

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Efecto de la Taurina sobre la integridad de la membrana espermática de semen fresco en carneros Dorper

TESIS

Por:

Alejandro Velázquez Rodríguez

Presentada como requisito para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la Taurina sobre la integridad de la membrana espermática de semen
fresco en carneros Dorper

Por:

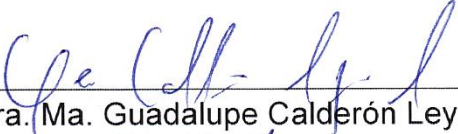
Alejandro Velázquez Rodríguez

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

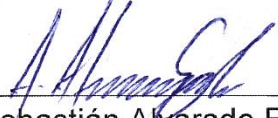
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Presidente


MVZ. Arturo Fraire Galindo
Vocal externo


Dr. Oscar Ángel García
Vocal


Dr. Alán Sebastián Alvarado Espino
Vocal suplente


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Efecto de la Taurina sobre la integridad de la membrana espermática de semen
fresco en carneros Dorper

Por:

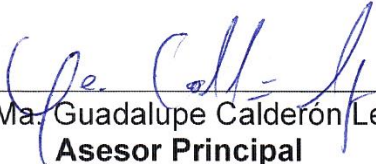
Alejandro Velázquez Rodríguez

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Asesor Principal


MVZ. Arturo Fraire Galindo
Coasesor externo


Dr. Oscar Angel Garcia
Coasesor


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramirez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi padre dios por la oportunidad que me dio de estudiar esta hermosa carrera que es la Medicina Veterinaria.

Agradezco también a mis padres, la Sra. María de los Ángeles Rodríguez Rodríguez, mi Sr. Padre el Lic. Benito Velazquez Osnaya y en especial a mi abuelita la Sra. Apolonia Rodríguez Osnaya quien me ayudó en todo momento en mi paso por la universidad.

También a mis asesore la Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva, MVZ. Arturo Fraire Galindo y Dr. Oscar Ángel García, por apoyarme en todo momento y darme oportunidad de participar en este proyecto para mí titulación.

En general a todo el equipo de trabajo del Hospital de Grandes Especies de mí alma meter, en especial al Esp. MVZ. Luis Gerardo Natividad Inostrosa, quien es un ejemplo que seguir para continuar estudiando una especialidad.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico como agradecimiento permanente a mis padres y mi abuela ya que gracias a ellos pude sacar mi carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO	2
1.2. HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El ganado ovino a nivel mundial	3
2.2. Importancia del ganado ovino en México	3
2.3. Producción y distribución de ovinos en el país.....	5
2.3.1. Productos y mercado del ganado ovino	6
2.4. Biotecnologías reproductivas	6
2.4.1. Inseminación artificial en ovinos Dorper	6
2.4.2. Semen congelado como método de preservación de Genes	7
2.5. Calidad de semen fresco de carnero	7
2.5.1. Estrés oxidativo en los espermatozoides.....	7
2.5.2. Efecto de los antioxidantes en semen	11
2.5.2.1. Taurina como antioxidante en el semen.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Ubicación del área de estudio	14
3.2. Características de los animales utilizados, proceso de extracción y análisis del semen	14
3.3. Dilución del semen.....	14
3.4. Evaluación de la viabilidad e integridad espermática.....	15
3.5. Análisis estadístico	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5. CONCLUSIÓN	22
6. REFERENCIAS	23

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Los estados lideres en producción de ganado ovino en México (SADER, 2024).	5
Figura 1. Principales países productores de carne de ovino a nivel mundial en el año 2022 (Bustamante et al., 2022).	3
Figura 2. Principales países de origen de las importaciones (DGSIA, 2025). ..	4
Figura 3. Porcentaje del valor de la producción por entidad federativa 2024 (DGSIA, 2025).	5
Figura 4. Integridad de la membrana citoplasmática del espermatozoide (Lohiya et al., 2025).	11
Figura 5. Representación esquemática de los cambios morfológicos típicos en espermatozoides humanos sometidos a estrés hiposmótico.	15
Figura 6. Representación esquemática de la tinción con eosina- nigrosina para determinar la viabilidad espermática (L.Björndahl)	16
Figura 7. Promedio del porcentaje de viabilidad espermática de semen fresco diluido y adicionado con taurina (TAU) o solución salina (CONT) y evaluado al momento de adicionar los tratamientos (0), a las 2 y 4 horas de reposo. ^{a,b} Literales diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).	18
Figura 8. Promedio de membranas espermáticas intactas (%) en semen fresco diluido y adicionado con taurina (TAU) o solución salina (CONT) y evaluado al momento de adicionar los tratamientos (0), a las 2 y 4 horas de reposo. ^{a,b} Literales diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).	19

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la taurina sobre la integridad de la membrana espermática en semen fresco de carneros Dorper. En la posta zootécnica de la UAAAN Unidad Laguna, se colectó semen mediante la vagina artificial a 3 carneros adultos Dorper dos veces por semana durante 3 meses. El eyaculado de cada macho se puso en un tubo cónico y se conservó a 37°C para realizar la evaluación del semen en fresco, para evaluar la integridad de la membrana espermática se utilizó la prueba de hinchazón hipoosmótica (Hypo-Osmotic Swelling. HOST) y para valoración de la viabilidad espermática fue a través de la tinción de eosina-nigrocina. Se observa diferencia significativa en cuanto al tratamiento, al tiempo de reposo y a la interacción tratamiento por tiempo de reposo ($p < 0.05$). A las 2 horas de reposo del semen, el tratado con taurina permanece con mayor porcentaje de membranas espermáticas intactas, sin mostrarse diferencia estadística al momento de la adición de los tratamientos del tratamiento control y a las 2 h de reposo del semen tratado con taurina (68.36 ± 1.96 vs. 63.02 ± 1.71 ; $p < 0.05$). Aunque a las 4 h de reposo sigue disminuyendo la integridad de la membrana espermática, no se observa diferencia estadística entre el tratamiento con taurina y el control a las 2 h (51.56 ± 10.99 vs. 53.13 ± 2.47). Adicionar taurina al semen fresco diluido protege la membrana espermática y alarga la vida útil de los espermatozoides hasta por 4 horas de reposo a una temperatura de 37° C.

Palabras Clave: *Viabilidad, Antioxidantes, ROS, HOST, Aminoácido*

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la creciente demanda de acceso a los alimentos y proteínas de origen animal lleva a los ganaderos a ser lo más eficiente posible en la cría y el manejo del ganado; la reproducción es fundamental para abordar esta necesidad, para efficientizar dicho proceso cuenta con biotecnologías como la inseminación artificial (Yañes-Ortiz *et al.*, 2022). En México los estados con principal producción de ganado ovino son Estado de México, Hidalgo y Veracruz, aunque la industria del ganado ovino representa el 1% de la producción ganadera, es importante su crianza ya que es el sustento de numerosas familias mexicanas de zonas rurales (De Agricultura y Desarrollo Rural, 2024).

En algunas circunstancias, para prevenir los efectos perjudiciales del proceso congelación-descongelación, la inseminación podría realizarse con semen fresco o refrigerado diluido, en lugar de congelado (Salim *et al.*, 2023). Para alcanzar un mejor porcentaje de preñez, es necesario incrementar la calidad del semen post congelación, así como depositar el semen cerca del cuello uterino y que se establezca un reservorio de espermatozoides adecuado en el istmo caudal para una fertilización exitosa (Banday *et al.*, 2016).

Una de las problemáticas más comunes para mantener la calidad de fertilización del esperma, son las alteraciones de la membrana debido al estrés oxidativo que ocasiona la manipulación del semen, en estudios previos se demostró que los espermatozoides de ovino son más sensibles al deterioro durante la criopreservación y descongelación que los espermatozoides de vacuno (Cely *et al.*, 2021). La criopreservación de semen surgió como una herramienta importante en la reproducción para diseminar semen con una mayor calidad genética, algunas de las limitantes de esta técnica se presentan al momento de descongelarlo, pues presenta estrés oxidativo, lo que reduce su capacidad de fertilización (Banday *et al.*, 2016).

Dentro de las técnicas para mitigar el daño provocado por los radicales libres de oxígeno está el uso de antioxidantes como la taurina, que es un aminoácido

peptídico con amplia gama de efectos biológicos, pueden contrarrestar eficazmente los radicales libres de oxígeno, mejorar la inmunidad celular y propulsar su condición antioxidante preservando la calidad seminal, lo que se refleja directamente en la eficiencia reproductiva (Zhang *et al.*, 2021).

1.1 OBJETIVO

Evaluar el efecto de la taurina sobre la integridad de la membrana espermática en semen fresco de carneros Dorper.

1.2. HIPÓTESIS

La taurina protegerá la membrana espermática y alarga la vida útil de los espermatozoides del semen fresco de carneros Dorper.

beneficios como son, carne, lana y leche, ayudando a la economía de las zonas rurales (SADER, 2024).

La ganadería ovina que se concentra al norte del país destaca en la producción de lana y carne haciendo uso de sistemas tecnificados para un mejor aprovechamiento de los recursos del área; en cambio, al centro del país se aprovechan los residuos de los campos y agostaderos agrícolas de las zonas rurales, donde se ha implementado el uso de cruza para mejorar la rusticidad y producción (Hernández-Marín, 2017).

			Volumen (toneladas)	Valor (mdd)
1	Australia		3,866	16.8
2	Nueva Zelanda		1,010	9.1
3	Estados Unidos		645	2.5
4	Chile		188	0.738

Figura 2. Principales países de origen de las importaciones (DGSIAP, 2025).

La ganadería ovina es una de las más aprovechadas en el sector agropecuario en México y con un desarrollo de inversión favorable, tomando como ejemplo a países que exportan y obtienen una mejor ganancia, cada vez más ganaderos mexicanos invierten en este tipo de ganado, ya que su consumo y precio en el mercado va a la alza en comparación con otros tipos de ganadería, como es la producción de bovinos y porcinos (González et al., 2009). Dentro de los beneficios que podemos obtener del ganado ovino, la carne proporciona proteínas esenciales en la dieta de los mexicanos; en la industria textil la lana ovina es de vital importancia, puesto que artículos como cobijas y ropa se fabrican a partir de ella; la leche se convierte en múltiples productos lácteos para la alta cocina, sobre todo quesos por su alto contenido en grasa (SADER, 2024).

En el estado de Hidalgo (México) la principal actividad pecuaria es la ovinocultura, siendo el segundo estado productor de ovinos a nivel nacional y el primer productor para la Ciudad de México, esto se ha visto influido por su cercanía con la capital metropolitana, cabe destacar que en el estado de Hidalgo el consumo de carne de ovino en barbacoa es una tradición en fiestas y fines de semana, siendo un atractivo gastronómico del estado (Vélez et al., 2016).

2.3. Producción y distribución de ovinos en el país

De acuerdo con estadísticas recientes, en México se produjeron 68,451 toneladas hasta 2023, con un aumento del 1.8% en comparación con el año anterior (SADER, 2024).

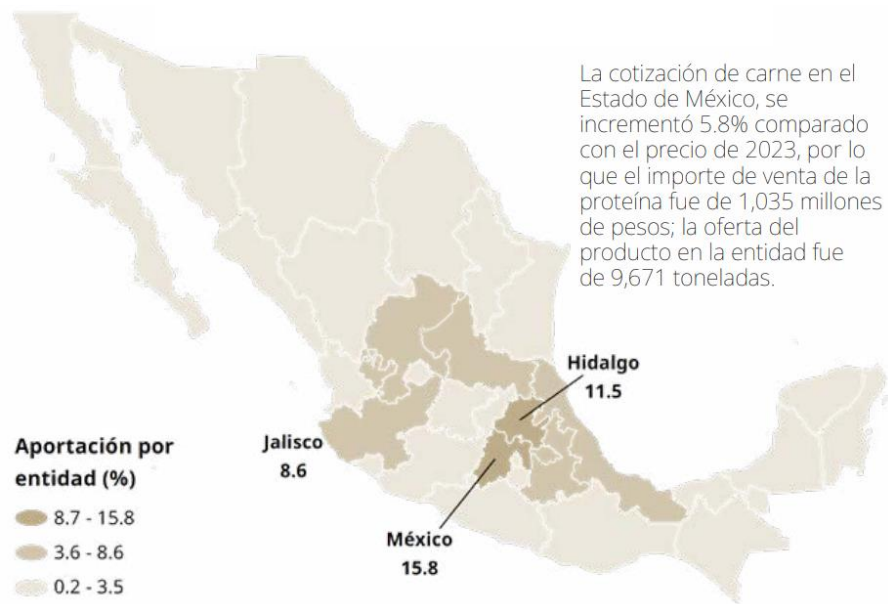


Figura 3. Porcentaje del valor de la producción por entidad federativa 2024 (DGSIAF, 2025).

Cuadro 1. Los estados líderes en producción de ganado ovino en México (SADER, 2024).

Estado	Producción (toneladas)
Estado de México	9,447
Hidalgo	6,853
Veracruz	6,030

2.3.1. Productos y mercado del ganado ovino

Con el producto lácteo de los ovinos se pueden realizar diversos tipos de queso que se ocupan en la gastronomía mexicana y platillos extranjeros que se consumen en nuestro país, el pelo mejor conocido como (lana) es codiciada en la industria textil por ser térmica naturalmente y por último la carne que nutrimentalmente aporta al ser humano una alta cantidad de proteínas de excelente calidad esenciales para cubrir los requerimientos del día a día. (SADER, 2024).

2.4. Biotecnologías reproductivas

2.4.1. Inseminación artificial en ovinos Dorper

La inseminación artificial en el ganado ovino ha removido el interés en los productores ganaderos, con la iniciativa de mejorar la calidad de los hatos y la genética de sus animales. Así como pros de la (IA) aumenta con la disposición de ovinos de alto valor en genética, así como la facultad de la criopreservación del esperma para racionar. Esta estrategia permite explotar al máximo el nivel genético de los sementales y así asegurar su productividad (Cabrera *et al.*, 2011).

En la especie ovina tiene limitantes de suma importancia que están directamente asociados con la anatomía del cuello uterino el cual tiene pliegues que dificultan el acceso a su interior para llevar a cabo una correcta inseminación en esta especie, a diferencia de los bovinos, porcinos y equinos que no tienen dicho problema (Cely *et al.*, 2021).

Si en IA se presenta una técnica con el uso de laparoscopia que proporciona mayor eficiencia al depositar el semen dentro de la luz del cuerpo del cérvix para poder asegurar la fertilización (Cely *et al.*, 2021).

Con esperma congelado en ovinos puede hacer una mejora esencial en la genética inferior, el control de enfermedades venéreas e incluso los agricultores individuales pueden sacar mucho provecho (Banday *et al.*, 2016).

2.4.2. Semen congelado como método de preservación de Genes

Uno de los pasos más importantes del proceso de inseminación artificial en ovejas es la conservación del semen tanto en forma líquida como congelada. La manipulación del semen generalmente provoca una disminución graduada tanto en la calidad (motilidad, viabilidad e integridad funcional de las membranas del espermatozoide) como en la fertilidad (Eslami *et al.*, 2018).

El uso de semen congelado ha tomado relevancia debido a que se espera tener la mejor calidad durante el proceso de inseminación con el objetivo de obtener resultados que favorezcan la fertilidad; con esto se debe garantizar el mayor número de espermatozoides vivos, con movilidad y que tengan la capacidad de fecundar al ser descongelados (Cabrera *et al.*, 2011).

La criopreservación es un proceso que tiene como efecto mantener y mejorar la calidad del semen con el uso de aditivos como el glicerol y la fructosa (Luis, Ruiz G. *et al.*, 2015).

2.5. Calidad de semen fresco de carnero

Por lo que se buscan nuevas alternativas para mejorar la eficiencia de la IA e impulsar la producción ovina; una de ellas es la encapsulación de semen. Este método puede permitir la liberación lenta de espermatozoides viables que pueden ser usados para aumentar la longevidad del espermatozoide en el útero y, de esta manera, mejorar los porcentajes de preñeces por IA. Además, la IA con semen encapsulado puede disminuir las inseminaciones de dos-tres a solo una, reduciendo los costos en cuanto a material y trabajo por hembra (Hernández *et al.*, 2021)

2.5.1. Estrés oxidativo en los espermatozoides

La peroxidación lipídica afecta a los espermatozoides induciendo una pérdida irreversible de cinemática, dañando el genoma y finalmente reduciendo su fertilidad. La investigación sobre el desarrollo de extensores se ha centrado en

compuestos estabilizadores de membranas, antioxidantes y crioprotectores (Allai *et al.*, 2018).

La intención de la criopreservación es mantener la fundabilidad del líquido espermático a temperaturas muy bajas, aunque esto puede causar daños y defectos en los espermatozoides. Al momento de la congelación para la criogenización, el eyaculado con población espermática se somete a una colisión fisicoquímica que reducen su motilidad, imposibilitan su viabilidad, lesionan el acrosoma y deteriora su fertilidad (Eduardo *et al.*, 2021).

Los espermias del carnero son en gran manera susceptible a las ROS durante su almacenaje a temperatura ambiente. Es crucial usar un antioxidante para disminuir el daño que causa la oxidación (Zhang *et al.*, 2021). Esto acontece debido a que la criogenización produce estrés oxidativo como consecuencia de la creación de exorbitante de especies sensibles al oxígeno (Eduardo *et al.*, 2021).

El estrés oxidativo en comparación con la ocupación espermática es resultado de los altos indicios de clases reactivas de oxígeno que vienen del del líquido espermático del ganado ovino y por glóbulos blancos (leucocitos) estimulados en el plasma espermático del semen (Santiani *et al.*, 2014).

A pesar del nivel de facilidad para la criopreservación causa cambios no deseados en le espermatozoide en singular por la creación de ROS y de la peroxidación lipídica de la membrana, lo que causa un desarrollo negativo en los estándares de viabilidad del esperma (El-Khawagah *et al.*, 2020).

Actualmente los productores rurales en México, apuestan por el ganado ovino no solo están invirtiendo en la cría de este rustico animal, si no cultural, gastronómico y significativamente en la dieta y costumbres de nuestro país (Eslami *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que la adición de antioxidantes como la taurina al esperma felino y de conejo lo protege contra los efectos nocivos de las especies reactivas a oxígeno (ROS) y mejora la motilidad del esperma y la integridad de la membrana durante su almacenamiento. La taurina es un aminoácido sulfónico y

un eliminador no enzimático que juega un papel importante en la protección de los espermatozoides contra las ROS, en casos de exposición a condiciones aeróbicas y almacenamiento bajo refrigeración (Allai *et al.*, 2018).

La eficacia en la fertilización que podríamos llamar exitosa por estos medios de bio tecnologías artificiales depende de la calidad de semen conservado (Zhang *et al.*, 2021).

Los espermatozoides son extremadamente susceptibles a las bajas temperaturas durante el proceso de enfriamiento o congelación. Esto se ha atribuido a altas concentraciones de ácidos grasos polinsaturados (PUFA) en la membrana celular de los espermatozoides de pequeños rumiantes, éstos son altamente susceptibles al daño oxidativo (Eslami *et al.*, 2018).

Se requieren pequeñas cantidades de especies reactivas de oxígeno (ROS) para el mantenimiento de las funciones fisiológicas de los espermatozoides, como la capacitación y los procesos de reacción acrosómica, pero la producción de ROS en grandes cantidades resulta en pérdida de la integridad de la membrana celular, función celular inapropiada, menor motilidad de los espermatozoides y finalmente apoptosis (Câmara *et al.*, 2011).

Sin importar el diluyente que se administre, el concentrado de dilución del semen, el clima y los factores del almacenamiento, la índole de los espermatozoides se merma dependiendo del tiempo de criopreservación. Las alteraciones con mas relevancia pueden suscitarse en el almacenamiento que provoca una disminución de la motilidad, la probabilidad morfológica y la fecundidad de los espermatozoides. Se crea una garantía que transforma a los espermatozoides por su tiempo de vida y perduración en el tracto reproductivo de la hembra que puede estar ligado a un alto índice en el prejuicio embrionario (O'Hara *et al.*, 2009).

En muchos estudios se ha examinado la reacción del almacenamiento como en la motilidad y viabilidad, sin embargo, son pocos los que han llevado los resultados in vitro a campo. A pesar de la gran cantidad de estudios que examinan la posibilidad de predecir la fertilidad de campo en base a pruebas de

laboratorio en especies de ganado cómo ovejas y bovinos; en su mayoría se obtuvieron resultados equívocos (O'Hara *et al.*, 2009).

Para evaluar la calidad del semen in vitro se realiza una evaluación subjetiva de la motilidad y la morfología normal de los espermatozoides. Se realizan pruebas más elaboradas como medidas de viabilidad, integridad acrosomal, evaluación de la motilidad por computadora y *fertilización in vitro* (FIV). a pesar del éxito de estas pruebas son pocas las que in vitro muestren una correlación confiable con la fertilidad de campo (O'Hara *et al.*, 2009).

2.5.1.1. Radicales libres presentes en esperma ovino

El estrés oxidativo en los organismos biológicos es provocado por los radicales libres que se encuentran en el ambiente, los cuales son contaminantes que se encuentran en el agua, suelo, y agua por un largo tiempo, estos contribuyen a la producción de especies reactivas de oxígeno en el medio ambiente. Los RL son formados por transferencia de electrones de compuestos orgánicos a metales de transición mediante procesos térmicos; al no haber metales, los compuestos orgánicos sufren una ruptura de enlaces, por lo que se genera EPFR bajo exposición a la luz y en condiciones térmicas (Wang *et al.*, 2024).

Para detectar los EPFR se hace mediante resonancia paramagnética electromagnética, que indica las características del momento magnético orbital de las moléculas en los materiales; esto proporciona información sobre las estructuras moleculares (Wang *et al.*, 2024).

2.5.2. Efecto de los antioxidantes en semen

Estas tasas de fertilidad podrían ser mejoradas si se pone especial énfasis en la composición de los dilutores y su efecto sobre la integridad de la membrana citoplasmática del espermatozoide (Cabrera *et al.*, 2011).

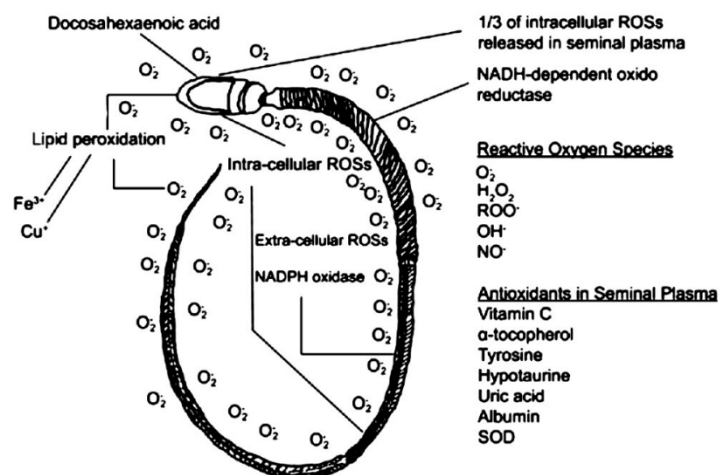


Figura 4. Integridad de la membrana citoplasmática del espermatozoide (Lohiya *et al.*, 2025).

2.5.2.1. Taurina como antioxidante en el semen

Los contaminantes ambientales provocan toxicidad en el sistema reproductor masculino debido a que modifican los patrones epigenéticos de las células. Esta alteración se origina principalmente por el estrés oxidativo (ROS) y el daño genético que generan dichos compuestos. Como consecuencia, se produce una disfunción en las mitocondrias y una decodificación inadecuada en la expresión del ADN (Han & Huang, 2021).

En los últimos años, la taurina se ha utilizado como antioxidante en diluyentes de semen en la crio preservación del espermatozoide de varias especies como el jabalí, toro, humano, carnero y cabra para mejorar la motilidad, la viabilidad, la integridad de la membrana y la fertilidad de los espermatozoides al inhibir la peroxidación lipídica y proteger las células contra la acumulación de ROS (Suray *et al.*, 2021).

El uso de cafeína en diluyentes de semen ovino ha demostrado incrementar la motilidad progresiva, lo cual es esencial para mejorar la tasa de fertilización. En

un estudio que evaluó distintos niveles de cafeína, se observó un incremento significativo en la motilidad y en la integridad de la membrana celular en espermatozoides almacenados a 4°C durante 48 horas (Halo *et al.*, 2023).

La taurina prohibió la salida de colesterol de la membrana del espermatozoide y la producción de MD a en diluyentes, lo que indica que previene la capacitación prematura y la reacción acrosómica que actúa como antioxidante. Junto con los fosfolípidos, el colesterol es necesario para la integridad física de las células y asegurar la fluidez de la membrana celular. El colesterol juega un papel especial en la membrana del espermatozoide porque su liberación de la membrana del espermatozoide inicia el paso clave en el proceso de capacitación y reacción acrosómica que es crucial para la fertilización (Câmara *et al.*, 2011).

El ácido β -aminoetanosulfónico (taurina) es un componente natural que se descubrió por primera vez en la bilis de los toros. Está en casi todos los tejidos del cuerpo de los animales, donde se encuentra principalmente como aminoácido libre o en pequeñas cadenas llamadas péptidos (Pinto *et al.*, 2013). De hecho, es uno de los aminoácidos libres más con más presencia que tenemos y se encarga de tareas vitales día con día, ayuda a procesar las grasas y el azúcar, combatir la inflamación y proteger las paredes de nuestras células como estabilizador (Huxtable, 1992).

Su trabajo clave es actuar como un escudo protector o antioxidante. Tiene la tarea de proteger y neutralizar el exceso de sustancias dañinas como lo son los radicales libres para que no deterioren la membrana celular. Al frenar este proceso, evita que las células no cumplan su función, (por procesos como la apoptosis, la autofagia o la necrosis), logrando que nuestro cuerpo se mantenga en equilibrio (Liu *et al.*, 2022). Además, funciona como un estimulante para nuestras defensas: despierta y multiplica células clave del sistema inmune, como los macrófagos y los linfocitos, haciendo que seamos mucho más fuertes al combatir virus y bacterias (Ou *et al.*, 2021).

La medicina ha descubierto que este aminoácido que contiene azufre es tan potente que ya se usa como un tratamiento real. En Japón, se aprobó

oficialmente para tratar a personas que sufren de (MELAS) una enfermedad genética que afecta la mitocondria y por lo tanto a la producción de ATP, ayudando a reducir significativamente las crisis graves que son muy parecidas a los derrames cerebrales (Ohsawa et al., 2019).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó de febrero a mayo, en la posta zootécnica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna (Longitud 103°30'39.60" W 102°57'25.20" W, Latitud 24°47'35.16" N 25°41'29.04" (CONAGUA, 2025).

3.2. Características de los animales utilizados, proceso de extracción y análisis del semen

Se colectó el semen dos veces por semana de 3 machos ovinos de razas de pelo (2 a 3 años, con una condición corporal de 3 unidades), por el método de vagina artificial, inmediatamente después de la colecta, se evaluó el volumen del eyaculado en tubos cónicos graduados con aforo cada 0,1 ml, el eyaculado de cada macho fue evaluado tomando 10 μ L de la muestra, la cual se depositó en una cámara de recuento estándar de 20 μ m (Cámara Leja), para ser evaluada mediante un análisis de semen asistido por computadora (CASA; AndroVision, Minitube, Alemania) con un microscopio vertical (AxioScope.A1, Zeiss, Alemania). Se evaluó la motilidad progresiva (%) y la concentración espermática (células/mL) para descartar los eyaculados inviábiles o de baja calidad.

Posteriormente se colocó en un tubo cónico los eyaculados para mezclarlos y evitar efecto individual, después de la colección el semen se conservó en baño de María a 37°C por un tiempo de 10 min para realizar la evaluación del semen fresco.

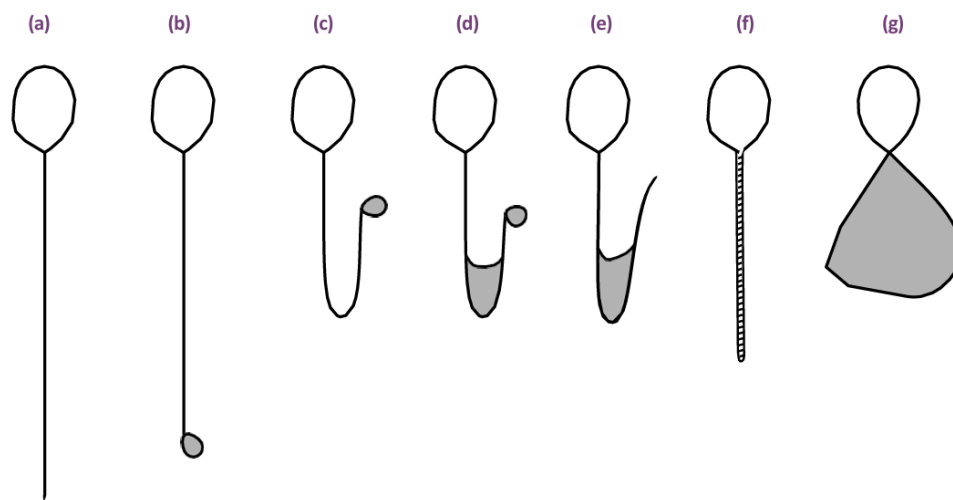
3.3. Dilución del semen

Se realizó un protocolo de dilución con un diluyente comercial (Optidil^{MR}) a una temperatura de 37 °C. El pull del eyaculado se diluyó hasta obtener una concentración de 120×10^6 espermatozoides motiles por mL, después se separó en dos diferentes alícuotas, a las que se les adicionó con la base del diluyente 200mM de taurina (TAU), /ml de eyaculado, y 1 ml de solución salina fisiológica (CONT).

3.4. Evaluación de la viabilidad e integridad espermática

La viabilidad se midió con la técnica de tinción de eosina-nigrosina mediante microscopía óptica (1000X), integridad acrosómica e integridad de la membrana plasmática se evaluaron mediante la prueba de hinchazón hipo osmótica (HOST).

Estas evaluaciones se realizaron al momento de adicionar los tratamientos (0 horas), a las 2 y 4 horas posteriores a la adición de los tratamientos, con el semen fresco conservado en baño maría a una temperatura de 37°C.



(a)= sin cambios; (b)-(g)= varios tipos de cambios en la cola. La zona sombreada indica la hinchazón de la cola.

Figura 5. Representación esquemática de los cambios morfológicos típicos en espermatozoides humanos sometidos a estrés hiposmótico.

Los espermatozoides con cola enroscada son viables, los que no presentan ninguna curvatura en el flagelo están muertos o con membrana dañada.

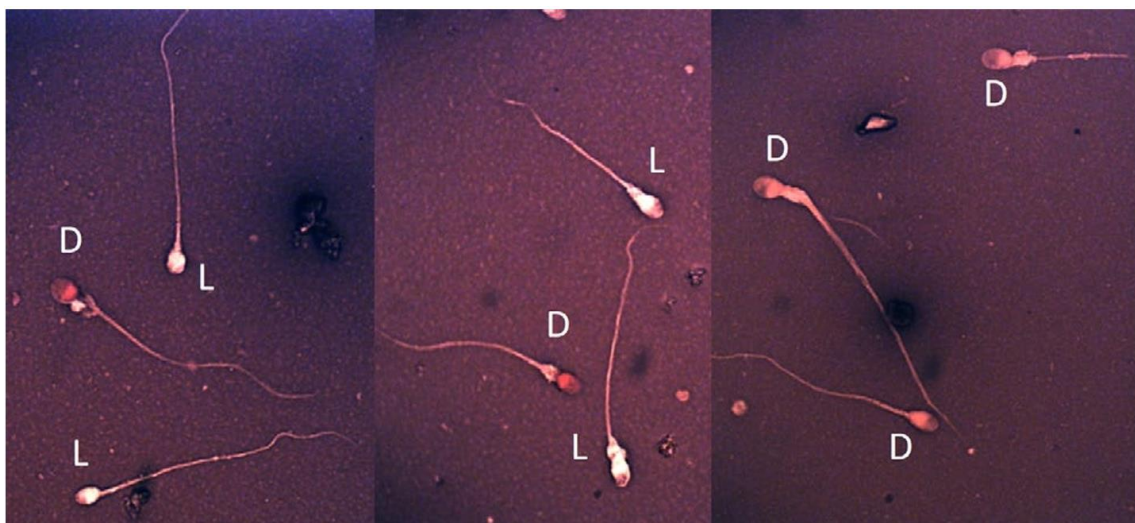


Figura 6. Representación esquemática de la tinción con eosina- nigrosina para determinar la viabilidad espermática (L.Björndahl)

Los espermatozoides con cabeza roja o rosa oscuro se consideran muertos (D), mientras que los espermatozoides con cabeza blanca (L) se consideran vivos (L.Björndahl).

3.5. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza, donde se consideró el efecto del tratamiento, del tiempo de reposo y la interacción tratamiento por tiempo. Una vez observado que existe diferencia estadística se procedió a realizar una prueba de comparación de medias utilizando una *t de Student*. Todos los análisis de datos se realizaron a través del paquete estadístico SAS (Versión 9.0) y se consideró un valor significativo cuando $p < 0.05$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 7 y 8 se presenta el Porcentaje de espermatozoides vivos y la integridad de la membrana espermática en semen diluido, adicionado con Taurina (TAU) o solución salina fisiologica (CONT), estabilizado a 37° y evaluado al adicionar los tratamientos, a las 2 y 4 h de reposo.

Para realizar el presente trabajo de investigación se formuló la hipótesis de que la taurina protege la membrana espermática y alarga la vida útil de los espermatozoides del semen fresco de carnero, al respecto se ha reportado que en humanos la taurina ayuda a disminuir el estrés oxidativo de las células del musculo esquelético, mediante varias reacciones químicas (Barbosa et al., 2006).

Por otra parte Li et al. (2023), reportan que en el aparato reproductor masculino la taurina es un componente abundante y esencial, donde cumple un importante papel a nivel nutricional, farmacológico y fisiológico para prevenir alteraciones funcionales y su ausencia o escasez en el organismo podría servir como una señal de alerta o biomarcador para detectar problemas de fertilidad o disfunciones reproductivas.

En machos cabríos lecheros expuestos a estrés por calor, la suplementación con taurina ayudo a proteger la calidad del esperma mediante la optimización del metabolismo del plasma seminal, mejorando la acción antioxidante y regulando el estado endócrino (Fu et al., 2026).

En este estudio nosotros observamos que al momento de adicionar los tratamientos y posteriormente en cada una de las horas de evaluación el semen adicionado con taurina presenta un mayor porcentaje de viabilidad en comparación con el tratamiento control (Figura 7). Cuando se adicionan los tratamientos el porcentaje de viabilidad de los espermatozoides tratados con taurina permanece ligeramente superior ($64.87 \pm 4.95\%$) en comparación con la viabilidad de los espermatozoides del tratamiento control ($56.91 \pm 4.28\%$), sin mostrarse diferencia estadística entre estas evaluaciones ($p > 0.05$).

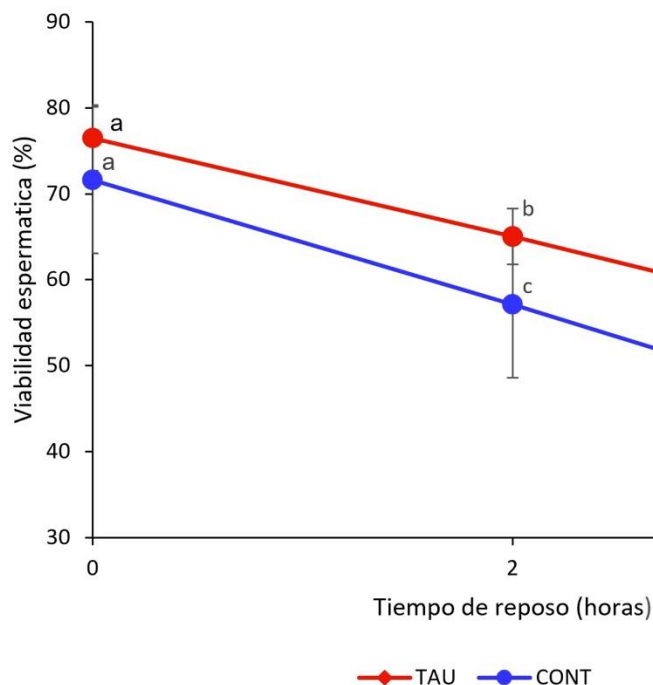


Figura 7. Promedio del porcentaje de viabilidad espermática de semen fresco diluido y adicionado con taurina (TAU) o solución salina (CONT) y evaluado al momento de adicionar los tratamientos (0), a las 2 y 4 horas de reposo. ^{a,b}Literales diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Zhang et al. (2021) añadieron taurina al semen de ovino conservado a temperatura ambiente para explorar su efecto y revelaron que una concentración de 20mM de taurina tuvo un efecto positivo en el semen de ovino. Otros autores mencionan que proteger la viabilidad y la membrana celular del semen refrigerado de carnero con dosis de 50 mM de taurina también conservan la motilidad espermática por 6 horas, pero si por el contrario se eleva la concentración de taurina a 100 mM resulta perjudicial para las células (Bucak & Tekin, 2007).

A las 2 horas de reposo del semen adicionado con taurina permanece mas viable que el semen del tratamiento control (65.02 ± 1.87 vs. 57.10 ± 2.12 ; $p < 0.05$). Aunque a las 4 h de reposo sigue disminuyendo la viabilidad espermática, sin embargo, no se observa diferencia estadística entre el tratamiento con taurina y

el control a las 2 h (57.10 ± 2.12 vs. 53.1 ± 11.32). A las 4 horas de reposo se observa menos del 50% de viabilidad espermática en el tratamiento Control.

La adición de taurina durante el enfriamiento del semen mejoró su calidad, aumentando la movilidad de los espermatozoides, cantidad de células vivas y su concentración, además de reducir el número de espermatozoides muertos o con deformaciones; estos resultados indican que la taurina ayuda a proteger las estructuras de los espermatozoides durante el enfriamiento, ya que fortalece los mecanismos antioxidantes y disminuye el daño causado por la oxidación, lo que contribuye a conservar mejor la calidad del semen (Hussein et al., 2024).

En la figura 8 se presenta el porcentaje de espermatozoides con membranas intactas en semen de carneros Dorper diluido y adicionado con Taurina (Tau) y solución salina fisiologica (CONT) mantenido a una temperatura de 37° y evaluado al adicionar los tratamientos (0), a las 2 y 4 h de reposo del semen. Se observa diferencia significativa en cuanto al tratamiento, al tiempo de reposo y a la interacción tratamiento por tiempo de reposo ($p < 0.05$).

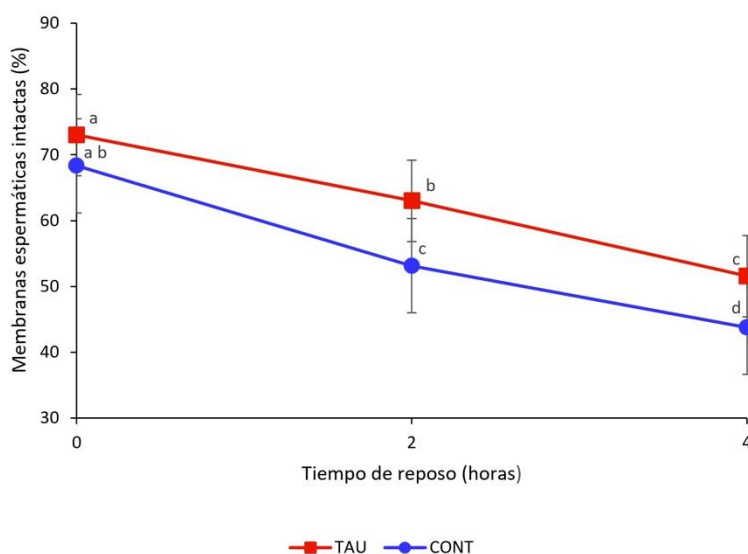


Figura 8. Promedio de membranas espermáticas intactas (%) en semen fresco diluido y adicionado con taurina (TAU) o solución salina (CONT) y evaluado al momento de adicionar los tratamientos (0), a las 2 y 4 horas de reposo. ^{a, b} Literales diferentes indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

En el presente trabajo de investigación al momento de adicionar los tratamientos y posteriormente en cada una de las horas de evaluación el semen adicionado con taurina presenta un mayor porcentaje de espermatozoides con membranas intactas en comparación con el tratamiento Control (62.53 ± 4.87 vs. 55.09 ± 4.59). Cuando se adicionan los tratamientos el porcentaje de espermatozoides tratados con taurina permanece ligeramente superior (73.01 ± 1.90) en comparación con el porcentaje de membranas intactas de los espermatozoides del tratamiento CONT (68.33 ± 1.96), sin mostrarse diferencia estadística entre estas evaluaciones ($p > 0.05$).

A las 2 horas de reposo del semen, el tratado con taurina permanece con mayor porcentaje de membranas espermáticas intactas, sin mostrarse diferencia estadística al momento de la adición de los tratamientos del tratamiento control y a las 2 h de reposo del seme tratado con taurina (68.36 ± 1.96 vs. 63.02 ± 1.71 ; $p > 0.05$). Aunque a las 4 h de reposo sigue disminuyendo la integridad de la membrana espermática, no se observa diferencia estadística entre el tratamiento con taurina y el control a las 2 h (51.56 ± 10.99 vs. 53.13 ± 2.47). A las 4 horas de reposo se observa más del 50% de espermatozoides con daños en la membranas con el tratamiento control mientras que con el tratamiento de taurina aún conserva alrededor del 50% de espermatozoides con la membrana espermática integra.

El tratamiento control en la integridad de la membrana espermática se comportó de manera similar al semen que se somete a procesos de criopreservación en los cuales causa un gran daño a los espermatozoides, lo que resulta en una disminución de al menos el 50% en la calidad después de la descongelación (Banday *et al.*, 2016).

Por otro lado el uso de taurina a una dosis de 40 mM muestra buenos resultados para proteger la calidad del semen independientemente si se usa en semen fresco (Zhang *et al.*, 2021) o criopreservado. Por ello, se considera como un buen antioxidante en la conservación de semen para optimizar los métodos de congelación (Lone *et al.*, 2021).

Se entienden mejor los mecanismos biológicos relacionados en la inclusión de dichos suplementos en la calidad del semen implica mejorar la calidad del espermatozoide de carnero conservado y, en consecuencia, lograr tasas de fertilización altas (Allai et al., 2018)

Halo et al. (2023), reportaron que la taurina se considera un aditivo útil para los diluyentes de semen, ya que mejoran el movimiento de los espermatozoides durante su conservación a 5 °C. Además, de que no afecta negativamente la supervivencia de los espermatozoides ni aumenta el daño por oxidación, por lo que representan una alternativa segura para la conservación y el transporte de dosis de inseminación.

La taurina como antioxidante protege el acrosoma proporcionándole una capa extra de glucosa permitiendo su capacitación sin que afecte la viabilidad de los espermatozoides de los cambios externos, manteniéndolo viable para la fertilización de óvulos.

5. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en las que se ha realizado la presente investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos concluimos que la taurina adicionada al semen fresco diluido protege la membrana espermática y alarga la vida útil de los espermatozoides hasta por 4 horas de reposo a una temperatura de 37° C.

6. REFERENCIAS

- Allai L, Benmoula A, Marciane da Silva M, Nasser B, El Amiri B. Supplementation of ram semen extender to improve seminal quality and fertility rate. *Anim Reprod Sci.* 2018 May;192: 6-17.doi:10.1016/j.anireprosci.2018.03.019.Epub 2018 Mar 21. PMID: 29615291.
- Anel, L., & Anel-Lopez, L. (2023). Ovine fertility by artificial insemination in the breeding season could be affected by intraseasonal variations in ram sperm proteomic profile. *Theriogenology*, 208, 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.05.030>
- Banday, M. N., Lone, F. A., Rasool, F., Rashid, M., & Shikari, A. 2017. Use of antioxidants reduce lipid peroxidation and improve quality of crossbred ram sperm during its cryopreservation. *Cryobiology*. 74: 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2016.12.008>
- Barbosa, M. R., Fonseca, B. L., do Nascimento, M. V. S., & de Souza Gomes, L. P. (2016). taurina e exerCíCio físiCo: apliCações e reflexões. *Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT-SERGIPE*, 3(2), 19-26.
- Bucak, M. N., & Tekin, N. (2007). Protective effect of taurine, glutathione and trehalose on the liquid storage of ram semen. *Small Ruminant Research*, 73(1–3), 103–108. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.12.001>
- Câmara, Silva, S., Almeida, F., Nunes, J., & Guerra, M. (2011). Effects of antioxidants and duration of pre-freezing equilibration on frozen-thawed ram semen. *Theriogenology*, 76(2), 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.013>
- Cely, L. D., Jaramillo, C. X., & Fonseca, M. J. (2021). Efecto de dos diluyentes sobre la tasa de preñez por inseminación artificial laparoscopica en ovinos. *Revista Veterinaria*, 32(2), 221. <https://doi.org/10.30972/vet.3225747>

- De Agricultura y Desarrollo Rural, S. (2024). Detrás de la Ovino cultura: Una Mirada a la Crianza de Ovejas en Mé. . . gob.mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/detras-de-la-ovinocultura-una-mirada-a-la-crianza-de-ovejas-en-mexico?idiom=es#:~:text=La%20Importancia%20de%20la%20Ovinocultura,e stable%20a%20muchas%20familias%20rurales>
- de, S. (2026). *Detrás de la Ovinocultura: Una Mirada a la Crianza de Ovejas en México*. Gob.Mx. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/detras-de-la-ovinocultura-una-mirada-a-la-crianza-de-ovejas-en-mexico>
- Eslami, M., Jahan-Roshan, N., & Farrokhi-Ardabili, F. (2018). *Influence of idebenone on ram semen quality stored at 4° C. Reproduction in Domestic Animals*. doi:10.1111/rda.13379
- Eduardo, J., Andrés, Q., Mario, P., Ernesto, O., Mateo, I., & José, C. (2021). Evaluación de la adición de quercetina y vitamina E al medio de criopreservación de semen ovino sobre la fertilidad in vivo. *Abanico Veterinario*, 11. <https://doi.org/10.21929/abavet2021.36>
- El-Khawagah, A. R. M., Kandiel, M. M. M., & Samir, H. (2020). Effect of Quercetin Supplementation in Extender on Sperm Kinematics, Extracellular Enzymes Release, and Oxidative Stress of Egyptian Buffalo Bulls Frozen–Thawed Semen. *Frontiers In Veterinary Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.604460>
- Fu, T., Chen, M., Pan, Y., Wang, X., Bai, X., Pan, M., Ma, B., & Peng, S. (2026). Dietary Taurine Supplementation Improves Sperm Quality and Modulates Seminal Plasma Metabolism in Heat-Stressed Dairy Goat Bucks. *Animals*, 16(7), 1086–1086. <https://doi.org/10.3390/ani16071086>

- González, S. G., Cantón, J. G., & Reyes, L. O. (2009). Importancia de la Producción Ovina. *ResearchGate*, 13–32. https://www.researchgate.net/publication/389690218_Importancia_de_la_Produccion_Ovina/link/67cdce0dbab3d32d84405ae3/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19
- Hernández Pichardo, José Ernesto, Miranda Martínez, Arianna, & Rodríguez Suastegui, José Luis. (2021). Calidad espermática de semen encapsulado de oveja, almacenado durante tres días a dos temperaturas diferentes. *Revista de Salud Animal*, 43 (2), . Publicación electrónica 8 de agosto de 2021. Recuperado el 11 de junio de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2021000200006&lng=es&tlng=es.
- Hitit, M., Özbek, M., Ayaz-Guner, S., Guner, H., Oztug, M., Bodu, M., Kirbas, M., Bulbul, B., Bucak, M. N., Ataman, M. B., Memili, E., & Kaya, A. (2021).
- Hernández-Marín, J. A. (2017). Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agro productividad*, 10(3).
- Huxtable, R. J. (1992). Physiological actions of taurine. *Physiological Reviews*, 72(1), 101–163. <https://doi.org/10.1152/physrev.1992.72.1.101>
- Han, X., & Huang, Q. (2021). Environmental pollutants exposure and male reproductive toxicity: The role of epigenetic modifications. *Toxicology*, 456, 152780–152780. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2021.152780>
- Hussein, N. R., Abdulmohsen Al, A. F., & Hassan Al, J. E. F. (2024). The Effect of Adding Levels of the Organic Acid Taurine on Improving the Characteristics of Diluted and Cooled Semen of Arabi Rams. *International Journal of Agriculture and Animal Production*, 43, 1–12. <https://doi.org/10.55529/ijaap.43.1.12>

- Halo, M., Tirpák, F., Slanina, T., Tokárová, K., Massányi, M., Dianová, L., Mlyneková, E., Greň, A., Halo, M., & Massányi, P. (2023). A Combination of Taurine and Caffeine in Stallion Semen Extender Positively Affects the Spermatozoa Parameters. *Cells*, 12(2), 320. <https://doi.org/10.3390/cells12020320>
- J.A. Hernández-Marín. (2017). CONTRIBUCIÓN DE LA OVINOCULTURA AL SECTOR PECUARIO EN MÉXICO. *Agro Productividad*, 10(3). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/es/article/view/975>
- Jiménez-Aguilar, E., Andrés Quezada-Casasola, Prieto-Caraveo, M., Orozco-Lucero, E., Mateo Itzá-Ortiz, & José Carrera-Chávez. (2021). Evaluación de la adición de quercetina y vitamina E al medio de criopreservación de semen ovino sobre la fertilidad in vivo. *Abanico Veterinario*, 11(0), 2021–2038. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/339/861> (Jiménez-Aguilar et al., 2021)
- Liu, J., Pan, M., Liu, Y., Huang, D., Luo, K., Wu, Z., Zhang, W., & Mai, K. (2022). Taurine alleviates endoplasmic reticulum stress, inflammatory cytokine expression and mitochondrial oxidative stress induced by high glucose in the muscle cells of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 123, 358–368. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.03.021>
- Li, Y., Peng, Q., Shang, J., Dong, W., Wu, S., Guo, X., Xie, Z., & Chen, C. (2023). The role of taurine in male reproduction: Physiology, pathology and toxicology. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1017886–1017886. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1017886>
- Lone, F. A., , Naikoo, M., , Shah, S. M., , Darzi, S. A., , & Farooq, J., (2021). Effect of Idebenone, Resveratrol and Taurine on the Sperm Quality and Lipid Peroxidation of Cryopreserved Crossbred Ram Semen. *Cryo letters*, 42(3), 146–153. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33970992/>

- Maquivar, M. G., Smith, S. M., & Busboom, J. R. (2021). Reproductive Management of Rams and Ram Lambs during the Pre-Breeding Season in US Sheep Farms. *Animals*, 11(9), 2503. <https://doi.org/10.3390/ani11092503>
- MA Chun-fang, ZHANG Jin-bao, CHEN Hai-yan, ZHANG Hui-ning, YANG Qi, & ZHANG Qiao-e. (2024). Research progress on application of Chinese herbal medicine in cattle production. *Feed Research*, 47(18), 163–167. <https://doi.org/10.13557/j.cnki.issn1002-2813.2024.18.030>
- Neila-Montero, M., Alvarez, M., Riesco, M. F., Montes-Garrido, R., Palacin-Martinez, C., Silva-Rodríguez, A., Martín-Cano, F. E., Peña, F. J., De Paz, P., Anel, L., & Anel-Lopez, L. (2023). Ovine fertility by artificial insemination in the breeding season could be affected by intraseasonal variations in ram sperm proteomic profile. *Theriogenology*, 208, 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.05.030>
- O'Hara, L., Hanrahan, J., Richardson, L., Donovan, A., Fair, S., Evans, A., & Lonergan, P. (2009). Effect of storage duration, storage temperature, and diluent on the viability and fertility of fresh ram sperm. *Theriogenology*, 73(4), 541-549. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.10.009>
- Ohsawa, Y., Hagiwara, H., Nishimatsu, S., Hirakawa, A., Kamimura, N., Ohtsubo, H., Fukai, Y., Murakami, T., Koga, Y., Goto, Y., Ohta, S., & Sunada, Y. (2019). Taurine supplementation for prevention of stroke-like episodes in MELAS: a multicentre, open-label, 52-week phase III trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 90(5), 529–536. <https://doi.org/10.1136/jnnp-2018-317964>
- Proteomic fertility markers in ram sperm. *Animal Reproduction Science*, 235, 106882. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106882>
- Pinto, W., Rønnestad, I., Dinis, M. T., & Aragão, C. (2013). Taurine and Fish Development: Insights for the Aquaculture Industry. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 329–334. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6093-0_30

- Ruiz G, Luis, Sandoval M, Rocío, y Santiani A, Alexe. (2015). Evaluación de la calidad espermática del semen ovino tras la descongelación utilizando dos fuentes de energía y dos crioprotectores. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26 (1), 49-56. <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10942>
- Rua Bustamante, C. V., Lesmes Chavur, A. R., Buitrago Albarado, C. P., Hernández Martínez, C. C., & Roa Ortiz, S. A. (2022). Análisis mundial de producción de carne ovina 2022.
- Salimi, A., Eslami, M., & Farrokhi-Ardabili, F. (2023). Influence of *trans*-ferulic acid on the quality of ram semen upon cold preservation. *Veterinary Medicine and Science*, 9, 1369-1378. <https://doi.org/10.1002/vms3.1117>
- Santiani, A., Evangelista, S., Sepúlveda, N., Risopatrón, J., Villegas, J., & Sánchez, R. (2014b). Addition of superoxide dismutase mimics during cooling process prevents oxidative stress and improves semen quality parameters in frozen/thawed ram spermatozoa. *Theriogenology*, 82(6), 884-889. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.07.002>
- Shi, Y., Zhong, L., Fan, Y., Zhang, J., Dai, J., Zhong, H., Fu, G., & Hu, Y. (2022). Taurine inhibits hydrogen peroxide-induced oxidative stress, inflammatory response and apoptosis in liver of *Monopterus albus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 128, 536–546. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.08.029> (Shi et al., 2022)
- Veliz-Deras, F. G., Rosales, L. M. M., Gaytán-Alemán, L. R., & Ángel-García, O. (2023). Respuesta reproductiva de ovejas nulíparas expuestas a carneros tratados con selenio más vitamina E. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(3). <https://doi.org/10.19136/era.a10n3.3369>
- Vélez, A., Espinosa, J. A., De la Cruz, L., Rangel, J., Espinoza, I., & Barba, C. (2016). Caracterización de la producción de ovino de carne del estado de Hidalgo, Mexico. *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 425. <https://doi.org/10.21071/az.v65i251.708>

- Wang, X., Liu, H., Xue, Y., Cui, L., Chen, L., Ho, K., & Huang, Y. (2024). Formation of environmentally persistent free radicals and their risks for human health: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(3), 1327-1343. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01701-x>
- Yılmaz, M. M., Ardicli, S., Cimen, T., & Ustuner, B. (2025). Effects of Mitoquinone and Caffeic acid on spermatological parameters and OGG1/ROMO1 gene expression of post-thawed ram semen. *Animal Reproduction Science*, 278, 107858. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2025.107858>
- Zhang, L., Wang, Y., Sohail, T., Kang, Y., Niu, H., Sun, X., Ji, D., & Li, Y. (2021). Effects of Taurine on Sperm Quality during Room Temperature Storage in Hu Sheep. *Animals*, 11(9), 2725. <https://doi.org/10.3390/ani11092725>
- N.K. Lohiya, Alam, I., Hussain, M., Khan, S. R., Ansari, A. S., & Alam, I. (2025). RISUG: An intravasal injectable male contraceptive. *Indian Journal of Medical Research*, 140(Suppl 1), S63–S72. <https://ijmr.org.in/risug-an-intravasal-injectable-male-contraceptive>.