UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICA SEMINAL DEL CARNERO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

P R E S E N T A:

ROBERTO ZAMORANO PALLARES

DIRECTOR DE TESIS

DR. VIRGINIO AGUIRRE FLORES

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

OCTUBRE DE 2026, CUERNAVACA, MOR.

INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL CARNERO

Nombre del estudiante: ROBERTO ZAMORANO PALLARES

Comité de tesis

Director de tesis: Dr. Virginio Aguirre Flores

Revisor: Dr. Reyes Vázquez Rosales

Revisor: Dr. Fernando Iván Flores Pérez

Revisor: Dra. Mariana Pedernera Romano

Revisor: Dra. Claudia Hallal Calleros

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

A Dios, por permitirme dar un paso más en mi formación académica.

A mi comité revisor, por la dedicación, el acompañamiento y la paciencia que siempre mostró a lo largo de todo el proyecto.

Agradezco al programa **SECiHTI** el apoyo económico brindado durante mi formación, el cual fue fundamental para la realización de este proyecto.

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS, en especial a la FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, por brindarme las herramientas, los espacios y el apoyo académico necesarios. Mi agradecimiento también a los doctores del núcleo que contribuyeron a mi formación y crecimiento profesional.

A mis padres, **Griselda Pallares y Norberto Zamorano**, les agradezco profundamente su amor, su apoyo incondicional y su confianza inquebrantable. Su ejemplo de esfuerzo y dedicación ha sido la base sobre la que he construido este logro.

A mi hermana, gracias por su compañía y su apoyo. Su presencia ha sido una fuerza adicional durante todo este proceso.

A mi familia y amigos, gracias por su compañía, aliento y comprensión durante los momentos más intensos de este proceso.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, quien me ha brindado la fortaleza, la paciencia y la claridad necesarias para perseverar en cada etapa de esta formación. Su guía ha sido un pilar fundamental en los momentos de mayor desafío.

A mis padres, quienes, con su esfuerzo, ejemplo y apoyo incondicional, han forjado en mí los valores que sustentan no solo este logro académico, sino también mi crecimiento personal. Su dedicación, confianza y acompañamiento han sido pilares esenciales para llegar hasta este momento.

A mi hermana, cuya presencia ha sido un apoyo firme y sincero. Su comprensión, aliento y cercanía aportaron equilibrio y motivación durante los periodos de mayor exigencia.

A cada uno de ellos, expreso mi más profundo agradecimiento y mi dedicación, reconociendo que este logro no es únicamente el resultado de mi esfuerzo, sino también del respaldo constante que me han brindado.

Contenido

Resumen 1
Abstract 2
Introducción 3
Pregunta de investigación 7
Objetivo 7
Objetivos específicos 8
Hipótesis 8
Materiales y métodos 9
Ubicación 9
Consideraciones éticas 9
Animales y Manejo 9
Diseño experimental y periodo de adaptación 10
Programa de ejercicio físico 11
Momento de la evaluación 11
Variables fisiológicas 12
Evaluación de características seminales 12
Evaluación testicular 13
Capacidad de servicio 13
Análisis estadístico 14
Resultados 15
Discusión 20
Conclusión 22
Referencias 23

Lista de figuras

Figura 1. Promedio y EE de la concentración de espermatozoides, del volumen seminal, de la circunferencia y del volumen testicular en carneros ejercitados, durante 60 días. El asterisco denota una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). 16

Figura 2. Promedio y EE de la frecuencia cardíaca, de los pasos dados y del peso corporal de carneros ejercitados durante 60 días. El asterisco indica una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). 17

Figura 3. Promedio y EE de copulaciones, montas y eyaculados en la prueba de capacidad de servicio en carneros ejercitados durante 60 días. El asterisco indica $p < 0.05$, lo que significa que la diferencia es estadísticamente significativa. 19

Resumen

Este estudio buscó determinar si un programa de ejercicio físico moderado podía mejorar la función reproductiva y algunas variables fisiológicas en carneros de la raza Katahdin. Se trabajó con 16 carneros clínicamente sanos, de edad y peso similares, divididos al azar en dos grupos: uno con ejercicio (GCE, n = 8), que caminó 30 minutos diarios durante 60 días, y otro sin ejercicio programado (GSE, n = 8). Durante el experimento se midieron variables fisiológicas: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y temperatura corporal; características seminales: volumen y concentración espermática; medidas testiculares: circunferencia escrotal y volumen testicular; y la capacidad de servicio. Los carneros que hicieron ejercicio mostraron mayor concentración espermática y mayor volumen testicular, y copularon con más ovejas que el grupo control ($p < 0.05$). El volumen seminal, la circunferencia escrotal, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal no cambiaron con el tratamiento ($p > 0.05$). La frecuencia cardíaca aumentó como respuesta normal al ejercicio, sin signos de estrés ni de problemas de bienestar. Se concluye que el ejercicio moderado es una estrategia de manejo que puede mejorar algunos indicadores reproductivos en carneros Katahdin y constituye una opción práctica y económica para aumentar la eficiencia reproductiva en sistemas ovinos.

Palabras clave: ejercicio físico, libido, características seminales, carneros.

Abstract

This study sought to determine whether a moderate physical exercise program could improve reproductive function and certain physiological variables in Katahdin rams. We used 16 clinically healthy rams of similar age and weight, randomly assigned to two groups: one with exercise (GCE, n = 8), which walked 30 minutes daily for 60 days, and one without programmed exercise (GSE, n = 8). During the experiment, we measured physiological variables (heart rate, respiratory rate, and body temperature); seminal characteristics (ejaculate volume and sperm concentration); and testicular measurements (scrotal circumference, testicular volume, and service capacity). Rams that exercised showed higher sperm concentration and testicular volume and serviced more ewes than the control group ($p < 0.05$). Seminal volume, scrotal circumference, respiratory rate, and body temperature did not change with the treatment ($p > 0.05$). Heart rate increased as expected with exercise, without signs of stress or welfare problems. Moderate exercise is a management strategy that can improve some reproductive indicators in Katahdin rams and is a practical, low-cost option to increase reproductive efficiency in sheep production systems.

Keywords: physical exercise, libido, seminal characteristics, rams.

Introducción

La eficiencia reproductiva de los sementales es uno de los factores que más inciden en la rentabilidad y la sostenibilidad de los sistemas ovinos. Un solo macho puede afectar la fertilidad de muchas hembras en una temporada reproductiva, por lo que cualquier problema en su capacidad reproductiva afecta la productividad del rebaño (Martin et al., 2004). Por eso, evaluar y optimizar los factores que influyen en la reproducción del carnero es una prioridad en la producción animal actual.

La reproducción del carnero en ovinos depende de una compleja interacción de factores anatómicos, fisiológicos, endocrinos, nutricionales, ambientales y de manejo. El aparato reproductor del macho incluye testículos, epidídimo, conductos deferentes, glándulas sexuales accesorias, pene y prepucio. Los testículos son los órganos reproductores primarios: producen espermatozoides y testosterona, la hormona necesaria para las características sexuales secundarias, la libido y la capacidad fecundante (Hafez & Hafez, 2000; Amann & Schanbacher, 1983).

La actividad reproductiva del carnero está regulada por el eje hipotálamo-hipófisis-gónada, un sistema neuroendocrino que coordina la producción hormonal y la espermatogénesis. El eje arranca con la liberación pulsátil de GnRH desde el hipotálamo, lo que estimula la secreción de LH y FSH por parte de la adenohipófisis. La LH actúa sobre las células de Leydig para estimular la producción de testosterona, mientras que la FSH actúa sobre las células de

Sertoli, clave para el desarrollo y la maduración de las células germinales. Si estas hormonas interactúan de forma adecuada, mantienen la fertilidad y el comportamiento sexual normal del macho (Tilbrook et al., 2000; Souza-Fabjan et al., 2023).

Los espermatozoides se producen mediante la espermatogénesis, una secuencia ordenada de divisiones celulares y diferenciación en los túbulos seminíferos. En ovinos, este proceso tarda entre 47 y 60 días en completarse, por lo que cualquier intervención para modificar la calidad seminal debe mantenerse durante el tiempo suficiente para que sus efectos se observen en los espermatozoides eyaculados (Hochereau-de Reviers et al., 1987; Eldurssi et al., 2025). La espermatogénesis requiere un adecuado suministro de nutrientes, oxígeno y hormonas, así como condiciones ambientales que permitan el correcto funcionamiento testicular.

Hay varios factores que pueden afectar la calidad seminal y el comportamiento reproductivo de los sementales. La genética, la edad, el estado nutricional, el bienestar animal, las condiciones ambientales y el manejo zootécnico son los principales factores. El estrés térmico, por ejemplo, puede alterar la termorregulación testicular y disminuir la producción espermática, lo que reduce la fertilidad de los carneros (Barragán-Sierra et al., 2021). También las deficiencias nutricionales, las enfermedades y el estrés prolongado pueden alterar la actividad endocrina y reducir la eficiencia reproductiva (Blache et al., 2008).

En años recientes, se ha observado que el estrés oxidativo es uno de los principales mecanismos del deterioro de la calidad seminal. Ocurre cuando la producción de especies reactivas de oxígeno supera la capacidad antioxidante del organismo, lo que daña los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos. Los espermatozoides son muy vulnerables al daño oxidativo porque sus membranas contienen numerosos ácidos grasos poliinsaturados. El exceso de radicales libres puede afectar la motilidad, la viabilidad y la integridad del ADN espermático, comprometiendo la fertilidad del carnero (Agarwal et al., 2014). En pequeños rumiantes, se han propuesto varios biomarcadores oxidativos como indicadores de la calidad seminal y del estado reproductivo de los machos (Pasciu et al., 2023).

A la vez, hay un interés creciente en estrategias de manejo que mejoren la función reproductiva sin recurrir a tratamientos farmacológicos. El ejercicio físico moderado ha llamado la atención por sus beneficios para la salud cardiovascular, la condición física y el metabolismo energético. La actividad física regular aumenta el gasto cardíaco, mejora la circulación, favorece el transporte de oxígeno y nutrientes a los tejidos y estimula mecanismos antioxidantes endógenos que ayudan a mantener la homeostasis celular (Hackney, 2020).

Varios estudios han mostrado que el ejercicio moderado puede tener efectos positivos en la reproducción masculina. En humanos físicamente activos se han observado concentraciones espermáticas más altas, una mejor motilidad y

perfiles hormonales más favorables que en los sedentarios (Vaamonde et al., 2012). Revisiones recientes indican que la actividad física moderada puede mejorar la fertilidad mediante una mayor irrigación testicular, un mejor metabolismo y una menor carga oxidativa (Abedpoor et al., 2024; Adelowo et al., 2024). Pero también se ha documentado que el ejercicio excesivamente intenso o prolongado puede provocar respuestas inflamatorias, aumentar los niveles de radicales libres y afectar negativamente algunos parámetros reproductivos (Aerts et al., 2024; Ferlito et al., 2023). O sea, los efectos del ejercicio dependen de la intensidad, la duración y la frecuencia.

Aunque la mayoría de la evidencia proviene de estudios en humanos y en otras especies, los mecanismos fisiológicos descritos podrían aplicarse también a los ovinos. En muchos sistemas de producción, los carneros pasan largos periodos confinados con poca actividad locomotora, lo que podría limitar los beneficios fisiológicos del movimiento y afectar indirectamente su desempeño reproductivo. Por eso, implementar programas de ejercicio controlado podría ser una alternativa de manejo útil para mejorar la salud reproductiva de los sementales.

Además de los posibles beneficios fisiológicos, la actividad física puede contribuir al bienestar animal. Hoy se reconoce que el bienestar es parte esencial de la eficiencia reproductiva, ya que los animales en condiciones inadecuadas de alojamiento, manejo o transporte presentan mayor estrés y alteraciones endocrinas que afectan la fertilidad (Broom & Fraser, 2015; Hötzel, 2014). En cambio, las estrategias de enriquecimiento físico que favorecen

comportamientos naturales pueden mejorar la adaptación fisiológica y promover una respuesta reproductiva más favorable.

A pesar de estos antecedentes, la información sobre los efectos del ejercicio en la reproducción de los carneros sigue siendo escasa. La mayoría de las investigaciones se han centrado en aspectos nutricionales, hormonales o ambientales, y el papel de la actividad física como herramienta de manejo reproductivo ha recibido menos atención. Entonces, hace falta generar evidencia científica para comprender mejor la relación entre el ejercicio, el bienestar animal y la función reproductiva en ovinos.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de un programa de ejercicio físico moderado de 30 minutos diarios durante 60 días sobre la concentración espermática, el volumen seminal, las medidas testiculares y la capacidad de servicio de carneros Katahdin, en comparación con carneros sin ejercicio programado?

Objetivo

Evaluar el efecto de un programa de ejercicio físico moderado durante 60 días sobre la concentración y el volumen seminal, las medidas testiculares, los indicadores de capacidad de servicio y las respuestas fisiológicas en carneros Katahdin en condiciones experimentales controladas.

Objetivos específicos

1. Determinar el efecto del ejercicio físico moderado sobre la concentración espermática en los carneros Katahdin.
2. Evaluar el efecto del ejercicio físico sobre el volumen seminal producido durante el periodo experimental.
3. Analizar los cambios en la circunferencia escrotal y en el volumen testicular asociados a la actividad física programada.
4. Determinar el efecto del ejercicio físico sobre las variables fisiológicas, incluidas la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal.
5. Evaluar la influencia del ejercicio físico moderado en la capacidad de servicio y el comportamiento sexual de los carneros.

Hipótesis

La variación entre los días 0 y 60 en la concentración espermática, el volumen testicular y los indicadores de capacidad de servicio será mayor en los carneros sometidos al programa de ejercicio físico moderado que en los carneros sin ejercicio programado.

.

Materiales y métodos

Ubicación

El módulo ovino de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), ubicado en las coordenadas 18.98218° N y 99.23395° W, con una temperatura ambiente promedio de 28 °C, se utilizó como sitio de estudio.

Consideraciones éticas

Todos los procedimientos con animales siguieron los principios de bienestar animal y las disposiciones nacionales e institucionales sobre el uso y el cuidado de los animales en investigación. Las actividades experimentales se diseñaron para evitar dolor, sufrimiento o estrés innecesarios, garantizando en todo momento la alimentación adecuada, el alojamiento, el manejo sanitario y la supervisión veterinaria.

Animales y Manejo

Se usaron dieciséis carneros Katahdin de un año; cada carnero pesaba en promedio 62 ± 5 kg y tenía experiencia en la recolección de semen mediante vagina artificial. Asignamos aleatoriamente los carneros a dos grupos de ocho carneros cada uno: el Grupo de ejercicio (GCE) y el Grupo sin ejercicio (GSE). Los dos grupos se alojaron en corrales separados de 10 x 6 metros, con divisiones metálicas, sombra, comederos y bebederos. Para identificarlos, se

pintaron números consecutivos con aerosol en ambos lados de cada carnero. También se utilizaron quince ovejas multíparas de 3 a 4 años, no en celo, alojadas en un corral separado de los carneros; estas ovejas no fueron evaluadas en este experimento, sino que sirvieron como estímulos en diferentes momentos del mismo. Los carneros y las ovejas fueron alimentados con forraje de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y suplementados con 300 g de concentrado al 14% de proteína por animal.

Diseño experimental y periodo de adaptación

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos; cada carnero se consideró una unidad experimental independiente. Se aplicaron los principios de diseño experimental recomendados en estudios zootécnicos (Montgomery, 2019).

- Grupo con ejercicio (GCE; n = 8): carneros sometidos a un programa de ejercicio físico moderado.
- Grupo sin ejercicio (GSE; n = 8): carneros mantenidos en condiciones habituales de manejo, sin actividad física programada.

El experimento duró 60 días, tiempo suficiente para completar un ciclo de espermatogénesis en ovinos. Precedido de un período de adaptación de 15 días. Durante esos quince días, los carneros se familiarizaron con el manejo, el confinamiento en grupo y el protocolo de evaluación.

Programa de ejercicio físico

Los carneros del grupo GCE realizaron caminatas diarias de 30 minutos consecutivos a intensidad moderada (velocidad intermedia entre caminar y correr, suficiente para activar el sistema cardiovascular y muscular sin inducir fatiga, estrés térmico ni hiperventilación). El recorrido se realizó en un potrero rectangular de 40 x 30 m, plano, con pasto estrella de 20 cm de altura, dentro de las instalaciones experimentales.

Las sesiones empezaban a las 10:00 h cada día para reducir las variaciones asociadas al clima. Durante el ejercicio, se supervisó continuamente a los animales para asegurar que la actividad fuera uniforme y que no presentaran signos de fatiga excesiva.

Los carneros del grupo control permanecieron en sus corrales y solo realizaron la actividad locomotora habitual asociada a sus rutinas diarias de alimentación y manejo.

Momento de la evaluación

Las evaluaciones de las variables fisiológicas, las características seminales, la evaluación testicular y la capacidad de servicio se realizaron al inicio (día 0), a la mitad (día 30) y al final (día 60) del estudio, a partir de las 9:00 horas.

El semen se recolectó a las 9:00 a.m. mediante vagina artificial, siguiendo el protocolo de Parraguez et al. (2000).

Variables fisiológicas

Para evaluar la respuesta fisiológica al ejercicio, se registraron las siguientes variables:

Frecuencia cardíaca: Se midió con un medidor de pulso digital Bluetooth (Sensor Igpsport), colocado en el costado izquierdo del carnero mediante una banda elástica. Los registros se tomaron en reposo y al finalizar el periodo de ejercicio, durante los días de evaluación establecidos.

Temperatura corporal: se midió con un termómetro digital. Estas variables se midieron según el protocolo de monitoreo fisiológico de ovejas (Barragán Sierra et al., 2021).

Evaluación de características seminales

El semen se obtuvo a las 9:00 horas mediante el método de vagina artificial, siguiendo el protocolo de Parraguez et al. (2000). Los carneros fueron llevados al corral de evaluación, donde había una trampa de restricción y una oveja sin celo como estímulo. Se registró el volumen de semen, medido directamente en el tubo graduado colocado en la vagina artificial, y se expresó en mililitros. La cámara de Makler se utilizó para determinar la concentración de espermatozoides (10^6/mL) según las indicaciones de Cardona et al. (2008).

Evaluación testicular

Circunferencia escrotal: Se midió el diámetro horizontal del testículo con una cinta métrica flexible en su punto más ancho. Los resultados se registraron en centímetros.

Volumen testicular: se estimó mediante el método de inmersión, conocido para la estimación volumétrica de pequeños rumiantes (Hochereau-de Reviers et al., 1987), que consiste en sumergir los testículos en un recipiente de volumen conocido y medir el desplazamiento de agua.

Capacidad de servicio

La capacidad de servicio se evaluó mediante pruebas conductuales controladas, en las que cada carnero fue expuesto a diez ovejas (inducidas al estro mediante CIDR, de acuerdo con el protocolo de López-García et al., 2023) en un corral cuadrado de aproximadamente 6 x 6 m, sin obstáculos y con suelo firme. Las ovejas fueron alojadas primero en el corral y el carnero ingresó posteriormente, lo que marcó el inicio del período de evaluación de 30 minutos. Las variables evaluadas fueron: montas contadas cuando el carnero colocó las patas delanteras sobre la grupa de la oveja; número de eyaculaciones, observadas cuando el carnero empujó la cadera y lanzó la cabeza hacia atrás; y número de ovejas que recibieron cópula al menos en una ocasión. Las observaciones

durante todo el experimento fueron realizadas por el mismo personal previamente capacitado para garantizar la uniformidad en el registro de datos.

Análisis estadístico

Los datos de los pasos, las eyaculaciones, las montas, la frecuencia cardíaca y las ovejas servidas se transformaron a escala logarítmica para que la varianza se mantuviera estable y se acercaran a una distribución normal. Luego se realizó la prueba de normalidad de las variables transformadas y de las variables numéricas, como el peso corporal, el volumen, la circunferencia testicular, el volumen del eyaculado y la concentración de espermatozoides. El equipo aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk en SPSS tras su verificación. Los grupos GCE y CSE se compararon para cada variable en los días 0, 30 y 60. Se utilizó la prueba t de Student en Microsoft Excel. Se aplicó un nivel de significancia de < 0.05, según la práctica estándar en estudios biológicos (Zar, 2010).

Resultados

Los resultados del análisis de los datos indican que, en la concentración de espermatozoides, no se observaron diferencias significativas en los primeros 30 días ($p = 0.27$ y $p = 0.17$, respectivamente), mientras que en el día 60 se observó una diferencia significativa ($p = 0.00$). Con respecto al volumen seminal, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el período analizado en ninguno de los días evaluados ($p > 0.20$ en todos los días). En los días 30 y 60, la circunferencia testicular presentó valores de p de 0.05 y 0.05, respectivamente. La circunferencia testicular es estadísticamente significativa. El volumen testicular no cambió de forma significativa en los primeros 30 días ($p > 0.05$). En el día 60, el volumen testicular cambió de forma significativa ($p = 0.03$). Estos hallazgos, en general, indican que las variables de función y morfología testicular cambiaron significativamente durante las horas de ejercicio a partir del día 60 en los carneros ejercitados (Fig. 1).

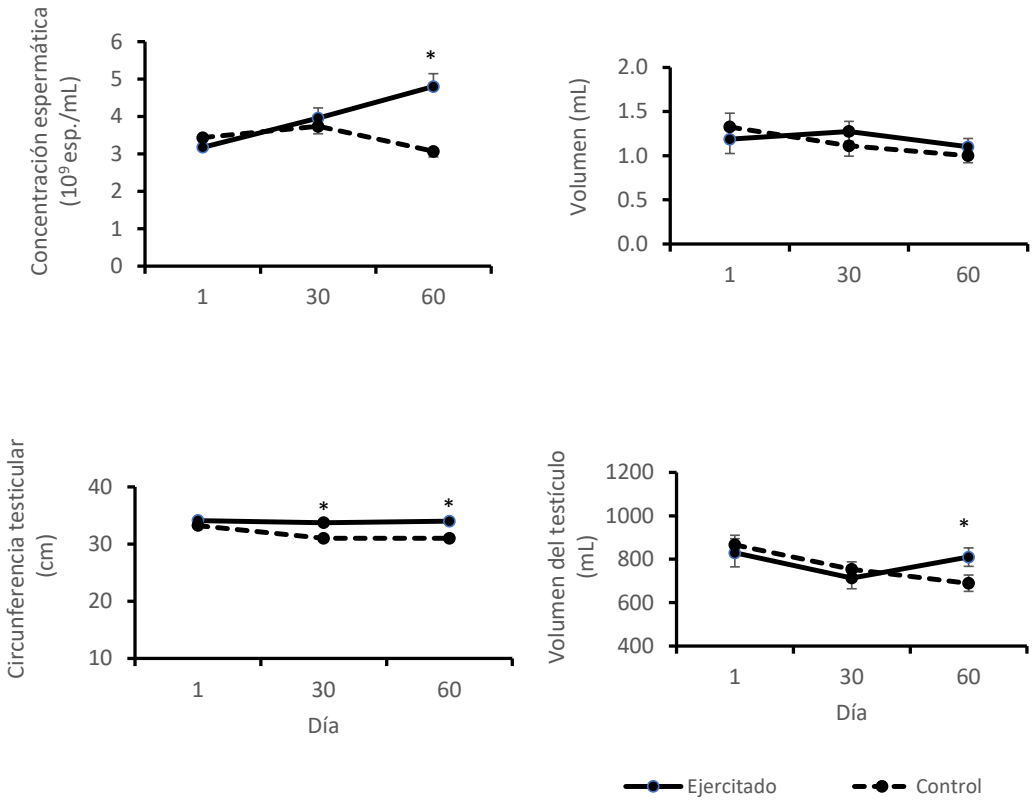


Figura 1. Promedio y EE de la concentración de espermatozoides, del volumen seminal, de la circunferencia y del volumen testicular en carneros ejercitados, durante 60 días. El asterisco denota una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

El análisis de la frecuencia cardíaca tras caminar mostró cambios significativos en los días 1, 30 y 60, con valores de p de 0.00, 0.00 y 0.00, respectivamente. Estas diferencias fueron marcadas y consistentes durante los tres días. En los pasos realizados en 24 horas, los días 30 y 60 presentan significancia estadística: p = 0.02 y p = 0.05, respectivamente. Los resultados del día 1 no alcanzan significancia estadística y la diferencia se mantiene cercana a p = 0.07. Esa variabilidad debe confirmarse con más datos o con poblaciones más grandes. Finalmente, el peso corporal no cambió en las tres evaluaciones (p > 0.24), lo que confirma que esta variable se mantuvo estable durante el período de estudio (ver Figura 2).

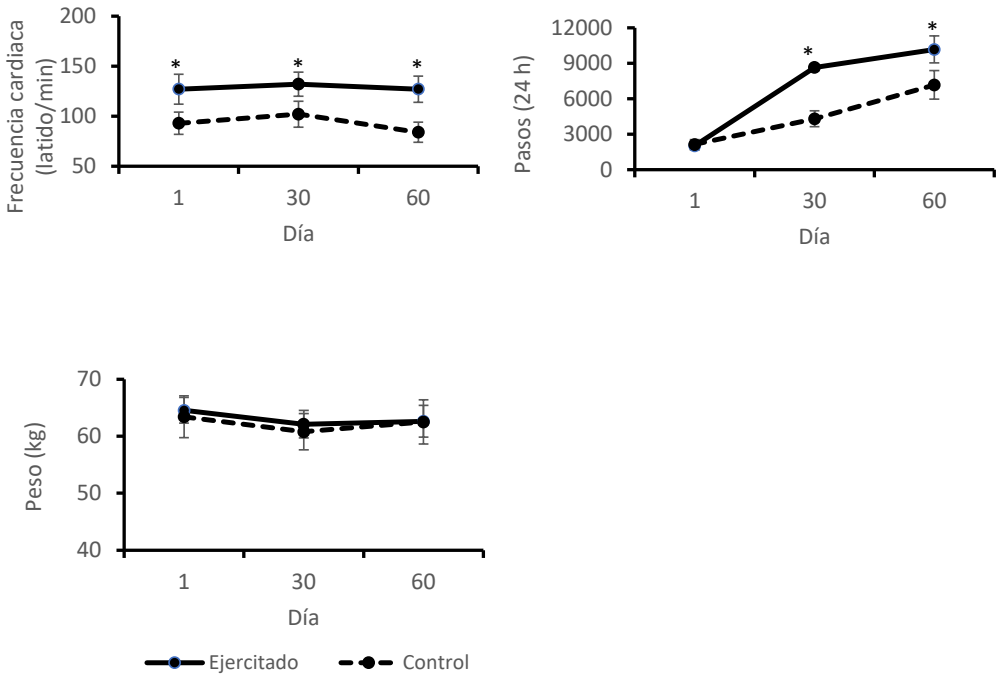


Figura 2. Promedio y EE de la frecuencia cardíaca, de los pasos dados y del peso corporal de carneros ejercitados durante 60 días. El asterisco indica una diferencia estadísticamente significativa (p < 0.05).

Los datos de la prueba de capacidad de servicio indican que el número de ovejas copuladas fue significativo a partir del día 30 ($p = 0.04$) y se mantuvo significativo hasta el día 60 ($p = 0.04$). El número de ovejas copuladas no fue estadísticamente significativo el día 1 ($p = 0.09$). En cambio, no se observaron diferencias significativas en el número de ovejas que recibieron montas entre los días estudiados ($p > 0.17$). Eso sugiere que la variable montas se mantuvo estable durante el periodo de evaluación. Los eyaculados no presentaron cambios significativos ($p = 0.31$ y $p = 0.07$ al inicio y al día 30, respectivamente) y fueron estadísticamente significativos al día 60 ($p = 0.03$), lo que indica una respuesta retrasada o acumulativa en este parámetro. En conjunto, estos resultados indican una tendencia progresiva en la capacidad reproductiva, expresada principalmente en las ovejas copuladas y en los eyaculados, especialmente al día 60 de la evaluación (Figura 3).

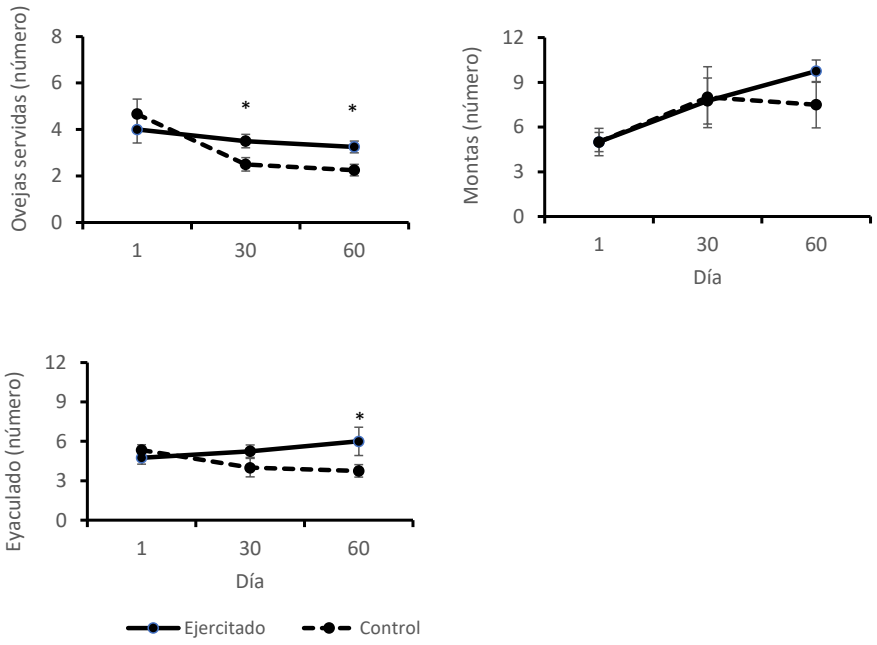


Figura 3. Promedio y EE de copulaciones, montas y eyaculados en la prueba de capacidad de servicio en carneros ejercitados durante 60 días. El asterisco indica $p < 0.05$, lo que significa que la diferencia es estadísticamente significativa.

Discusión

El estudio muestra que el ejercicio moderado mejora la libido y la calidad del semen en los carneros, aunque solo se confirma parcialmente. Durante los primeros 30 días no hubo diferencias en la cantidad de espermatozoides ni en el volumen testicular. En el día 60, los cambios observados en estas variables con el ejercicio ($p = 0.00$ y $p = 0.03$) indican que el cuerpo necesita al menos 60 días para que el ejercicio produzca su efecto. Esta respuesta tardía está en línea con los procesos progresivos de la espermatogénesis, cuyo ciclo completo en ovejas puede abarcar de 47 a 60 días, lo que implica que los cambios testiculares requieren tiempo y condiciones fisiológicas apropiadas para desarrollarse (Eldurssi et al. 2025; Li et al. 2025), lo que da coherencia a la temporalidad de estos resultados. Los resultados del estudio coinciden con los de trabajos que indican una mejora de los parámetros reproductivos tras la terapia no invasiva. Un estudio realizado por Souza-Fabjan et al. (2023) muestra que los factores externos e innatos pueden afectar la función testicular en pequeños rumiantes. Pero la mayoría de la investigación se ha centrado únicamente en estrategias hormonales o biotecnológicas.

Por otro lado, el presente estudio aporta evidencia sobre el efecto del ejercicio físico como estrategia natural, complementando trabajos como el de Reyes Ramírez et al. (2021), quienes enfatizan el potencial del manejo para mejorar la reproducción y optimizar la eficiencia reproductiva mediante intervenciones no farmacológicas. Sin embargo, a diferencia de AL-Jaryan et al. (2023), quienes observan efectos a corto plazo en la sincronización del estro tras la

bioestimulación, las curvas aquí presentadas indican que el tiempo de respuesta es relativamente prolongado debido a la naturaleza fisiológica del estímulo físico. Estos hallazgos tienen aplicaciones científicas y prácticas en la gestión reproductiva de los sistemas extensivos. Los datos muestran que la capacidad de servicio aumentó: las ovejas copuladas y los eyaculados aumentaron de forma significativa para el día 60 ($p = 0.04$ y $p = 0.03$, respectivamente). El ejercicio moderado es un método de bajo costo y fácil de aplicar que puede mejorar la capacidad reproductiva de los carneros. Además, el mantenimiento del peso corporal y la progresión sostenida de la frecuencia cardíaca ($p < 0.00$ en todas las evaluaciones) indican que una intervención de caminata no afecta el rendimiento general y puede implementarse.

El tamaño de la muestra limitó el estudio. Esa limitación pudo haber causado la falta de significancia en el volumen seminal y en las montas realizadas ($p>0.20$ y $p>0.17$). La duración también limitó el experimento. Una duración breve fue suficiente para detectar alteraciones en los parámetros espermatogénicos. Pero la corta duración no permitió registrar el efecto extendido o cíclico de la libido. La falta de análisis hormonales (como la testosterona plasmática) no permite explicar los cambios observados y, por lo tanto, sugiere posibles líneas de investigación.

Finalmente, una evaluación del efecto sinérgico del ejercicio combinado con estímulos socio-sexuales, como la exposición a hembras en estro, sería relevante para establecer la relación entre el ejercicio y el aumento de la libido.

Además, estudios longitudinales que incluyan procedimientos endocrinos y la observación de la fertilidad (tasa de embarazo) permitirían comprobar el efecto funcional del cambio en la población de estudio. Por último, la adopción de este protocolo en diferentes razas y condiciones ambientales puede ayudar a generalizarlo y adaptarlo a una variedad de situaciones productivas.

Conclusión

Los hallazgos indican que, en los carneros, la rutina diaria de caminar durante media hora durante dos meses mejora significativamente varios indicadores del rendimiento reproductivo. Los indicadores incluyen la concentración espermática, el volumen testicular y la capacidad de servicio. La mejora muestra que el esfuerzo físico moderado aumenta la libido y mejora de forma duradera las características del semen. Los datos confirmaron la idea que la investigación propuso, pero el ejercicio debe desempeñar un papel clave en la mejora del rendimiento reproductivo de las ovejas. Se deben realizar más estudios para investigar los mecanismos fisiológicos de la mejora sexual y validar los resultados en distintas condiciones y con un mayor número de carneros.

Agradecimientos: Al SECIHTI por la beca **NO.CVU:1316404**

Referencias

AL-Jaryan, R. A., Al-Shuhaib, M. B. S., & Al-Khuzai, A. L. (2023). Reproductive physiology and advanced technologies in sheep reproduction. Reviews in Agricultural Science, 11, 171–185. https://doi.org/10.7831/ras.11.0_171

Barragán-Sierra, A., Avendaño-Reyes, L., Hernández-Rivera, J. A., Vicente-Pérez, R., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A., & Macías-Cruz, U. (2021). Termorregulación y respuestas reproductivas de carneros sometidos a estrés por calor. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12(3), 910–930. https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i3.5624

Cardona-Maya W., Berdugo J., Cadavid A. 2008. Comparación de la concentración espermática usando la cámara de Makler y la cámara de Neubauer. Actas Urol Esp vol.32 (4) 443-445. T4583

Eldurssi, R., Shahat, A. M., Kolikapongu, R. S., Woldemeskel, M., Kouakou, B., & Moawad, A. R. (2025). Effect of breeding season on testicular morphometrics, spermatogenesis, and sperm quality in sheep. Journal of Animal Science, 103(Supplement_3), 56–57. https://doi.org/10.1093/jas/skaf300.071

Ferlito, J. V., Rolnick, N., Ferlito, M. V., De Marchi, T., Deminice, R., & Salvador, M. (2023). Acute effect of low-load resistance exercise with blood flow restriction on oxidative stress biomarkers: A systematic review and meta-analysis. PLoS ONE, 18(4), e0283237. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283237

Hackney, A. C. (2020). Exercise, sport, and bioanalytical chemistry: Principles and practice. Springer. https://doi.org/10.1016/C2015-0-04558-0

Hochereau-de Reviers, M. T., Monet-Kuntz, C., & Courot, M. (1987). Spermatogenesis and Sertoli cell numbers and function in rams and bulls. Journal of Reproduction and Fertility, Supplement 34, 101–114. https://www.biosciproceedings.org/BP/0009/bp0009rdr9.pdf

Li, W., Zhang, X., Shen, J., & Weng, X. (2025). Effect of season on testicular development and spermatogenesis in Hu sheep: Insights from antioxidant indices, oxylipins, and transcriptomics. Animals, 15(19), 2824. https://doi.org/10.3390/ani15192824

Montgomery, D. C. (2019). Design and analysis of experiments (10th ed.). Wiley.
National Research Council (NRC). (2007). Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Academies Press.

Parraguez, V. H., Urquieta, B., & Muñoz, A. (2000). Evaluación de la calidad seminal en carneros mediante vagina artificial. Archivos de Medicina Veterinaria, 32(2), 161–170.

Reyes-Ramírez, H., et al. (2021). Sheep reproductive management. Agro Productividad, 14(5), 3–8. https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/2100/1681/8259

Souza-Fabjan, J. M. G., et al. (2023). Reproductive biotechnologies applied to the female sheep and goat. In Sustainable Agriculture Reviews 59 (pp. 1–35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21630-5_1

López-García, S., Sánchez-Torres Esqueda, M. T., Cordero-Mora, J. L., Figueroa-Velasco, J. L., Martínez-Aispuro, J. A., & Salinas Ríos, T. (2023). Sincronización de estros en ovejas mediante protocolo de 6 días con CIDR de primera, segunda y tercera reutilización. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 14(3), 610–623. https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i3.6309

Vaamonde, D., Da Silva-Grigoletto, M. E., García-Manso, J. M., Barrera, N., & Vaamonde-Lemos, R. (2012). Physically active men show better semen parameters and hormone values than sedentary men. European Journal of Applied Physiology, 112(9), 3267–3273. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2304-6

Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis (5th ed.). Editorial Prentice Hall, ISBN 0131008463, 9780131008465

.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 5 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación de tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL CARNERO** que presenta el estudiante **Roberto Zamorano Pallares**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural,** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. VIRGINIO AGUIRRE FLORES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

VIRGINIO AGUIRRE FLORES | Fecha:2026-11-06 13:05:36 | FIRMANTE

D3LthOweuYajBO9HoaxeeE7cbSIZM2P3YIsUwerGiBJ9adcYq5eKJ4FIyhxpbVjP9h0ReJACUxpqDQzgh9rOUHWgXyLzeTJ/UfB0lN2oSl3Jscw+BJx5hgw1uq5uYPMj468A6KWl0T2FkBnaaoO0KY6hJ+aSOKXIR0DKD1lxKL3VDpGB8mCeTyQ2WWlw4kEE8BAFx8Xb6Hmon9/5mFHZrxjcAbOF/aDGiwUCvJsJE6yojOvZbLKsW4iA7hdVCdDHXX0PNMD8FVvc9rnkZOBkfxBtYjQ2Wavf1m7gutW4YKlJINTt/2h3VF9FNLDdM9OBnETfRS9DBKinL+Y15+WgZw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

rjKNmHiuM

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/UUUtfcRmFKuW7gSNbHj2k43EGcUKYjLF

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 5 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación de tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL CARNERO** que presenta el estudiante **Roberto Zamorano Pallares**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Virginio Aguirre Flores** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural,** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. REYES VÁZQUEZ ROSALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

REYES VAZQUEZ ROSALES | Fecha:2026-11-06 13:47:41 | FIRMANTE

XZlBX/NuTeFisLhSjzqKDHoY//7Cw5/lDC6nbk5CeLZ1KyjWzZmRIJy8VNIssXJ74uDPZ/0pUhYZ0/m0oWtRRnpakzNcVsw8qqBs+1y3jcyGYNET8XtMP+zZHST9wfsJ+6NvfGDo0jzvj3vaCcGp9CBv9HNhSIFSffiRAOuKIykHWATtf+hp3hVUA17ui34Gd2wU5jJeX1/2Q/HdgJj6rsGlANWLvrzs3VLbE983BjL0PWMzlztk5+ihMRpKeor4hIX6zER3YCKA/8boOMKsT+gN851BSbkZbid9sXuifX5yrVow1/oTnst31P5heaK76mBgRj6oTE31Tx/rO4rV3A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

EAIQYyW3p

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/J57HZZTJuMwQaxWGb7OlwChVulKK33ag

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 5 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación de tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL CARNERO** que presenta el estudiante **Roberto Zamorano Pallares**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Virginio Aguirre Flores** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural,** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. FERNANDO IVÁN FLORES PÉREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

FERNANDO IVAN FLORES PEREZ | Fecha:2026-11-06 13:07:17 | FIRMANTE

ejxtTdkk8V+1GxB/kZoJsqL5lsjjcL8MOLNkl0Rvl+c4J1jijX0aOMPD2y3YZQmU/iRHnfq1pLDKluhTa+ZDNlvSQPhCO1WvOfM0/H5ZBG46moupSMglEyOGxm/QufuzP7Tp7fvrTLhcW/PdgWHsPyRgsMXiIZ+w5A9KGj9TO9SrVndvPBX/+Aecz54XzqqPV+dgtZXvIxz62CQHQ+hMZChBwn5CKszruZN1CJllCi6OY2ljzHcN9aH4HlOJemySl1jav3EqmDM3bGvDDxzt+ATfQcB3HaM8bBZzRlSkBla3l4iPPgR6h5dMnazEzEJm/Myn5iiaiDnEQie+U/x6cw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

gtvQBNCT9

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/IdJZ9eKxAjz4P7RmGqbSMllqyyvLurNS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 5 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación de tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL CARNERO** que presenta el estudiante **Roberto Zamorano Pallares**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Virginio Aguirre Flores** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural,** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DRA. MARIANA PEDERNERA ROMANO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

MARIANA PEDERNERA ROMANO | Fecha:2026-11-06 14:17:40 | FIRMANTE

HU9R0laH9v3+WSVikfNVY7gE406UpObDt0bFnt/TaKCiVf6MjmzaT9BNThLERpB+BPsmBBuywdM0BL+wvbtIzBYtlkOvJ0YqggFA3Ohn7YTUT26iudp2kiU6LeTKQ19xr7JiXc9zIZnh82yMb9dHduBI6JMu7Q/L+C2kpp3NIjgRGFmFKEqCO09JlkzH1Jnt73zqQdIq3tCXUAEFw00Jv0YLH2zmo/AxJDRxUJDDLVhbAM698FdaKC8RMbScD/sncqAyrYn1jcRIsuWuhivE+b9ZKrSLsKCb62WSmUDaz17iavpaRyLINkouOt8122QmZ9okZqedwoc+6T+djox6lA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

7EGHIDdfy

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/8oleUvllSHsPcNzj956WwZKdQNVmOIHq

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 5 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación de tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
P R E S E N T E.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO FÍSICO SOBRE LA LIBIDO Y CARACTERÍSTICAS SEMINALES DEL CARNERO** que presenta el estudiante **Roberto Zamorano Pallares**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **Dr. Virginio Aguirre Flores** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestría en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural,** lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la estudiante continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DRA. CLAUDIA HALLAL CALLEROS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANÓ INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

CLAUDIA HALLAL CALLEROS | Fecha:2026-11-06 12:16:40 | FIRMANTE

TYR8ExpVV70YI62ji8v1ZlnFzOgtIqINeJY5HK/p/Uf1EwkcMKxOUcYZj/aAUOb9z9tDrRrJ9ahC/lV7Ias69BnEm6VV5GvK+5n1LPoZ0z/HfW6SVPb9V298RCiTLjAVHe7LgZD3Vx9A
TwoVaThV+7nvAKK52L4dERu0W0IKqSW0lZbv1xRrMI3TW9eXE4IS2lj1ECBACwnfNkuhsUZbXqMa3PksHaZWlgZyXPk6Q9rMGWhrl7RtBAydGW1ZyAADNl9EbmqyM6ViXXI0
WtGnLVfDkjd2hNQsdC+5ndk3ZoazEUVLOF6saXQw/71ZZmAgMDD3unPo4Wp/SOz0sbVjbw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

cptojCHen

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/R1BppEGh9Dogh9knfh1Ff6BVtHQ1xqBQ