

2.4.- El fotoperíodo, sincronizador de la actividad sexual de las razas originarias de zonas templadas 7

2.4.1.- Influencia del fotoperíodo sobre la actividad sexual 7

2.5.- Manipulación de la reproducción con tratamientos fotoperódicos y melatonina 8

2.5.1.- Ritmo de secreción de la melatonina..... 9

2.5.1.- Síntesis y secreción de la melatonina.....	9
2.6.- Actividad sexual de razas originarias de zonas tropicales y subtropicales	10
2.6.1.-Actividad sexual de las razas originarias de zonas tropicales.....	10
2.6.2.- Actividad sexual de las razas originarias de zonas subtropicales.....	11

Capítulo 3

Materiales y métodos	13
3.1. - Localización del experimento	13
3.2.- Animales experimentales	13
3.3.- Alojamientos de los machos	14
3.4.- Alimentación y manejo de los animales experimentales.....	15
3.5.- Parámetros evaluados	15
3.5.1. Muestras sanguíneas.....	16
3.5.1.1.- Melatonina	16
3.5.2.- Peso corporal	16
3.5.3.- Peso testicular	16
3.5.4.- Colecta de semen	17
3.5.5.- Latencia y porcentaje de rechazos a la eyaculación	17
3.6.- Producción espermática cuantitativa	18
3.6.1 .-Volumen del eyaculado	18
3.6.2.- Concentración espermática ($\times 10^9$ /ml)	18
3.6.3.- Número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$)	19
3.7.- Calidad del semen	19

3.7.1- Motilidad espermática	19
3.7.1- Porcentaje de espermatozoides vivos	19
3.8. Análisis estadísticos	20
3.9 - Expresión de resultados	20
Capítulo 4	
Resultados	21
4.1.- Melatonina.....	21
4.2.- Peso corporal	22
4.3.- Peso testicular	26
4.4.- Libido: Latencia y rechazos a la eyaculación.....	30
4.4.1- Latencia a la eyaculación	30
4.4.2.- Rechazos a la eyaculación.....	33
4.5.- Producción espermática cuantitativa: volumen, concentración y número total de espermatozoides.....	36
4.5.1.- Volumen del eyaculado	36
4.5.2.- Concentración del eyaculado.....	39
4.5.3.- Número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$ /ml) ..	42
4.6.- Calidad del semen: Motilidad y porcentaje de espermatozoides vivos.....	45
4.6.1.- Motilidad espermática.....	45
4.8.- Porcentaje de espermatozoides vivos	48
Capítulo 5	
Discusión	51
Capítulo 6	
Conclusiones	56

Capítulo 7

Resumen 57

Capítulo 8

Literatura citada 60

ÍNDICE DE FIGURAS

- Tabla I.** Promedio \pm s.e.m del nivel sanguíneo de melatonina de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE) explotados en un sistema extensivo.....23
- Fig 1.** Evolución del peso corporal (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo..... 25
- Fig 1.1.** Evolución del peso corporal de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo..... 26
- Fig 1.2.** Evolución del peso corporal de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo..... 27
- Fig 2.** Evolución del peso testicular (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.....29

- Fig 2.1** Evolución del peso testicular individual de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.....30
- Fig 2.2.** Evolución del peso testicular individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....31
- Fig 3.** Latencia a la eyaculación (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.....32
- Fig 3.1.** Evolución de la latencia a la eyaculación individual de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.....33
- Fig 3.2.** Evolución de la latencia a la eyaculación individual de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....34
- Fig 4.** Rechazos a la eyaculación (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.....35

- Fig 4.1.** Evolución de los rechazos a la eyaculación individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.....36
- Fig 4.2.** Evolución de los rechazos a la eyaculación individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....37
- Fig 5 .** Volumen del eyaculado (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT ----○----) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.38
- Fig 5.1 .**Evolución del volumen del eyaculado individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.39
- Fig 5.2 .**Evolución del volumen del eyaculado individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo...40

- Fig 6.** Concentración del eyaculado en espermatozoides de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.....41
- Fig 6.1.-** Evolución de la concentración espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural explotados y en un sistema extensivo.....42
- Fig 6.2.-** Evolución de la concentración espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....43
- Fig 7.** Número total de espermatozoides (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.....44
- Fig 7.1.** Evolución del número total de espermatozoides individual de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.....45

- Fig 7.2.** Evolución del número total de espermatozoides, individual, de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....46
- Fig 8.** Motilidad espermática (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo47
- Fig 8.1.** Evolución de la motilidad espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo48
- Fig 8.2.** Evolución de la motilidad espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....49
- Fig 9.** Porcentaje de espermatozoides vivos (promedio \pm S.E.M) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.....50

- Fig 9.1.** Evolución del porcentaje de espermatozoides vivos individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.....51
- Fig 9.2.** Evolución del porcentaje de espermatozoides vivos individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.....52

Capítulo 1

1.1.- INTRODUCCIÓN.

Desde el punto de vista socioeconómico, la caprinocultura es una actividad muy importante, debido a que su explotación es factible en áreas marginadas que no permiten el desarrollo de la agricultura ni la producción eficiente de otras especies pecuarias. Los caprinos son una de las especies que ofrecen mayores perspectivas para la explotación, gracias a su capacidad para adaptarse a las áreas o terrenos de mala calidad o difícil acceso y por sus características productivas (Agraz, 1984; Arbiza, 1986). Además, en determinadas circunstancias, los caprinos representan la principal fuente de ingresos para la población que se dedica a esta actividad.

En México, existen aproximadamente 11,008 000 cabezas de ganado caprino (I.N.E.G.I,1994). De éstas, el 64 % se localiza en las regiones áridas del país, principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Puebla, Hidalgo y Oaxaca (Hoyos,1993).

El fotoperíodo es el principal factor ambiental que controla esta estacionalidad (Cortez *et al.*, 1997), por ello, al modificar la duración del día, se modifica el ciclo anual reproductivo. Esto ha permitido inducir una intensa actividad sexual de los machos explotados intensivamente, durante la época de reposo sexual (Carrillo *et al.*, 1996). En la Comarca Lagunera, uno de los centros de desarrollo caprino más importante del país, los machos cabríos Criollos, explotados en condiciones intensivas, con una alimentación adecuada, manifiestan una actividad reproductiva estacional (Canedo *et al.*, 1995, 1996). El período de reproducción ocurre de mayo a diciembre.

El presente estudio se realizó con la finalidad de determinar el efecto del tratamiento de luz y melatonina en los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera en un sistema de explotación extensivo durante la época de reposo sexual.

1.2.- OBJETIVO

Determinar el efecto de la luz artificial y melatonina sobre la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera explotados extensivamente.

1.3.- HIPÓTESIS

Los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera explotados extensivamente y tratados con luz y melatonina modifican su actividad sexual anual.

Capítulo 2

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.-Actividad reproductiva de ovinos y caprinos originarios de zonas templadas.

En la mayoría de las razas ovinas y caprinas originarias de zonas templadas, la duración del día y sus variaciones determinan su estacionalidad reproductiva (Bongso *et al.*, 1982; Ortavant *et al.*, 1985; Thimonier *et al.*, 1986; Branca *et al.*, 1989; Chemineau y Delgadillo, 1993). En estas razas, la estación natural de reproducción se desarrolla durante el otoño y el invierno, mientras que la época de reposo sexual ocurre durante la primavera y el verano (Ortavant *et al.*, 1985). En efecto, en ausencia de gestación, las cabras y ovejas presentan una actividad estral y ovárica durante todo el otoño y el invierno (período de actividad sexual) (Thimonier y Mauléon, 1969; Karsch *et al.*, 1984; Ortavant *et al.*, 1985). En los machos de estas especies, existe también un período de actividad sexual, en el cual el peso testicular, la libido, la producción espermática y la fertilidad del semen, presentan sus valores más

elevados durante el otoño y el invierno (Pelletier *et al.*, 1988; Delgadillo *et al.*, 1991, 1992).

El peso corporal varía también con las estaciones del año; es más elevado durante el periodo de reposo sexual (Rouger, 1974; Delgadillo *et al.*, 1991).

2.2.-Variaciones del peso testicular y producción espermática.

En los machos cabríos Alpinos y Sannen explotados en zonas templadas, el peso testicular, indicador de la actividad espermatogénica, varía de una manera estacional (Ortavant *et al.*, 1985, Delgadillo *et al.*, 1991). En mayo, mes que corresponde al periodo de reposo sexual, el peso testicular es bajo (71.7 ± 3.1 g). Este peso se incrementa a partir de julio (100 ± 2.1 g) y alcanza su nivel más elevado en septiembre (127.0 ± 3.7 g), mes que corresponde al inicio del periodo de actividad sexual (Branca *et al.*, 1989; Delgadillo *et al.*, 1991, 1995).

Al igual que el peso testicular, el volumen del eyaculado varía de una manera estacional. En mayo, éste es de 0.7 ± 0.8 ml, mientras que en diciembre, el volumen se incrementa hasta 1.4 ± 0.2 ml (Delgadillo *et al.*, 1991). La concentración del eyaculado presenta variaciones inversas a las observadas en el volumen. Esta concentración pasa de $4.5 \pm 0.4 \times 10^9$ espermatozoides/ml en junio a $2.8 \pm 0.3 \times 10^9$ en enero (Corteel, 1976).

2.3.- La libido y secreción de testosterona.

La libido o apetito sexual de los machos cabríos Alpinos y Saanen, medido por la latencia a la eyaculación (tiempo que transcurre entre la presentación del macho ante la hembra en celo, y la obtención de un eyaculado en una vagina artificial), varía también de una manera estacional. La latencia a la eyaculación disminuye durante la época reproductiva (enero: 20.8 ± 5.8 seg) y aumenta durante la época de reposo sexual (agosto: 83.3 ± 22.4 seg; Delgadillo *et al.*, 1991). Las variaciones de la libido son ocasionadas por las variaciones estacionales de la secreción de la testosterona, hormona responsable del comportamiento sexual de los machos (D'Occhio y Brooks, 1976; Barrell and Lapwood, 1979). La concentración plasmática de esta hormona se incrementa en agosto-septiembre, alcanzando niveles de 18.6 ± 2.3 ng/ml. Posteriormente, estos niveles descienden progresivamente hasta alcanzar una concentración basal de 1.1 ± 0.5 ng/ml en febrero, para incrementarse nuevamente en agosto y septiembre (Delgadillo y Chemineau, 1992). Estas variaciones se producen como consecuencia de los cambios en la secreción de las gonadotropinas: LH y FSH (Karsch *et al.*, 1984; Martin, 1984; Chemineau y Delgadillo, 1994).

2.4.- El fotoperíodo, sincronizador de la actividad sexual de las razas originarias de zonas templadas.

2.4.1.- Influencia del fotoperíodo sobre la actividad sexual.

De los factores del medio ambiente, el fotoperíodo es el principal factor que controla la actividad reproductiva de pequeños rumiantes originarios de zonas templadas (Ortavant *et al.*, 1985; Thimonier *et al.*, 1986; Delgadillo *et al.*, 1993; Malpoux *et al.*, 1993). El estímulo que provoca en la retina la percepción de la luz es conducido a los núcleos supraquiasmáticos del hipotálamo, a través de una vía monosináptica (Legan y Winans, 1981). De ahí, la información pasa a los núcleos paraventriculares y a los ganglios cervicales superiores (Lincoln, 1979; Karsch *et al.*, 1984), para llegar finalmente a la glándula pineal, la cual es responsable de la síntesis y secreción de la melatonina en la circulación general, únicamente durante la noche (Lincoln y Short, 1980; Karsch *et al.*, 1984; Arendt, 1986; Devenson, 1992; Delgadillo y Chemineau, 1992). Por lo tanto, una secreción de larga duración de melatonina, equivaldrá a un día corto. En condiciones naturales, este perfil de secreción que ocurre durante los días decrecientes del otoño e invierno, estimula al generador de pulsos del GnRH (factor de liberación de gonadotropinas) que se encuentra en el hipotálamo. A su vez, el GnRH estimula a la hipófisis anterior para la secreción de la FSH y la LH, las cuales estimulan las gónadas, dando inicio a la época de actividad reproductiva en el macho y en la hembra (Karsch *et al.*, 1984; Pelletier *et al.*, 1988).

2.5.- Manipulación de la reproducción con tratamientos fotoperiódicos y melatonina.

En los ovinos y caprinos, la actividad sexual anual puede modificarse al manipular el fotoperíodo. En condiciones experimentales, los días decrecientes o cortos estimulan siempre la actividad sexual (Ortavant *et al.*, 1985; Chemineau *et al.*, 1992; Chemineau y Delgadillo, 1994). El incremento de la duración del día induce, por el contrario, un cese de la actividad sexual. Sin embargo, cuando los animales son expuestos por tiempos prolongados a días cortos, la actividad sexual desaparece después de un tiempo, debido a la instalación del estado refractario (hembras: Karsch *et al.*, 1984; machos: Lincoln y Short, 1980).

La alternancia rápida de días largos y días cortos evita la aparición del estado refractario y permite que los machos ovinos y caprinos tengan una actividad sexual continua durante al menos 3 años (Pelletier *et al.*, 1987; Delgadillo *et al.*, 1993). En efecto, en los machos de las razas Alpina y Sannen, la alternancia mensual de días largos y de días cortos, evita la aparición del estado refractario e induce la abolición de las variaciones estacionales de la actividad sexual (Delgadillo *et al.*, 1991, 1993).

Otra alternativa es la combinación de días largos y melatonina (para simular días cortos). Para aplicar este método, primero se debe proporcionar, de manera artificial, un período mínimo de 2 meses de días largos en invierno seguido por un período de días cortos o por un tratamiento de melatonina

durante la primavera, para inducir una actividad sexual máxima al final de ésta (Chemineau *et al.*, 1988; Devenson *et al.*, 1989; Chemineau *et al.*, 1996).

2.5.1.-Ritmo de secreción de la melatonina.

La melatonina es una hormona secretada por la glándula pineal con un ritmo día/noche bien definido (Rollag y Niswender, 1976; Arendt, 1986), sin embargo, también es sintetizada en otras estructuras diferentes a la pineal, como en la retina y Glándula de Harder. Este ritmo de secreción es un ritmo endógeno ya que cuando los animales son mantenidos en obscuridad constante, la secreción de melatonina sigue siendo rítmica, pero la duración del ciclo es diferente de 24 horas y no está sincronizado entre los animales (Ebling *et al.*, 1988).

2.5.2.- Síntesis y secreción de la melatonina.

La melatonina es sintetizada en los pinealocitos a partir del triptófano. La vía de síntesis incluye sucesivamente el 5 hidroxitriptófano, la serotonina, la N-acetilserotonina y finalmente, la melatonina (Sugden, 1989).

La importancia de la melatonina en el control de la reproducción fue demostrada por la posibilidad de producir los efectos de los días cortos cuando los animales eran expuestos a los días largos (Chemineau, 1986 b).

2.6.- Actividad sexual de razas originarias de zonas tropicales y subtropicales.

2.6.1.-Actividad sexual de las razas originarias de zonas tropicales.

En las regiones tropicales, donde los cambios del fotoperíodo a través del año no son tan marcados, los pequeños rumiantes que habitan en estas regiones presentan un potencial para reproducirse en cualquier época del año (Riera, 1982; Bronson, 1988; Delgadillo y Malpaux, 1996). Estas especies no presentan variaciones de su actividad reproductiva. Por ejemplo, en los machos cabríos Criollos de la Isla de Guadalupe en el Caribe, el volumen testicular no presenta variaciones estacionales, lo que indica una intensa actividad espermatogénica durante todo el año (Chemineau, 1993). En las hembras caprinas y ovinas no gestantes, se ha reportado una actividad estral y ovárica durante todo el año (González- Stagnaro, 1983; Chemineau, 1993). En estas zonas, es probable que la disponibilidad de alimento sea el principal factor del medio ambiente que regula la actividad reproductiva de estas razas (González - Stagnaro, 1983; Chemineau, 1986 b; Bronson, 1989; Delgadillo y Malpaux 1996).

2.6.2.- Actividad sexual de las razas originarias de zonas subtropicales.

En algunas razas de ovinos y caprinos originarios de zonas subtropicales, se ha reportado que existe una estacionalidad reproductiva, semejante en ocasiones, a la reportada en las razas de zonas templadas (Restall *et al.*, 1991; Canedo *et al.*, 1995; Walkden-Brown y Restall, 1996; Flores *et al.*, 1996).

En Australia, por ejemplo, los machos de la raza Cashmere, presentan variaciones del peso testicular. El peso más elevado es observado durante los días decrecientes del otoño y el peso más bajo durante la primavera (Restall *et al.*, 1991; Walkden-Brown *et al.*, 1994). También existen variaciones de la libido y de la producción espermática cuantitativa y cualitativa.

Los caprinos del norte de México, en particular los de la Comarca Lagunera (26°N), muestran amplias variaciones de su actividad sexual (Canedo *et al.*, 1995; Flores *et al.*, 1996). En el macho cabrío Criollo explotado de manera intensiva, se demostró la existencia de variaciones del peso testicular, de la libido así como de la producción espermática cuantitativa y cualitativa. La estación sexual se observa de mayo a diciembre (Canedo *et al.*, 1995, 1996). Variaciones similares del peso testicular fueron registradas en los machos explotados extensivamente (Delgadillo *et al.*, 1997).

Estos datos sugieren que la disponibilidad de alimento no es responsable de la estacionalidad reproductiva de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, tal y como fue sugerido por Sáenz-Escárcega *et al.* (1991).

En la Comarca Lagunera, las variaciones del fotoperiodo son responsables de las variaciones estacionales de la actividad sexual observadas en los caprinos. En efecto, Cortez *et al.* (1997) demostraron en los machos cabríos, que la alternancia de 3 meses de días largos y 3 meses de días cortos, modifica la actividad sexual anual observada en condiciones naturales. La actividad sexual inicia durante los días largos y termina durante los días cortos. Posteriormente, Carrillo *et al.*, (1996,1997) demostraron que 2.5 meses de días largos (del 1 de noviembre al 15 de enero) y la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina, indujeron una intensa actividad sexual de los machos cabríos durante la época de reposo sexual. Este último estudio, se efectuó con animales explotados intensivamente. Sin embargo, no existen datos que indiquen si este tratamiento funciona en los animales explotados extensivamente.

Capítulo 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. - Localización del experimento.

El presente estudio se realizó de noviembre de 1996 a mayo de 1997 en los ejidos de las Mercedes y el Lequeitio, Coahuila. Ambos ejidos pertenecen al municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Este municipio está localizado a la latitud de 26° norte, y las variaciones fotoperiódicas son de 13:36 hr de luz durante el solsticio de verano y de 10:24 hr durante el solsticio de invierno. El clima es seco extremoso y la precipitación media anual es de 250 mm, con mayor precipitación durante los meses de agosto y septiembre.

3.2 .- Animales experimentales.

Se utilizaron 12 machos cabríos Criollos adultos, que pertenecían a diferentes hatos particulares del municipio de Francisco I. Madero. Antes de iniciar el estudio, los machos fueron distribuidos en dos grupos de seis animales cada uno, de acuerdo al peso corporal y testicular.

En el grupo testigo (GT), el peso corporal (promedio \pm s.e.m) fue de 57.0 ± 4.0 kg, mientras que el peso testicular fue de 87.50 ± 9.5 g. En el grupo experimental (GE), estos valores fueron de 56.5 ± 2.8 kg y 86.0 ± 8.6 g, respectivamente.

3.3. Alojamiento de los machos.

Los machos del GT fueron ubicados en el ejido el Lequeitio, Coahuila, en un corral de 5 x 5 m, y estuvo sujeto a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera.

Los machos del GE fueron situados en el ejido las Mercedes. Coahuila, en un corral de 5 x 5 m, construido de postes de madera y tela ciclónica. El corral fue equipado con una lámpara de luz de día. El mecanismo de encendido y apagado de la lámpara se efectuó con relojes programables (intématic, Timer old, USA). Del 1 de noviembre de 1996, al 15 de enero de 1997, los machos del GE fueron sometidos artificialmente a días largos (16 horas de luz - 8 de oscuridad). El alba (encendido de la luz) fue fija y ocurrió diariamente a las 6:00 h. La luz fue apagada a las 9.00 h. Desde este momento, los animales percibieron la luz natural hasta las 17:30 h. En este instante, la luz artificial fue encendida nuevamente y el crepúsculo (apagado de luz) también fue fijo y ocurrió diariamente a las 22:00 h.

El 16 de enero del 1997, se suspendieron los días largos y se les aplicó a cada macho, dos implantes subcutáneos de melatonina (Regulin , Hoechst) en

la base de la oreja de 18 mg cada uno. Estos implantes liberan constantemente la melatonina durante 90 días aproximadamente. A partir de ese momento, los animales percibieron las variaciones naturales del fotoperiodo de la Comarca Lagunera.

Ambos grupos fueron explotados de manera extensiva. Los animales salían a pastorear con un rebaño diferente de aproximadamente 40 cabras. Al regresar, cada grupo se separaba en un corral aparte de las hembras, sin tener contacto con ellas durante las noches.

3.4.- Alimentación y manejo de los animales experimentales.

Los machos fueron desparasitados y vitaminados antes de iniciar el experimento. La alimentación de estos animales fue a base de arbustivas y esquilmos de cosechas durante el pastoreo. Durante el periodo de colecta seminal, éstos permanecieron en sus respectivos corrales cuatro días por mes. Durante estos días, se les proporcionaba 2.5 kg de heno de alfalfa por animal /día.

3.5.- Parámetros evaluados.

Todas las variables evaluadas fueron determinadas en condiciones similares tanto en el GE como en el GT, y éstas fueron determinadas por la misma persona.

3.5.1 Muestreo sanguíneo

3.5.1.1 Melatonina

Para determinar los niveles plasmáticos de melatonina de los machos del GE y GT, se obtuvo una muestra sanguínea diaria durante tres días. Las muestras fueron obtenidas a las 9.00 h por punción de la vena yugular izquierda, utilizando jeringas de 3 ml. La sangre fue depositada en tubos de 5 ml que contenían 30 μ l de heparina. Las muestras fueron centrifugadas durante 5 minutos a 3000 rpm. El plasma obtenido fue congelado a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta la determinación de la melatonina, por radioinmunoanálisis.

3.5.2.- El peso corporal.

Los machos fueron pesados cada 15 días durante el estudio. Este peso fue registrado por las mañanas antes de que el rebaño saliera a pastorear. Esta determinación fue realizada con una báscula con capacidad de 300 kg y con una precisión de 100 g.

3.5.3.- El peso testicular.

El volumen testicular indicador de la actividad espermatogénica (Lino, 1972., Restall *et al.*, 1991; Delgadillo *et al.*, 1995), fue determinada cada 15 días con un orquidómetro por la técnica de palpación comparativa (Oldham *et al.*, 1978). Esta técnica consiste en comparar el testículo del animal con una serie de piezas de plástico sintético en forma ovoide (orquidómetro). Los

valores de cada pieza del orquidómetro eran: 50, 75, 100, 125, 150, 180, 200, 220 ml (1ml = 1 g).

3.5.4.- Colecta de semen.

El semen fue colectado mensualmente de febrero a mayo de 1997. En cada mes, se obtuvieron cuatro muestras, tomando una muestra diaria por animal durante cuatro días consecutivos a mediación de cada mes, utilizando una vagina artificial, cuya temperatura interna se ajustó a 40°C al momento de la colecta.

La recolección seminal se realizó fuera del corral, utilizando una hembra inducida artificialmente en estro, mediante la aplicación intramuscular de 2 mg de cipionato de estradiol. Estas aplicaciones se realizaron 8 días antes de iniciar la serie mensual de recolecta con un intervalo de 2 días. Durante la colecta, se determinó la libido por medio de la latencia a la eyaculación y el porcentaje de rechazos a la eyaculación (Delgadillo *et al.*, 1992).

3.5.5.- Latencia y porcentaje de rechazos a la eyaculación.

La latencia a la eyaculación, es el tiempo que transcurre desde que un macho es puesto en presencia de una hembra inducida artificialmente al estro, hasta la obtención del eyaculado en una vagina artificial. El tiempo fue determinado en segundos mediante la utilización de un cronómetro. Cada macho tenía 300 segundos para montar y eyacular. Si no lo hacía en este tiempo, se tomaba como un rechazo a la eyaculación.

3.6.- Producción espermática cuantitativa: volumen, concentración y número total de espermatozoides.

3.6.1- Volumen del eyaculado.

El volumen del eyaculado fue determinado inmediatamente después de haber obtenido la muestra de semen, directamente del tubo colector de 15 ml con una precisión de 0.1 ml.

3.6.2. - Concentración espermática ($\times 10^9$ /ml).

La medición de la concentración del eyaculado en células espermáticas se llevó a cabo en el laboratorio por medio un espectrofotómetro. Para ello se utilizó una muestra de 0.05 ml de semen que fue diluída en 9.95 ml de solución salina formolada (9 g de cloruro de sodio, 1 ml de formol puro, aforado a 1 litro de agua tridestilada) (Corteel, 1981; Delgadillo *et al.*, 1992). Después de homogeneizar la solución, se introdujeron 5 ml en un tubo de cuarzo para ser introducido en el espectrofotómetro, midiendo la densidad óptica basada en la cantidad de luz que pasa a través de una muestra líquida (Nunes *et al.*, 1984; Memon, 1986), proporcionando un valor llamado transmitancia. Este valor fue sustituido por el valor de una tabla espermática, previamente establecida, que indicaba el valor en concentración espermática por ml.

3.6.3.- Número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$).

El número total de espermatozoides por eyaculado se determinó multiplicando el volumen del eyaculado por la concentración espermática del mismo.

3.7.- Calidad del semen: motilidad y porcentaje de espermatozoides vivos.

3.7.1.- Motilidad espermática.

La motilidad espermática (movimiento rectilíneo, progresivo y rápido de los espermatozoides), fue evaluada en una escala de 0-5, inmediatamente después de haber obtenido el semen (Delgadillo *et al.*, 1992). Una gota de semen sin diluir era depositada entre un portaobjetos y cubreobjetos, mantenidos a una temperatura de 37°C. La muestra era observada al microscopio de campo claro a 40x. El examen de las muestras fue realizado siempre por la misma persona.

3.7.2- Porcentaje de espermatozoides vivos.

Al igual que la motilidad, otro aspecto cualitativo del semen fue estimado mediante el porcentaje de espermatozoides vivos. Inmediatamente después de haber obtenido el semen, una gota de semen sin diluir era depositada entre un portaobjetos y un cubreobjetos mantenidos a una temperatura de 37 °C. La

muestra era observada al microscopio con el objetivo de 40x. La determinación del porcentaje se llevó a cabo de acuerdo a la técnica descrita por Delgadillo *et al.* (1992).

3.8. Análisis estadísticos.

Con los datos obtenidos de las variables evaluadas, se hizo un análisis de varianza (ANOVA) a dos factores (lote - tiempo). Posteriormente, los datos fueron comparados dos a dos para determinar las diferencias quincenales o mensuales entre grupos, utilizando el test t.

Los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico SISTAT 5.03 (Evanson, ILL. USA, 1990/1992).

3.9.- Expresión de resultados.

Los resultados fueron expresados en promedio \pm error estándar del promedio (s.e.m).

Capítulo 4

RESULTADOS

Durante el estudio, un macho del GE, murió y sus datos no fueron incluidos en los análisis.

4.1.- Melatonina

El ANOVA demostró una diferencia significativa entre grupo de la concentración sanguínea de melatonina ($P < 0.001$). En la comparación dos a dos, en los tres días de muestreo, la concentración de melatonina fue superior en el GE que el GT ($P < 0.001$) (Tabla 1)

Tabla. 1. Promedio \pm s.e.m del nivel sanguíneo de melatonina de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE) explotados en un sistema extensivo.

Grupos	1997		
	1/Marzo	2/Marzo	3/Marzo
GT	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0
GE	26.0 \pm 6.5 *	26.0 \pm 5.1*	18.0 \pm 4.7*

* $P < 0.001$ diferencia entre los dos grupos.

4.2.- Peso corporal.

El ANOVA demostró un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.0001$), indicando que este varió durante el periodo de experimentación. Además, existió una interacción lote - tiempo ($P < 0.05$), lo que indica que la evolución del peso corporal fue diferente entre los grupos. Al inicio del experimento, el peso corporal de los machos del GT fue de 57.0 ± 4.0 kg y de 56.5 ± 2.8 kg en el GE. El peso corporal aumentó en los dos grupos de noviembre a enero. Este incremento pasó de 57.0 ± 4.0 kg a 68.6 ± 3.5 kg en el GT y de 56.5 ± 2.8 kg a 66.2 ± 2.3 kg en el GE (Figura 1). Posteriormente, ninguna diferencia significativa existió entre los dos grupos en estudio (Figura 1). En las Figuras 1.1 y 1.2 se muestran los datos individuales del peso corporal de los machos del GT y GE.

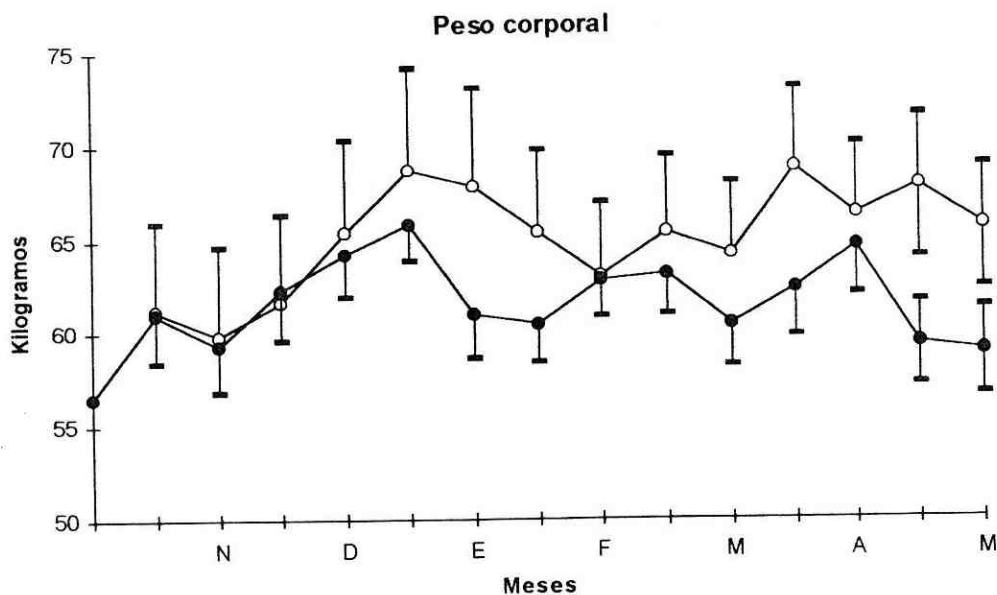


Figura 1. Evolución del peso corporal (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.

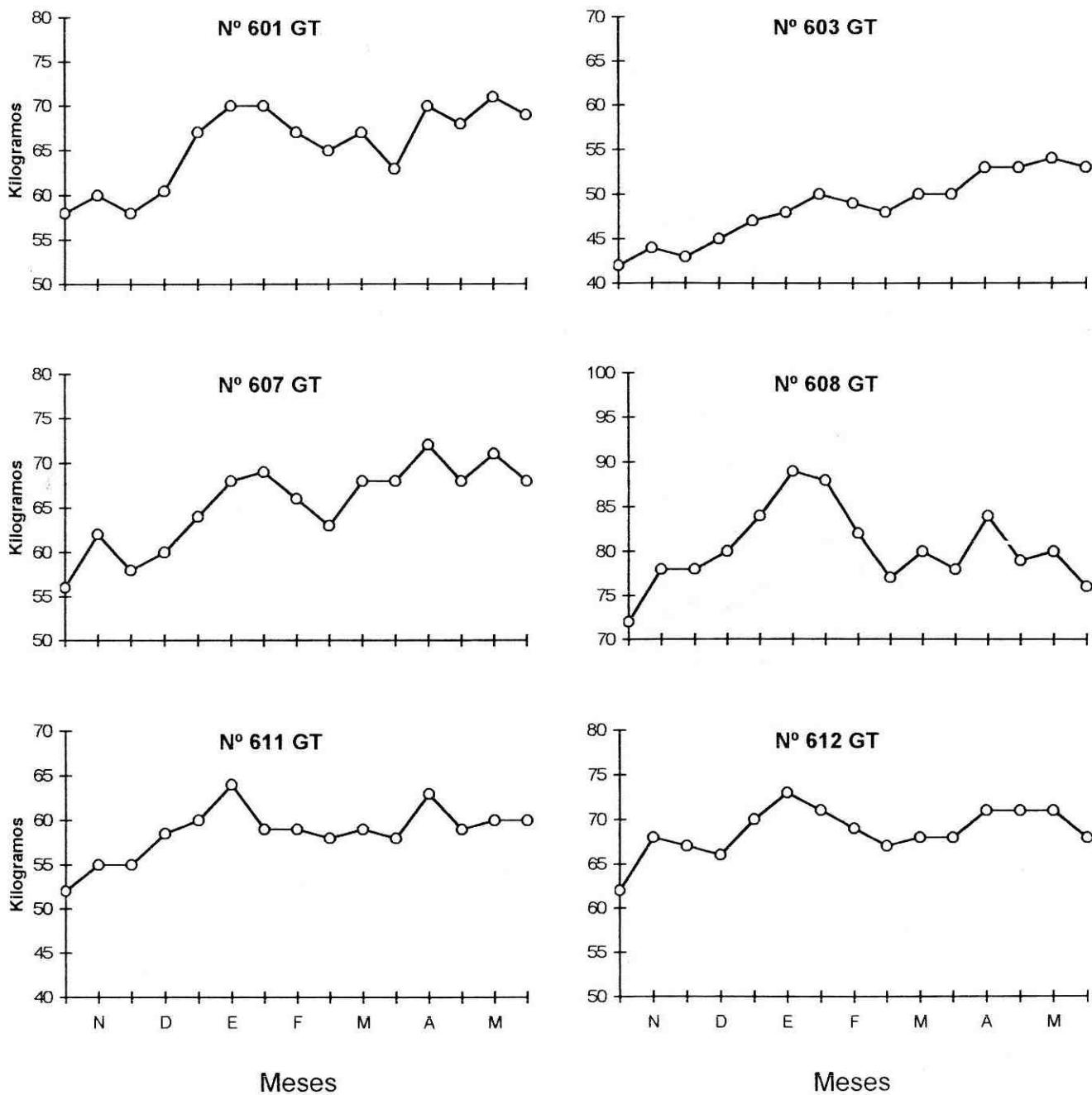


Figura 1.1. Evolución del peso corporal individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

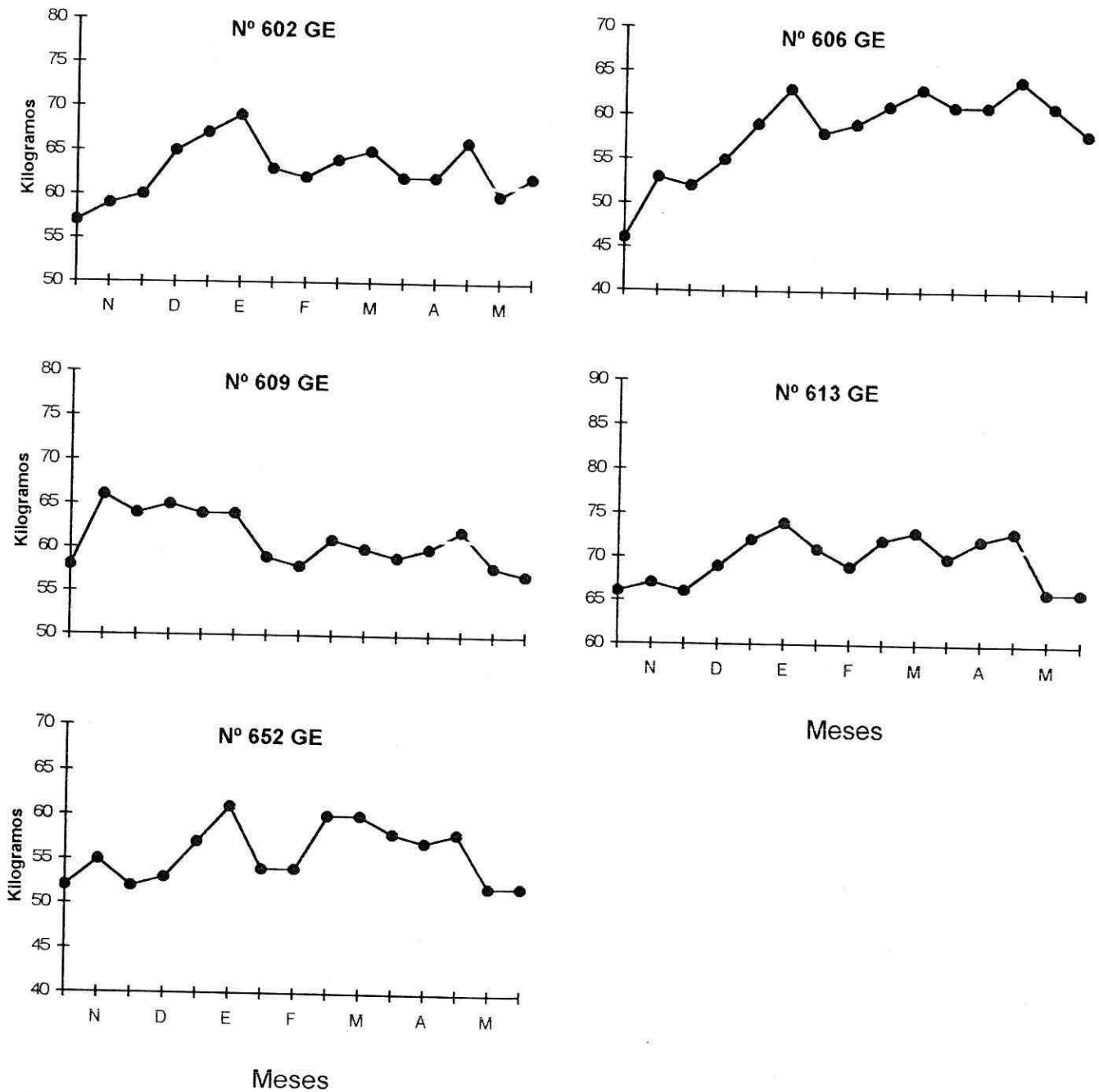


Figura 1.2. Evolución del peso corporal individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.3.- Peso testicular.

El ANOVA demostró un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso testicular ($P < 0.0001$), indicando que este varió durante el periodo de experimentación. También se observó una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$), lo que indica que la evolución del peso testicular fue diferente entre los grupos.

Al inicio del experimento, el peso testicular del GT fue de 87.5 ± 9.5 g y de 86.0 ± 8.6 g en el GE. El peso testicular de ambos grupos fue similar del 1 de noviembre de 1996 al 15 de febrero de 1997. A partir de esta fecha, en el GE, se observó un incremento paulatino del peso testicular, el cual aumentó de 73.0 ± 2.0 g a 117 ± 8.0 g el 15 de abril (Figura 2). El peso testicular del GT en las fechas mencionadas fue de 91.6 ± 10 g y 87.5 ± 9.0 g, respectivamente. Al comparar dos a dos se encontró una diferencia significativa el 15 de abril ($P < 0.0001$), Posteriormente el peso testicular de ambos grupos fue similar durante el resto del estudio. En las Figuras 2.1 y 2.2 se muestran los datos individuales del peso testicular de los machos del GT y GE.

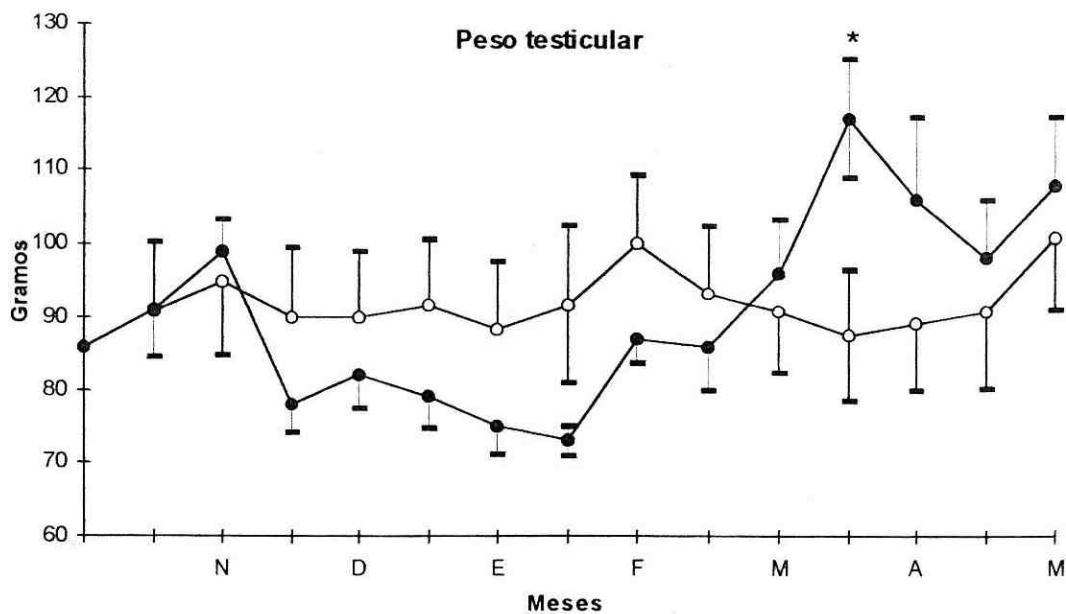


Figura 2. Evolución del peso testicular (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Peso testicular

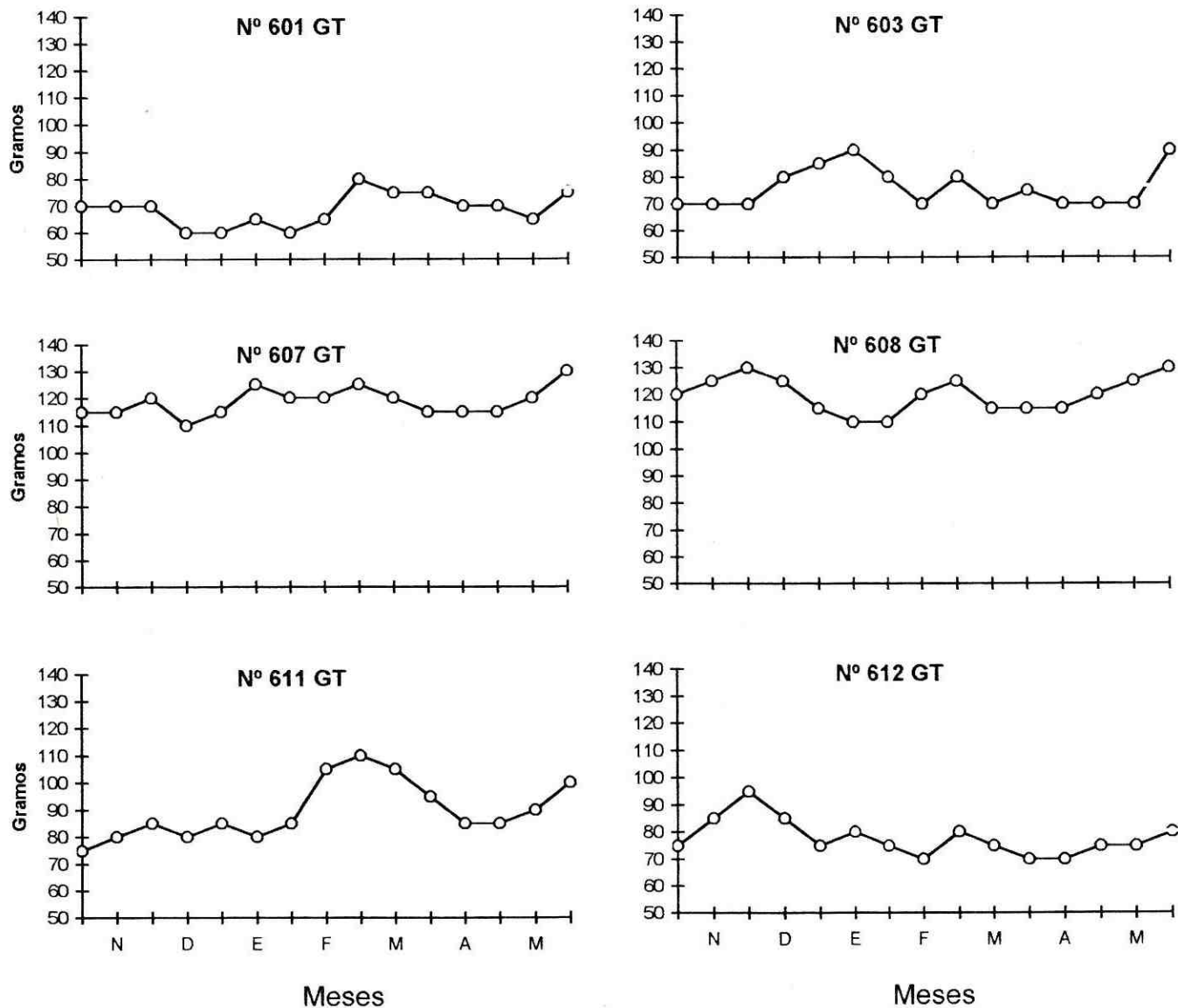


Figura 2.1. Evolución del peso testicular individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Peso testicular

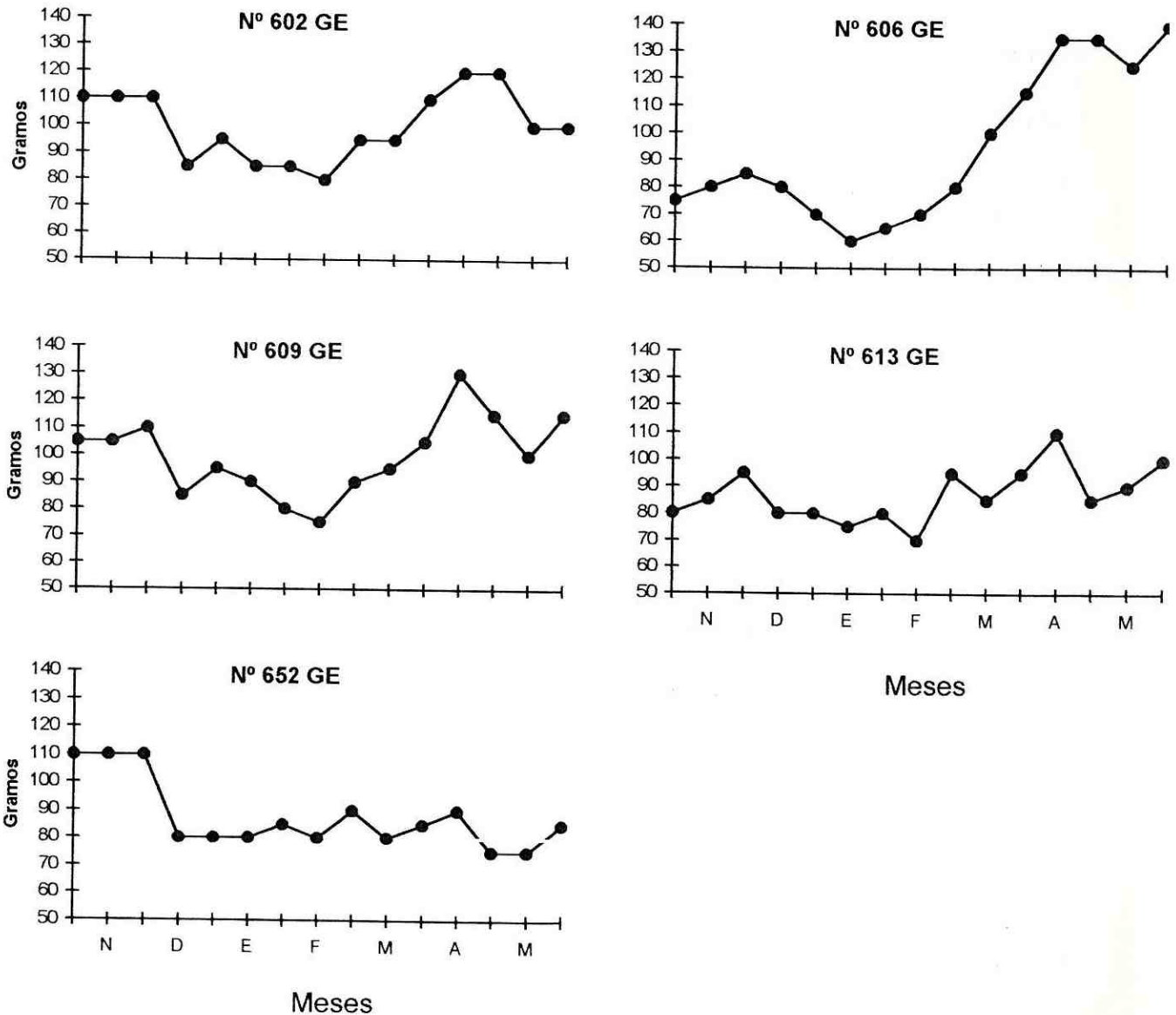


Figura 2.2. Evolución del peso testicular individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.4. Libido: Latencia y rechazos a la eyaculación.

4.4.1.- Latencia a la eyaculación.

El ANOVA demostró un efecto del tiempo sobre la latencia a la eyaculación ($P < 0.0001$). También existió una interacción tiempo-lote ($P < 0.05$). En el GE, la latencia disminuyó de febrero (208 ± 3 seg) a abril (26 ± 6 seg). En el GT, estos valores fueron de 158 ± 23 y 67 ± 16 seg, respectivamente. Las diferencias mensuales entre grupos son mostradas en la Figura 3. En las Figuras 3.1 y 3.2 se muestran los datos individuales de la latencia a la eyaculación de los machos del GT y GE.

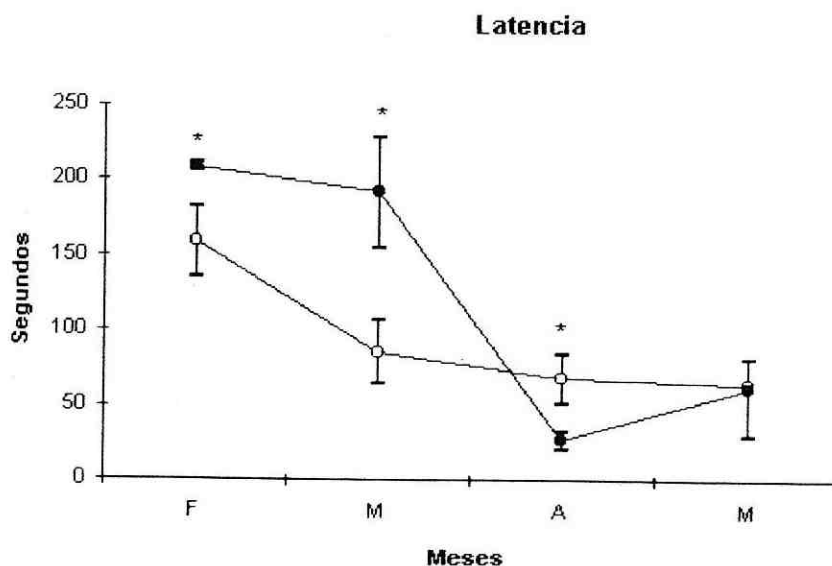


Figura 3. Latencia a la eyaculación (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT—○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE—●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Latencia a la eyaculación

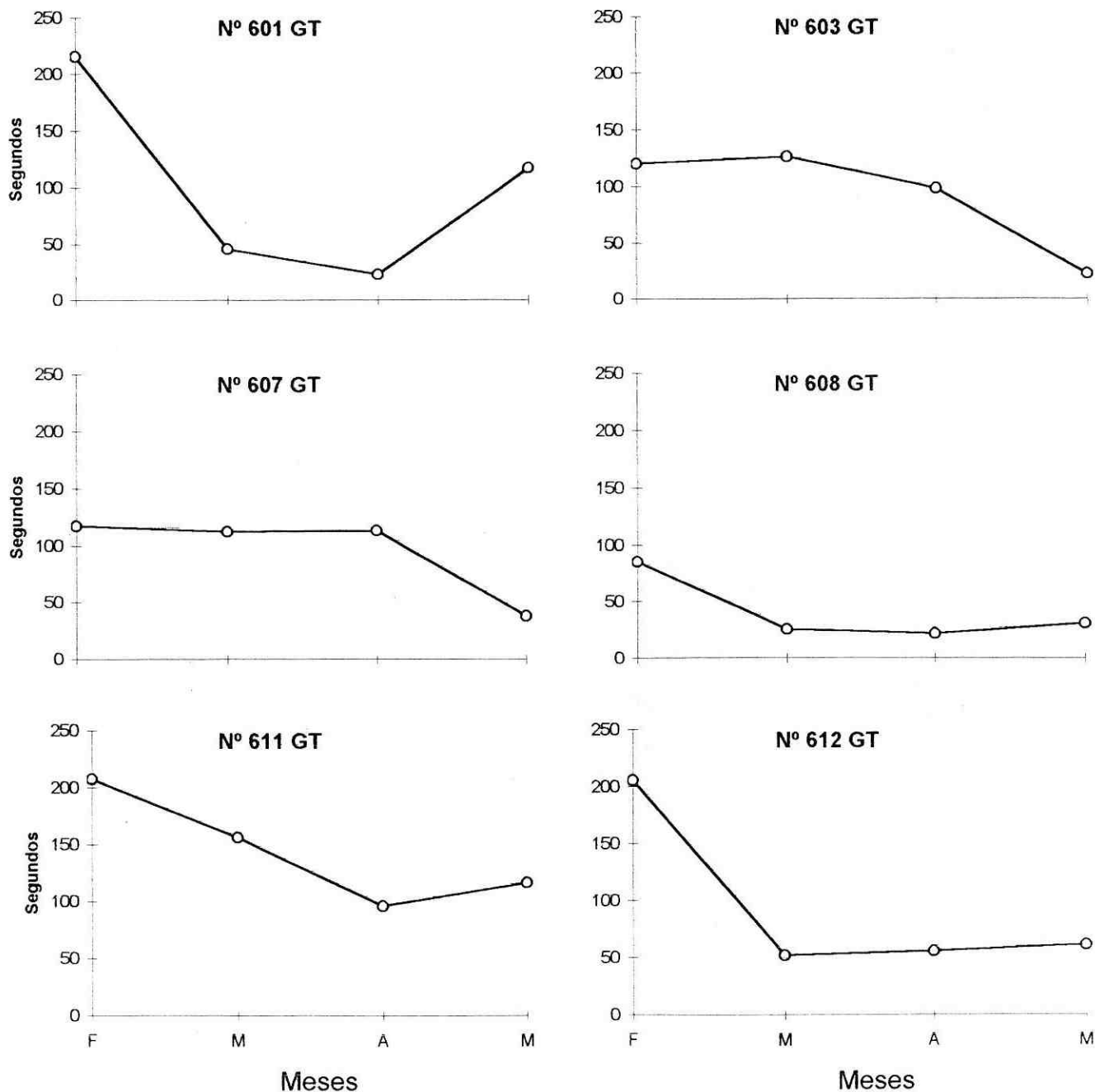


Figura 3.1. Evolución de la latencia a la eyaculación individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Latencia a la eyaculación

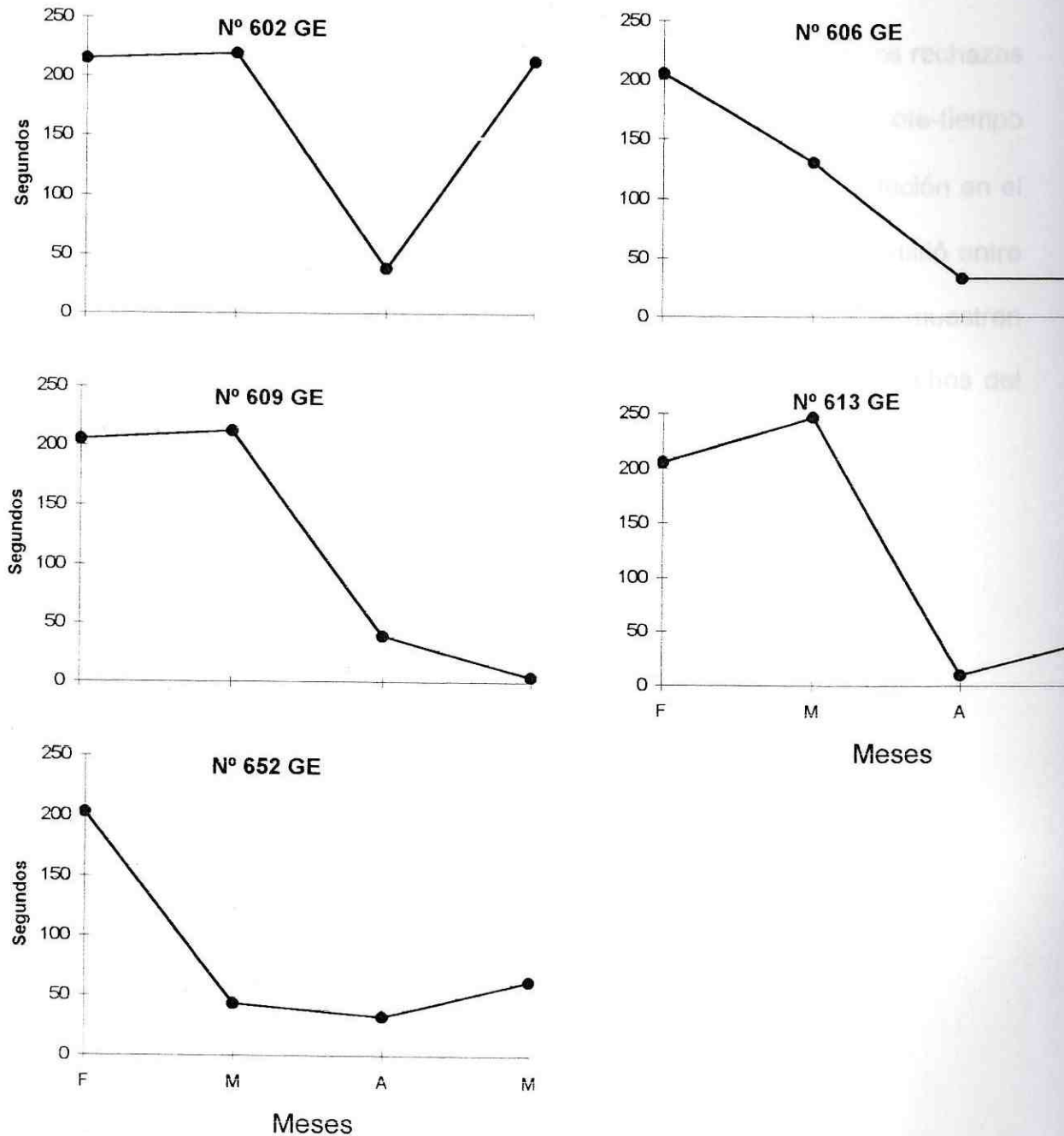


Figura 3.2. Evolución de la latencia a la eyaculación individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.4.2.- Rechazos a la eyaculación.

El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de los rechazos a la eyaculación ($P < 0.01$). También existió una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$). El GE presentó mayor número de rechazos a la eyaculación en el mes de marzo. Posteriormente, ninguna diferencia significativa existió entre los dos grupos en estudio (Figura 4). En las Figuras 4.1 y 4.2 se muestran los datos individuales de los rechazos a la eyaculación de los machos del GT y GE.

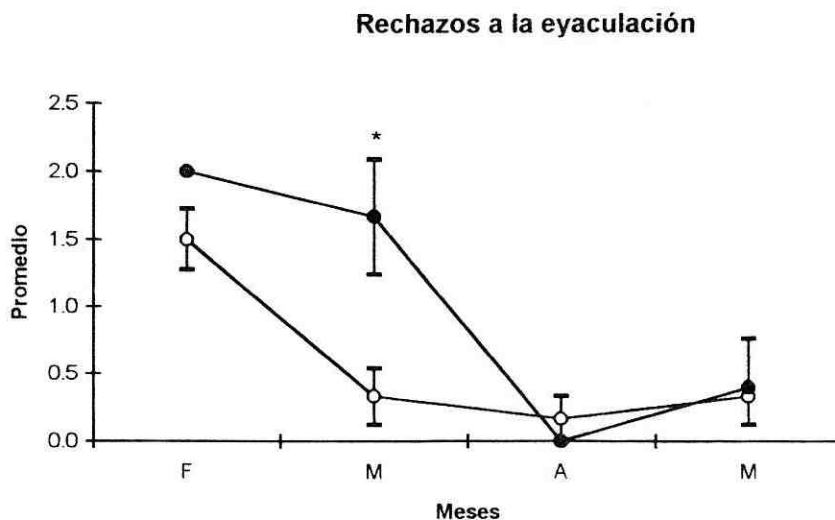


Figura 4. Rechazos a la eyaculación (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT—○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE—●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Rechazos a la eyaculación

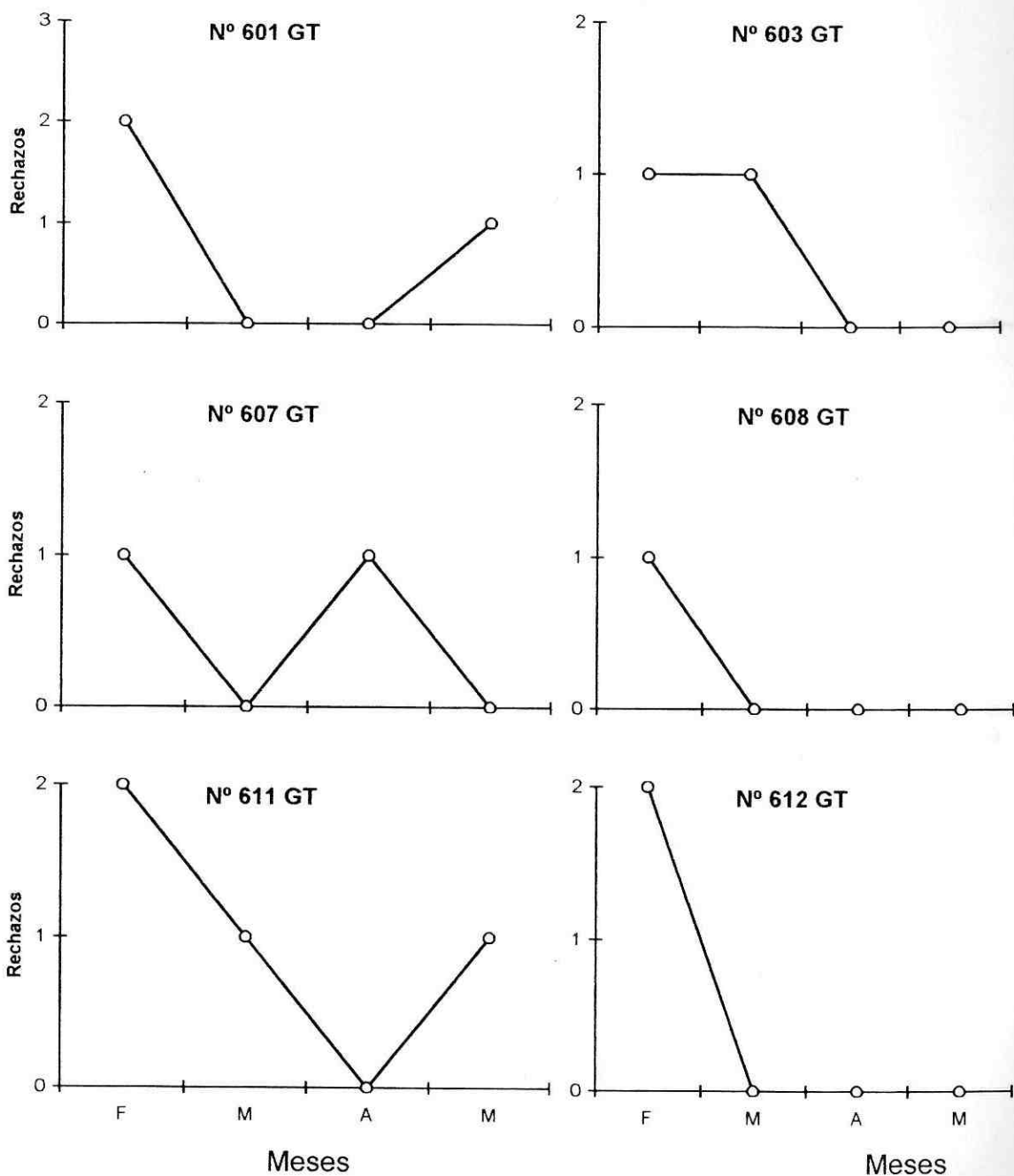


Figura 4.1. Evolución de los rechazos a la eyaculación individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones naturales del fotoperíodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Rechazos a la eyaculación

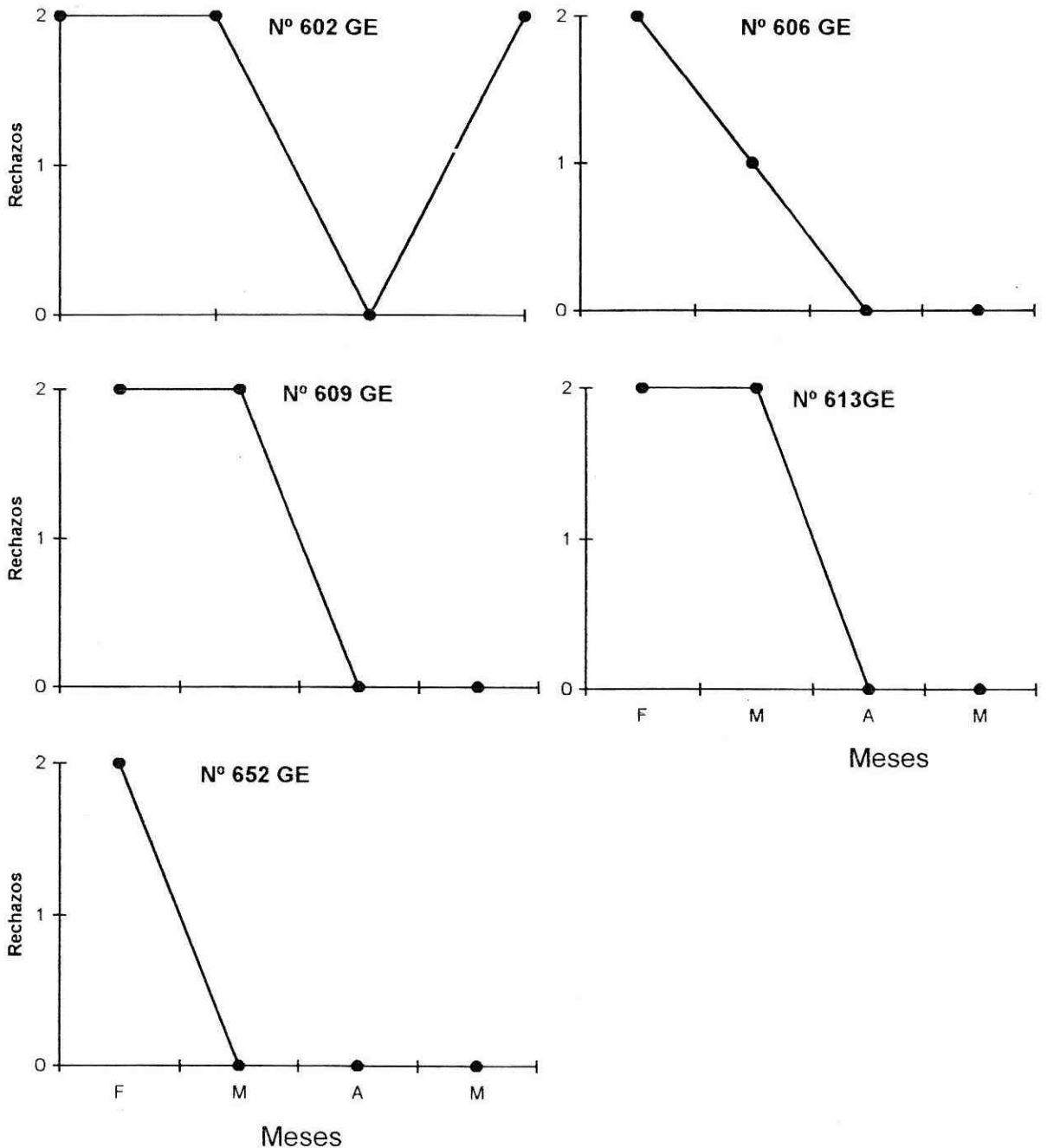


Figura 4.2. Evolución de los rechazos a la eyaculación individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.5.- Producción espermática cuantitativa: volumen, concentración y número total de espermatozoides del eyaculado.

4.5.1.- Volumen del eyaculado.

El ANOVA reveló un efecto del tiempo sobre la evolución del volumen del eyaculado ($P < 0.0001$). También existió una interacción lote- tiempo ($P < 0.05$). El volumen del eyaculado de febrero fue superior en el GE (1.0 ± 0.1 ml) que en el (GT 0.7 ± 0.1 ml; Figura 5). En el GE, el volumen decreció rápidamente de febrero a marzo. Posteriormente, el volumen del eyaculado en ambos grupos no fue diferente durante los siguientes meses de estudio. En las Figuras 5.1 y 5.2 se muestran los datos individuales del volumen del eyaculado de los machos del GT y GE.

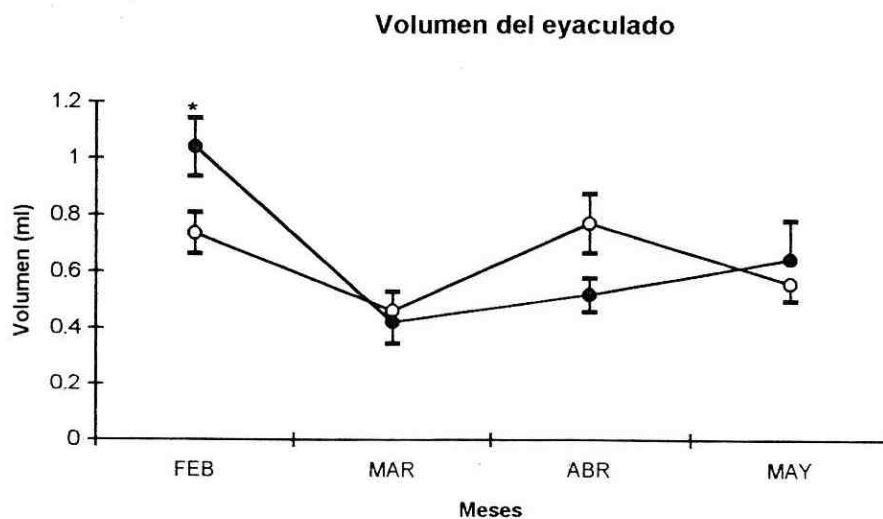


Figura 5.- Volumen del eyaculado (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT—○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE—●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Volumen del eyaculado

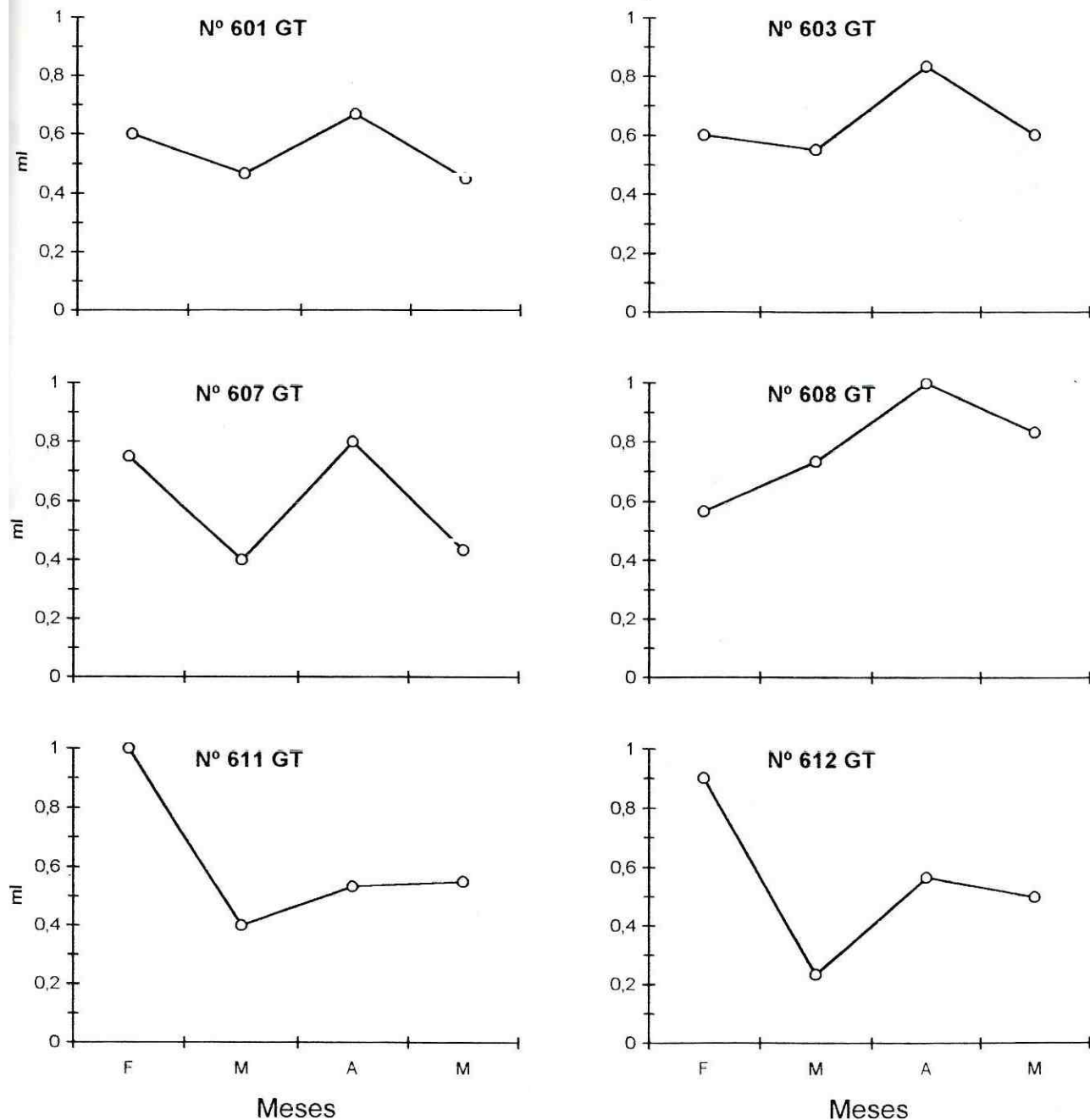


Figura 5.1. Evolución del volumen del eyaculado individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Volumen del eyaculado

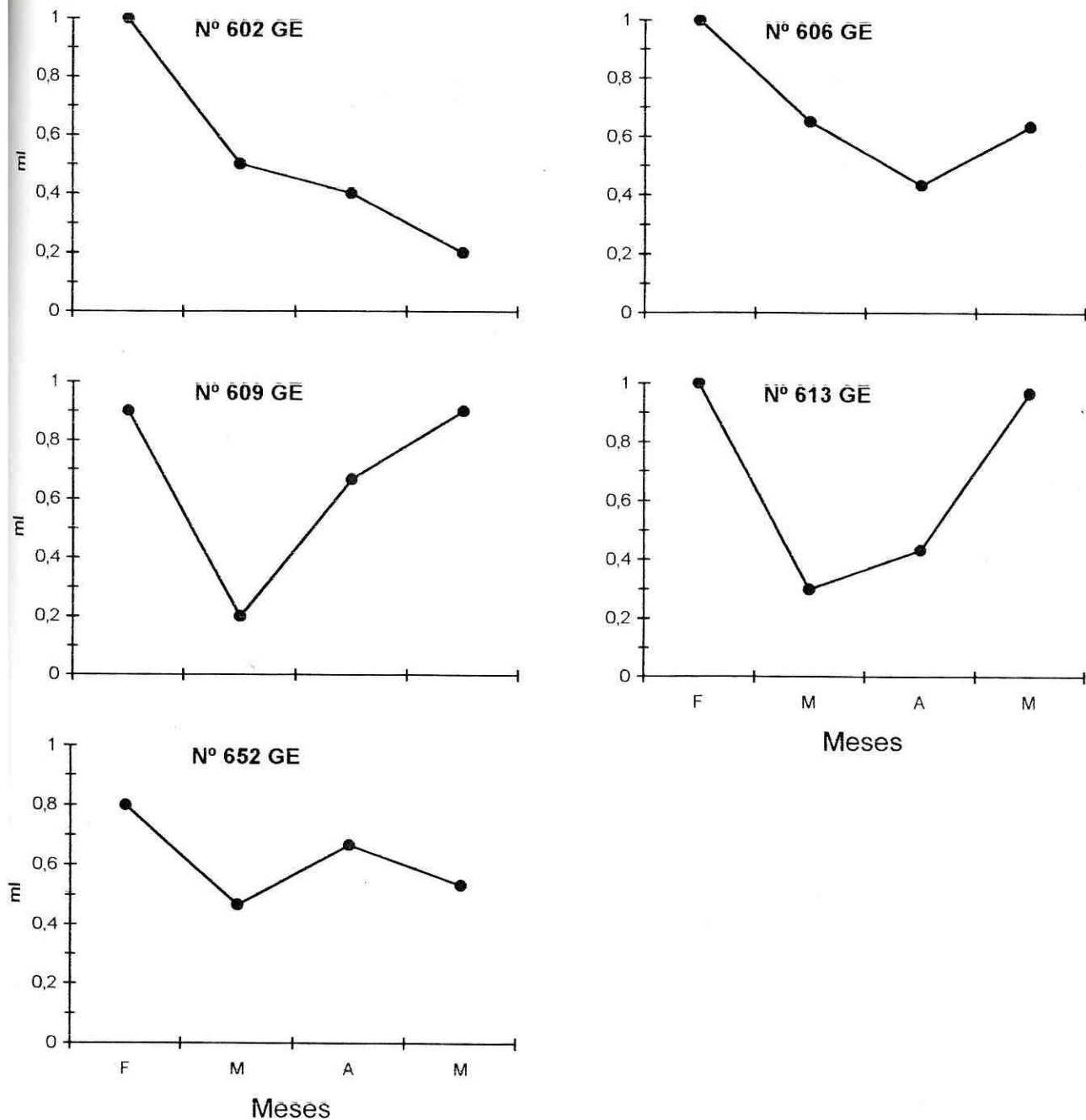


Figura 5.2. Evolución del volumen del eyaculado individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.5.2.- Concentración del eyaculado.

Durante la evaluación de la concentración espermática, el ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre ésta ($P < 0.001$), indicando que este parámetro varió durante el periodo de evaluación del semen. También existió una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$). En febrero, ambos grupos presentaron concentraciones parecidas, posteriormente la concentración del GE decreció significativamente en relación a la del GT. Las diferencias significativas entre grupos se muestran en la Figura 6. En las Figuras 6.1 y 6.2 se muestran los datos individuales de la concentración del eyaculado de los machos del GT y GE.

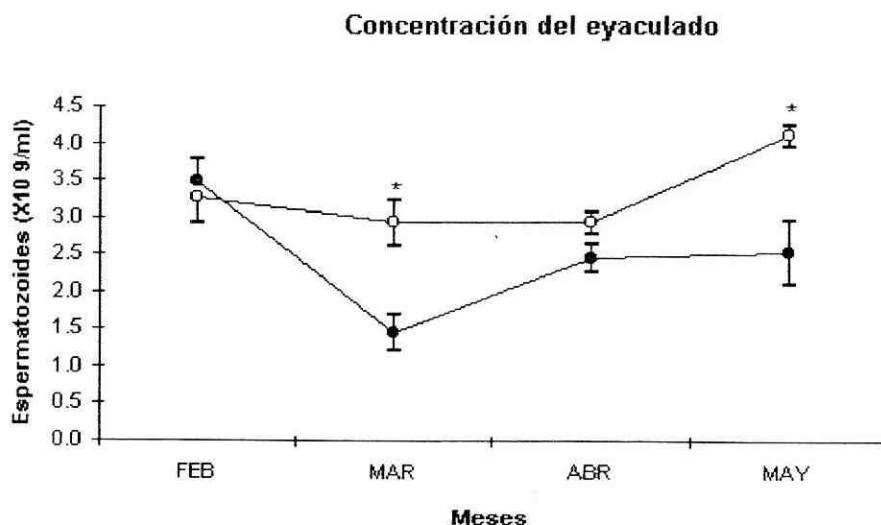


Figura 6. Concentración del eyaculado en espermatozoides (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera ($26^\circ N$) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT—○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Concentración espermática

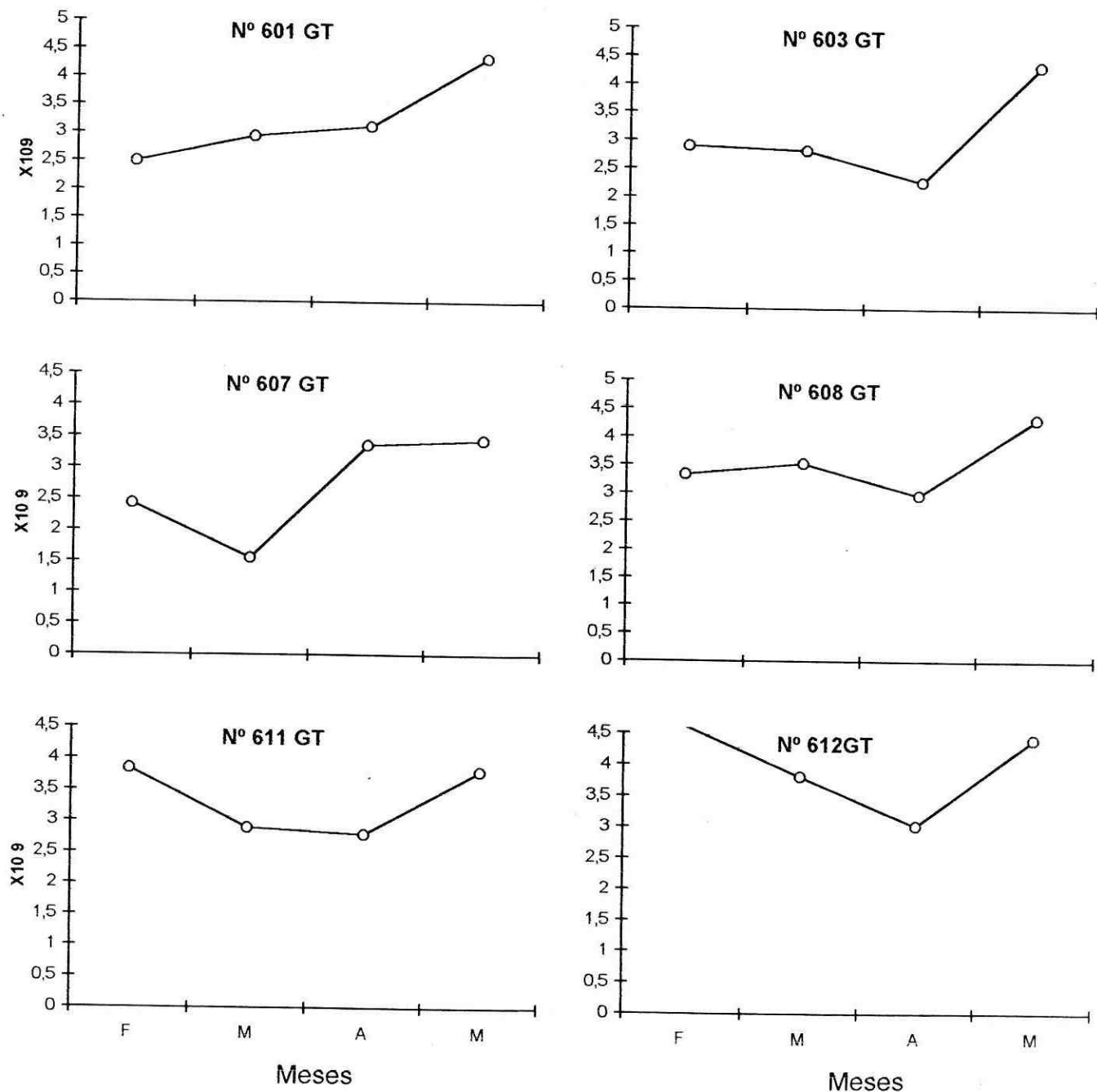


Figura 6.1. Evolución de la concentración espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Concentración espermática

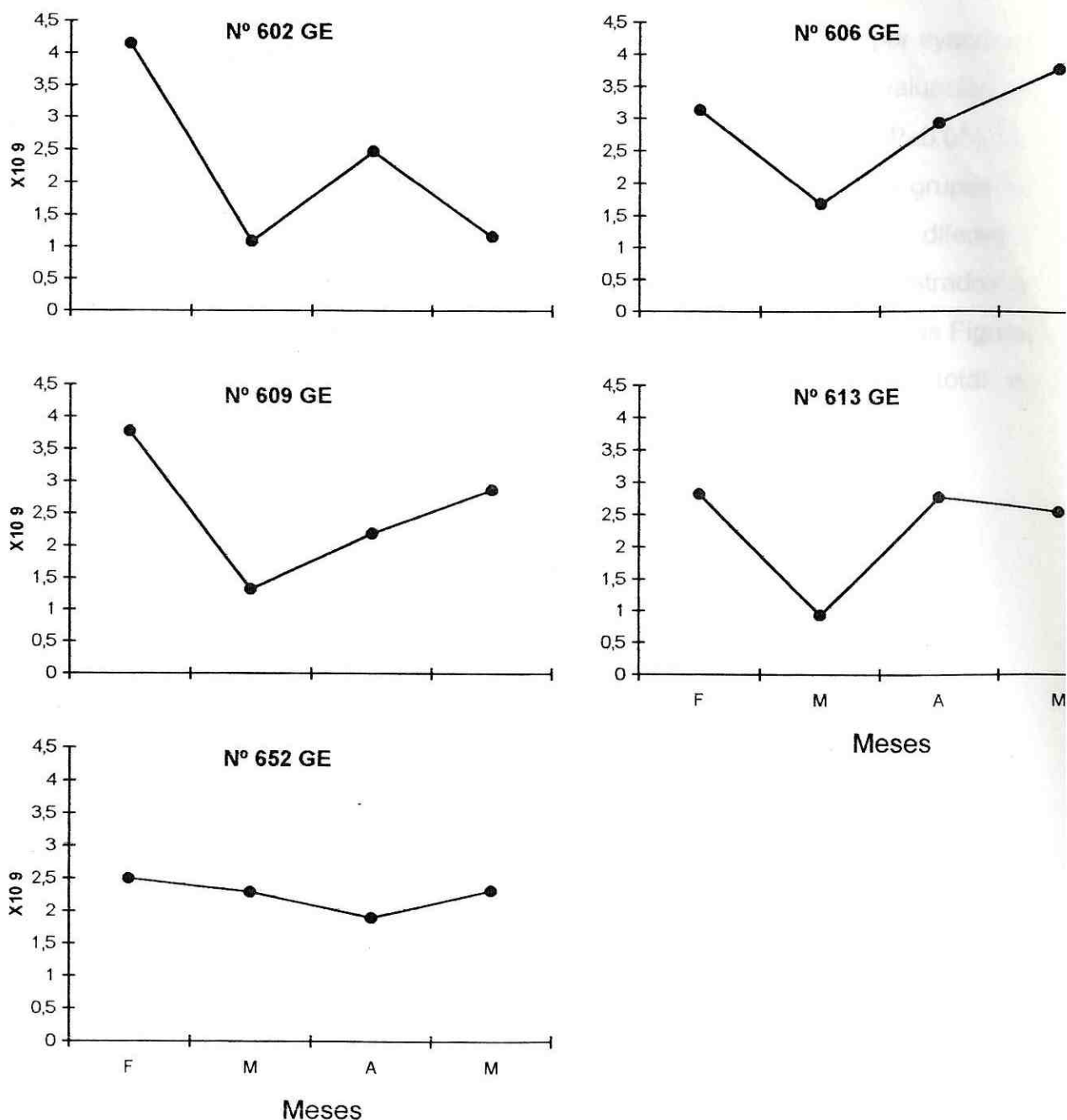


Figura 6.2. Evolución de la concentración espermática, individual, de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.5.3.- Número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$).

El ANOVA indicó que el número total de espermatozoides por eyaculado varió significativamente ($P < 0.001$) durante el periodo de la evaluación del semen. También se observó una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$). En febrero y marzo, el número total de espermatozoides de ambos grupos fue similar. Sin embargo, en el mes de abril se observó una diferencia significativa ($P < 0.05$) a favor del GE (Figura 7). Los valores registrados en este mes fueron de 2.3 ± 0.8 en el GT y 1.2 ± 0.16 en el GE. En las Figuras 7.1 y 7.2 se muestran los datos individuales del número total de espermatozoides por eyaculado de los machos del GT y GE.

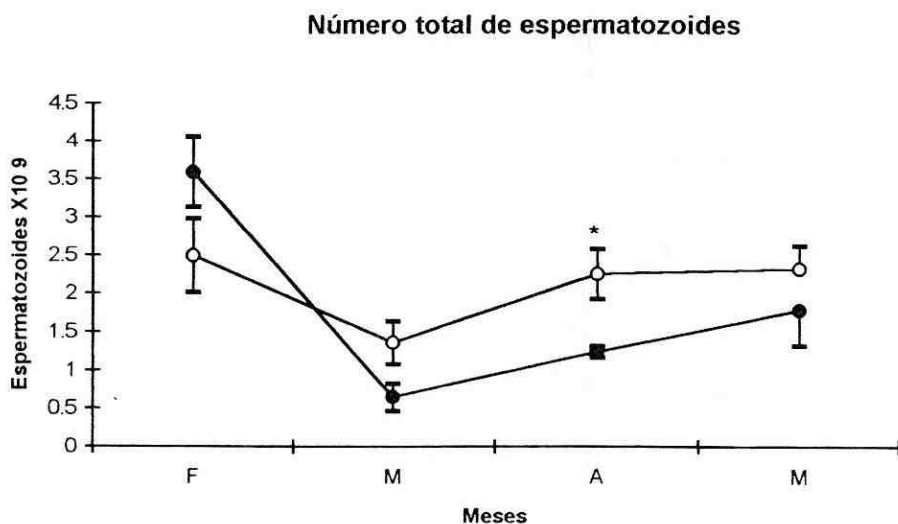


Figura 7. Número total de espermatozoides (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT—○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE—●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Número total de espermatozoides X 10⁹

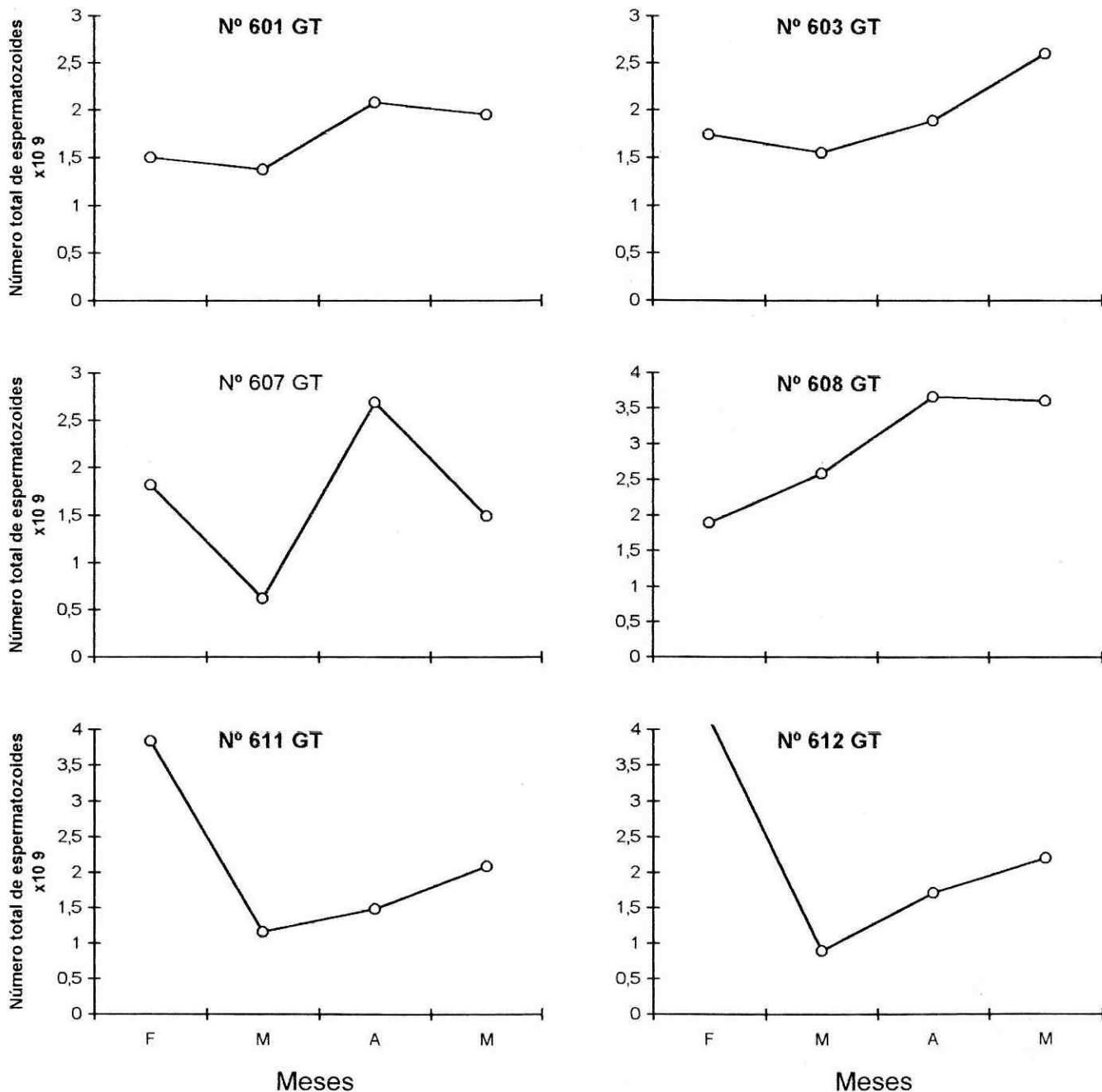


Figura 7.1. Evolución del número total de espermatozoides de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Número total de espermatozoides X 10⁹

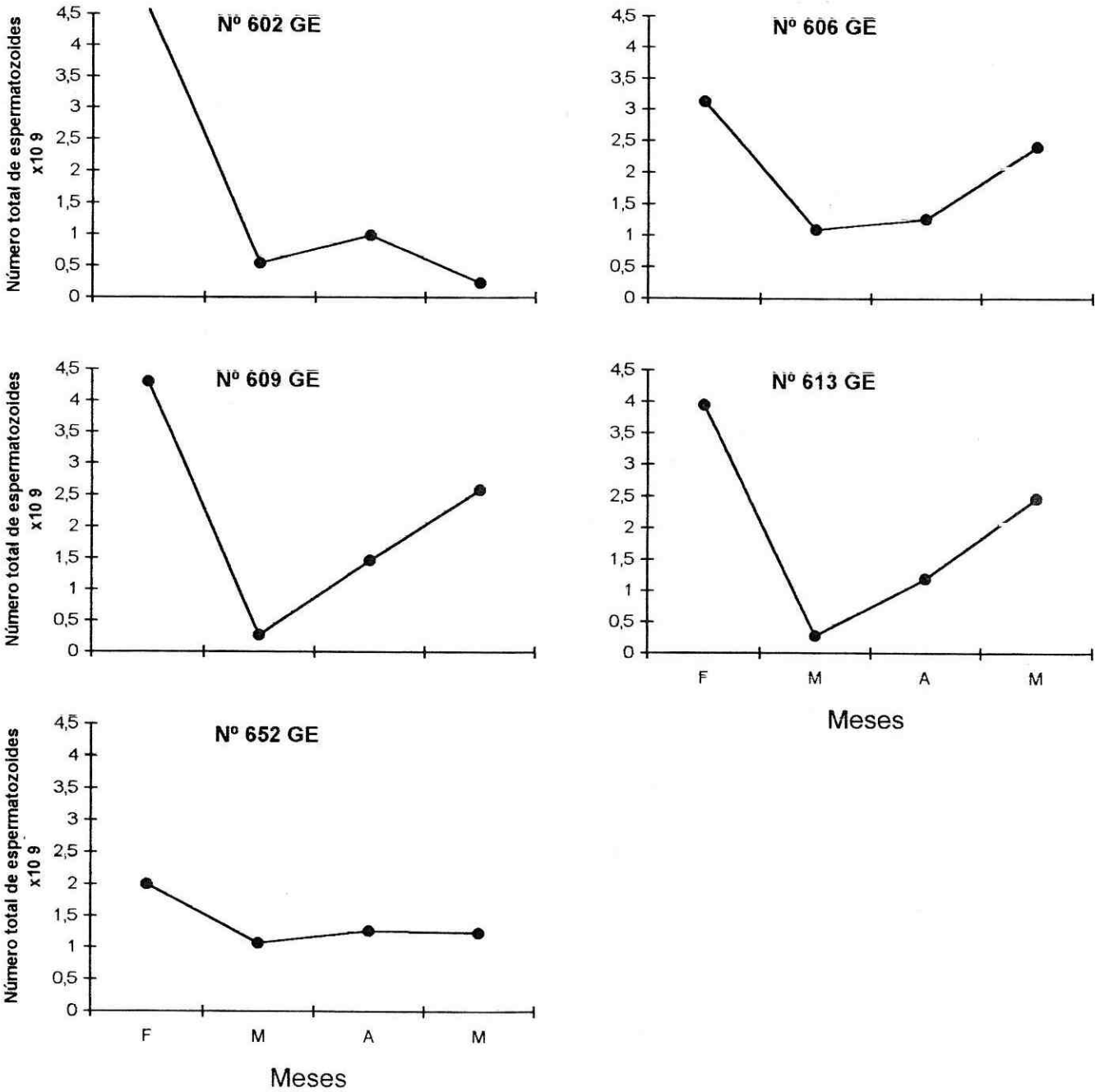


Figura 7.2. Evolución del número total de espermatozoides de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.6.- Calidad del semen: motilidad y porcentaje de espermatozoides vivos.

4.6.1.- Motilidad espermática.

El ANOVA indicó un efecto significativo del tiempo sobre la motilidad espermática ($P < 0.01$). No existió ninguna interacción lote-tiempo, lo que indica que la evolución de esta variable en ambos grupos fue similar durante el estudio. (Figura 8). En las Figuras 8.1 y 8.2 se muestran los datos individuales de la motilidad espermática de los machos del GT y GE.

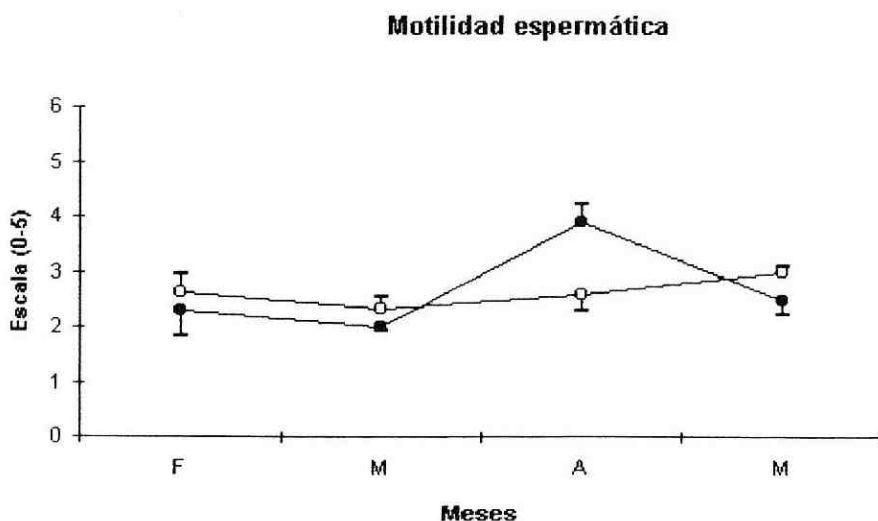


Figura 8. Motilidad espermática (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT—○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE—●—) explotados en un sistema extensivo (* $P < 0.05$).

Motilidad espermática

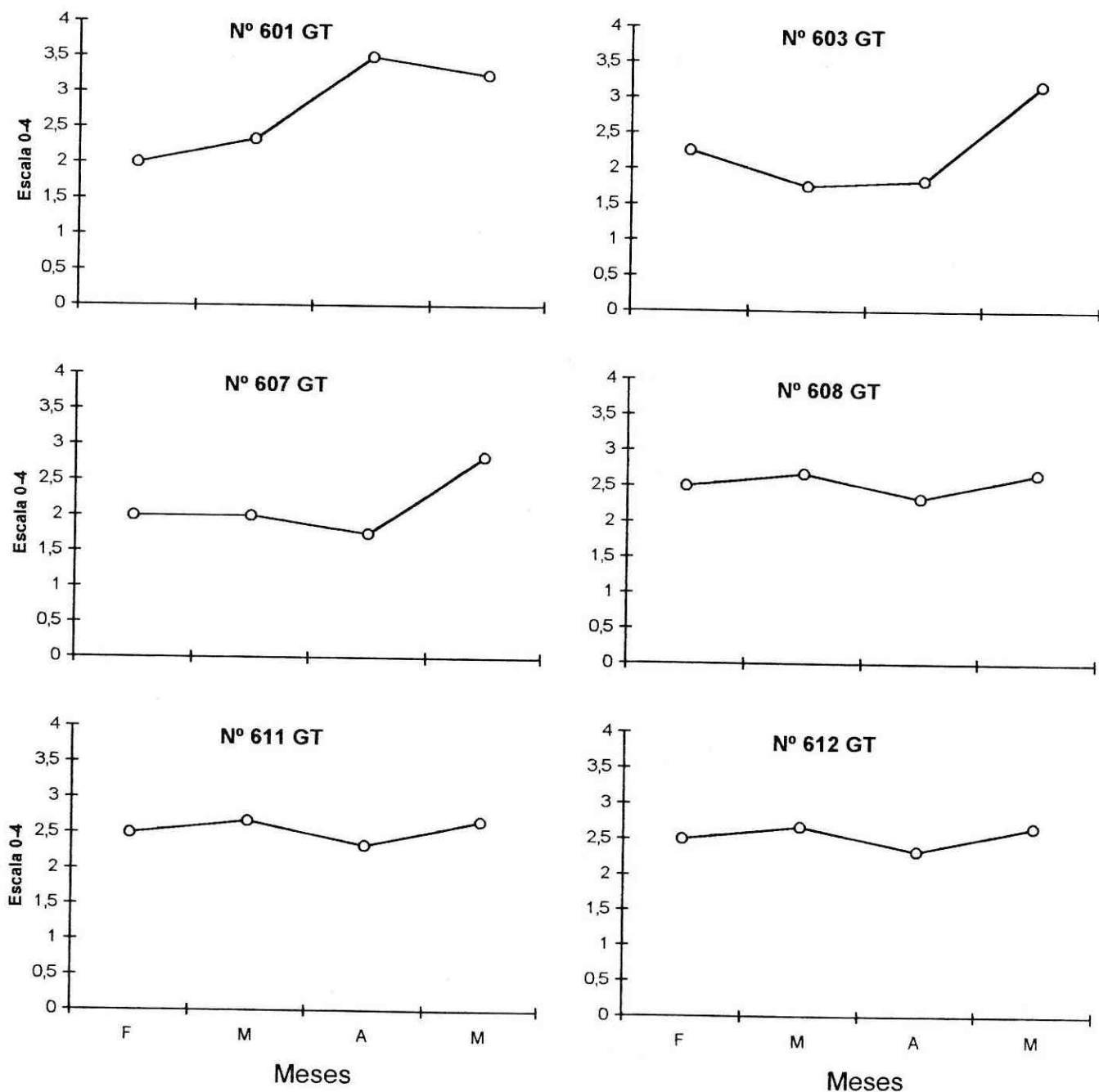


Figura 8.1. Evolución de la motilidad espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones naturales del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Motilidad espermática

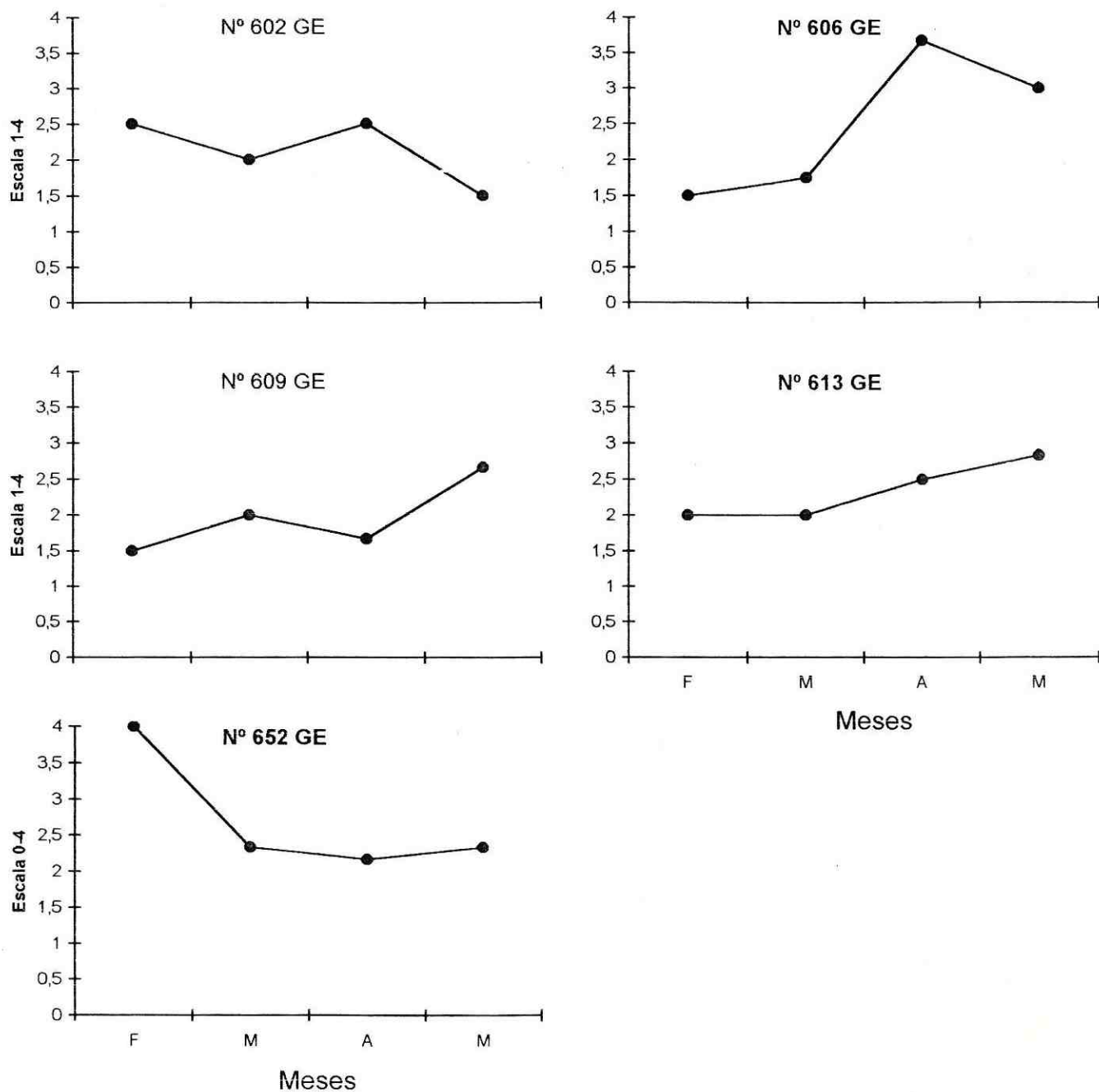


Figura 8.2. Evolución de la motilidad espermática individual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

4.6.2.- Porcentaje de espermatozoides vivos.

El ANOVA indicó un efecto significativo del tiempo sobre el porcentaje de células vivas ($P < 0.01$). No existió ninguna interacción lote-tiempo, lo que indica que la evolución de esta variable en ambos grupos fue similar durante el estudio. En la Figura 9 se muestra la evolución del porcentaje de espermatozoides vivos del GT y GE. En las Figuras 9.1 y 9.2 se muestran los datos individuales del porcentaje de espermatozoides vivos del eyaculado de los machos del GT y GE.

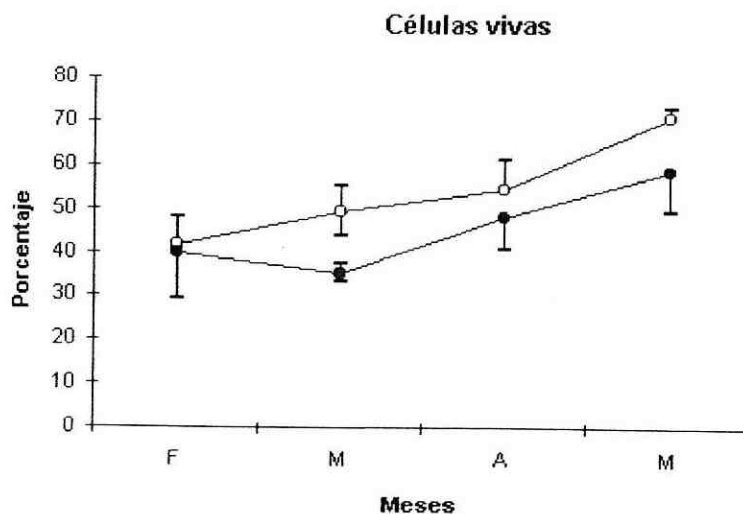


Figura 9. Porcentaje de espermatozoides vivos (promedio \pm s.e.m) de machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) sometidos a las variaciones del fotoperíodo natural (GT —○—) y a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina (GE —●—) explotados en un sistema extensivo.

Porcentaje de células vivas

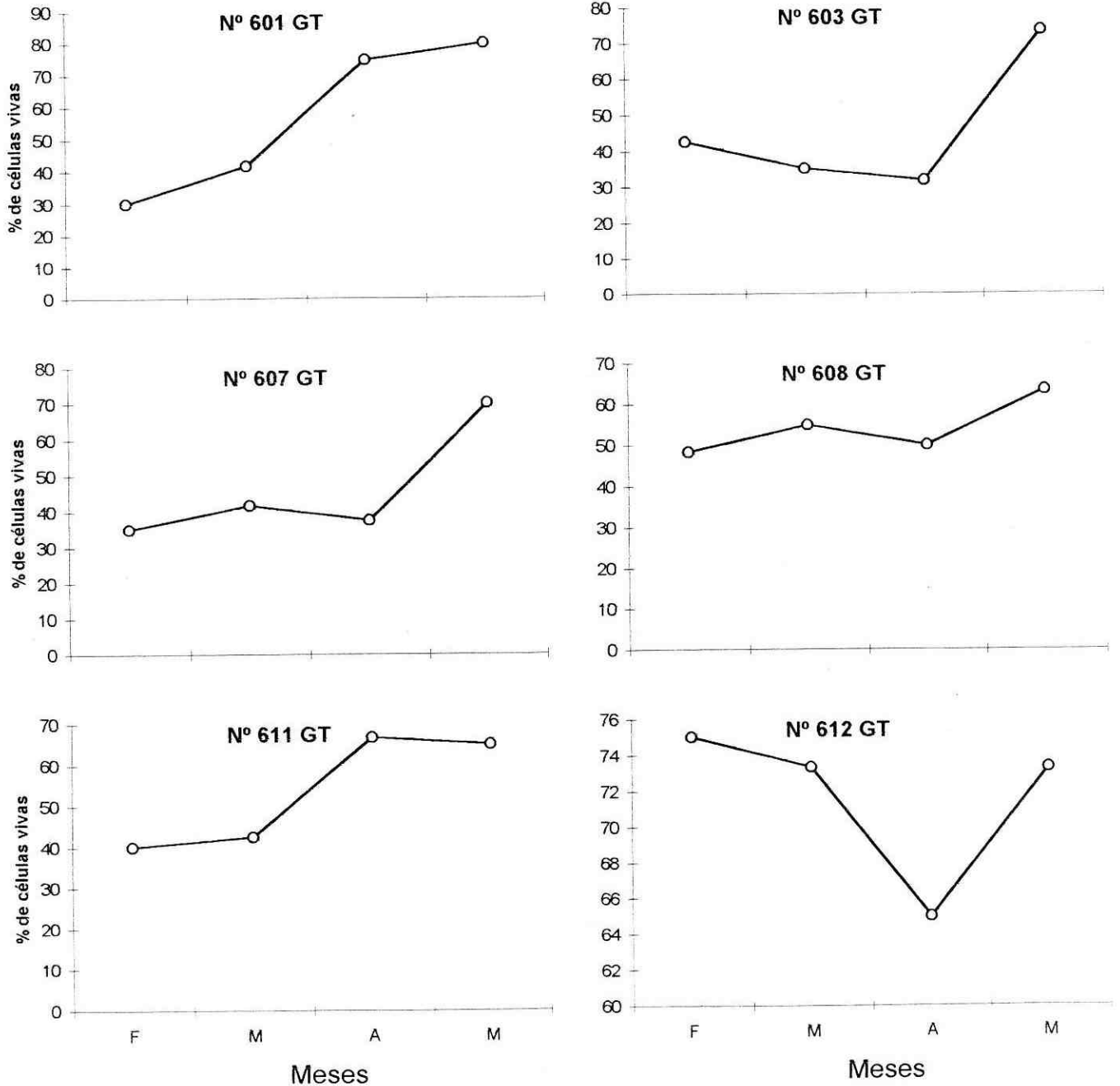


Figura 9.1. Evolución del porcentaje de espermatozoides vivos de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a las variaciones del fotoperiodo natural y explotados en un sistema extensivo.

Porcentaje de células vivas

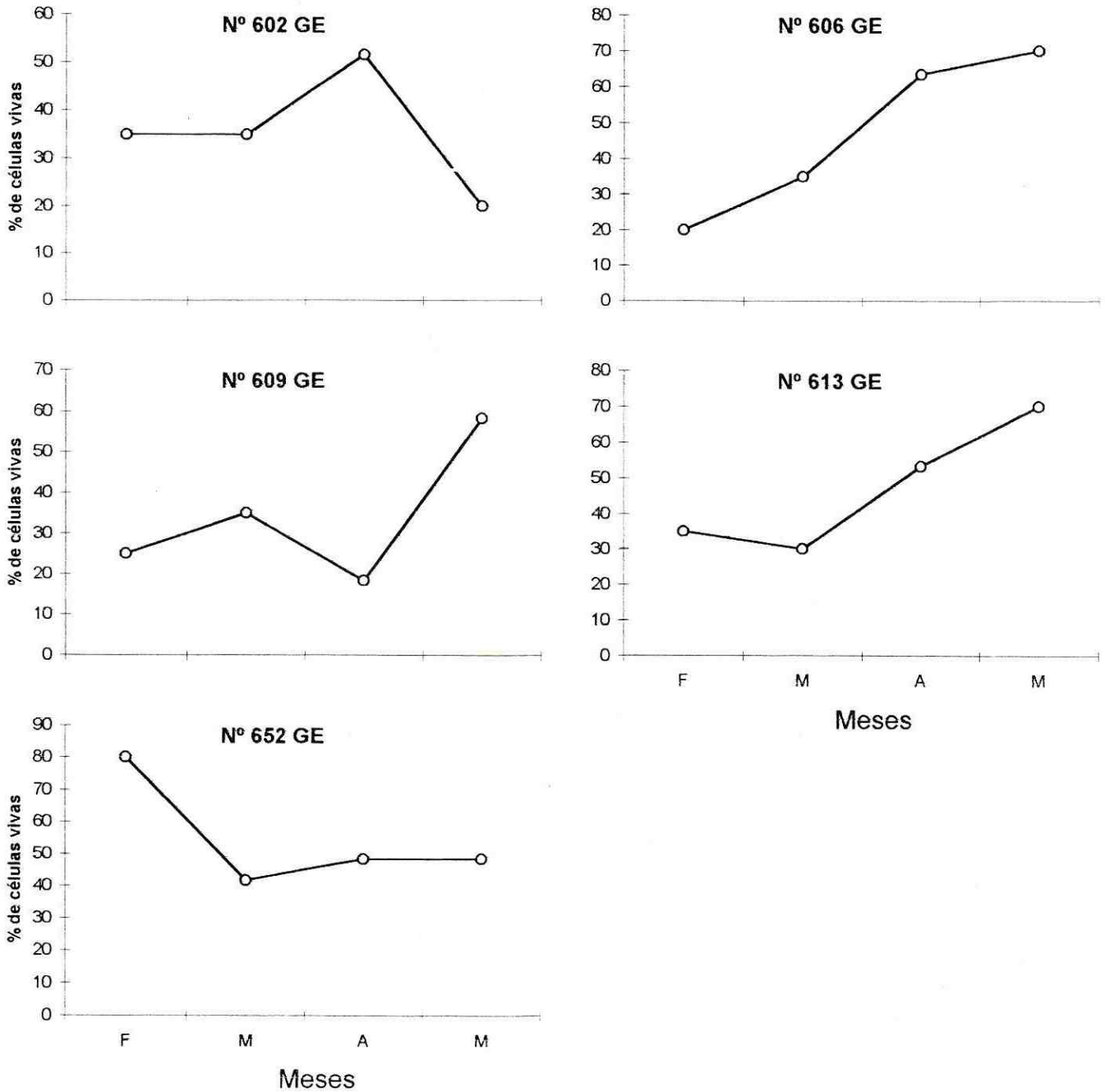


Figura 9.2. Evolución del porcentaje de espermatozoides vivos de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26° N) sometidos a 2.5 meses de días largos artificiales seguidos de la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina y explotados en un sistema extensivo.

Capítulo 5

Discusión

Los resultados del presente estudio muestran que el tratamiento fotoperiódico utilizado induce en primavera, un incremento en el peso testicular de los machos cabríos explotados de manera extensiva, lo que se refleja en una intensa actividad espermatogénica. Sin embargo, las otras variables determinadas como la libido y la producción espermática no fueron diferentes al grupo testigo. El peso testicular, indicador de la actividad de espermatogénesis (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Delgadillo *et al.*, 1991, 1995), fue superior en el grupo tratado que en el grupo testigo. En el grupo tratado, el valor promedio máximo de peso testicular fue registrado en abril (117 ± 8.0 g), mes que corresponde al periodo natural de reposo sexual (Canedo *et al.*, 1996; Carrillo *et al.*, 1997; Delgadillo *et al.*, 1997), y fue superior al registrado en ese mes en el grupo testigo (87.5 ± 9.7 g). Esto se debió, posiblemente, al protocolo utilizado, en el presente estudio. Otra posibilidad es que el número de colectas de semen al mes fueron insuficientes para poder observar diferencias entre grupos. Aunque la evolución del peso testicular fue diferente entre los grupos, la producción espermática fue similar en estos. Este

fenómeno es difícil de explicar. Sin embargo, existen algunas posibilidades por las cuales ninguna diferencia fue registrada entre los grupos. Es probable que la alimentación que recibieron los animales no permitió que éstos respondieran adecuadamente al tratamiento fotoperiódico lo que se tradujo, en la mayoría de los animales, en un crecimiento testicular moderado. Además, en los machos ovinos de la raza Merino, la producción diaria de espermatozoides depende del contenido de energía y proteína de la dieta (Oldham *et al.*, 1978; Murray *et al.*, 1990; Martin *et al.*, 1995), elementos que fueron, muy probablemente, deficientes en la dieta que consumieron los animales utilizados en el presente estudio. Un ritmo de colecta más intenso, por ejemplo 3 o 4 veces al día, hubieran permitido observar posiblemente diferencias entre grupos (Delgadillo *et al.*, 1995). Otro factor que pudo influir para no encontrar diferencia en la producción espermática es que contrariamente a lo efectuado por Carrillo (1997), los machos del presente estudio estuvieron siempre en contacto con las hembras durante todo el estudio, excepto durante las noches y los días en que se efectuaba la colecta seminal. Esto conlleva a la idea de que los machos durante el pastoreo, estuvieron en la posibilidad de montar libremente a las hembras que se encontraban naturalmente en celo o aquellas que fueron inducidas mediante el efecto macho, al incrementarse la actividad sexual de los animales tratados (Véliz *et al.*, 1998). En efecto, en los meses de marzo y abril, se observaron varias hembras en celo en el hato del grupo experimental. La actividad sexual de estos machos posiblemente evitó observar una diferencia en la producción espermática en el GE. En estos meses, se

incrementó la agresividad de los machos del GE, provocando la muerte de uno de los ellos.

Asimismo, el análisis individual del peso testicular de los machos tratados, sugiere que existió una importante variabilidad de los animales al tratamiento que fueron sometidos. En efecto, el macho 652 no mostró ningún incremento en su peso testicular. En cambio, en los animales 602, 606 y 609, existió un crecimiento moderado de sus gónadas. Finalmente, la mejor respuesta al estímulo fotoperiódico fue registrada solamente en el macho 606 (Fig 2.2). La respuesta variable de los animales al tratamiento fotoperiódico pudiera deberse entre otras causas, a la posible existencia de una interacción entre el fotoperiodo y la alimentación. Los machos cabríos Criollos sometidos al mismo tratamiento fotoperiódico y mantenidos en estabulación y alimentados adecuadamente, incrementan su peso corporal durante los días largos (Carrillo *et al.*, 1997; Véliz *et al.*, 1998). El mismo fenómeno se observó cuando los machos cabríos fueron sometidos artificialmente a tres meses de días largos y tres meses de días cortos (Cortez, *et al.*, 1997). Durante los días largos los animales aumentan su consumo y la eficiencia de la conversión alimenticia. En el presente estudio, los machos fueron explotados extensivamente y sometidos a las variaciones estacionales de la disponibilidad alimenticia. Los días largos artificiales coincidieron con la época de menos disponibilidad de alimento en el campo (Sáenz-Escárcega *et al.*, 1991), lo que impidió, muy probablemente que los animales incrementaran su peso corporal de manera similar a lo reportado en los machos explotados intensivamente (Carrillo *et al.*, 1997; Véliz *et al.*,

1998; resultados no publicados; Hernández *et al.*, resultados no publicados). Es posible que el incremento de las reservas corporales observado durante los días largos sea necesario para que los animales puedan responder adecuadamente al tratamiento fotoperiódico utilizado en nuestro experimento. En efecto, el mayor incremento del peso testicular fue observado en el macho 606, el cual mostró una mayor ganancia de peso corporal durante el estudio. En los machos caprinos de la raza Cashmere y los ovinos de la raza Merino, se considera que la alimentación es el principal factor del medio ambiente del cual depende el ciclo anual de reproducción. Una alimentación adecuada incrementa el peso corporal, el cual a su vez permite un crecimiento testicular independiente de la secreción de la LH (Walkden-Brown *et al.*, 1994; Hötzel *et al.*, 1997).

En los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera, el fotoperíodo es el principal factor del medio ambiente que controla el ciclo anual de reproducción (Cortez *et al.*, 1997). Sin embargo, es posible que en otras condiciones como en las que se efectuó el presente estudio, el efecto modulador de la alimentación, así como otros factores no identificados, hayan interferido con el tratamiento fotoperiódico propuesto (Ortavant *et al.*, 1985). Los altos niveles diurnos de melatonina en los machos tratados descartan la utilización de implantes con problemas para la liberación de la melatonina, hormona que imita los días cortos (Delgadillo y Chemineau, 1992). Otros estudios son necesarios para determinar realmente la eficiencia del tratamiento utilizado en nuestro experimento, en particular, es probable que el aislamiento

de los machos del hato, por un periodo mas prolongado al efectuado en nuestro estudio por ejemplo 10 días, pudiera permitir detectar diferencias entre grupos al someter a los machos a pruebas de comportamiento sexual (Véliz *et al.*, 1998) o colectas intensivas de semen (Delgadillo *et al.*, 1995).

La libido de los machos tratados se incrementó considerablemente en abril, lo que provocó una disminución de la latencia a la eyaculación. Esto sugiere que los niveles plasmáticos de testosterona fueron elevados durante este mes. En efecto aproximadamente, 30 días después de la inserción de los implantes de melatonina, la concentración plasmática de la testosterona en los machos estabulados se incrementa considerablemente (Carrillo, 1997). Sin embargo, debido al crecimiento testicular que mostraron los machos en el presente estudio, es posible que estos niveles hayan sido inferiores a los reportados por Carrillo (1997).

Capítulo 6

CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados del presente estudio muestran que la utilización de 2.5 meses de días largos y la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina inducen un crecimiento testicular durante el periodo natural de reposo sexual. Sin embargo, en las condiciones en las que se realizó el presente estudio, no se encontró diferencia entre grupos de la libido y la producción espermática.

Capítulo 7

RESUMEN

El presente estudio se realizó para determinar el efecto de la luz artificial y la melatonina sobre la actividad sexual de los machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera (26°N) explotados extensivamente. Este estudio se realizó de noviembre de 1996 a mayo de 1997. Para realizar este estudio se utilizaron 12 machos cabríos Criollos adultos, representativos de la Comarca Lagunera (26°N). Antes de iniciar el estudio, los machos fueron distribuidos en dos grupos de seis animales cada uno, de acuerdo al peso corporal y testicular. A partir del 1 de noviembre de 1996, el grupo testigo (GT) estuvo sujeto a las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera. Los machos del GE fueron alojados en instalaciones abiertas y sometidos artificialmente a días largos (16 horas de luz - 8 de oscuridad). Posteriormente el 16 de enero del 1997, se suspendieron los días largos y se aplicó a cada macho, dos implantes subcutáneos de melatonina (Regulin, Hoechst) en la base de la oreja de 18 mg cada uno. A partir de ese momento, los animales percibieron las variaciones naturales del fotoperíodo de la Comarca Lagunera.

La alimentación de estos animales fue a base de arbustivas y esquilmos de cosechas durante el pastoreo. Durante el periodo de colecta seminal, los machos permanecieron en sus respectivos corrales cuatro días por mes. Durante estos días, se les proporcionaba 2.5 kg de heno de alfalfa por animal por día. El peso corporal y testicular de ambos grupos fueron registrados cada quince días. A través del estudio, la libido fue determinada durante las sesiones de recolecta seminal mediante la latencia a la eyaculación y el porcentaje de rechazos a la eyaculación. La producción cuantitativa del semen fue determinada mediante el volumen del eyaculado (ml), la concentración del eyaculado en espermatozoides ($\times 10^9$) y el número total de espermatozoides por eyaculado ($\times 10^9$). La calidad seminal de los machos fue evaluada por medio de la motilidad progresiva y el porcentaje de espermatozoides vivos.

El ANOVA demostró un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso corporal ($P < 0.0001$), indicando que este varió durante el periodo de experimentación. También existió una interacción lote tiempo ($P < 0.05$), lo que indica que la evolución del peso corporal fue diferente entre los grupos. También demostró un efecto significativo del tiempo sobre la evolución del peso testicular ($P < 0.0001$), indicando que este varió durante el periodo de experimentación. Se detectó una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$), lo que indica que la evolución del peso testicular fue diferente entre los grupos. El ANOVA demostró un efecto del tiempo sobre la latencia a la eyaculación ($P < 0.0001$), observándose además, una interacción tiempo-lote ($P < 0.05$). El ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre la evolución de los rechazos a la

eyaculación ($P < 0.01$). También existió una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$). El ANOVA reveló un efecto del tiempo sobre la evolución del volumen del eyaculado ($P < 0.0001$). Existió también una interacción lote- tiempo ($P < 0.05$).

Durante la evaluación de la concentración espermática, el ANOVA indicó un efecto del tiempo sobre ésta ($P < 0.001$), indicando que este parámetro varió durante el periodo de evaluación del semen. También existió una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$). El número total de espermatozoides por eyaculado varió significativamente ($P < 0.001$) durante el periodo de la evaluación del semen, observándose una interacción lote-tiempo ($P < 0.05$). El ANOVA indicó un efecto significativo del tiempo sobre la motilidad espermática ($P < 0.01$). No existió ninguna interacción lote-tiempo, lo que indica que la evolución de esta variable en ambos grupos fue similar durante el estudio. El ANOVA indicó un efecto significativo del tiempo sobre el porcentaje de células vivas ($P < 0.01$). No existió ninguna interacción lote-tiempo, lo que indica que la evolución de esta variable en ambos grupos fue similar durante el estudio.

En conclusión, los resultados del presente estudio muestran que la utilización de 2.5 meses de días largos y la inserción subcutánea de dos implantes de melatonina inducen un crecimiento testicular durante el periodo natural de reposo sexual. Sin embargo, en las condiciones en las que se realizó el presente estudio, no se encontró diferencia entre grupos de la libido y la producción espermática.

Capítulo 8

LITERATURA CITADA

- Agraz G.A. 1984. Caprinotécnica I. Segunda ed., Limusa, México, D.F., 139-141.
- Arbiza S.A. 1986. Producción de caprinos. A.G.T. Editor. México.
- Arendt J., 1986. Role of the pineal gland and melatonin in seasonal reproductive function in mammals. Oxford Reviews of Reproductive Biology. 8: 266- 320.
- Barrell G.R., Lapwood K.R. 1979. Seasonality of semen production and plasma luteinizing hormone, testosterone and prolactin levels in Romney, Merino and Polled Dorset Rams. Anim. Reprod. Sci. 1. 213-228.
- Bongso T. A., Jainudeen M R., Siti Zahrah A. 1982. Relationship of scrotal circumference to age body weight and onset of spermatogenesis in goats. Theriogenology. 18, 5, 513-524.
- Branca A., Cappai P. 1989. Osservazioni sul controllo della riproduzione nelle specie caprina: esperienze effettuate in Sardegna. Symp. Int. La riproduzione nei piccoli ruminanti: basi fisiologiche e aspetti applicativi, 115-129.
- Bronson F.H. 1988. Mammalian reproductive strategies: genes, photoperiod and latitude. Reprod. Nutr. Dévelop. 28,335-347.
- Bronson F.H. 1989. Mammalian reproductive biology. The University of Chicago Press, Ltd., London, 325 p.

- Canedo G., Morán J., Malpaux B., Delgadillo J.A. 1995. Variaciones estacionales de la producción espermática en machos cabríos Criollos de la Comarca Lagunera. X Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 17-20 octubre, Zacatecas, Zac. 30-33.
- Canedo G., Malpaux B., Delgadillo J.A., 1996. Seasonal variations in testicular weight in creole male goats in subtropical conditions (Northern México), VI Int. Conf. on Goats, May 6-11, Beijing, China. 2: 811.
- Carrillo E., Morán J., Malpaux B., Delgadillo J.A. 1996. Inducción de la actividad sexual en los machos cabríos de la Comarca Lagunera durante el periodo de reposo sexual mediante la utilización de la luz artificial y melatonina. XI Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 16-18 octubre., Chapingo. México. 53-59.
- Carrillo E., Morán J., Yescas C. A., Malpaux B., Delgadillo J.A. 1997. Mejoramiento de la calidad espermática de los machos cabríos criollos de la Comarca Lagunera tratados con luz y melatonina durante el periodo de reposo sexual. XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 4-6 de noviembre, Torreón Coahuila, México, 159-162.
- Corteel J.M. 1976. 2e Journees de la recherche ovine et caprine, París, INRA-ITOVIC Ed., 1, 283-287
- Corteel J.M., 1981. Collection, processing and artificial insemination of goat semen. In: "Goat production", GALL C.(Ed.), Acad. Press (London), 171-191.
- Cortez L. M.E., Veliz D., Hernández O.H.F., Malpaux B., Delgadillo J. A. 1997. Evidencia de que el fotoperiodo controla la actividad sexual de los machos cabríos de la Comarca Lagunera. XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 4-6 noviembre. Torreón, Coah. Méx. 139-142.
- Chemineau P. 1986 b. Sexual behaviour and gonadal activity during the year in the tropical Creole meat goat. I. Female estrous behaviour and ovarian activity. *Reprod. Nutr. Dévelop.* 26 (2A), 441-452.
- Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo J.A. 1987. Effects of tropical photoperiod on sexual activity of Alpine goats. *Proc. IVth Intern. Conf. on Goats*, 8-13, Brasilia (Brasil); Abst. 269.
- Chemineau P., Pelletier J., Guérin Y., Colas, G., Ravault J.P., Touré., Almeida, G., Thimonier J., Ortavant R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goats. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 28, 409-422.

- Chemineau P., Malpoux B., Delgadillo J.A., Guérin Y., Ravault J.P., Thimonier J., Pelletier J., 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.*, 30, 157-185.
- Chemineau P., Baril G., Delgadillo J.A., 1992. Control hormonal de la reproducción en el caprino. X Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de los Zootecnistas y Técnicos de la Caprinocultura. 22-25 septiembre, Monterrey Nuevo León, México, 143-164.
- Chemineau P., Daveau A., Maurice F., Delgadillo J.A. 1992. Seasonality of estrus and ovulation is modified by subjecting female Alpine goats to a tropical photoperiod. *Small Rumin. Res.*, 8: 299-312.
- Chemineau P., Delgadillo J.A., 1993. Neuroendocrinología de la reproducción en el caprino. *Revista Científica FCV-LUZ*, 2, 113-121.
- Chemineau P. 1993. Reproducción de las cabras originarias de las zonas tropicales. *Rev. Latamer. Peq. Rumin.* 1(1), 2-14.
- Chemineau P., Delgadillo J. A. 1994. Neuroendocrinologie de la reproduction chez les caprins. *INRA. Prod. Anim.* 7(5), 315-326.
- Chemineau P., Baril G., Leboeuf B., Maurel M. C., Cognié Y. 1996. Recent advances in the control of goat reproduction. VI Int. Conf. on Goats, May 6-11, Beijing, China. 2, 776-784.
- Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and semen production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*, 33, 755-770.
- Delgadillo J.A., Chemineau P. 1992. Abolition of the seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fert.*, 94, 45-55.
- Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P. 1992. Abolition of seasonal variations in semen quality and maintenance of sperm fertilizing ability by photoperiodic cycles in goat buck. *Small Rumin. Res.*, 9, 47-59.
- Delgadillo J.A., Leboeuf B., Chemineau P., 1993. Maintenance of sperm production in bucks during a third year of short photoperiodic cycles. *Reprod. Nutr. Dév.*, 33, 609-617.
- Delgadillo J.A., Hochereau M.T. Daveau A., Chemineau P., 1995. Effect of short photoperiodic cycles on male genital tract and testicular parameters in male goats (*Capra hircus*). *Reprod. Nutr. Dév.* 35, 549-558.

- Delgadillo J.A., Malpaux B. 1996. Reproduction of goats in the tropics and subtropics, VI Int. Conf. on Goats, May 6-11, Beijing, China. 2, 785-799.
- Delgadillo J.A., Malpaux B., Chemineau P. 1997. La reproduction des caprins dans les zones tropicales et subtropicales. INRA, Prod. Anim. 10,33-41.
- Devenson S.L., Forsyth I.A., Arendt J., 1989. Long- day followed by melatonin treatment of goats to advance seasonal breeding. J. Reprod. Fert., abst series N° 3, 12.
- Devenson S.L., Forsyth I.A., Arendt J., 1992 Induced out- of- season breeding in British Saanen dairy goat: use of artificial photoperiods and/or melatonin administration. Anim. Reprod. Sci., 29, 1-15.
- D'Occhio M.J., Broks D.E. 1976. The influence of androgens and oestrogens in mating behavior of male sheep. Aust. Soc. Reprod.Biol. VIII Conf. Univ. Queenscland, St. Lucia.
- Ebling F.J.P., Lincoln G.A, Wollnik F y Anderson N. 1988. Effects of constant darkness and constant light on circadian organization and reproductive responses in the ram. Journal of biological Rhythms. 3:365-384.
- Flores J.A., Duarte G.A., Malpaux B., Delgadillo J.A. 1996. Variaciones estacionales de la actividad reproductiva de las cabras Criollas de la Región Lagunera XI Reunión Nacional sobre Caprinocultura. 16-18 octubre., Chapingo México. 53-59.
- Gonzales- Stagnaro C. 1983. Comportamiento reproductivo de las razas locales de los rumiantes en el trópico americano. Dans "Reproduction des ruminants en zone tropicale". Les colloques de I.I.N.R.A No 20, 1-84.
- Hötzel M.J., Caraty A., Martin G.B. 1997. Effects of nutrition on testicular growth in mature Merinos rams actively immunized against GnRH. J. Reprod fertil; 110:307-313.
- Hoyos F., G., Sáenz. P. 1993. "La utilización de residuos agrícolas en la alimentación del ganado caprino en la Comarca Lagunera." Reporte del proyecto de sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera y Zacatecas. INIFAP-CIID, Calera , Zacatecas. Publicación especial No 10. p.
- INEGI. 1994. Anuarios Estadísticos de los Estados Unidos Mexicanos. 507.
- Karsch F.J., Bittman E.L., Foster D.I., Goodman R.L., Legan S.J., Robinson J.E., 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. Recent Prog. Horm. Res., 40, 185-232.

- Karsch F.J., Robinson J.E., Woodfill Celia J.I., Brown Morton B. 1989. Circannual cycles of luteinizing hormone and prolactin secretion in ewes during prolonged exposure to a fixed photoperiod: evidence for an endogenous reproductive rhythm. *Biol. Reprod.* 41, 1034-1046.
- Legan S.J., Winans S.S. 1981. The photoneuroendocrine control of seasonal breeding in the ewe. *Gen. Comp. Endocrinol.* 45, 317-328.
- Lincoln G.A. 1979. Use of plused infusion of luteinizing hormone releasing hormone to mimic seasonally induced endocrine changes in rams. *J. Endocr.* 83, 251-260.
- Lincoln G.A., Short R.V. 1980. Seasonal breeding natures contraceptive. *Recent. Prog. Horm. Res.* 36, 1-52.
- Lino B. F. 1972. The output of spermatozoa in rams. II. Relationship to scrotal circumference, testis weight and the number of spermatozoa in diferent part of the urogenital tract. *Aust. J. Biol. Sci.*, 25, 359-366.
- Malpaux B., Daveau A, Maurice F., Gayrard V y Thiéry J.C. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing-hormone secretion in the ewe: Evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biology of Reproduction.* 48: 752.760.
- Martin G. B. 1984. Factors affecting the secretion of luteinizing hormone in the ewe. *Biol. Rev.* 59, 1-87.
- Martin G. B., Walkden-Brown S.W. 1995. Nutritional influences on reproduction in mature male sheep and goats. *Reproduction and Fertility.* 49: 437-449.
- Memon M.A., Bretzlaff K.N., Ott R.S., 1986. Comparison of semen collection techiques in goats. *Theriogenology*, 26 (6), 823-827.
- Murray P.J., Rowe J.B., Pethick D.W, and Adams N.R. 1990. The effect of nutrition on testicular growth in the Merino ram. *Australian Journal of Agricultural Research.* 41, 185-195.
- Nunes J.F., Dias Silva A. E.F., Riera S., Melo Lima F. de A., Ponce de León F.A., 1984. Preliminary report observed differences in goats sperm characteristics based on scrotal morfology. *Les Colloques de L INRA*, nº 20. INRA Publ. París.
- Oldham C.M., Adams N.R., Gherardi P.B., Lindsay D.R., Mckintosh J.B. 1978. The influence of level of feed intake on sperm- producing capacity of testicular tissue in the ram. *Aust.J. Agric. Res.*, 29, 173-179.

- Ortavant R., Pelletier J., Ravault J.P., Thimonier J., and Volland Nail P. 1985. Photoperiod: Main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxford of the Reproductive Biology*. vol. 7, 304 - 344.
- Pelletier J., Chemineau P., Thimonier, J., Volland Nail, P. 1987. Comparative physiology of environmental adaptations (Karger, Basel) 3: 121-135.
- Pelletier J., Chemineau P., Delgadillo J.A., 1988. Seasonality of sexual activity and its photoperiodic control in the adult ram and he-goat. In Proc. 11 th Inter. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem., Dublin, 25-30 juin, 5, 211-219.
- Restall B.J., Walkden-Brown S., Henniawati-Restall. 1991. Reproduction reseach in Australian goats. In Cashmere Reseaech Seminar Proceedings, 23-24 May (NSW Agriculture and Fisheries) eds 9, 49-69.
- Riera S. 1982. Reproductive efficiency and management in goats. III Int. Conf. on Goats production and disease. University of Arizona, Tucson, U.S.A. 162- 174.
- Rouger Y. 1974. Etude des interactions de l' environnement et des hormones sexuelles dans la regulation du comportement sexuel des bovidae. These. Doct. es Sci. Nat. Rennes, France, 197 p.
- Rollag M.D y Niswender G.D., 1976. Radioimmunoassay of serum concentrations of melatonin in sheep exposed to different lighting regimens. *Endocrinology*. 98: 482- 489.
- Sáenz Escárcega P., Hoyos G., Salinas H., Martinez M., Espinoza J. 1991. Establecimiento de módulos caprinos con productores cooperantes. Evaluación de módulos caprinos en la Comarca Lagunera. INIFAP-CIID, 24-34.
- Salinas H., G. Hoyos y P.Sáenz. 1989. Sistemas de producción caprino en la Comarca Lagunera. Reporte de Avances Convenio INIFAP-CIID. 1-7.
- Sugden D., 1989. Melatonin biosynthesis in the mammalian pineal gland. *Experientia*. 45: 922-932.
- Thimonier J., Mauléon P., 1969. Variations saisonnières du comportement d' oestrus et des activités ovarienne et hypophysaire chez les ovins. *Ann. Biol. Anim., Biochim., Biophys.*, 9: 223- 250.

- Thimonier J., Terqui M., Chemineau P. 1986. Conduite de la reproduction des petits ruminants dans les différentes parties du monde. In "Nuclear and related Techniques in animal production and Health", proceedings of international Symposium, I.A.E.A - F.A.O., Vienne, Mars 17-21, I.A.E.A. 292, 135- 147.
- Véliz F.G; Flores J.A; Poindron P. Martínez de la Escalera G; Malpaux B; Delgadillo J.A. 1998. Días largos y melatonina en machos cabríos aumentan la respuesta al efecto macho en cabras anovulatorias. Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. 20-24 de septiembre. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. (en prensa).
- Walkden-Brown S.W., Restall B.J., Taylor W.A., 1994. Testicular and epididimal sperm content in grazing Cashmere bucks: seasonal variation and prediction from measurements in vivo. *Reprod.Fert. Dev.* 6, 727-736.
- Walkden-Brown S., Restall B.J. 1996. Environmental and social factors affecting reproduction. VI Int. Conf. on Goats, May 6-11, Beijing, China. 2, 762-775.