

Asociación entre calidad de ovocitos recuperados y condición corporal en vacas criollas

Association between quality of oocytes retrieved and body condition in Creole cows

Judith Tinco-Salcedo¹, Ulises Quispe-Gutiérrez*² y Delmer Zea-Gonzales³

Abstract

Criollo high Andean cattle are of family economic importance for rural dwellers and contribute to food security. The objective of this study was to evaluate the quantity, quality, and nuclear status of ovarian oocytes according to the body condition of Criollo cows. Groups of cows were formed according to the body condition (1=emaciated, 5=obese): low (1.5), moderate (2 to 2.5) and high (3). Ovaries (n=212) were obtained from Criollo cows from the slaughterhouse. Oocytes were recovered by follicular aspiration classifying them into categories A, B, and C, placing a portion with ethanol-acetic acid (3:1) for 24 h, then stained with 2% Lacmoid. The nuclear status of the oocyte was evaluated, categorized as intact germinal vesicle (GV) and broken germinal vesicle (GVBD). The number of oocytes recovered per ovary among low, moderate, and high body condition cows were similar (p>0.05). There was an association between body condition and oocyte quality of category A (rs=0.49; P=0.001), B (rs=0.16; P=0.018); C (rs=-0.16; P=0.016). Higher percentages (p<0.05) of oocytes of categories A and B were obtained in those of moderate and high body condition, as category C in low body condition. Body condition did not influence (p>0.05) oocyte nuclear status. No association was found (p=0.073) between body condition and oocytes with intact GV, nor with GVBD (p=0.737). It is concluded that body condition is associated with the quality of oocytes of category A, B and C, but not with the nuclear status of GV and GVBD in Criollo cows from the slaughterhouse.

Keywords: high Andean cattle, evaluation of oocytes, nuclear status.

Resumen

Los bovinos criollos altoandinos tienen importancia económica familiar en los pobladores rurales, contribuye a la seguridad alimentaria. El objetivo de este estudio fue evaluar la cantidad, calidad y estado nuclear de los ovocitos de ovarios según condición corporal de las vacas criollas. Se formó grupos de vacas según condición corporal (1=emaciada, 5=obesa): baja (1,5), moderada (2 a 2,5) y alta (3). Los ovarios (n=212) fueron obtenidos de vacas criollas del matadero. Los ovocitos se recuperaron mediante aspiración folicular clasificando en categorías A, B y C, colocándose una parte con etanol-ácido acético (3:1) por 24 h, luego teñidos con Lacmoid al 2%. Se evaluó el estado nuclear del ovocito, categorizando como vesícula germinal intacta (GV) y vesícula germinal rota (GVBD). El número de ovocitos recuperados por ovario entre condición corporal baja, moderada y alta de vacas fueron similares (p>0,05). Hubo asociación entre condición corporal y calidad de ovocitos de categoría A (rs=0,49; P=0,001), B (rs=0,16; p=0,018); C (rs=-0,16; p=0,016). Se obtuvieron mayor porcentaje (p<0,05) de ovocitos de categoría A y B en las de condición corporal moderada y alta, como categoría C en condición corporal baja. La condición corporal no influyó (p>0,05) sobre el estado nuclear del ovocito. No se encontró asociación (p=0,073) entre condición corporal y ovocitos con GV intacta, ni con GVBD (p=0,737). Se concluye, que la condición corporal se asocia con la calidad de los ovocitos de categoría A, B y C, mas no con el estado nuclear GV y GVBD en vacas criollas del matadero.

Palabras clave: bovinos altoandinos, evaluación de ovocitos, estado nuclear.

Recibido: 11/05/2021

Aceptado: 30/07/2021

Publicado: 15/08/2021

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: usquispe@unamba.edu.pe

Introducción

El bovino Criollo es un recurso genético de la ganadería altoandina, el mismo que, dentro del contexto de los Andes, es importante en el desarrollo sostenible (Escobar-Mamani *et al.*, 2020). Las poblaciones de ganado criollo mantienen altos niveles de variabilidad genética; sin embargo, su erosión genética es evidente (Pereira, 2018). Mantener y preservar la raza bovina Criolla es percibida por la población, como parte de su identidad cultural y protección de la biodiversidad (Eufemia *et al.*, 2019); además, es un recurso esencial para la seguridad alimentaria y la vida tradicional de los pobladores altoandinos que requiere manejo sustentable (Quispe, 2016). De esa forma, las características genéticas del ganado criollo

¹Departamento Académico de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Apurímac, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9010-234X>.

²Departamento Académico de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Apurímac, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9039-2276>.

³Departamento Académico de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Apurímac, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1188-799X>.

Cómo citar: Tinco-Salcedo, J., Quispe-Gutiérrez, U. y Zea-Gonzales, D. (2021). Asociación entre calidad de ovocitos recuperados y condición corporal en vacas criollas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(3), 133–138. DOI: <https://doi.org/10.18271/ria.2021.294>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

pueden tener importantes implicancias para futuros programas de conservación (Yalta-Macedo *et al.*, 2021).

Las estrategias para la conservación de los recursos genéticos de los animales domésticos incluyen el mantenimiento de animales vivos, así como la criopreservación de gametos (*in vitro*) a través de los programas de conservación *ex situ* (Bolaji *et al.*, 2021). Sin embargo, la conservación de la biodiversidad del ganado bovino Criollo es incipiente. En el Perú no existe programa de mejoramiento genético específico sobre dicha ganadería (su implementación requeriría de varios años). Una herramienta disponible para acortar estos tiempos es el uso de producción de embriones *in vitro*. Con esta tecnología, las hembras superiores pueden producir más crías cada año. La técnica comprende la maduración de ovocitos, fecundación de ovocitos maduros y cultivo *in vitro* de embriones (Ealy *et al.*, 2019). Esta tecnología incluye un mayor número de embriones y preñeces por unidad de tiempo en los sistemas ganaderos que conduce al avance del mejoramiento genético bovino (Ferré *et al.*, 2020).

En vacas, la limitación de energía en la dieta por periodos largos disminuye el peso y condición corporal del animal. Esta restricción altera el metabolismo, los eventos endocrinos y la dinámica folicular en los ovarios (López, 2006). La calidad de los ovocitos es determinante para el desarrollo de los embriones, así, los ovocitos son condicionados por insuficiente o excesiva condición corporal del animal (Bezdíček *et al.*, 2020). Entonces, la nutrición materna afecta la calidad de los ovocitos, y, en consecuencia, al desarrollo de los embriones; de esa forma, mantener el equilibrio energético es crucial (Abdelatty *et al.*, 2018). Asimismo, el estado nutricional influye en la cantidad y composición de los lípidos, repercutiendo en la calidad de los ovocitos (de Andrade Melo-Sterza y Poehland, 2021). Por lo tanto, el presente estudio hipotetizó que la calidad de los ovocitos recuperados es afectada por la condición corporal de la vaca Criolla, por lo que habría asociación entre la condición corporal y ovocitos viables para maduración *in vitro*.

Más, a pesar de los trabajos previos sobre recuperación de ovocitos en bovinos, básicamente relacionados al uso de técnicas de recuperación (Rubaei y Abd Ali, 2018; Singh *et al.*, 2018), de determinación de ovocitos aptos para maduración *in vitro* (Quispe *et al.*, 2018), de otros estudios relacionados a la calidad de ovocitos recuperados con la condición corporal (Ruiz *et al.*, 2008; Kouamo *et al.*, 2014) y tamaño folicular (Ruiz *et al.*, 2010), estos estudios todavía no son suficientes en bovinos criollos con fines de uso en producción de embriones *in vitro*. En tal sentido, el objetivo del presente estudio es evaluar la asociación entre calidad de ovocitos según y la condición corporal en vacas criollas.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se realizó en el Laboratorio de Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, ubicado en el distrito y provincia de Abancay del departamento de Apurímac, Perú (S13°38'31" W 72°53'17"), entre abril a junio de 2019.

Animales y condición corporal

Las muestras de ovarios fueron colectadas de vacas criollas faenadas, las que previamente estuvieron clínicamente sanas. Los animales provenían de zonas rurales de los distritos aledaños al matadero de la Municipalidad Provincial de Abancay, Apurímac, Perú. La evaluación de la condición corporal de las vacas criollas se realizó en escala de 1 a 5 (1=emaciada, 5=obesa), previamente descrita por Bezdíček *et al.* (2020) y Mayorga Salazar *et al.* (2020), agregando puntos intermedios (0,5) en dicha escala. Esta evaluación fue realizada por un solo técnico. La condición corporal fue agrupada en tres grupos: condición corporal baja que comprende la puntuación 1,5, condición corporal moderada de 2 a 2,5 y condición corporal alta a 3 puntos.

Obtención y transporte de ovarios

Se obtuvieron ovarios (n=212) de vacas criollas mediante disección del mesovario, inmediatamente después de la apertura de la cavidad abdominal en el matadero. Estos ovarios fueron colocados en un termo con contenido de NaCl al 0,9%, suplementados con penicilina 100 000 UI, mantenidos entre 35 a 37°C y transportados al laboratorio entre 2 a 3 h.

Recuperación y evaluación de ovocitos

Los ovarios fueron transferidos a un vaso precipitado de 500 mL con NaCl mantenidos en baño María a 37°C. Seguidamente, se lavaron los ovarios dos a tres veces con solución salina para retirar restos de sangre. Se realizó la recuperación de ovocitos de folículos de 2 a 8 mm de diámetro, aproximadamente, mediante aspiración folicular con jeringa de 10 mL y aguja de 18 G. El contenido aspirado se colocó en tubos cónicos de 15 mL con fosfato buffer salino (PBS) entre 1 a 2 mL, dejando decantar por 12 min. Luego, el sedimento fue aspirado utilizando pipeta Pasteur hacia una placa Petri de 90 mm, donde se realizó la búsqueda de los ovocitos usando estereomicroscopio a objetivo 2x o 4x. Los ovocitos encontrados fueron trasladados utilizando micropipeta hacia otra placa Petri, donde se colocaron cinco gotas de 50 µL de PBS para lavados sucesivos. En la última gota se realizó la evaluación de los ovocitos. En todo el proceso, las placas Petri fueron mantenidas sobre una platina térmica a 37°C.

La evaluación de los ovocitos se realizó, según características morfológicas, de acuerdo a la descripción por Hawk y Wall (1994), clasificando en tres tipos los ovocitos: Categoría A: calidad buena (cúmulos compactos, con cúmulos completos o varias capas de células cúmulos; citoplasma uniforme, denso, finamente granulado); categoría B: calidad intermedia (cúmulos compactos, unas pocas a varias capas, que cubren la totalidad o al menos la mitad de la zona pelúcida; citoplasma de gránulos de tamaño uniforme, denso, finamente granulado a moderado); categoría C: rechazados (parcialmente expandido o completamente expandido y cúmulos en dispersión, estructura no celular sin células cúmulos; ovocito extraordinariamente pequeño o grande, cúmulos descoloridos, corona radiada sin cúmulos, ovocitos desnudos; citoplasma granular grueso o áreas muy claras y muy oscuras entremezcladas,

Tabla 1. Media (\pm error estándar) de ovocitos recuperados según condición corporal de vacas criollas

Condición corporal	Ovarios		Ovocitos				
	n	Recuperados			Calidad (%)		
		Total	Por ovario	Viabiles por ovario ¹	A	B	C
				Buena	Intermedia	Rechazada	
Baja ($\leq 1,5$)	28	116	4,14 \pm 0,35 ^a	2,14 \pm 0,25 ^a	22,14 \pm 3,19 ^a	24,75 \pm 3,36 ^a	53,11 \pm 4,37 ^a
Moderada (2 a 2,5)	158	771	4,88 \pm 0,21 ^a	3,94 \pm 0,18 ^b	46,36 \pm 1,87 ^b	34,91 \pm 1,68 ^b	18,72 \pm 1,45 ^b
Alta (≥ 3)	26	142	5,46 \pm 0,36 ^a	4,96 \pm 0,34 ^c	59,50 \pm 3,34 ^c	31,74 \pm 2,98 ^c	8,76 \pm 1,91 ^c

Letras con superíndices distintas dentro de la columna expresan diferencias ($p \leq 0,05$)

¹Ovocitos de tipo A y B considerados aptos para maduración *in vitro*

citoplasma descolorido, ovocitos muy distorsionados). Los ovocitos de tipo A y B fueron seleccionados como aptos para maduración *in vitro*.

Evaluación nuclear del ovocito

Los ovocitos seleccionados fueron transferidos a viales de 0,5 mL con contenido de PBS, inmediatamente fueron pipeteados en repetidas veces con la finalidad de retirar las capas de cúmulos del ovocito para luego ser lavados en gotas sucesivas de 50 μ L de PBS. Enseguida, dentro de los 30 min, después de la aspiración desde los folículos, los ovocitos fueron colocados en viales de 0,5 mL con contenido de solución fijadora de ácido acético: etanol (1:3, v/v) durante 24 h. Posteriormente, 5 a 10 ovocitos se colocaron sobre la lámina portaobjeto, cubiertos con laminilla cubreobjeto, generando espacio entre ellas colocando pegamento de barra de papelería (Contiene polímero acrílico, estearato de sodio, peróxido de hidrógeno, hidróxido de sodio y agua) en las esquinas de la laminilla, dejando secar aproximadamente 1 min. Por uno de los lados se colocó 10 a 20 μ L de Lacmoid al 2% que, por capilaridad, alcanzó a teñir los ovocitos. Luego de 10 a 20 min aproximadamente de la tinción, se evaluó los ovocitos utilizando microscopio a objetivo 100x. Las evaluaciones de los ovocitos fueron clasificados según las características del estado del núcleo, como vesícula germinal (cuando los cromosomas permanecen descondensados) o vesícula germinal rota (cuando los cromosomas comienzan a condensarse y aparecen las fibras del huso meiótico).

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el software InfoStat 2018 versión libre. Se utilizó la prueba no paramétrica Kolmogorov, confirmando que los datos no siguen una distribución normal. Para evaluar el grado de asociación entre las variables condición corporal, tipo de ovocitos, vesícula germinal intacta y vesícula germinal rota, se utilizó la correlación no paramétrica de Spearman. Luego se realizó el análisis entre las tres condiciones corporales con la prueba de Friedman. Se consideró que hubo significancia cuando $p > 0,05$.

Resultados

Ovocitos recuperados según condición corporal

Los resultados de los ovocitos recuperados de las vacas criollas de acuerdo a la condición corporal se muestran en la Tabla 1. El número de los ovocitos recuperados por ovario entre vacas criollas de condición corporal baja, moderada y alta fueron similares ($p > 0,05$). Se encontró mayor número de ovocitos viables por ovario aptos para maduración *in vitro* en vacas de condición corporal alta seguida de moderada y baja ($p > 0,05$). Se encontró mayor ($p > 0,05$) cantidad de ovocitos tipo A en vacas de condición corporal alta seguida de moderada y baja. La cantidad de ovocitos aspirados de tipo B fue diferente ($p > 0,05$) entre vacas de condición corporal baja, moderada y alta. Mientras los ovocitos de tipo C se obtuvieron en mayor ($p > 0,05$) cantidad en vacas de condición corporal baja.

Estado nuclear de ovocitos según condición corporal

Los resultados del estado nuclear de ovocitos según condición corporal de las vacas criollas se muestran en la Tabla 2. Los porcentajes de vesícula germinal intacta fueron similares ($p > 0,05$) en ovocitos recuperados de vacas criollas con condición corporal baja, moderada y alta, así como el porcentaje de vesícula germinal rota del ovocito que no fue afectado ($p > 0,05$) por la condición corporal de vacas criollas. Dentro de los 30 min después de la aspiración folicular de ovarios de las vacas criollas, se encontró en el núcleo de los ovocitos en promedio $96,57 \pm 0,82\%$ de vesícula germinal intacta.

Asociación entre condición corporal, calidad y estado nuclear de ovocitos

Los resultados de correlación entre condición corporal, calidad y estado nuclear de ovocitos se muestran en la Tabla 3. Se encontró correlación significativa ($p > 0,05$) entre condición corporal y calidad de ovocitos. Hubo correlación positiva moderada entre condición corporal y calidad de ovocitos tipo A; correlación positiva muy baja entre condición corporal y ovocitos tipo B; correlación negativa muy baja entre condición corporal y ovocitos tipo C. No se encontró asociación ($p > 0,05$) entre

Tabla 2. Media (\pm error estándar) del estado nuclear de ovocitos según condición corporal de vacas criollas (Réplicas 5; $p>0,05$)

Condición corporal	Ovocito	Estado nuclear (%)	
		n	GV
Baja ($\leq 1,5$)	45	98,57 \pm 1,43	1,43 \pm 1,43
Moderada (2 a 2,5)	288	96,09 \pm 1,02	3,91 \pm 1,02
Alta (≥ 3)	40	97,36 \pm 1,82	2,64 \pm 1,82
Total	373	96,57 \pm 0,82	3,43 \pm 0,82

GV=Vesícula germinal intacta, GVBD=Vesícula germinal rota

Tabla 3. Asociación entre condición corporal, calidad y estado nuclear de ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas

Ovocito	n	Coefficiente de Spearman	p - Valor
Calidad			
Tipo A	212	0,49	0,001
Tipo B	212	0,16	0,018
Tipo C	212	-0,16	0,016
Estado nuclear			
GV	106	0,17	0,079
GVBD	106	0,03	0,737

GV=Vesícula Germinal intacta, GVBD=Vesícula germinal rota

condición corporal y ovocitos con vesícula germinal intacta ni con vesícula germinal rota.

Discusión

Se hipotetizó que la calidad de los ovocitos recuperados es afectada por la condición corporal de la vaca Criolla, por lo que habría asociación entre la condición corporal y ovocitos viables para maduración *in vitro*. En el presente estudio, en los tres grupos de condición corporal de vacas criollas no se encontró diferencia significativa de ovocitos recuperados por ovario. Sin embargo, Kouamo *et al.* (2014) reportaron cantidades similares de ovocitos por ovario en vacas de condición corporal flaca y gorda, y mayor cantidad de ovocitos recuperados en vacas de condición corporal regular. Estos animales posiblemente hayan tenido mayor número de folículos con facilidad para recuperar los ovocitos debido al mejor balance energético repercutido en niveles adecuados de gonadotropinas para el crecimiento folicular.

La cantidad de ovocitos aspirados aptos para maduración *in vitro*, considerados como viables, y encontrados en el presente estudio, fue mayor en vacas de condición corporal alta y menor en condición corporal baja. Contrastado, Kouamo *et al.* (2014) encuentran mayor cantidad de ovocitos viables en vacas de condición corporal regular en una clasificación de condición corporal de 1 a 5, siendo alta las de 4 a 5. Las diferencias podrían atribuirse al tipo de clasificación de la condición corporal, ya que el presente estudio consideró la escala de 1 a 5 con valores intermedios agrupando en tres grupos, siendo la condición corporal 3 alta; por tanto, en la condición corporal 3 se obtendrían mayores números de ovocitos viables por ovario. Por otro lado, el bajo rendimiento de ovocitos de vacas con condición corporal menor puede

estar relacionado con el nivel de energía en la dieta. Las vacas de condición corporal 2 tienen menos folículos en desarrollo durante la fase lútea del ciclo estral y tienden a producir menos durante la fase folicular que las vacas con condición corporal 3 (Dorice *et al.*, 2019). Bajos niveles de energía podrían disminuir los niveles de FSH, por lo tanto, habría menor reclutamiento de folículos al momento de la emergencia de la onda lo que conllevaría a menor cantidad de folículos para el momento de la colecta. Además, las diferencias podrían ser atribuidas a otros factores como genética racial, nutrición y alimentación.

En el presente estudio, la condición corporal tuvo efecto sobre la calidad de los ovocitos. Se obtuvo mayor número de ovocitos tipo A en vacas de condición corporal alta, así como ovocitos tipo B en vacas de condición corporal moderada. Estos resultados son respaldados por Ruiz *et al.* (2008), quienes mencionan que las vacas alimentadas con alto nivel energético presentaron mayor número de ovocitos tipo A. La condición corporal afecta la calidad de ovocitos, encontrándose efecto entre condición corporal al parto y ovocitos tipo C (Ruiz *et al.*, 2010). Vacas con extremas condiciones corporales presentan ovocitos de pobre calidad, por tanto, se obtiene mayor tasa de ovocitos de buena calidad de animales de condición corporal 2 y 3 (Bezďicek *et al.*, 2020). Es evidente que el nivel de alimentación afecta la calidad de los ovocitos, en particular las del tipo energético, afectando los mecanismos de la actividad reproductiva (Ruiz *et al.*, 2008; de Andrade Melo-Sterza y Poehland, 2021). Los procesos metabólicos energéticos de los ovocitos influyen en el crecimiento y maduración de los mismos, por ende, afecta la calidad de estos, principalmente los ácidos grasos tienen una participación esencial (D'occhio *et al.*, 2018; de Andrade Melo-Sterza y Poehland, 2021). En los folículos se realizan los procesos metabólicos de producción de estradiol y progesterona, y en la hipófisis las gonadotropinas. La calidad del ovocito va a estar dependiente del juego hormonal de estas hormonas. Por tanto, una vaca de baja condición puede tener niveles energéticos no deseados que afectarían el eje hormonal y por ende al folículo – ovocito.

El estado nuclear de los ovocitos no fue afectado por la condición corporal de las vacas criollas, observándose mayor porcentaje de vesícula germinal intacta que vesícula germinal rota. Esta evaluación fue realizada dentro de los 30 min luego de la aspiración folicular. Estos resultados son respaldados por estudios realizados en ovocitos de ratones, donde el ooplasma y la membrana nuclear inician a descomponerse recién alrededor de 29 min después de la aspiración de ovocitos del folículo ovárico (Otsuki y Nagai, 2007); sin embargo, en otros mamíferos tarda aún mayor tiempo, alrededor del 10% de la reanudación de meiosis como vesícula germinal rota ocurre entre 90 a 115 min, posiblemente por tener insuficientes moléculas necesarias en el ciclo celular (Eppig *et al.*, 1996); en este proceso varias moléculas están involucradas en secuencias complejas que conllevan a la maduración nuclear que es la progresión del ovocito desde la etapa de núcleo intacto (vesícula germinal) en detención de la profase I a la metafase II (Tukur *et al.*, 2020).

Está evidenciado que los ovocitos inmaduros se detienen en el primer proceso meiótico, cuya reanudación inicia con la eliminación del contacto entre ovocito y

su envoltura folicular, donde participan moléculas involucradas ya identificadas (Khajeh *et al.*, 2017; Roelen, 2019). Este proceso requiere un determinado tiempo de lo contrario morfológicamente la vesícula germinal aún permanece intacta (Tukur *et al.*, 2020). El sistema de comunicación celular a través de varios factores modula la detención y el reinicio de la meiosis de los ovocitos (Pioltine *et al.*, 2020; Idrees *et al.*, 2021). Posiblemente el tiempo para que se reanude la meiosis no fue suficiente para la descomposición de la membrana de la vesícula, en consecuencia, se encontró mínima cantidad de vesícula germinal rota. Por otro lado, los ovocitos en etapa nuclear de vesícula germinal mantienen el material genético confinado dentro del núcleo, siendo menos propensas al daño cromosómico y microtubular durante la criopreservación, que muy bien podrían utilizarse en la conservación de los recursos genéticos de los animales domésticos en programas de conservación *ex situ* (Bolaji *et al.*, 2021), como mantener y preservar la genética bovina Criolla, conservando la diversidad biológica, visto por los pobladores como parte de su identidad cultural (Eufemia *et al.*, 2019).

En el presente estudio, hubo asociación entre condición corporal y tipo de ovocito; a mayor condición corporal hubo mayor número de ovocitos tipo A y B. También hubo asociación negativa, vacas de condición corporal baja (1,5) presentaron mayor número de ovocitos tipo C. Estos resultados son respaldados por Ruiz *et al.* (2010) quienes encontraron una asociación negativa entre ovocitos tipo C y condición corporal de vacas mestizas al parto. También Ruiz *et al.* (2008) reportan relación entre ovocitos tipo A y vacas alimentadas con alto nivel energético. La calidad de los ovocitos, producto de la ovogénesis y foliculogénesis, es afectada en cadena por los procesos metabólicos que dependen principalmente de los niveles de nutrientes consumidos por el animal (López, 2006).

La condición corporal con efecto del desequilibrio de nutrientes se asocia con el crecimiento de los folículos ováricos que pueden afectar la competencia de los ovocitos; parte de esta alteración parece ser el resultado de cambios moleculares que modifican el microambiente del ovocito en crecimiento y maduración (Bezďicek *et al.*, 2020; Tukur *et al.*, 2020). En general, la condición corporal depende de la nutrición y alimentación, las que tienen impacto sobre la competencia de los ovocitos, fertilidad y eficiencia reproductiva, es por dichas razones, las vacas con buena condición corporal tienen un buen rendimiento reproductivo (López-Gatius *et al.*, 2003). Aún se necesitan conocimientos básicos para seguir avanzando en la optimización de la producción de embriones *in vitro* (de Andrade Melo-Sterza y Poehland, 2021); sin embargo, está evidenciado que varios procesos en cadena estarían involucrados en el desarrollo del ovocito, en consecuencia, en la calidad de los ovocitos, dichos procesos principalmente serían afectados por los nutrientes y la condición corporal de las vacas, por tanto, hay necesidad de realizar mayores estudios.

Conclusiones

La condición corporal afectó el número de ovocitos viables aptos para maduración *in vitro* y la calidad de los ovocitos recuperados, asociándose moderadamente los

ovocitos tipo A con la condición corporal de las vacas. El estado nuclear de vesícula germinal intacta o rota de los ovocitos recuperados no fue influido por la condición corporal de las vacas criollas. Así, en un programa de fertilización *in vitro* es recomendable usar ovocitos que provengan de vacas de buena condición corporal, la misma que depende de la nutrición, alimentación, uso de pasturas, agua y suelo. Este programa, podría utilizarse en la conservación de bovinos criollos en los Andes para mantener la biodiversidad con manejo sustentable. Además, principalmente en los pobladores rurales, continuaría apoyando la seguridad alimentaria, economía familiar y fuerza de trabajo, constituyéndose la crianza bovina como parte de su identidad cultural andina que data de siglos.

Referencias

- Abdelatty, A. M., Iwaniuk, M. E., Potts, S. B. y Gad, A. (2018). Influence of maternal nutrition and heat stress on bovine oocyte and embryo development. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 6(Supl. 1), S1–S5. <https://doi.org/10.1016/j.ijvsm.2018.01.005>.
- Bezďicek, J., Nesvadbová, A., Makarevich, A. y Kubovičová, E. (2020). Relationship between the animal body condition and reproduction: The biotechnological aspects. *Archives Animal Breeding*, 63(1), 203–209. <https://doi.org/10.5194/aab-63-203-2020>.
- Bolaji, U. F. O., Ajasa, A. A., Ahmed, R. O., Bello, S. F. y Ositanwosu, O. E. (2021). Cattle Conservation in the 21st Century: A Mini Review. *Open Journal of Animal Sciences*, 11(02), 304–332. <https://doi.org/10.4236/ojas.2021.112023>.
- D’Occhio, M. J. D., Baruselli, P. S. y Campanile, G. (2018). Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology*, 125, 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>.
- de Andrade Melo-Sterza, F. y Poehland, R. (2021). Lipid metabolism in bovine oocytes and early embryos under *in vivo*, *in vitro*, and stress conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 3421. <https://doi.org/10.3390/ijms22073421>.
- Dorice, A. K., Ferdinand, N., Justin, K., Augustave, K. y Linda, K. K. (2019). Effects of Breed, Age, Body Condition Score, and Nutritional Status on Follicular Population, Oocyte Yield, and Quality in Three Cameroonian Zebu Cattle *Bos indicus*. *Advances in Agriculture*, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/2979740>.
- Ealy, A. D., Wooldridge, L. K. y McCoski, S. R. (2019). Board invited review: Post-transfer consequences of *in vitro*-produced embryos in cattle. *Journal of Animal Science*, 97(6), 2555–2568. <https://doi.org/10.1093/jas/skz116>.
- Escobar-Mamani, F., Branca, D. y Haller, A. (2020). Investigación de montaña sobre y para la región andina. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(4), 311–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.191>.
- Eppig, J. J., O’Brien, M. y Wigglesworth, K. (1996). Mammalian oocyte growth and development *in vitro*. *Molecular Reproduction and Development*, 44(2), 260–273. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2795\(199606\)44:2<260::AID-MRD17>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2795(199606)44:2<260::AID-MRD17>3.0.CO;2-6).

- Eufemia, L., Morales, H., Bonatti, M., Graser, M., Lana, M. y Sieber, S. (2019). Collective perception of anthropic and extractive interventions in the Colombian Llanos. *Social Sciences*, 8(9), 259. <https://doi.org/10.3390/socsci8090259>.
- Ferré, L. B., Kjelland, M. E., Strøbech, L. B., Hyttel, P., Mermillod, P. y Ross, P. J. (2020). Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods. *Animal*, 14(5), 991–1004. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002775>.
- Hawk, H. W. y Wall, R. J. (1994). Improved yields of bovine blastocysts from in vitro produced oocytes. I. selection of oocyte and zygotes. *Theriogenology*, 41(8), 1571–1583.
- Idrees, M., Kumar, V., Joo, M. D., Ali, N., Lee, K. W. y Kong, I. K. (2021). SHP2 Nuclear/Cytoplasmic Trafficking in Granulosa Cells Is Essential for Oocyte Meiotic Resumption and Maturation. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.611503>.
- Khajeh, M., Rahbarghazi, R. y Nouri, M. (2017). Potential role of polyunsaturated fatty acids, with particular regard to the signaling pathways of arachidonic acid and its derivatives in the process of maturation of the oocytes: Contemporary review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 94, 458–467. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.07.140>.
- Kouamo, J., Dawaye, S. M., Zoli, A. P. y Bah, G. S. (2014). Evaluation of bovine (*Bos indicus*) ovarian potential for in vitro embryo production in the Adamawa plateau (Cameroon). *Open Veterinary Journal*, 4(2), 128–136.
- López-Gatius, F., Yániz, J. y Madriles-Helm, D. (2003). Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology*, 59(3–4), 801–812. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01156-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01156-1).
- López, F. J. (2006). Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4(1), 77–86. <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol4/9.pdf>.
- Mayorga Salazar, D. S., Yáñez-Ortiz, I. P. y Díaz Bolaños, R. F. (2020). Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo con diferentes inductores de la ovulación en vacas criollas. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(3), 63–70.
- Otsuki, J. y Nagai, Y. (2007). Article A phase of chromosome aggregation during meiosis in human oocytes. *Reproductive BioMedicine Online*, 15(2), 191–197. [https://doi.org/10.1016/S1472-6483\(10\)60708-0](https://doi.org/10.1016/S1472-6483(10)60708-0).
- Pereira, J. A. C. (2018). Conservación de ganado bovino criollo en Santa Cruz, Bolivia. *Latin American Archives of Animal Production*, 26(1–2), 7–13. https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2624.
- Pioltine, E. M., Machado, M. F., da Silveira, J. C., Fontes, P. K., Botigelli, R. C., Quaglio, A. E. V., Costa, C. B. y Nogueira, M. F. G. (2020). Can extracellular vesicles from bovine ovarian follicular fluid modulate the in-vitro oocyte meiosis progression similarly to the CNP-NPR2 system? *Theriogenology*, 157, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.06.031>.
- Quispe, C., Ancco, E., Solano, J., Unchupaico, I. y Mellisho, E. (2018). Embryonic development capacity of bovine oocytes aspirated by ovum pick-up and from slaughterhouse ovaries. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(4), 1114–1121. <https://doi.org/10.15381/rivep.v29i4.14418>.
- Quispe Coaquira, J. E. (2016). El bovino criollo del altiplano peruano: Origen, producción y perspectivas. *Revista de Investigación Altoandina*, 18(3), 257–270.
- Roelen, B. A. J. (2019). Bovine oocyte maturation: Acquisition of developmental competence. *Reproduction, Fertility and Development*, 32(2), 98–103. <https://doi.org/10.1071/RD19255>.
- Rubaei, H. M. A. y Abd Ali, H. M. (2018). Efficacy of Different Oocytes Harvesting Methods on Retrieval and Quality of Oocyte from Ovaries of Local Cows. *Journal of University of Babylon for Pure and Applied Sciences*, 26(10), 242–248. <https://doi.org/10.29196/jubpas.v26i10.1878>.
- Ruiz, A. Z., Domínguez, C., Martínez, N., Pinto-Santini, L., Drescher, K., Pérez M, R., Rojas, J. A. y Araneda, R. (2010). Efecto de la condición corporal y nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, involución uterina y expresión del IGF-I en vacas mestizas durante el posparto. *Interciencia*, 35(10), 752–758.
- Ruiz, A. Z., Rossini, M., Araneda, R., Pinto, L., Drescher, K., Pérez, R., Dominguez, C. y Jerez, N. (2008). Efecto del nivel de alimentación sobre la actividad ovárica, expresión de transportadores de glucosa y tolerancia a la insulina en vacas mestizas durante el posparto. *Zootecnia Tropical*, 26(2), 94–104.
- Singh, W., Sonowal, J., Das, A., Barua, P., Gogi, C., Mahanta, D., Deuri, N. y Sathapathy, S. (2018). Recovery of bovine oocytes in respect of quality and quantity by using different techniques. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 250–253.
- Tukur, H. A., Aljumaah, R. S., Swelum, A. A.-A., Alowaimier, A. N. y Saadeldin, I. M. (2020). The Making of a Competent Oocyte – A Review of Oocyte Development and Its Regulation. *Journal of Animal Reproduction and Biotechnology*, 35(1), 2–11. <https://doi.org/10.12750/jarb.35.1.2>.
- Yalta-Macedo, C. E., Veli, E. A., Díaz, G. R. y Vallejo-Trujillo, A. (2021). Paternal ancestry of Peruvian creole cattle inferred from Y-chromosome analysis. *Livestock Science*, 244, 104376. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104376>.