



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

**EVALUACIÓN DEL EFECTO COMBINADO DE
COENZIMA Q10 Y L-CARNITINA SOBRE LA
CRIOCONSERVACIÓN DE SEMEN OVINO**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÉDICA VETERINARIA**

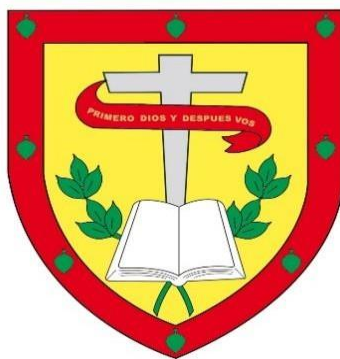
AUTORA: IBEL CAROLINA GUAMARRIGRA SANCHEZ

DIRECTOR: DR. ANDRÉS LEONARDO MOSCOSO PIEDRA MSC.

CUENCA – ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS

AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA

EVALUACIÓN DEL EFECTO COMBINADO DE

COENZIMA Q10 Y L-CARNITINA SOBRE LA

CRIOCONSERVACIÓN DE SEMEN OVINO

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE MÉDICA VETERINARIA

AUTORA: IBEL CAROLINA GUAMARRIGRA SÁNCHEZ

DIRECTOR: DR. ANDRÉS LEONARDO MOSCOSO PIEDRA MSC.

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Ibel Carolina Guamarriga Sánchez portadora de la cédula de ciudadanía N.º **0925224958**. Declaro ser la autora de la obra: “**Evaluación del efecto combinado de Coenzima Q10 y L-Carnitina sobre la crioconservación de semen ovino**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **18 de septiembre de 2025**



F:

Ibel Carolina Guamarriga Sánchez

C.I. 0925224958

CERTIFICACIÓN

Yo Dr. Andrés Leonardo Moscoso Piedra. Mgs, con cédula de identidad N° 0104156443 en calidad de director del trabajo de titulación con el tema **“Evaluación del Efecto Combinado de Coenzima Q10 y L-Carnitina sobre la Crioconservación de Semen Ovino”** certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **Ibel Carolina Guamarriga Sánchez** bajo mi supervisión.

Atentamente,

ANDRES
LEONARDO
MOSCOSO
PIEDRA

Firmado digitalmente por
ANDRES
LEONARDO
MOSCOSO PIEDRA
Fecha: 2025.09.05
11:00:15 -05'00'

Dr. Andrés Moscoso Piedra, Mgs.

Director de Tesis



Resumen

Una de las principales limitantes para la crío preservación de semen ovino como parte de la ciencia veterinaria, es su alta sensibilidad a las especies reactivas (ROS), por lo que los espermatozoides están constantemente expuestos a este daño debido a los cambios de temperatura, luz y su propia naturaleza bioquímica, que afecta su viabilidad, motilidad y funcionalidad, es por eso la necesidad de utilizar aditivos con propiedades antioxidantes en vista del aparente impacto positivo en la conservación de la genética animal. El objetivo de este estudio fue evaluar del efecto combinado de la adición en el medio de congelación la Coenzima Q10 (0,05mM), un antioxidante ampliamente usado como suplemento reproductivo y L-Carnitina (1mM), un derivado de aminoácidos que cumple con funciones de transporte de ácidos grasos y antioxidantes. Para este fin realizo un muestreo de ocho colectas semen ovino de una sola fuente, con CoQ10 (0,05mM), L-Carnitina (1mM), las dos moléculas con la misma dosis y un Testigo (Tryladil), evaluándose la motilidad, viabilidad, integridad y funcionalidad de la membrana y actividad mitocondrial, además de la progresividad y cinética espermática en el C.A.S.A. (Computer Asisted SpermAnalysis System). Los resultados demostraron efectos negativos ($p < 0,05$) en la solución combinada en todos los parámetros de calidad espermática, en relación al Testigo y al uso de L-Carnitina, mientras no existe diferencias ($p > 0,05$) en la cinética espermática, por lo que se concluye que la adicción conjunta de L-Carnitina y CoQ10, a los medios afecta al equilibrio redox a nivel espermático y reduce los niveles fecundidad.

Palabras clave: Bioquímica; Fecundidad; Genética Animal; Muestreo; Veterinaria

Abstract

One of the main limitations for cryopreservation of ram semen as part of veterinary science is its high sensitivity to reactive oxygen species (ROS). Spermatozoa are constantly exposed to this damage due to changes in temperature, light, and their own biochemical nature, which affects their viability, motility, and functionality. This highlights the need to use additives with antioxidant properties, given their apparent positive impact on the preservation of animal genetics. The objective of this study was to evaluate the combined effect of adding Coenzyme Q10 (0.05 mM), a widely used antioxidant in reproductive supplementation, and L-Carnitine (1 mM), an amino acid derivative with functions in fatty acid transport and antioxidant activity, to the freezing medium. For this purpose, eight semen samples were collected from a single ram, and the treatments included CoQ10 (0.05 mM), L-Carnitine (1 mM), both molecules combined at the same doses, and a control (Tryladil). Motility, viability, membrane integrity and functionality, as well as mitochondrial activity, sperm progressivity, and kinematics were assessed using the C.A.S.A. (Computer Assisted Sperm Analysis System). The results showed negative effects ($p < 0.05$) of the combined solution on all sperm quality parameters compared to the control and L-Carnitine alone, while no significant differences ($p > 0.05$) were observed in sperm kinematics. It is therefore concluded that the combined addition of L-Carnitine and CoQ10 to the freezing medium alters the redox balance at the sperm level and reduces fertility potential.

Keywords: Animal Genetics; Biochemical; Fertility; Samples; Veterinary Science.



Introducción

La crío preservación en la especie ovina se ha convertido en una herramienta clave dentro de las biotecnologías reproductivas. Sin embargo, este método tiene limitaciones, principalmente por el daño celular causado por la formación de cristales de hielo debido a los cambios bruscos de temperatura en el proceso de congelación y descongelación (Arbulu, 2019). De acuerdo a lo planteado, los espermatozoides en la especie bovina presentan alteraciones relacionadas a las grandes cantidades de ácidos grasos polinsaturados (PUFFA) en su membrana plasmática, lo que conduce a la peroxidación lipídica a causa de las altas concentraciones de especies reactivas de oxígeno (ROS), que alteran la homeostasis del redox al comprometer la integridad celular y generar una capacidad reducida de motilidad y viabilidad (Khosravizadeh et al., 2022).

Por esta razón se ha planteado el uso de antioxidantes como una estrategia para reducir el daño oxidativo al neutralizar los radicales libres y favorecer la actividad o expresión de ciertas enzimas antioxidantes intracelulares presentes de forma natural en los espermatozoides (Kaltsas, 2023). En consecuencia, estudios recientes han demostrado que la adición de Coenzima (Q10) y L-Carnitina antes del proceso de crío preservación mejoran la viabilidad y motilidad espermática, además de disminuir la fragmentación del ADN en los espermatozoides (Chavoshi Nezhad, et al., 2021).

El semen ovino es un fluido biológico transparente, cuyo color varía en función de la concentración espermática. Presenta una naturaleza isotónica con un pH neutro cercano a 7.0, compuesto por espermatozoides (el esperma) y plasma seminal (Asaduzzaman & Farida, 2024).

Los espermatozoides son células que contienen material genético del genoma paterno y están compuestas químicamente por ácidos nucleicos, proteínas, lípidos y una cantidad considerable de fósforo (Hafez & Hafez, 2000). Por su parte el plasma seminal está conformado por una variedad de metabolitos esenciales que incluye tanto compuestos orgánicos como inorgánicos; ácido cítrico, ergotioneína, glicerilfosforilcolina, sorbitol, enzimas, potasio, zinc. La mayor contribución de estos componentes proviene del 65%-75% de las vesículas seminales y sus principales constituyentes son fructosa, aminoácidos, péptidos, proteínas, lípidos, citoquinas y microARN (Ribeiro, et al., 2021).

El espermatozoide contiene un sistema antioxidante limitado debido a su reducido volumen citoplasmático por lo que disminuye la protección del espermatozoide frente al daño causado por altas concentraciones de especies reactivas de oxígeno (ROS) ya que su membrana plasmática contiene grandes cantidades de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que ocurren a nivel mitocondrial (Aitken & Drevet, 2020). Por este motivo, el semen depende de mecanismos antioxidantes enzimáticos para neutralizar los ROS y reducir su reactividad. Los antioxidantes enzimáticos más comunes son el glutatión reducido (GSH), la catalasa (CAT), el superóxido dismutasa (SOD), las tioredoxinas, y las peroxirredoxinas (Wang, Fu, & Li, 2025).

Por otro lado, el semen cuenta con antioxidantes no enzimáticos como la vitamina E (α -tocoferol), la vitamina C, selenio, zinc y la propia Coenzima Q10, cuya función básica en el soluto es la de neutralizar los radicales libres sin causar daño al espermatozoide, por lo tanto, trabajan conjuntamente para mantener un equilibrio frente a los ROS (Kowalczyk, 2022).

La Coenzima Q10 es una molécula lipofílica que actúa como cofactor esencial en el transporte de electrones y protones dentro de la membrana mitocondrial a través de diversos complejos enzimáticos, resultando en la generación de energía como potente antioxidante (Lançoni et al., 2021). Además, esta molécula se presenta en dos formas; ubiquinona y ubiquinol, siendo esta última la forma bioactiva reducida y rica en electrones de la molécula. En los mamíferos, más del 90% de la CoQ10 presente en el organismo se encuentra en forma de ubiquinol, el cual ayuda en diversas etapas de la peroxidación lipídica, además esta forma está presente naturalmente en la parte intermedia del esperma (Arroyo et al., 2024).

La L-Carnitina es una amina cuaternaria (3-hidroxi-4- N -trimetilaminobutirato) que desempeña un papel fundamental como antioxidante natural en los mamíferos al favorecer la β -oxidación. Su función es facilitar el transporte de ácido grasos de cadena larga en la mitocondria interna. (Mateus, et al., 2023). Además, se encuentra concentrada como L-carnitina libre y acetilada en el epidídimo, donde contribuye a la protección de la membrana plasmática al reducir los radicales libres y proteger la fragmentación del ADN y daños causados por los ROS (Chavoshi Nezhad et al., 2021).

Se ha evidenciado un sinergismo entre antioxidantes y aminoácidos ya que mientras unos controlan los radicales oxidativos en la célula, los otros pueden ser generadores de reacciones oxidativas. Un ejemplo es el Glutatión (GSH), un antioxidante compuesto principalmente por el glutamato, la cisteína y la glicina, este desempeña un papel esencial en la protección de los espermatozoides contra el daño oxidativo durante la congelación/postcongelación, al neutralizar radicales libres,



regenerar moléculas antioxidantes y participar en la detoxificación celular. Sin embargo, su biosíntesis es limitada, por lo cual su acción antioxidante depende directamente de la disponibilidad de cisteína, un aminoácido azufrado precursor esencial en su síntesis de glutatión (Njoroge et al., 2025).

En estudios con verracos mostraron que la adición de cisteína exógena penetró la membrana celular y favoreció la síntesis intracelular de glutatión lo que elevó sus niveles durante la extensión y congelación espermática. Este efecto sinérgico incrementó la motilidad y viabilidad de los espermatozoides, además de reducir el estrés oxidativo inducido por ROS. (Dos Santos et al., 2024). Entonces surge la pregunta de si existe una relación de la Coenzima Q10 con la L-carnitina, igual a la de la GSH con estos otros aminos ácidos.

Es importante señalar que existe sinergismo entre L-Carnitina y Coenzima Q10, dado que ambas trabajan de forma complementaria en la actividad mitocondrial, aunque no compartan estructuras similares. En estudios en humanos el uso de las dos moléculas disminuyó la cantidad de ROS, mejoró la motilidad, corrigió la deficiencia de protamina, y redujo el porcentaje de ADN de la fragmentación de los espermatozoides antes y después de la congelación. Estas moléculas se localizan en estructuras mitocondriales y participan en el mantenimiento energético y estabilidad estructural del espermatozoide (Chavoshi Nezhad et al., 2021).

Esta investigación propuso evaluar el efecto combinado de la Coenzima Q10 y la L-Carnitina sobre la crioconservación de semen de ovinos de raza Kathadin con fertilidad probada al incorporarlas al medio de congelación. El estudio se centró en analizar, mediante el análisis C.A.S.A., la motilidad, integridad de membrana, viabilidad celular y la cinética espermática.

Material y métodos

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Reproducción Animal de la facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Católica de Cuenca, donde se procesó y crio preservó el semen ovino, de un solo donador de la raza Kathadin de fertilidad probada, adicionando L- Carnitina (1mM), Coenzima Q10 (0.05Mm) y la combinación de las dos. Para esta evaluación se

utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (Figura 1) que fue analizado con el programa estadístico Jamovi (The Jamovi Project, 2022).

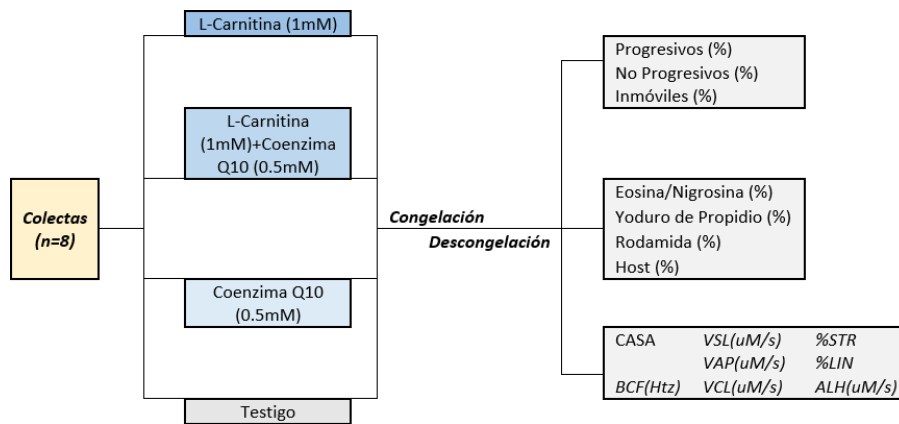


Figura 1. Diseño de la Investigación.

Por un lado, se preparó el Tryladyl con yema de huevo + agua ultrapura + Triladyl en una proporción (1:3:1) que fue colocado en un tubo falcón que pasó a baño maría (37°C) por un lapso de 45 minutos, hasta colectar el semen. Paralelamente, se contó con la muestra correspondiente de semen donado (ml), que se colectó mediante una vagina artificial (Imv Technologies), bajo un rango de temperatura entre 40°C a 50°C). La concentración de las muestras se evaluó con el fotómetro de flujo (minitube SMD) de alta precisión para la especie ovina, mientras que el movimiento masal se evaluó con 5 µl de semen puro bajo un lente de 10X. Estos dos productos (solución y muestras) fueron mezclados en proporciones iguales.

Para la preparación de tratamientos se elaboró alícuotas con las concentraciones preestablecidas para cada tratamiento a partir de soluciones madre. Estas concentraciones se depositaron en la solución de Triladyl + Semen (mezcla).

La crio preservación se realizó en pajillas con las especificaciones del programa #6 para la congelación de semen ovino del congelador Freeze Control Cryobath CL5500 (especifico de semen ovino inicia a 20°C y desciende progresivamente hasta llegar a -50°C en los siguientes 90 minutos. Finalmente, las pajuelas fueron almacenadas en nitrógeno líquido a -196°C.



Las evaluaciones post-descongelación fueron realizadas 24 horas después de la congelación. Se descongeló a baño maría a una temperatura de 37°C durante 40 segundos y mantenidos en una platina térmica a la misma temperatura para su evaluación.

Para el análisis del sistema CASA (Computer-Assisted Sperm Analysis) se tomó 5 µl de cada tratamiento y se evaluó diversos parámetros espermáticos: progresivos (PR), no progresivos (NP), inmóviles (IM), velocidad curvilínea (VCL), velocidad media (VAP), velocidad lineal (VSL), índice de rectitud (STR), índice de linealidad (LIN), amplitud lateral de la cabeza (BCF) y frecuencia de batida (BCF) según se plantea en la Figura 1. Este sistema analiza principalmente características cinéticas de los espermatozoides en diferentes especies (Vicente-Fiel et al., 2014).

La evaluación de la integridad de la membrana se la realizó con la prueba de Eosina-Nigrosina mientras que la evaluación de la membrana plasmática se usó la tinción de Yoduro de Propidio $\geq 94\%$ (Sigma Aldrich) que evalúa la viabilidad y mide el daño celular mediante la tinción. La prueba del Test de Host (solución hipo osmótico) se utilizó para observar si el espermatozoide vivo mantiene su membrana intacta ya que puede controlar la entrada y salida de sustancias y en reacción a la solución absorbe agua y se hincha la cola, y un espermatozoide con daño se mantiene recto sin enrollar. Finalmente, la funcionalidad mitocondrial se evaluó mediante tinción Rodamina 123 (Sigma Aldrich) donde la fluorescencia indica los espermatozoides que activaron su mitocondria.

Resultados

La Figura 2 muestra los resultados porcentuales obtenidos en la prueba de HOST, donde el grupo control obtuvo el resultado más alto con 28.9%^b respectivamente. Mientras que la LC+Q10 obtuvo el menor porcentaje con un valor de 15.9%^a respectivamente. Esta diferencia es altamente significativa con respecto al Testigo ($p < 0,01$); lo que indica un efecto negativo en la adición de dos biomoléculas en la solución espermática.

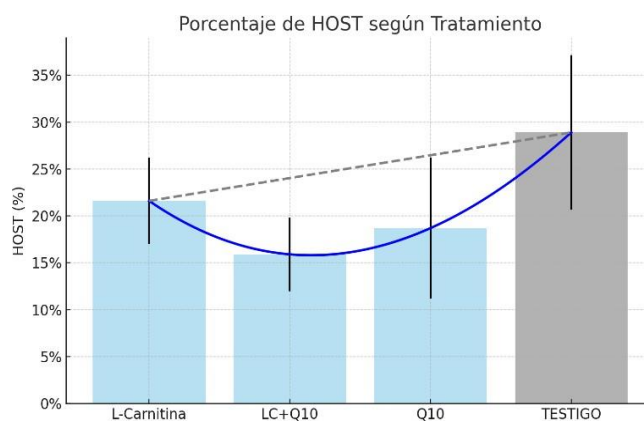


Figura 2. Porcentaje de HOST según tratamiento.

Con respecto a las pruebas de permeabilidad, vitalidad de la membrana y actividad mitocondrial, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos para las pruebas de Eosina; Yoduro y Rodamina. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.001$) en la repetición de Eosina, debido a la frecuencia de donación y cambios ambientales. Los detalles de estas pruebas se observan en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparaciones entre tratamientos de las pruebas de Tinción.

Tratamiento	L-Carnitina	LC+Q10	Q10	Testigo	Tratamientos	Rep
N	8	8	8	8	Valor p	Valor p
%HOST	21.6 ± 4.58	15.9 ± 3.92	18.7 ± 7.52	28.9 ± 8.24	0.008*	0.141
%EOSINA	57.1 ± 23.3	52.7 ± 19.1	55.1 ± 25.2	62.8 ± 22.9	0.831	< .001**
%YODURO	66.0 ± 18.4	59.2 ± 22.5	60.7 ± 22.4	66.6 ± 11.1	0.821	0.594
%RODAMIDA	42.0 ± 11.0	43.4 ± 11.7	42.6 ± 18.8	41.4 ± 10.2	0.989	0.314

La figura 3 muestra las variaciones de progresividad espermática entre los tratamientos. En cuanto a los progresivos el testigo mantuvo los valores superiores con 29.06% respectivamente. Respecto a los no progresivos, la Q10 presentó un incremento notable del 64.89%, lo cual sugiere un claro efecto negativo de esta molécula en la mezcla, sin que esta haya causado letalidad, esto se reflejó en la presencia de espermatozoides inmóviles, donde se obtuvieron valores de 20.68% en L-

Carnitina, 22.72% en LC+Q10 y 19.61% en testigo, mientras el menor valor se registró para a Q10 con un 8.87% correspondiente.

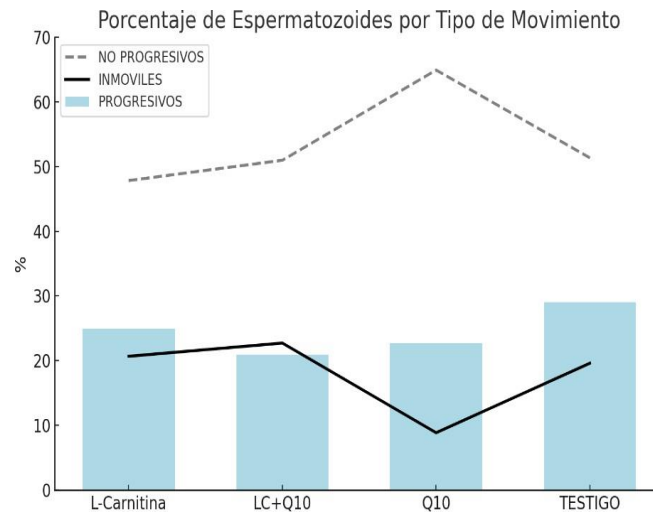


Figura 3. Porcentaje de espermatozoide según el tipo de movimiento.

La tabla 2 muestra que en el análisis realizado en el sistema (C.A.S.A. Zeiss) no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos en las variables VCL, VAP, VSL, STR, LIN, ALH y BCF. Al contrario, en relación a las repeticiones, se identificaron diferencias significativas en el VCL ($p=0.017$), VAP ($p=0.037$), VSL ($p=0.032$), ALH ($p=0.018$), y BCF ($p=0.008$), tampoco existieron diferencias en la interacción de variables ($p>0,05$) lo que se pudo asociar a factores externos.

Tabla 2. Parámetros evaluados mediante el sistema CASA.

Tratamiento	L-Carnitina	LC+Q10	Q10	Testigo	Tratamientos	Rep
N	8	8	8	8	Valor p	Valor p
VCL ($\mu\text{m/s}$)	72.4 ± 16.3	64.1 ± 16.7	59.5 ± 25.5	69.4 ± 27.6	0.643	0.017*
VAP ($\mu\text{m/s}$)	43.7 ± 9.88	37.7 ± 11.2	34.4 ± 15.0	42.3 ± 17.9	0.501	0.037*
VSL ($\mu\text{m/s}$)	31.1 ± 8.29	26.0 ± 9.04	23.4 ± 11.4	30.3 ± 13.9	0.444	0.032*
STR (%)	63.5 ± 5.46	60.7 ± 6.86	59.9 ± 3.95	62.7 ± 6.58	0.502	0.415
LIN (%)	40.2 ± 5.74	37.2 ± 8.07	35.4 ± 5.39	39.6 ± 8.90	0.412	0.387
ALH (μm)	1.88 ± 0.27	1.71 ± 0.30	1.61 ± 0.46	1.75 ± 0.48	0.511	0.018*
BCF (Hz)	11.4 ± 2.91	9.23 ± 3.33	8.14 ± 4.17	10.5 ± 4.67	0.326	0.008**

Discusión

Los resultados de esta investigación demostraron que la adición de antioxidantes no siempre produjo efectos positivos en la crio conservación del semen ovino, ya que, en altas concentraciones, la integridad funcional del acrosoma y la membrana del espermatozoide se vio comprometida, lo que redujo su motilidad, esto ocurrió particularmente con el uso del antioxidante glutatión el cual tiene una concentración ideal de 1mmol/L (Zhang, Liu, Wang, Yang, & Hu, 2016). Este comportamiento se explicó bajo la “Paradoja antioxidante”, la cual establece que tanto el exceso de oxidación, como un exceso de reducción fueron perjudiciales para la salud reproductiva (Dutta et al., 2022). Este principio se ve sustentado en otras investigaciones donde el uso excesivo de suplementos antioxidantes causó el estrés reductivo, y como consecuencia el estrés oxidativo, reflejados en los efectos perjudiciales en la fertilidad masculina (Henkel, Sandhu IS, & Agarwal, 2019).

Este principio se extiende a otros estudios donde se encontró que algunos antioxidantes tienen efectos contrarios al superar sus concentraciones y actuaron como prooxidantes al aumentar los radicales libre (RL) y las especies reactivas de oxígeno (ROS). Por ejemplo, antioxidantes como la vitamina E (alfa-tocoferol), la vitamina C, betacarotenos o algunos flavonoides, que en dosis bajas actuaron como protectores, mientras que en altas dosis adquirieron propiedades prooxidantes (Sotler et al., 2019). Este equilibrio redox explicaría también la importancia de controlar los medios donde se diluye el material espermático y sus interacciones, dado que en esta investigación no se llegó a observar una actividad sinérgica entre moléculas que eviten el daño ROS, más bien al contrario, se observó un efecto nocivo al añadir más moléculas al medio.

Al analizar la CoQ10 y la L-carnitina de forma independiente, se observó que la CoQ10 desempeñaba un papel importante en la protección mitocondrial, ya que formaba parte de la cadena de transporte de electrones y se encontraba en altas concentraciones en la membrana interna de los espermatozoides ((Masoudi, Sharafi & Shahneh, 2019; Yang et al., 2021). Sin embargo, su eficacia como crioprotector dependió de su estado químico, ya que su forma reducida (ubiquinol) era la que poseía mayor actividad antioxidante. Esto explica por qué, pese a que la suplementación con CoQ10, incrementó la motilidad en semen fresco, su efecto resultó limitado o incluso negativo post-congelación (Guiracocha-Viñanzaca et al., 2025; Quinche-Guazhambo et al., 2025). Cabe destacar que nuestros estudios utilizaron dimetil acetamida (DMA) para la dilución de la coenzima



y concuerdan con los de Gardela et al., (2023), aunque en ese caso se dedujo que el efecto negativo se produjo debido al uso de etanol para la solución CoQ10; por lo que no se puede descartar un efecto adicional dado por el diluyente.

En el marco de la misma molécula y su biodisponibilidad, la CoQ10 está presente como ubiquinona en su forma oxidada y ubiquinol en su forma reducida activa y aunque el ubiquinol se regenera en forma constante y forma parte mayoritaria de los mamíferos, la adición externa de CoQ10 depende de otras moléculas y procesos complejos donde constan aminoácidos, vitaminas, precursores y cofactores de oligoelementos, que permiten este constante cambio de ubiquinona a ubiquinol. Es decir que la deficiencia de cualquiera de estos elementos, afecta negativamente la correcta producción normal de la CoQ10 (Mantle & Dybring, 2020).

Al contrario, la L-carnitina mostró mayor consistencia como antioxidante y como moduladora metabólica. Se mostró que sus concentraciones en líquido seminal superaban a las sanguíneas, lo que mostró su papel fisiológico en la función espermática (Mateus et al., 2023). En diferentes estudios, la adición de L-carnitina durante la criopreservación mejoró la motilidad, progresividad, viabilidad y cinética espermática, especialmente a dosis de 1 mM (Iliceto, 2025; Valdez-Pinargote et al., 2024). En consecuencia, al evaluar la adición complementaria de un antioxidante como la CoQ10 y la L-Carnitina en el mismo medio, permitió contribuir al conocimiento integral de los factores bioquímicos que alteran la fertilidad del macho.

Basado en varios estudios, la suplementación externa con antioxidantes como CoQ10 y L-carnitina ha generado un impacto importante en el manejo de la infertilidad masculina, debido a esto se ha determinado una dosis oral de CoQ10 de 100 a 200mg/día, durante medio año como tratamiento de la infertilidad de mamíferos adultos resultando en un aumento en el recuento total de espermatozoides, motilidad espermática total y progresiva (Akhigbe et al., 2025).

Los suplementos nutracéuticos con actividad antioxidante han mostrado mejorar la salud reproductiva, en el presente estudio realizado en sementales, este aporte aumentó la capacidad antioxidante total del plasma seminal y mejoró la calidad del esperma. Esta información resultó de gran relevancia ya que permitió comprender los procesos biológicos que permiten este beneficio, de esta manera la investigación realizada aportó evidencia sobre los procesos de asimilación de biomoléculas en los medios espermáticos para incrementar los niveles de fertilidad y lograr una mejor crioconservación.

No obstante, los hallazgos de este estudio sugirieron que, en medios de congelación in vitro, el balance redox era particularmente sensible, y la incorporación simultánea de múltiples antioxidantes podía inducir efectos prooxidantes. Este resultado reforzó la importancia de estudiar no solo la dosis óptima, sino también las interacciones bioquímicas entre moléculas, ya que un desequilibrio en la disponibilidad de cofactores, vitaminas o aminoácidos comprometió la funcionalidad de los antioxidantes añadidos (Puerta et al., 2024) (Adami, Maciel Júnior, & De Agostini Losano, 2022).

El presente trabajo aportó evidencia relevante sobre la necesidad de profundizar en la bioquímica de la suplementación antioxidante aplicada a la crioconservación, Al comprender los mecanismos de reducción y oxidación en los medios espermáticos se visualizó como diseñar estrategias más precisas para mantener el equilibrio oxidativo y mejorar la fertilidad. De este modo, se reafirmó que el uso de antioxidantes, ya sea como nutracéuticos, vía oral o en medios de reproducción asistida, debía considerar cuidadosamente las concentraciones, formas químicas y posibles interacciones con el fin de evitar que una intervención benéfica se convirtiera en un factor limitante de la calidad seminal (Adami, Maciel Júnior & De Agostini Losano, 2022).

Conclusiones

En el presente estudio se demostró que la adición combinada de la Coenzima Q10 en dosis de 0,05mM + L-Carnitina de 1Mm, afectó significativamente el equilibrio de la solución espermática y comprometió la funcionalidad de los espermatozoides a nivel mitocondrial, por lo que el uso de aditivos espermáticos no solo modificó la concentración molecular del medio sino que también afectó su equilibrio redox, aspectos que deben considerarse al estudiar la acción de las biomoléculas a nivel espermático.

La suplementación con antioxidantes en los medios espermáticos no generó un efecto positivo sostenido sobre la calidad seminal post-congelación. Aunque se observaron variaciones en la progresividad y motilidad, estas no significaron mejoras importantes en comparación con el testigo.



Los tratamientos individuales con L-Carnitina y Coenzima Q10, mostraron respuestas distintas:

La L-Carnitina mostró un ligero efecto favorable en la progresividad y viabilidad espermática, lo que coincide con su papel en la estabilización de membranas y el metabolismo energético.

La CoQ10, por el contrario, presentó un efecto negativo sobre la motilidad post-descongelación, apuntando a una posible acción prooxidante en el medio, dependiendo de su forma química y del diluyente que se utilizó.

Los resultados de las pruebas de permeabilidad, vitalidad de membrana y actividad mitocondrial evidenciaron ausencia de diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, se identificaron variaciones significativas entre repeticiones, lo que sugiere que factores externos como la frecuencia de colecta y las condiciones ambientales influyeron en la respuesta espermática.

El análisis mediante el sistema C.A.S.A. confirmó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos en variables cinéticas clave (VCL, VAP, VSL, STR, LIN, ALH, BCF). Sin embargo, sí se observaron diferencias asociadas a las repeticiones, lo que refuerza la hipótesis de que factores externos incidieron en la variabilidad de los resultados.

A nivel global, los hallazgos respaldaron la existencia de la denominada “paradoja antioxidante”, en la que tanto el déficit como el exceso de antioxidantes generan desequilibrios redox que comprometen la viabilidad y motilidad espermática.

Referencias Bibliográficas

- Adami, L., Maciel Júnior, V., & De Agostini Losano, J. (2022). Review on the role of antioxidant supplementation against oxidative stress: A human and animal approach to male fertility. *Research, Society and Development*, 11(1). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25191>
- Aitken, R. J., & Drevet, J. R. (2020). The importance of oxidative stress in determining the functionality of mammalian spermatozoa: A two-edged sword. *Antioxidants*, 9(2), 111. <https://doi.org/10.3390/antiox9020111>
- Akhigbe, T., Fidelis, F., Adekunle, A., Ashonibare, V., Akorede, B., Shuaibu, M., ... Akhigbe, R. (2025). Does coenzyme Q10 improve semen quality and circulating testosterone level? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Pharmacology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1497930>
- Arbulu, A. A. (2019). Nuevas estrategias para la criopreservación de esperma ovino mediante el uso de antioxidantes, gradientes y vitrificación [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba]. Repositorio UCOPress. <http://hdl.handle.net/10396/19024>
- Arroyo, E., Bayly, W., Chakraborty, S., Leadon, D., & Tibary, A. (2024). Effects of a semen extender treated with coenzyme Q10-ubiquinol on the quality of thawed ram sperm. *Clinical Theriogenology*, 16. <https://doi.org/10.58292/CT.v16.10820>
- Asaduzzaman, M., & Farida, Y. B. (2024). The current and advanced situation of ram semen quality in Bangladesh. *Veterinary Integrative Sciences*, 23(3), 1–15. <https://doi.org/10.12982/VIS.2025.063>
- Chavoshi Nezhad, N., Vahabzadeh, Z., Allahveisie, A., Rahmani, K., Raoofi, A., Rezaie, M. J., ... Partovyan, M. (2021). The effect of L-carnitine and coenzyme Q10 on sperm motility, DNA fragmentation, chromatin structure and oxygen free radicals during, before and after freezing in oligospermic men. *Urology Journal*, 18(3), 330–336. <https://doi.org/10.22037/uj.v18i03.6400>
- Dos Santos, G., Tamanini, M. C., Leal, L. A., Wolf, L. M., Christ, T. S., Piton, Y. V., ... Mellagi, A. G. (2024). L-cysteine improves boar semen motility at 5 °C but does not affect the



- oxidative status. *Animal Reproduction Science*, 260, 107384. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2023.107384>
- Dutta, S., Sengupta, P., Roychoudhury, S., Chakravarthi, S., Wang, C., & Slama, P. (2022). Antioxidant paradox in male infertility: "A blind eye" on inflammation. *Antioxidants*, 11(1), 167. <https://doi.org/10.3390/antiox11010167>
- Gardela, J., Ruiz-Conca, M., Palomares, A., Olvera-Maneu, S., García-Calvo, L., López-Béjar, M., ... Álvarez-Rodríguez, M. (2023). Effect of honey, coenzyme Q10, and β -carotene/ α -tocopherol as novel additives in rabbit-sperm cryopreservation extender. *Animals*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/ani13142392>
- Guiracocha-Viñanzaca, I., Moscoso-Piedra, A., & Alvarado-Alvarado, J. (2025). Efecto de microdosis de coenzima Q10 en la refrigeración de semen ovino previo a la congelación. *MQRInvestigar*, 9(1), e114-114. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.1.2025.e114>
- Hafez, B., & Hafez, E. S. (2000). *Reproducción e inseminación artificial en animales* (7.^a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Henkel, R., Sandhu, I. S., & Agarwal, A. (2019). The excessive use of antioxidant therapy: A possible cause of male infertility? *Andrologia*, 51(1), e13162. <https://doi.org/10.1111/and.13162>
- Iliceto, M. (2025). The impact of L-carnitine on human semen quality upon cryopreservation, its association with sperm fatty acids, and assessment of a novel analytical tool for DNA fragmentation in mammals [Tesis doctoral, Oslo Metropolitan University]. <https://oda.oslomet.no/oda-xmlui/handle/11250/3177133>
- Kaltsas, A. (2023). Oxidative stress and male infertility: The protective role of antioxidants. *Medicina*, 59(10). <https://doi.org/10.3390/medicina59101769>
- Khosravizadeh, Z., Khodamoradi, K., Rashidi, Z., Jahromi, M., Shiri, E., Salehi, E., & Talebi, A. (2022). Sperm cryopreservation and DNA methylation: Possible implications for ART success and the health of offspring. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 39(8), 1815–1824. <https://doi.org/10.1007/s10815-022-02545-6>
- Kowalczyk, A. (2022). The role of the natural antioxidant mechanism in sperm cells. *Reproductive Sciences*, 29, 1387–1394. <https://doi.org/10.1007/s43032-021-00795-w>

- Lançon, R., Celeghini, E., Giuli, J. V., Carvalho, C., Zoca, G. B., García-Oliveros, L. N., ... Arruda, R. P. (2021). Coenzyme Q-10 improves preservation of mitochondrial functionality and actin structure of cryopreserved stallion sperm. *Animal Reproduction*, 18(1). <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2020-0218>
- Mantle, D., & Dybring, A. (2020). Bioavailability of coenzyme Q10: An overview of the absorption process and subsequent metabolism. *Antioxidants*, 9(5), 386. <https://doi.org/10.3390/antiox9050386>
- Masoudi, R., Sharafi, M., & Shahneh, A. (2019). Effects of CoQ10 on the quality of ram sperm during cryopreservation in plant- and animal-based extenders. *Animal Reproduction Science*, 208, 106128. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.06.015>
- Mateus, F. G., Moreira, S., Martins, A. D., Oliveira, P. F., Alves, M. G., & Pereira, M. L. (2023). L-carnitine and male fertility: Is supplementation beneficial? *Journal of Clinical Medicine*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/jcm12185796>
- Njoroge, W. E., Zhu, Z., Umehara, T., Yamanaka, T., Zeng, W., Okazaki, T., & Shimada, M. (2025). Synthesis of functional enzymes involved in glutathione production during linear motility in boar sperm. *Free Radical Biology & Medicine*, 228, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2024.12.051>
- O’Flaherty, C., & Scarlata, E. (2022). Oxidative stress and reproductive function: The protection of mammalian spermatozoa against oxidative stress. *Reproduction*, 164(6), F67–F78. <https://doi.org/10.1530/REP-22-0200>
- Puerta, M., Henao-Salazar, L., Vélez, I., León, S., Rojano, B., Restrepo, G., & Úsuga, A. (2024). Dietary antioxidant supplementation improves the in vitro quality and antioxidant capacity of Colombian Creole stallion semen. *Czech Journal of Animal Science*, 69(11), 450–461. <https://doi.org/10.17221/98/2024-CJAS>
- Quinche-Guazhambo, M., Moscoso, A., Cornejo, M., & Alvarado, J. (2025). Microdosis de coenzima Q10 como potencializador de la calidad espermática de semen ovino crioconservado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 10059–10074. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16625



- Ribeiro, J., Braga, P., Martins, A., Silva, B., Alves, M., & Oliveira, P. (2021). Antioxidants present in reproductive tract fluids and their relevance for fertility. *Antioxidants*, 10(9), 1414. <https://doi.org/10.3390/antiox10091441>
- Sotler, R., Poljšak, B., Dahmane, R., Jukić, T., Pavan Jukić, D., Rotim, C., ... Starc, A. (2019). Prooxidant activities of antioxidants and their impact on health. *Acta Clinica Croatica*, 58(4), 726–736. <https://doi.org/10.20471/acc.2019.58.04.20>
- Valdez-Pinargote, G., Moscoso-Piedra, A., & Maldonado-Cornejo, M. (2024). Efecto de la concentración de la L-carnitina en congelación del semen ovino. *MQRInvestigar*, 8(4), 7324–7341. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.7324-7341>
- Vicente-Fiel, S., Palacín, I., Santolaria, P., Fantova, E., Quintín-Casorrán, F. J., Sevilla-Mur, E., & Yániz, J. L. (2014). In vitro assessment of sperm quality from rams of high and low field fertility. *Animal Reproduction Science*, 146(1–2), 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.02.005>
- Wang, Y., Fu, X., & Li, H. (2025). Mechanisms of oxidative stress-induced sperm dysfunction. *Frontiers in Endocrinology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1520835>
- Yang, S., Fan, B., Chen, X., & Meng, Z. (2021). Supplementation of the freezing medium with coenzyme Q10 attenuates oxidative stress and improves function of frozen-thawed giant grouper (*Epinephelus lanceolatus*) spermatozoa. *Theriogenology*, 175, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.08.029>
- Zhang, X., Liu, Q., Wang, L., Yang, G., & Hu, J. (2016). Effects of glutathione on sperm quality during liquid storage in boars. *Animal Science Journal*, 87(10), 1195–1201. <https://doi.org/10.1111/asj.12545>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

Ibel Carolina Guamarriga Sánchez portadora de la cédula de ciudadanía N.º **09252244958**. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Evaluación del efecto combinado de Coenzima Q10 y L-Carnitina sobre la crioconservación de semen ovino”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **18 de septiembre de 2025**



F:

Ibel Carolina Guamarriga Sánchez

C.I. 09252244958