

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS

Cantidad, calidad y estado nuclear de ovocitos aspirados según condición corporal de vacas criollas faenadas en el Matadero Municipal de Abancay

Presentada por:

Judith Tingo Salcedo

Para optar el título profesional de:
Médico Veterinario y Zootecnista

Abancay, Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA




TESIS


Cantidad, calidad y estado nuclear de ovocitos aspirados según condición corporal de vacas criollas faenadas en el Matadero Municipal de Abancay


Presentada por **Judith Tinco Salcedo**, para optar el Título Profesional de:
Médico Veterinario y Zootecnista


Sustentada y aprobada el 18 de diciembre de 2019 ante el Jurado Evaluador:

Presidente: 
MSc. Ludwing Angel Cárdenas Villanueva

Primer Miembro: 
MVZ. Juan Roberto Soncco Quispe

Segundo Miembro: 
MSc. Julio Iyan Cruz Colque

Asesores: 
Dr. Ulises Sandro Quispe Gutiérrez


MSc. Delmer Zea Gonzales

Agradecimiento

Agradecer A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA), por darme la oportunidad de formar parte de ella.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAMBA por mostrarme los conocimientos y formación académica.

Al Dr. Ulises Sandro Quispe Gutiérrez Asesor de esta tesis por su apoyo, comprensión y tiempo brindado en el desarrollo del presente estudio.

Agradecimiento al MSc. Delmer Zea Gonzales Coasesor de esta tesis por el asesoramiento por sus consejos, exigencias y sus críticas.

A los miembros del Jurado Evaluador de esta tesis MSc. Ludwing Ángel Cárdenas Villanueva, MVZ. Juan Roberto Soncco Quispe y MSc. Julio Iván Cruz Colque por su aporte en la revisión y participación activa en el desarrollo de la investigación.

Mi más profundo agradecimiento a mis compañeros de la universidad en especial a mis amigos/as de la facultad, por apoyarme y compartir ese espacio de aprendizaje.



Dedicatoria

A Dios por iluminarme en mi camino y permitir alcanzar mi sueño de abrazar mi carrera profesional.

A mis padres Gloria y Juan E., con mucho cariño. Por su amor incondicional y ser mi mayor fortaleza.

A mis hermanos Yovana, Jhon R, Julia E. y Magdalena por su cariño y apoyo.



Cantidad, calidad y estado nuclear de ovocitos aspirados según condición corporal de vacas criollas faenadas en el Matadero Municipal de Abancay

Línea de investigación Ciencias Veterinarias

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema general.....	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación.....	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación.....	7
2.2.1 Objetivo general	7
2.2.2 Objetivos específicos.....	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.3 Hipótesis general	7
2.2.4 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes	9
3.2 Marco teórico.....	12
3.2.1 Importancia del bovino Criollo peruano	12
3.2.2 Fisiología reproductiva de la hembra bovina	12
3.2.3 Regulación endocrina de los ciclos estruales	12
3.2.4 Crecimiento folicular y la ovulación.....	13
3.2.5 Ovarios	13
3.2.6 Método de obtención de ovocitos.....	13
3.2.6.1 Aspiración folicular	13
3.2.6.2 Slicing.....	14
3.2.6.3 Aspiración transvaginal ecoguiada (OPU)	14
3.2.7 Ovogénesis	14



3.2.8	Foliculogénesis.....	15
3.2.9	Condición corporal y dinámica folicular.....	15
3.2.10	Factores que afectan la calidad de los ovocitos.....	16
3.2.10.1	Edad del animal	16
3.2.10.2	Nutrición.....	16
3.2.11	Métodos de recuperación de ovocitos	17
3.2.12	Tamaño de los ovarios.....	17
3.2.13	Evaluación de los ovocitos.....	17
3.2.14	Maduración de ovocitos	18
3.2.14.1	Maduración nuclear y citoplasmática del ovocito	19
3.2.14.2	Bloqueo meiótico y reinicio de la meiosis.....	20
3.2.15	Estado nuclear del ovocito	21
3.2.16	Evaluación del desarrollo nuclear de ovocitos	22
3.2.17	Condición corporal.....	23
3.2.17.1	Concepto de condición corporal.....	23
3.2.17.2	Escalas de evaluación de la condición corporal	23
3.2.18	Relación entre nutrición, actividad ovárica y fertilidad en bovinos.....	28
3.3	Marco conceptual.....	29
CAPÍTULO IV.....		31
METODOLOGÍA.....		31
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	31
4.2	Diseño de la investigación	31
4.3	Población y muestra.....	31
4.3.1	Población.....	31
4.3.2	Muestra.....	31
4.4	Técnicas e instrumentos / procedimiento de la investigación.....	32
4.4.1	Localización	32
4.4.2	Evaluación de la condición corporal de la vaca	32
4.4.3	Obtención y transporte de ovarios.....	34
4.4.4	Recuperación y evaluación de ovocitos	34
4.4.5	Evaluación nuclear del ovocito	35
4.5	Análisis estadístico.....	35
CAPÍTULO V.....		38
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		38

5.1	Análisis de resultados	38
5.1.1	Cantidad de ovocitos según condición corporal.....	38
5.1.2	Calidad de ovocitos según condición corporal.....	38
5.1.3	Estado nuclear de ovocitos según condición corporal	40
5.2	Discusión.....	41
5.2.1	Cantidad de ovocitos según condición corporal.....	41
5.2.2	Calidad de ovocitos según condición corporal.....	42
5.2.3	Estado nuclear de ovocitos según condición corporal	44
CAPÍTULO VI.....		47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		47
6.1	Conclusiones	47
6.2	Recomendaciones	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		48
ANEXOS.....		54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	8
Tabla 2. Clasificación de ovocitos según características morfológicas.....	18
Tabla 3. Clasificación del estado nuclear del ovocito.	22
Tabla 4. Puntaje de condición corporal basado en descriptores de componentes principales de regiones corporales de bovinos lecheros.	26
Tabla 5. Descripción de puntuación de condición corporal de vacas lecheras en sistemas de escala de 5 puntos.	27
Tabla 6. Correlación de escalas equivalentes de condición corporal en bovinos.	28
Tabla 7. Condición corporal de vacas criollas consideradas para este estudio.	33
Tabla 8. Promedio (\pm error estándar) de ovocitos recuperados por ovario según condición corporal de vacas criollas faenadas en matadero.....	38
Tabla 9. Correlación de Spearman entre variables condición corporal y calidad de ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas.....	39
Tabla 10. Porcentaje de calidad de ovocitos según condición corporal de vacas criollas del matadero.	39
Tabla 11. Correlación de Spearman entre variables de condición corporal y estado nuclear de ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas.	40
Tabla 12. Porcentaje del estado nuclear de ovocitos de acuerdo a condición corporal de vacas criollas del matadero ($P > 0.05$).....	40
Tabla 13. Base de datos de ovocitos aspirados y evaluados de ovarios de vacas criollas del matadero según condición corporal.....	55
Tabla 14. Base de datos de ovocitos según estado nuclear: Vesícula germinal intacta y rota de vacas criollas del matadero según condición corporal.....	57
Tabla 15. Prueba de Kolmogorov para normalidad de datos.	60
Tabla 16. Prueba de Kruskal Wallis para ovocitos recuperados por ovario según condición corporal.....	60
Tabla 17. Prueba de Kruskal Wallis para ovocitos viables recuperados por ovario según condición corporal.	60

Tabla 18. Coeficientes de correlación de Spearman entre condición corporal y tipos de ovocitos.....	61
Tabla 19. Prueba de Kruskal Wallis para calidad de ovocitos A, B y C según condición corporal.....	61
Tabla 20. Medidas estadísticas de resumen de condición corporal y tipos de ovocitos.	62
Tabla 21. Coeficientes de correlación de Spearman entre condición corporal y estado de vesícula germinal intacta o rota.	62
Tabla 22. Prueba de Kruskal Wallis para vesícula germinal intacta, vesícula germinal rota según condición corporal.....	63



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema estructural del folículo antral	16
Figura 2. Representación esquemática del proceso de maduración meiótica de ovocitos de mamíferos. VG: Vesícula germinal; GVBD: Vesícula germinal rota	21
Figura 3. Puntuación de condición corporal para vacas Holstein.....	24
Figura 4. Evaluación de la condición corporal.....	64
Figura 5. Condición corporal 1.....	64
Figura 6. Condición corporal 1.5.....	65
Figura 7. Condición corporal 2.....	65
Figura 8. Condición corporal 2.5.....	65
Figura 9. Condición corporal 3.....	66
Figura 10. Recuperación de ovocitos mediante el método de aspiración folicular.....	66
Figura 11. Fijación de ovocitos desnudos.....	67
Figura 12. Calidad de ovocitos.....	67
Figura 13. Ovocitos teñidos con Lacmoid post fijación con etanol/ácido acético.....	68
Figura 14. Ovocitos con vesícula germinal intacta.....	68
Figura 15. Ovocitos con vesícula germinal rota.....	69

INTRODUCCIÓN

Los bovinos criollos tienen importancia económica familiar y aportan en la seguridad alimentaria básicamente de los pobladores rurales del Perú. Sin embargo, su baja productividad, cruza mal planificada con razas exóticas, están ocasionando su erosión genética (1). La conservación de la biodiversidad del ganado bovino Criollo es incipiente, en ganado criollo no existen programas de mejoramiento en el Perú, proceso que requiere muchos años; una herramienta disponible para acortar estos tiempos es el uso de producción de embriones *in vitro*, que comprende la maduración de ovocitos, fecundación de ovocitos maduros y cultivo *in vitro* de embriones (2).

La mala calidad de ovocitos afecta la fecundación, sea *in vitro* o *in vivo*, esta es dependiente del factor nutricional. Cuando se limita por largo tiempo la energía en la dieta, disminuye el peso y condición corporal, en consecuencia, la ciclicidad estral es afectada por efecto de la reducción de síntesis de LH, factor liberador de insulina tipo I y de glucosa, por otro lado, aumenta los niveles plasmáticos de la hormona de crecimiento y ácidos grasos no esterificados (3). En vacas, la disminución o aumento de peso se manifestará en la alteración de la condición corporal (4). Las consecuencias del desbalance energético y su efecto de disminución de condición corporal, modifica notablemente el metabolismo, función endocrina, desarrollo folicular, con repercusiones en la actividad ovárica (3).

Las vacas criollas dentro de su variabilidad genética, pese a su limitada disponibilidad alimentaria, tienen buena respuesta reproductiva, se puede utilizar para programas de mejoramiento genético y conservación de la biodiversidad de ganado Criollo, a través de producción de embriones *in vitro*. Para hacer uso de esta tecnología, se requiere realizar estudios básicos de las primeras etapas de esta biotecnología, como es la obtención de ovocitos, evaluación del estado nuclear y otras asociando con la condición corporal. Por estas consideraciones, se planteó el presente estudio con el objetivo de evaluar la calidad y el estado nuclear de ovocitos aspirados, según, condición corporal en vacas criollas faenadas en matadero.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la cantidad, calidad y el estado nuclear de ovocitos aspirados de ovarios de acuerdo a condición corporal en vacas criollas faenadas en el matadero. La condición corporal (CC) de las vacas se consideró en escala 1 a 5 (1 = emaciada, 5 = obesa) con valores intermedios de 0.5, formándose grupos: CC baja (≤ 1.5), CC moderada (2 a 2.5), CC alta (≥ 3). Se obtuvieron 212 ovarios de vacas criollas del Matadero Municipal de Abancay, se transportaron con NaCl 0.9% al Laboratorio, luego los ovocitos se recuperaron mediante aspiración folicular. Los ovocitos se clasificaron en tipos A, B y C; se consideró ovocitos viables (aptos para maduración *in vitro*) a los A y B, los que fueron seleccionados para evaluar el estado nuclear, vesícula germinal intacta (GV) y vesícula germinal rota (GVBD); estos ovocitos, a 30 min post recuperados, fueron colocados con etanol - ácido acético (3:1) por 24 h, luego fueron teñidos con Lacmoid al 2%. El análisis estadístico, para medir el grado de asociación entre variables se utilizó la correlación no paramétrica de Spearman, luego, el análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis. El número de ovocitos recuperados por ovario entre condición corporal baja, moderada y alta de las vacas fueron similares ($P > 0.05$). Se encontró mayor promedio de ovocitos viables de categoría A y B por ovario para la condición corporal alta seguida de moderada y baja ($P \leq 0.05$). Se encontraron asociación positiva moderada ($P = 0.001$) entre CC y calidad de ovocitos tipo A; asociación positiva muy baja ($P = 0.018$) entre CC y ovocitos tipo B; asociación negativa muy baja ($P = 0.016$) entre CC y ovocitos tipo C. Se obtuvo mayor ($P \leq 0.05$) cantidad de ovocitos tipo A y B con la CC moderada y alta; se encontró mayor ($P \leq 0.05$) cantidad de ovocitos tipo C en vacas de CC baja. No se encontró asociación ($P = 0.073$) entre CC y ovocitos con GV intacta tampoco ($P = 0.737$) ovocitos con GVBD. La CC no influyó ($P > 0.05$) sobre el estado nuclear del ovocito GV y GVBD. Se concluye, que la CC se asocia y afecta sobre la calidad de ovocitos de tipo A, B y C, mientras el estado nuclear GV y VGBD no es influido por la CC de las vacas criollas del matadero.

Palabras Clave: Oocito, categoría, nuclear, bovino.

ABSTRACT

With the objective of evaluate the quantity, quality and nuclear status of aspirated oocytes of ovaries according to body condition in Creole cows slaughtered in the slaughterhouse. The body condition (CC) of the cows was considered in scale 1 to 5 (1 = emaciated, 5 = obese) with intermediate values of 0.5, was formed groups: low CC (≤ 1.5), moderate CC (2 to 2.5), CC high (≥ 3). Were obtained 212 ovaries of Creole cows from the Municipal Slaughterhouse of Abancay, they were transported with 0.9% NaCl to the Laboratory, then the oocytes were recovered by aspiration. The oocytes were classified into types A, B and C; A and B were considered viable oocytes (suitable for *in vitro maturation*), which were selected to assess nuclear status, germinal vesicle (GV) and vesicle break down (GVBD); these oocytes, 30 min post recovered, were placed with ethanol - acetic acid (3: 1) for 24 h, then they were stained with 2% Lacmoid. Statistical analysis, to measure the degree of association between variables, Spearman's non-parametric correlation was used, then the Kruskal-Wallis non-parametric variance analysis. The number of oocytes recovered per ovary between low, moderate and high body condition of the cows were similar ($P > 0.05$). A higher average of viable oocytes of category A and B per ovary was found for high body condition followed by moderate and low ($P \leq 0.05$). Was found a moderate positive association ($P = 0.001$) between CC and quality of type A oocytes; very low positive association ($P = 0.018$) between CC and type B oocytes; very low negative association ($P = 0.016$) between CC and type C oocytes. It was obtained higher ($P \leq 0.05$) of type A and B oocytes is obtained with moderate and high CC; He was found higher ($P \leq 0.05$) of type C oocytes in cows of low CC. Association was not found ($P = 0.073$) between CC and oocytes with intact GV either ($P = 0.737$) oocytes with GVBD. The CC did not influence ($P > 0.05$) on the nuclear state of the GV and GVBD oocyte. In conclusion, the CC is associated and affects the quality of oocytes of type A, B and C, while the nuclear state GV and VGBD is not influenced by the CC of the Creole cows of the slaughterhouse.

Keywords: Oocyte, category, nuclear, bovine.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Los bovinos criollos, bajo la diversidad de condiciones ambientales de crianza, caracterizado por su rusticidad, sobriedad, multipropósito, facilidad de parto y alta capacidad maternal, son los que predominan; sin embargo, su baja productividad de este animal está ocasionando la erosión genética, fundamentalmente por cruza mal planificadas con razas exóticas (5); se suma a este escenario la inexistencia de programas de conservación de biodiversidad genética del bovino Criollo. Una herramienta disponible para acortar tiempos para obtener prole de generaciones bovinas, es la producción de embriones *in vitro*; sin embargo, esta aún no está siendo utilizada en ganado Criollo. En general, esta biotecnología todavía poco eficiente con gestaciones bovinas entre 30 a 40% (6). Por otro lado, las vacas criollas presentan baja eficiencia reproductiva, siendo la edad al primer parto 35.7 meses (5).

Varios factores afectan la producción de embriones *in vitro*, siendo la más importante la nutrición. El nivel nutricional está asociado a la dieta ingerida, peso del animal y la condición corporal (7). Una condición corporal baja limita el reinicio de la actividad ovárica, cuyo mecanismo de utilización de la glucosa disponible, entre la producción de leche y/o la reposición de tejidos es aún poco claro (8). En vacas, toda pérdida o ganancia de peso se reflejará en una variación de la condición corporal (4). Las consecuencias del desbalance energético, la reducción de condición corporal, modifica la esteroidogénesis, el desarrollo folicular, con efectos negativos sobre la actividad de los ovarios (3). Si el desarrollo folicular es alterado, entonces los ovocitos también sufrirían las consecuencias, afectándose básicamente la calidad de ovocitos, considerando que los niveles de nutrientes tienen relación con la condición corporal del animal.

Existen estudios sobre ovocitos en proceso de producción *in vitro* de embriones en bovinos; sin embargo, todavía los estudios son insuficientes asociando la condición corporal con la calidad y estado nuclear de ovocitos; es por estas consideraciones se planteó el presente estudio con el objetivo de evaluar la cantidad, calidad y el estado nuclear de ovocitos aspirados según condición corporal en vacas criollas faenadas en el matadero.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo afecta la condición corporal en la cantidad, calidad y desarrollo nuclear de ovocitos aspirados de vacas criollas faenadas en el Matadero Municipal de Abancay?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cómo afecta la condición corporal en la cantidad de ovocitos aspirados de folículos ováricos de vacas criollas del matadero?
- ¿Cuál es la relación de la condición corporal sobre la calidad los ovocitos aspirados de vacas criollas del matadero?
- ¿Cómo se relaciona la condición corporal con el estado nuclear de ovocitos de vacas criollas del matadero?

1.2.3 Justificación de la investigación

La biodiversidad ganadera es esencial para asegurar la seguridad alimentaria y la vida tradicional. La formación de reservas genéticas de razas en peligro de extinción está en crecimiento, por ello, existen esfuerzos por evitar la pérdida total del potencial genético a través del uso de la biotecnología reproductiva (9). El ganado bovino Criollo representa una biodiversidad importante en el ecosistema del mundo. Este evolucionó naturalmente consumiendo alimentos de baja calidad, los criollos no son tan productivos, pero son fértiles y resistentes, sobreviven en tiempos donde el clima se vuelve extremo (10). Hay necesidad de conservar y mejorar el ganado bovino Criollo, a través de bancos de germoplasma que permitan la conservación (5).

La tecnología de producción de embriones *in vitro*, es una de las herramientas que permite acortar los tiempos de generaciones, además de otras, tiene la ventaja de utilizar el material genético seleccionado orientados a mejorar o conservar la especie animal. Esta biotecnología reproductiva es una herramienta en los programas de mejoramiento genético del ganado, que favorece los sistemas ganaderos en el avance del mejoramiento genético (11). En general, comprende: obtención de ovocitos, selección de los ovocitos, maduración *in vitro*, fecundación *in vitro* y cultivo de los cigotos hasta blastocistos (6). La calidad del ovocito es determinante en desarrollo de embriones. Es afectado por varios factores, entre uno de los más importantes viene a ser la nutrición del animal, siendo una forma observable del grado de nutrición la condición corporal. El estado nutricional del animal, expresado en condición corporal, es esencial para la función reproductiva normal (12). Los efectos del nivel de alimentación en la calidad de ovocitos dependen de la condición corporal del animal; alto nivel de alimentación mejora el desarrollo posfertilización en los animales en condiciones corporales bajas, pero reduce este en animales en buenas condiciones corporales (13).

Al no existir información suficiente sobre relación de la condición corporal de vacas criollas en la calidad y el estado nuclear de ovocitos para procesos de producción de embriones *in vitro*, es vital los estudios básicos de esta etapa, que podrían ayudar a explicar la respuesta reproductiva respecto a su condición corporal, bajo sistemas de producción limitada fundamentalmente de disponibilidad alimentaria. Resultados que podrían coadyuvar la utilización de producción de embriones *in vitro* en las gestiones de conservación o selección de bovinos criollos para el desarrollo de esta ganadería.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.2.1 Objetivo general

Evaluar la cantidad, calidad y el estado nuclear de ovocitos aspirados según condición corporal en vacas criollas faenadas en el matadero.

2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de ovocitos recuperados por ovario de vacas criollas faenadas según condición corporal.
- Categorizar la calidad de ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas faenadas de acuerdo condición corporal.
- Identificar el estado nuclear de ovocitos aspirados según la condición corporal de vacas criollas del matadero.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.3 Hipótesis general

La cantidad y calidad del estado nuclear de ovocitos son afectados por la condición corporal de vacas criollas.

2.2.4 Hipótesis específicas

- Se recuperan mayor cantidad de ovocitos por ovario de vacas criollas de condición corporal mayor.
- Existe mayor cantidad de ovocitos de categoría aptos para maduración *in vitro* de vacas de condición corporal buena.
- Hay mayor cantidad de ovocitos con vesícula germinal rota recuperados de vacas con condición corporal buena.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Índice/Escala
Variable de asociación			
Condición corporal	Apariencia visual principalmente de la región de la cadera	Grado de condición corporal de vacas criollas ante mortem	1 a 5 grados
Variable de respuesta			
Cantidad de ovocitos	Ovocitos aspirados contabilizados	Cantidad de ovocitos aspirados por ovario	Ovocitos aspirados / total de ovocitos contabilizados
Calidad de ovocitos	Ovocitos aspirados clasificados de acuerdo a sus capas de granulosa y citoplasma.	Cantidad de ovocitos recuperados de categoría A y B	Categoría o tipo A, B, C
Ovocitos inmaduros	Ovocitos con vesícula germinal intacta o rota	Cantidad de ovocitos con vesícula germinal intacta o rota	Ovocitos inmaduros / total de ovocitos contabilizados

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) En un estudio utilizando las técnicas de slicing y aspiración folicular se aspiraron ovocitos de folículos de 2-8 mm de diámetro de bovinos criollos. No hubo asociación entre recuperación de ovocitos mediante slicing o aspiración folicular y calidad de ovocitos ($p>0.05$). Se obtuvieron por aspiración folicular 4.26 ovocitos por ovario y 2.08 ovocitos de calidad por ovario (14).
- b) Se usó ovarios de bovinos mestizos del matadero, se aspiraron ovocitos de folículos visibles (2–8 mm de diámetro). El porcentaje de ovocitos madurables/ovario fue 73.49 ± 24.54 ; y no madurables/ovario 26.5 ± 24.54 para aspiración. El promedio de ovocitos/ovario resultó en 4.58 ± 1.05 ; mientras el promedio de ovocitos para maduración por ovario 3.24 ± 1.11 por aspiración (15).
- c) Se colectó ovarios y desde los folículos se obtuvo ovocitos. Estos se maduraron en cámara de CO₂ a 38.5 °C y 5% de CO₂ durante 22 a 24 h. Luego, se seleccionaron y se denudaron parcialmente. Se recuperó 6.11 ovocitos por ovario de vacas del matadero con la técnica de aspiración. Mientras para los ovocitos viables fueron 2.9 ovocitos de categoría A y B (16).
- d) Se realizó un estudio en matadero para evaluar el potencial ovárico de bovinos cebúes locales de Ngaoundere, para la producción de embriones *in vitro* (IVEP). Los ovarios se extirparon, se sumergieron en solución salina normal (0.9%) y se transportaron al laboratorio para una evaluación detallada. Los ovocitos se recuperaron en solución salina tamponada con fosfato de Dulbecco, se examinaron y se clasificaron en cuatro grupos según la morfología de las células del cúmulo oóforo y los cambios citoplasmáticos de los ovocitos. Se determinaron los efectos tanto de los ovarios

(localización ovárica, cuerpo lúteo, tamaño y peso del ovario) como de factores no ováricos (raza, edad, puntaje de condición corporal (BCS) y estado gestacional de la vaca) en la población folicular y la tasa de recuperación de ovocitos. La recuperación de ovocitos fue de 10.97 ± 0.43 por ovario. Los ovocitos con grados I, II, III y IV fueron 3.53 ± 0.19 ; 2.72 ± 0.15 ; 2.24 ± 0.15 y 2.47 ± 0.20 , respectivamente. El número promedio de ovocitos por ovario para la condición corporal flaca fue 9.59 ± 0.82 , para regular 12.50 ± 0.87 y para gorda 9.87 ± 1.52 . Los ovocitos obtenidos de grado I y II fueron: 2.93 ± 0.26 , 2.44 ± 0.25 ; 4.34 ± 0.31 , 3.07 ± 2.15 ; 2.55 ± 0.41 , 2.33 ± 0.38 para condición corporal flaca, buena y gorda respectivamente. Por otro lado, la cantidad de ovocitos viables (I y II) para producción de embriones *in vitro* en la condición corporal flaca fue 5.38 ± 0.48 ; en la buena 7.42 ± 0.49 y en la condición corporal gorda 4.89 ± 0.75 ovocitos. Las vacas más jóvenes no gestantes con condición corporal de 3 y ovarios grandes presentaron mayor cantidad de folículos y calidad de ovocitos ($P < 0.05$) en comparación con otros animales. Se deben tener en cuenta factores como, el estado de gestación, la BCS y el tamaño de los ovarios para aumentar el potencial del ovario para la IVEP (17).

- e) En vacas mestizas (*Bos taurus* × *Bos indicus*), distribuidas aleatoriamente en tratamientos (T). T1: condición corporal al parto baja (< 2.5) y nivel de alimentación bajo; T2: condición corporal al parto baja (< 2.5) y nivel de alimentación alto; T3: condición corporal al parto alta (> 2.5) y nivel de alimentación bajo; T4: condición corporal al parto alta (> 2.5) y nivel de alimentación alto. Se obtuvo ovarios de vacas del matadero, luego se aspiró ovocitos clasificándolos en A, B y C. Hubo efecto del tratamiento sobre folículo clase 3 ($\geq 10\text{mm}$; $P < 0.01$) y de condición corporal al parto sobre ovocitos C ($P < 0.05$). La calidad de ovocitos mostró asociación negativa -0.816 ($P < 0.05$) entre ovocitos tipo C y condición corporal al parto. Hubo efecto entre condición corporal al parto y ovocitos tipo C. Parte de los resultados, indican que la condición corporal al parto es determinante para la reactivación ovárica reproductiva en vacas mestizas (18).
- f) En vacas mestizas de doble propósito (*Bos taurus* × *Bos indicus*), se formaron dos grupos: Tratamiento 1: vacas de condición corporal alta y baja, con nivel de

alimentación bajo; Tratamiento 2: vacas de condición corporal baja y alta con nivel de alimentación alto. Se evaluaron los cuerpos lúteos y clases de folículos ováricos. A los ovocitos se clasificaron en A, B y C. Hubo asociación entre nivel de nutrición con cantidad de ovocitos tipo A (0.756 ; $P < 0.05$). Hubo efecto del nivel de nutrición en la concentración plasmática de glucosa, antes y después de la colocación de insulina. Se sugiere que la alimentación podría afectar el desarrollo folicular fundamentalmente al finalizar la maduración (19).

- g) En un estudio como parte del procedimiento de producción de embriones *in vitro*, en vacas Aberdeen Angus adultas, beneficiadas en matadero, se obtuvieron por técnica de aspiración en total 5.86 ± 0.10 ovocitos por ovario, 1.67 ± 0.07 (28.49%) ovocitos aptos y 4.19 ± 0.02 (71.50%) ovocitos no aptos para maduración *in vitro* por ovario, respectivamente (20).
- h) En un estudio, el movimiento cromosómico se observó con éxito durante la primera y segunda meiosis utilizando un sistema de cultivo de lapso de tiempo y un microscopio invertido de contraste de interferencia diferencial. En los ovocitos humanos, se observó una secuencia específica de cambios tempranos de maduración. Tras la finalización de la descomposición nucleolar, los cromosomas se ensamblaron en una única agregación que anunció el inicio de la descomposición de la membrana nuclear. La fase de agregación cromosómica (fase gere) persistió después de la descomposición de la vesícula germinal (GV), que duró varias horas, y una fase gere similar (acumulación de cromosomas) ocurrió después de la primera extrusión del cuerpo polar, que duró 1-4 h. En contraste, en los ovocitos GV de ratón, las membranas nucleolares y nucleares comenzaron a descomponerse casi al mismo tiempo. La posición de la vesícula germinal en los ovocitos humanos no fue estable, se movió en el ooplasma hasta que comenzó a descomponerse; además, el nucleolo se movió en todas las direcciones dentro de la vesícula germinal; por otro lado, el nucleolo de la vesícula germinal en los ovocitos del ratón fue relativamente estacionario; poco después de la descomposición nucleolar, la membrana nuclear comenzó a descomponerse alrededor de 29 min (21).

3.2 Marco teórico

3.2.1 Importancia del bovino Criollo peruano

Es posible que la genética bovina criolla ayudaría la generación de líneas, orientadas a cualquier tipo de producción como leche, carne o doble propósito, guardando las características genéticas de adaptación y habilidad materna. En consecuencia, el bovino Criollo en el Perú, representaría como base genética para la mejora, de tal manera se aprovecharía las características de adaptación al ambiente adverso y sobre todo la rusticidad (22).

3.2.2 Fisiología reproductiva de la hembra bovina

Los cambios en las estructuras ováricas y genitales dentro del ciclo estral están gobernados por el sistema endocrino, fundamentalmente por interacción del eje hipotálamo hipofisiario con participación del ovario y útero, en los que participan hormonas (23). En estos procesos participan en conjunto el sistema neuroendocrino (24).

3.2.3 Regulación endocrina de los ciclos estruales

El ciclo estral comienza con el estro y termina con el siguiente estro; presentan la fase folicular (Proestro y estro) y fase lútea (metaestro y diestro). En el proestro se incrementa el estradiol e inhibina secretados por los folículos, estas hormonas regular la FSH. El estradiol estimula los receptores para la GnRH en hipófisis y la secreción de GnRH por el hipotálamo incrementándose la síntesis de LH. En el estro, los folículos logran su madurez y tamaño preovulatorio, produciéndose la máxima cantidad de estradiol, ocurriendo la atracción del macho. En el metaestro, ocurre la ovulación espontánea en bovinos, en esta etapa ocurren contracciones de útero y oviducto para facilitar el transporte de los gametos para la fertilización. Esta etapa inicia cuando termina la receptividad sexual y concluye a la formación del cuerpo lúteo funcional, las células lúteas grandes liberan oxitocina y progesterona. El diestro, ocurre la máxima producción de progesterona, bloquea

la liberación de LH inhibiendo la formación de receptores hipofisarios a GnRH. El anestro es el periodo de inactividad reproductiva (24).

3.2.4 Crecimiento folicular y la ovulación

El desarrollo folicular ocurre continuamente, inicia desde la vida fetal y termina con la ovulación del folículo o con la regresión de este. Foliculogénesis inicial, aparentemente es independiente de las gonadotropinas, regulado por factores internos, como TGF β , GDF-9, BMP producidos por ovocitos, el crecimiento folicular continua gracia a IGF-I, EGF, TGF α , inhibina y activina, entre otros. En la foliculogénesis dependiente de gonadotropinas, los folículos son sensibles a ellas, consta de tres etapas: reclutamiento, selección y dominancia. El 99% de los folículos sufren atresia en el ovario (24).

3.2.5 Ovarios

Los ovarios (Figura 1) presentan una corteza y una médula. Los folículos varían en número son los lugares donde se forman los ovocitos (25). Al nacimiento se encuentran entre 50000 a 150000 ovocitos, se desarrollan hasta llegar a folículo maduro, en la corteza se ubican los folículos y cuerpo lúteo, varían en su tamaño, el folículo dominante llega a ser folículo preovulatorio, el resto alrededor de 95% sufren regresión (26).

3.2.6 Método de obtención de ovocitos

Los ovarios se pueden obtener a partir de hembras beneficiadas o sacrificadas en el matadero, los ovocitos se obtienen mediante las técnicas siguientes:

3.2.6.1 Aspiración folicular

La aspiración folicular es una de las técnicas más usadas consiste en la aspiración del contenido folicular desde la parte externa del ovario, para ello se usa una jeringa con aguja hipodérmica, se puede aspirar de folículos con diámetro mayor a 2 a 8 mm (20), otros autores recomiendan que se deben aspirar folículos de tamaño entre 3 y 6 mm de diámetro (27).

3.2.6.2 Slicing

A esta técnica también se le denomina de corte o slicing ovárico, los cortes pueden realizarse en diferentes orientaciones, longitudinales o verticales, incluso se puede usarse después de la aspiración folicular en el que se obtiene el triple de ovocitos debido a que se obtienen ovocitos de la superficie incluido los presentes en la corteza ovárica (28).

3.2.6.3 Aspiración transvaginal ecoguiada (OPU)

Esta técnica aspiración folicular a través del OPU consiste en utilizar un transductor de ultrasonido, en ubicando en el fondo de fórnix de la vagina caudal al cérvix, se atraviesa con la aguja la pared vaginal hasta llegar a puncionar el o los folículos ováricos, para ello es necesario presentar al ovario con la mano desde el recto se fija el ovario contra el transductor, se escanea y se observa el ovario y folículos en el monitor ecográfico, el contenido folicular es aspirado por una bomba de vacío en un tubo colector (28).

3.2.7 Ovogénesis

La ovogénesis es una secuencia de procesos en el cual las células germinales primitivas se convierten en ovocitos maduros. Es un proceso complejo regulado por una gran cantidad de factores intra y extra ováricos (29). La ovogénesis en la mayoría de los mamíferos progresa a través de etapas similares de desarrollo de células germinales, aunque hay una gran variación en el tiempo de cada etapa. En algunos animales domésticos están bien estudiados, pero en otros carecen de información. Una comprensión más completa de la ovogénesis en las especies domésticas conducirá al desarrollo de técnicas para mejorar la capacidad reproductiva y la calidad del rebaño (30).

La ovogénesis culminará cuando el ovocito primario reinicie la meiosis, allí completará la primera división meiótica formando un ovocito secundario con la expulsión del primer corpúsculo polar, luego habrá la segunda división meiótica donde el ovocito formará el segundo corpúsculo polar; gran parte de los ovocitos

se atresian, menos del 0.1% de los ovocitos primarios culminan la ovogénesis, originando un ovocito (31).

3.2.8 Foliculogénesis

La foliculogénesis es el proceso de crecimiento y maduración folicular, conlleva a la formación de ovocitos funcionales; implica varios mecanismos complejos que tiene carácter endocrina y paracrina, finalmente conducen a maduración ovocitaria (32). Los quistes de células germinales se rompen, algunos ovocitos mueren, los restantes se rodean de células somáticas formando folículos primordiales (30). En este proceso, al crecimiento los ovocitos desarrollan competencia con dependencia entre las células somáticas adyacentes, con participación esencial de FSH (33).

La foliculogénesis inicia durante el desarrollo fetal, las células germinales primordiales colonizan a la gónada primitiva en la quinta semana aproximadamente, luego por mitosis dar origen a las ovogonias, posterior al nacimiento y entrando a la vida reproductiva, ingresan al periodo de crecimiento rápido que dará origen del folículo primordial hasta el folículo de Graaf. El folículo primordial, alrededor de los 90 días, en la vaca los folículos primordiales bien formados se hacen presentes; del folículo primordial, desarrolla a folículo primario, luego a folículo secundario, seguido de folículo antral hasta llegar a folículo preovulatorio (31).

3.2.9 Condición corporal y dinámica folicular

La restricción alimentaria afecta el desarrollo folicular, reduce el tamaño del folículo dominante y del cuerpo lúteo en el animal. Cuando se restringe el alimento el diámetro folicular y cuerpo lúteo es menor (10.5 vs. 18.8 mm; 0.89 vs. 1.4 mm), esta restricción provoca desbalance energético, afectando la condición corporal, afectando el metabolismo, el sistema endocrino con consecuencias sobre el desarrollo folicular y las subsecuentes alteraciones ováricas (3).

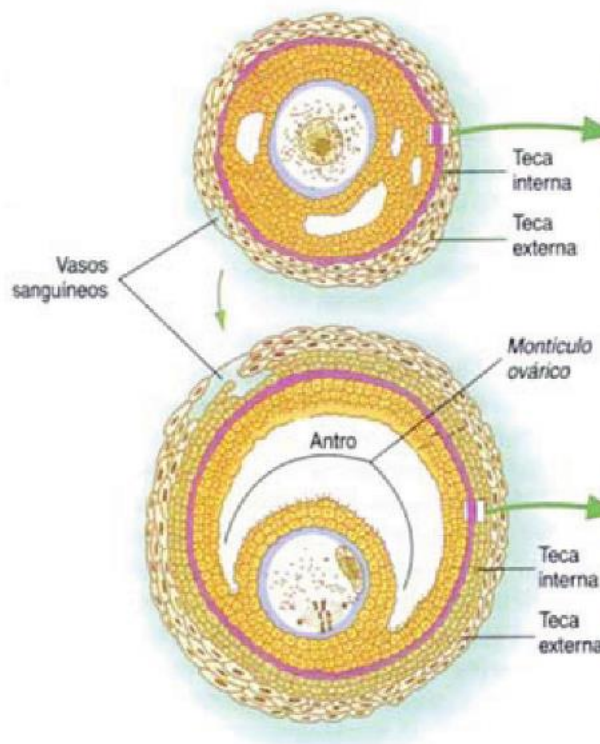


Figura 1. Esquema estructural del folículo antral (34).

3.2.10 Factores que afectan la calidad de los ovocitos

3.2.10.1 Edad del animal

La edad del animal afecta la calidad de los ovocitos, en animales prepúberes presentan ovocitos menos aptos que las vacas adultas; sin embargo, responden similarmente en procesos de producción de embriones *in vitro* (35).

3.2.10.2 Nutrición

La influencia del factor nutricional en la calidad de los ovocitos es esencial; sin embargo, hay poca literatura al respecto. La nutrición influye sobre el proceso reproductivo de las vacas, el desbalance de nutrientes con la alimentación inadecuada alrededor del parto puede afectar la calidad de los ovocitos, por ejemplo, formulaciones de alimento con concentraciones

elevadas de amoniaco afecta la competencia de los ovocitos (35).

3.2.11 Métodos de recuperación de ovocitos

Las técnicas de recuperación de ovocitos mediante slicing podría afectar la calidad de los ovocitos, dado que se recupera de folículos de diferentes tamaños, mientras la recuperación mediante aspiración o corte de folículos de tamaño de 2 a 8 mm no afectaría la calidad de los ovocitos. La presión usada mediante la aspiración folicular guiada por ecografía determina el daño de las células del cúmulo (35).

3.2.12 Tamaño de los ovarios

La cantidad de ovocitos recuperados se asocia al peso y tamaño del ovario, vacas adultas permite recuperar más cantidad de ovocitos versus vaquillas o de menor edad (35).

3.2.13 Evaluación de los ovocitos

La evaluación o selección de los ovocitos es parte de la producción de embriones *in vitro*. La vaca ovula un solo ovocito a la aspiración folicular puede sufrir degeneración, es por tal razón importante considerar antes de la maduración *in vitro*, dado que una parte de dicha población fecunda y tiene capacidad de desarrollar el embrión (36).

El tamaño folicular afecta la maduración nuclear y citoplasmática del ovocito; folículos menores de 2 mm o mayores a 8 mm se consideran no aptos para procesos de maduración *in vitro* en procesos de producción de embriones *in vitro* (11).

La selección de ovocitos se realiza generalmente basado en dos criterios: el aspecto de su citoplasma y las características del cúmulo, es decir el número de capas de la granulosa (37). Una de las evaluaciones de ovocitos, clasifica en tres tipos los ovocitos; categoría A: calidad buena; B: calidad intermedia;

C: rechazados (Tabla 2). Otra, clasifica en cuatro grados o categorías, **Grado I**: cuando hay cumulus con más de tres capas de células de granulosa, además, con citoplasma con granulaciones pequeñas homogéneas **Grado II**: cuando presenta parcialmente cumulus compacto, con menos de tres capas de células de granulosa, con citoplasma con granulaciones heterogéneas; **Grado III**: con presencia de cumulus expandido, con citoplasma reducido, fragmentado o degenerado; **Grado IV**: el ovocito no presenta células del cumulus, es desnudo (11).

Tabla 2. Clasificación de ovocitos según características morfológicas.

Tipo de ovocito	Rasgos del cumulo	Rasgos del ovocito
Calidad buena "A"	Compacto, con muchas capas de células de granulosa adherida, el citoplasma se observa claramente.	Homogéneo denso finalmente granulado
Calidad intermedia "B"	Grueso, frecuentemente con granulosa adherida, el citoplasma no se observa claramente, cúmulos compacto con varias o pocas capas que cubre alrededor de la mitad de la zona pelúcida.	Rango de homogéneo denso y finalmente granulado a granulado de tamaño moderado
Rechazados "C"	Parcialmente o completamente expandido, con cumulo disperso, ausencia de células de granulosa con presencia de material extracelular, cumulo descolorido; corona radiata sin cumulo; ovocitos desnudos.	Granulado grueso o con mezcla de zonas muy claras o muy oscuras; citoplasma descolorido; ovocitos deformes.

Adaptado de Hawk & Wall (37).

3.2.14 Maduración de ovocitos

La maduración de ovocitos es el evento fisiológico que precede y es necesario para la fertilización exitosa y el desarrollo embrionario (Lonergan & Fair, 2016). La maduración de ovocitos es un proceso largo y complejo, empieza antes del nacimiento y continúa durante la foliculogénesis, logrando el

desarrollo de los ovocitos. Una cantidad reducida se desarrollarán y alcanzarán la competencia hasta la fecundación (38).

3.2.14.1 Maduración nuclear y citoplasmática del ovocito

La maduración de los ovocitos es un proceso largo durante el cual los ovocitos adquieren su capacidad intrínseca para soportar las etapas posteriores de desarrollo de manera escalonada, alcanzando finalmente la activación del genoma embrionario. Este proceso implica diferentes eventos complejos de maduración nuclear y citoplasmática. La maduración nuclear involucra principalmente la segregación de cromosomas, mientras que la maduración citoplasmática implica la reorganización de orgánulos y el almacenamiento de ARNm, expresión de proteínas (39). Los ovocitos dentro del folículo se detienen en la profase de la primera división meiótica. La maduración nuclear, comprende la reanudación de la meiosis desde la etapa de vesícula germinal hasta la formación de la placa metafásica, como metafase II (40). A nivel del núcleo ocurre la ruptura de vesícula germinal, seguido de condensación del cromosoma, metafase I, llegando a metafase II con expulsión del primer cuerpo (41).

La maduración citoplasmática se divide en: (1) redistribución de orgánulos, (2) dinámica del citoesqueleto y (3) maduración molecular. Las mitocondrias, los ribosomas, el retículo endoplásmico, los gránulos corticales y el complejo de Golgi asumen diferentes posiciones durante la transición de la etapa de vesícula germinal a la metafase II. Los microfilamentos y microtúbulos citoesqueléticos presentes en el citoplasma promueven estos movimientos y actúan sobre la segregación cromosómica (39). Durante la maduración citoplásmica, los cambios moleculares y estructurales proporcionan al ovocito madurado la capacidad de apoyar la fertilización y el desarrollo embrionario temprano, los procesos biológicos celulares y moleculares que toman lugar en el citoplasma durante la progresión del ciclo meiótico (40). *In vitro*, el

reinicio de la meiosis ocurre espontáneamente post retiro físico del ovocito desde el folículo cuerpo (41).

3.2.14.2 Bloqueo meiótico y reinicio de la meiosis

La primera progresión meiótica en el ovocito ocurre durante el desarrollo embrionario, al nacimiento los ovocitos se detienen en la etapa diploteno de la profase I, a esta característica se conoce como vesícula germinal (42). En el proceso del ciclo reproductivo de la hembra, el pico preovulatorio de LH por diferentes procesos complejos induce la reanudación de meiosis y su progresión a metafase II, al que se conoce como maduración de ovocitos (43).

Los ovocitos de mamíferos completamente desarrollados reanudan la meiosis como consecuencia de aumentos en los niveles de gonadotropinas en la mitad del ciclo. El aumento de adenosín monofosfato cíclico y la activación de la proteína cinasa A, la proteína cinasa C y la proteína cinasa activada por mitógenos en las células del cúmulo son necesaria para la reanudación meiótica de ovocitos inducida por gonadotropinas. Las diversas acciones del AMPc activado por la hormona estimulante del folículo y la hormona luteinizante, las hormonas esteroides gonadales y la red del factor de crecimiento epidérmico durante reanudación meiótica. Otro segundo el mensajero guanosina monofosfato cíclico inducido por óxido nítrico o péptido natriurético auricular también media en la reanudación meiótica de ovocitos de mamíferos controlada por gonadotropinas (44).

El control de la maduración de los ovocitos implica una interacción compleja entre los ovocitos y las membranas extracelulares y el medio ambiente, con la participación de numerosas vías metabólicas. La reanudación de la meiosis del ovocito ocurre por dos mecanismos: estimulación positiva y la eliminación de una señal inhibitoria. El primero

implica la producción de un ligando que actúa sobre el ovocito en la etapa de vesícula germinal induciendo la ruptura de esta vesícula (45).

3.2.15 Estado nuclear del ovocito

La maduración meiótica de ovocitos se describe en la Figura 2: Dentro del folículo, los ovocitos permanecen detenidos en la profase I y se caracterizan por una vesícula germinal (VG) en la que los cromosomas (rojo) permanecen descondensados. Al ovocito arrestado en profase I se conoce como ovocito primario. Un aumento preovulatorio de LH bajo condiciones fisiológicas o la liberación mecánica del ovocito del folículo seguido del cultivo *in vitro* causa la descomposición del GV (GVBD); los cromosomas comienzan a condensarse (rojo) y las fibras del huso aparecen (verde). Posteriormente, los cromosomas (rojo) se condensan y se alinean en la placa metafásica del eje bipolar (verde) cuando el ovocito alcanza la metafase I. La meiosis I se completa mediante la extrusión de un cuerpo polar que contiene un conjunto de cromosomas. El segundo conjunto de cromosomas se retiene en el ovocito, que se conoce como ovocito secundario (o un huevo). El ovocito maduro se mantiene detenido en la metafase II hasta la fertilización (46).

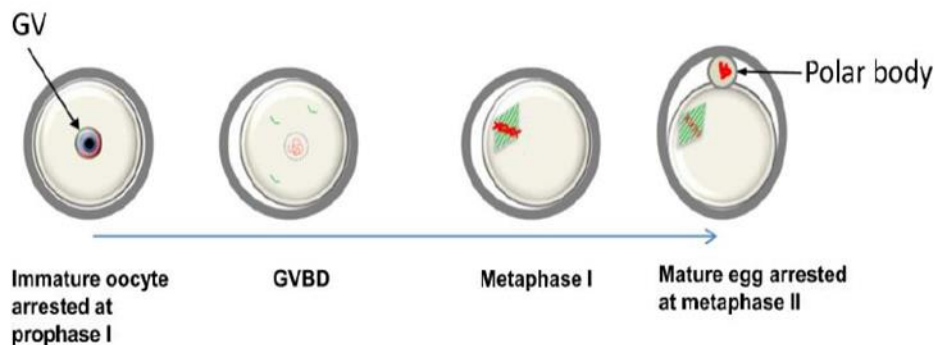


Figura 2. Representación esquemática del proceso de maduración meiótica de ovocitos de mamíferos. VG: Vesícula germinal; GVBD: Vesícula germinal rota (46).

3.2.16 Evaluación del desarrollo nuclear de ovocitos

La evaluación de ovocitos se realizará según el estado de cromatina nuclear (Tabla 3), estos se clasifican como GV (ovocitos con vesícula germinal intacta), GVBD (ovocitos sin membrana nuclear definida o nucléolo), MI (ovocitos con placa metafásica y sin cuerpo polar), metafase II (ovocitos con placa metafásica y cuerpo polar), anormales o degenerados (es decir, ovocitos con ooplasma fragmentado, sin membrana nuclear nítida o nucléolo, cromosomas dispersos en grupos dentro del ooplasma, o cromatina no reconocible en cualquier etapa de la meiosis) (47).

Tabla 3. Clasificación del estado nuclear del ovocito.

Categoría	Características del estado nuclear
Vesícula germinal (VG)	Ovocitos con envoltura nuclear intacta.
Vesícula germinal rota (VGBD)	Ovocitos con desaparición de envoltura nuclear intacta.
Metafase I (MI)	La cromatina se ubica en la placa metafásica y sin corpúsculo polar.
Metafase II (MII)	Cromatina se encuentra en la placa metafásica y hay presencia del primer cuerpo polar.
Degenerados (D)	Ovocito alterado en su desarrollo presenta degeneración con citoplasma fragmentado, o vacuolar, cromatina dispersa y hay un aumento significativo del espacio perivitelino.

Adaptado de De Loos *et al.* (47).

3.2.17 Condición corporal

3.2.17.1 Concepto de condición corporal

La condición corporal estima la proporción del tejido graso subcutáneo en algunos lugares anatómicos del animal, también estima la masa muscular; en consecuencia, viene a ser un indicador que estima el estado nutricional de la vaca (3). La condición corporal se asocia con la cantidad de tejido de reserva que el animal presenta, este concepto debe entenderse como estado corporal del animal, que implica el nivel de reserva que dispone el animal para satisfacer los requerimientos de producción y mantenimiento (4).

La condición corporal y sus cambios son más confiables que el peso corporal referidos al indicador del estado nutricional, esta evaluación es una herramienta esencial para toma de decisiones de manejo a nivel de finca; la variación de la condición corporal individualizada o grupal del hato, podría utilizarse para la toma de decisiones de gestión de manejo de un hato ganadero (3).

3.2.17.2 Escalas de evaluación de la condición corporal

La condición corporal se evalúa estimando la cantidad de tejido graso subcutáneo, al mismo tiempo, observando el grado de acumulación o pérdida de masa muscular de ciertas áreas del cuerpo del animal (López, 2006). Es posible hacer seguimiento del estado de condición corporal del animal observando visualmente y realizando palpación de regiones o puntos anatómicos en mayoría de los hatos ganaderos; el grado o puntaje de condición corporal se estima visualmente la región pélvica, entre la tuberosidad coxal, isquiática y la base de la cola, además se observa la “cobertura” sobre las vértebras torácicas y lumbares de la vaca (7).

Para evaluar la condición corporal en forma idónea de un régimen de alimentación para vacas lecheras, considerando que el ganado lechero deposita sus reservas de energía alrededor del área pélvica, se utiliza el

puntaje estándar de evaluación de la condición corporal; normalmente la puntuación que se utiliza está en una escala de 1 a 5, siendo 1 demasiado delgada y 5 demasiado gorda. Una vaca ideal tiene un puntaje de condición corporal de aproximadamente 3.5, pero el sistema es diseñado para tener vacas en ciertas etapas de la lactancia en ciertas condiciones corporales (48).

La condición corporal descrita en la Figura 3, es una herramienta de campo efectiva para la calificación de la condición corporal de vacas Holstein, esta fue calificada en una escala de 1 a 5, siendo 1 emaciada y 5 obesa, usando incrementos de 0.25 unidades; los ensayos han demostrado que mientras la evaluación de la condición corporal es una técnica subjetiva, puede relacionarse con medidas objetivas de cambios biológicos del animal y ser utilizada para tomar decisiones en ganadería bovina (49).

Características corporales de la vaca	Escala	Proceso espinoso	Proceso espinoso a transverso	Proceso transverso	Tuberosidad coxal e isquiática	Entre tuberosidad isquiática y coxal	Entre tuberosidad coxal	Base de la cola a tuberosidad isquiática
Subcondicionamiento severo (emaciada)	1.00							
	1.25							
	1.50							
	1.75							
Esqueleto visible	2.00							
	2.25							
	2.50							
	2.75							
Buen balance de esqueleto y tejidos superficiales	3.00							
	3.25							
	3.50							
	3.75							
Esqueleto no tan visible como tejidos superficiales	4.00							
	4.25							
	4.50							
	4.75							
Sobrecondicionamiento severo	5.00							

Figura 3. Puntuación de condición corporal para vacas Holstein. Adaptado de Edmonson *et al.* (49).

Se puede utilizar puntajes de condición corporal en vacas, en base a descriptores primarios de regiones corporales específicas, la descripción

de estas siete regiones (Figura 3) es suficiente para separar las vacas en unidades de condición corporal de 0.25 en escala de 1 a 5; las unidades de 0.25 de 2.25 a 4.25, a <2.25 y >4.25 , las vacas solo pueden separarse por 0.50 unidades con las descripciones empleadas en este estudio, no está claro si la resolución reducida de BCS <2.25 y >4.25 se debió a un insuficiente características corporales o al número insuficiente de vacas en estas categorías, dado que la mayoría de las vacas en las granjas tienen condición corporal entre 2.00 a 4.00 (50).



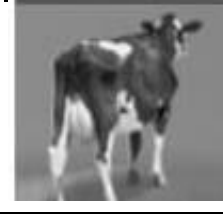







Tabla 4. Puntaje de condición corporal basado en descriptores de componentes principales de regiones corporales de bovinos lecheros.

Región del cuerpo	Puntuación de condición corporal												
	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
Grupa	Apariencia V					Apariencia U					plana		redondeada
Tuberosidad ileal	angular				redondeada				apenas visible				no visible
Tuberosidad isquiática	angular		aspecto redondeado		grasa palpable		no visible						
Apófisis transversa de la vértebra lumbar	Mayor a 0.5 visible		0.25 a 0.5 visible		0.10 a 0.25 visible		solo tips visible		tips no visible				
Ligamento coccígeo	visible					apenas visible			no visible				
Ligamento sacro	visible					apenas visible			no visible				

Adaptado de Ferguson *et al.* (50).



Tabla 5. Descripción de puntuación de condición corporal de vacas lecheras en sistemas de escala de 5 puntos.

Sistema de cinco puntos		Estado	Descripción
Score 1	Condición pobre (esquelética)	Muy pobre	Demasiada flaca Espina dorsal parecida a una sierra (dientes) Pueden verse las prominencias de las vértebras hacia los costados La cadera puede verse perfectamente, sin grasa Forma de ``V`` en la zona debajo de donde comienzala cola
			
Score 2	Esqueleto todavía visible	Moderado	El esqueleto todavía es visible Todavía pueden identificarse las vertebras Las prominencias de las vértebras comienzan a verse más cubiertas La cadera se ve más cubierta Forma de ``U`` debajo de la zona donde comienza la cola
			
Score 3	Esqueleto visible (equilibrado)	bueno	El esqueleto y la grasa están equilibradas La columna se ve en una sola línea Las vértebras de la columna pueden individualizarse cuando son palpables Los huesos de la cadera se ven redondeados, pero no excesivamente Debajo de la cola se ve cubierto pero equilibrado
			
Score 4	Cobertura exagerada	gordura	Exceso de grasa de cobertura No pueden individualizarse las vertebras Las prominencias horizontales de las vértebras están redondeadas y cubiertas de grasa La cadera se ve cubierta de grasa, pero puede palparse
			
Score 5	Vaca obesa	obesidad	La columna se ve cubierta de grasa Las vértebras están cubiertas de grasa y casi no se diferencian las prominencias horizontales La cadera se ve redondeada y no puede palparse Si la vaca se ve de costado parece de una forma cuadrada
			

Adaptado de Goopy & Gakige (51).

La condición corporal se mide en un sistema de cinco puntos, donde “1” es una vaca demasiado flaca y “5” es una vaca demasiado gorda, se muestra en el Tabla 5 (51).

Algunos sistemas para evaluar condición corporal adoptan escalas de 1 a 9, generalmente en bovinos de carne, otras escalas de 1 a 5, la correlación entre ambas se describe en el Tabla 6 (7).

Tabla 6. Correlación de escalas equivalentes de condición corporal en bovinos.

Escala 1 a 5	Escala 1 a 9
1	1
1.5	2
2	3
2.5	4
3	5
3.5	6
4	7
4.5	8
5	9

Adaptado de Frasinelli *et al.* (7).

3.2.18 Relación entre nutrición, actividad ovárica y fertilidad en bovinos

La eficiencia reproductiva en bovinos está supeditado a varios factores siendo la nutrición de mayor influencia (52). La condición corporal de las vacas depende de la disponibilidad de alimentos y esta depende de la producción de forrajes y de concentrados; existe relación entre el peso vivo y la condición corporal, es decir, músculo, grasa intramuscular y grasa subcutánea. Dichos aspectos afectan al sistema reproductivo y en consecuencia a la fertilidad de las vacas (53).

Los parámetros reproductivos del animal son afectados por la condición corporal. Siendo así, en la vaca la condición corporal al parto es crucial para el restablecimiento de la actividad ovárica durante el postparto de las vacas. El balance energético positivo está relacionado con la condición corporal, en consecuencia, la fertilidad y el mantenimiento de gestación, una condición corporal media es la adecuada para elevar la eficiencia reproductiva (4). El incremento de la tasa de fertilidad de vacas, por efecto del consumo de lípidos, fundamentalmente están asociadas con aumento del desarrollo folicular, folículo ovulatorio grande, aumento de secreción con la



consecuente incremento de niveles de progesterona en la fase lútea del ciclo estral, entre otros (52).

Los efectos de los cambios agudos en la ingesta dietética en la actividad ovárica pueden correlacionarse con cambios en las concentraciones circulantes de hormonas metabólicas, incluida la insulina, el factor de crecimiento similar a la insulina I (IGF-I), la hormona del crecimiento y la leptina. No hay un cambio correspondiente en las concentraciones circulantes de gonadotropina y se propone que los cambios inducidos en la dieta en la actividad ovárica, como resultado de cambios agudos en la ingesta dietética, son el resultado de acciones directas de estas hormonas metabólicas en el ovario. Los cambios en las concentraciones periféricas de insulina, IGF-I y leptina también se asociaron con el inicio de una onda sincronizada de crecimiento del folículo y se hipotetiza que el estrógeno secretado por el folículo en desarrollo interviene en la regulación de la secreción de estas hormonas metabólicas. A nivel celular, las concentraciones fisiológicas de insulina e IGF-I interactúan para estimular la producción de estradiol por las células de la granulosa. En contraste, la leptina inhibe la producción de estradiol estimulada por FSH por las células de la granulosa y la producción de androstenediona estimulada por LH por las células de teca. Los incrementos inducidos por la dieta en la biodisponibilidad del IGF intrafolicular también tienen un efecto negativo en la calidad de los ovocitos, y las dietas que son óptimas para el crecimiento del folículo pueden no ser necesariamente óptimas para la maduración del ovocito (54).

3.3 Marco conceptual

- a) **Ovocito.** El óvulo u ovocito es el gameto femenino ovulado, un ovocito secundario que se encuentra en la fase de metafase, listo para realizar la fecundación (34). El ovocito es la célula de mayor tamaño de los mamíferos, varias capas de células de granulosa se ubican alrededor formando el complejo cúmulos ovocito (55).
- b) **Folículo ovárico.** El folículo ovárico es el que se forma en los ovarios de los mamíferos, en su interior contiene óvulo. Es un conjunto de varias células esferoidales, que se ubica en los ovarios (56).
- c) **Calidad del ovocito.** La valoración de la calidad del ovocito se sustenta en su morfología, apariencia de zona pelúcida, espacio perivitelino, formación del cuerpo polar, uniformidad del citoplasma, núcleo y membrana celular (55).



- d) **Estado nuclear del ovocito.** El núcleo del ovocito sufre divisiones celulares. Básicamente el estado nuclear del ovocito se clasifica como vesícula germinal intacta, vesícula germinal rota, metafase I, metafase II (47).



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación fue observacional, debido a que no existe intervención del investigador, los datos son los que se presentan naturalmente, es ajena a la manipulación del investigador. Fue transversal, porque la medida de la variable se da un tiempo determinado y es analítico porque analiza varias variables (57).

El nivel de investigación que corresponde al relacional, porque no son estudios de causa y efecto; debido a que solo demuestra dependencia probabilística entre eventos (57).

4.2 Diseño de la investigación

Se obtuvo ovarios de vacas criollas del matadero, de los folículos se aspiraron los ovocitos recuperados, estos fueron agrupados en tres grupos según condición corporal (escala de 1 a 5): baja que comprende la puntuación ≤ 1.5 ; moderada de 2 a 2.5 y alta ≥ 3 puntos. Se evaluó el estado nuclear de los ovocitos como vesícula germinal intacta, vesícula germinal rota según condición corporal; además, se clasificaron los ovocitos en tipo A, B y C, cuyas proporciones se asociaron con la condición corporal.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

La población de estudio fue ovocitos recuperados de folículos de ovarios, aparentemente normales, de vacas criollas con diferente condición corporal, faenadas en el matadero de la Municipalidad Provincial de Abancay.

4.3.2 Muestra

El método y el tamaño muestral fue por conveniencia, estuvo representada por 1029 ovocitos recuperados de 212 ovarios de 106 vacas criollas clínicamente sanas de dos



dientes a boca llena con diferente condición corporal evaluada en escala de 1 a 5 incluidos valores intermedios entre puntos.

4.4 Técnicas e instrumentos / procedimiento de la investigación

4.4.1 Localización

La investigación se realizó en el Laboratorio de Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, que se ubica en el distrito y provincia de Abancay del departamento de Apurímac, se localiza a 13° 38' 31. 40" Latitud Sur y 72° 53' 17. 03" Longitud Oeste, a 2180 m de altitud (58).

4.4.2 Evaluación de la condición corporal de la vaca


La evaluación de la condición corporal de las vacas criollas fue realizada por una sola persona, en escala de 1 a 5 (1 = emaciada, 5 = obesa), según descrito por (51) con la modificación de puntos intermedios (0.5) entre cada unidad, dichos puntos intermedios corresponden al promedio de las descripciones del punto superior e inferior; además, el sustento para considerar puntos de 0.5 es tomando referencia a Ferguson *et al.* (50), quienes consideran puntos 0.25 en escala de 1 a 5. Además, existen antecedentes, sin descripciones específicas, del uso de escala de 1 a 5 en vacas criollas, como lo señalan Holgado *et al.* (59), Mayorga *et al.* (60), Alfaro (61). La observación visual fue enfocada básicamente en la región pélvica de la vaca, principalmente entre las regiones de tuberosidad coxal, tuberosidad isquiática y base de la cola, siguiendo los criterios que se señalan en la Tabla 7 sobre el estado y descripción de la condición corporal, esta evaluación se hizo cuando las vacas estuvieron en el corral de descanso del Matadero Municipal, luego, se realizó la palpación sobre la base de cola y vértebras lumbares, esta se realizó en la manga de ingreso a la playa de beneficio. Se identificó a las vacas registrando mediante números.



Tabla 7. Condición corporal de vacas criollas consideradas para este estudio.

Condición corporal	Estado	Descripción
	1	<p>Demasiada flaca Espina dorsal parecida a una sierra (dientes) Pueden verse las prominencias de las vértebras hacia los costados La cadera puede verse perfectamente, sin grasa Forma de ``V`` en la zona debajo de donde comienzala cola</p>
	1.5	<p>Valor intermedio de 1 y 2</p>
	2	<p>El esqueleto aún es visible Todavía pueden identificarse las vertebras Las prominencias de las vértebras comienzan a verse más cubiertas La cadera se ve más cubierta Forma de ``U`` debajo de la zona donde comienza la cola</p>
	2.5	<p>Valor intermedio de 2 y 3</p>
	3	<p>El esqueleto y la grasa están equilibradas La columna se ve en una sola línea Las vértebras de la columna pueden individualizarse cuando son palpables Los huesos de la cadera se ven redondeados, pero no excesivamente Debajo de la cola se ve cubierto pero equilibrado</p>

Continúa

Condicion corporal	Estado	Descripción
	3.5	Valor intermedio de 3 y 4
No se encontró	4	Exceso de grasa de cobertura No pueden individualizarse las vértebras Las prominencias horizontales de las vértebras están redondeadas y cubiertas de grasa La cadera se ve cubierta de grasa, pero puede palparse
No se encontró	4.5	Valor intermedio de 4 y 5
No se encontró	5	La columna se ve cubierta de grasa Las vértebras están cubiertas de grasa y casi no se diferencian las prominencias horizontales La cadera se ve redondeada y no puede palparse Si la vaca se ve de costado parece de una forma cuadrada

4.4.3 Obtención y transporte de ovarios

Los ovarios fueron colectados de vacas faenadas en el Matadero Municipal de Abancay. Estos ovarios fueron colocados en un termo con contenido de NaCl al 0.9%, suplementados con penicilina 100000 UI, mantenidos entre 35 a 37 °C y transportados al laboratorio entre 2 a 3 h. Los ovarios fueron colocados en bolsitas de polietileno con identificación según la condición corporal de la vaca.

4.4.4 Recuperación y evaluación de ovocitos

En el laboratorio, los ovarios fueron colocados en un vaso precipitado de 500 mL con NaCl mantenidos en baño María a 37 °C. Seguidamente, se realizó el lavado de 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 plástico de 15 mL de capacidad con contenido de 1 a 2 mL de fosfato buffer salino (PBS), luego se dejó decantar por 12 min.



Se colocaron varias gotas de 50 μ L de PBS sobre placas Petri mantenidas en platina térmica a 37 °C. El sedimento de los tubos cónicos donde se encontraba los ovocitos fue aspirado con micropipeta hacia placa Petri para ser lavados en gotas sucesivas utilizando el estereomicroscopio a 2x o 4x con platina térmica.

La evaluación de los ovocitos se realizó, según características morfológicas de acuerdo a la descripción de Hawk & Wall (37), clasificando en tres tipos los ovocitos: categoría A: calidad buena; categoría B: calidad intermedia; categoría C: rechazados (Tabla 2). Los ovocitos de tipo A y B fueron seleccionaron como aptos para producción de embriones *in vitro*.

4.4.5 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 los cúmulos del ovocito para luego ser lavados. Posteriormente, dentro de los 30 min post aspirado de los folículos, los ovocitos fueron colocados en viales con contenido de solución fijadora compuesta por ácido acético / etanol (1: 3) por 24 h. La fijación de ovocitos se realizó según técnica descrita por Lorenzo *et al.* (62) con algunas modificaciones que consistió en colocar en viales de 0.5 mL ácido acético: etanol (1:3, v/v) durante 24 horas donde se colocaron los ovocitos, luego se realizó la tinción por capilaridad con una gota de Lacmoid al 2%. Los ovocitos se pipetearon y se colocaron sobre portaobjetos (5 a 10 ovocitos), luego cubiertos con cubreobjetos que previamente fueron colocados las esquinas con pegamento de barra. Luego de 10 a 20 min aproximadamente de la tinción se evaluó utilizando microscopio a 100x. Las evaluaciones de los ovocitos fueron clasificados como vesícula germinal, vesícula germinal rota (Tabla 3). Se tomó en consideración las dos primeras etapas, debido al tiempo desde la aspiración de ovocitos hasta la fijación con ácido acético / etanol.

4.5 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante el software InfoStat 2018 versión libre. Primeramente, se realizó la prueba de normalidad, resultando que los datos no siguen una distribución normal; por tanto, se usó la prueba no paramétrica Kolmogorov. 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 de varianza no paramétrica de Kruskal-Wallis, considerándose que hay diferencia cuando $P \leq 0.05$.

Los datos fueron agrupados en tres grupos de condición corporal (escala de 1 a 5): baja que comprende la puntuación ≤ 1 ; moderada de 2 a 2.5 y alta ≥ 3 puntos. Esta agrupación se realizó considerando a Kouamo *et al.* (63) quienes clasifican (escala de 1 a 5) en tres grupos de condición corporal: flaca de 1 a 2 puntos, buena 3 puntos y gorda de 4 a 5 puntos. Es usual la agrupación de la condición corporal de acuerdo al interés de la investigación, Ruiz *et al.* (18) utilizan valores de 0.5 (escala de 1 a 5) clasificando en dos grupos: condición corporal baja correspondiente a < 2.5 puntos y condición corporal alta ≥ 2.5 puntos.

La escala de interpretación de la correlación (r) se consideró según Bisquerra (64), $r = 1$ perfecta, $0.8 < r < 1$ muy alta; $0.6 < r < 0.8$ alta; $0.4 < r < 0.6$ moderada; $0.2 < r < 0.4$ baja; $0 < r < 0.2$ muy baja; $r = 0$ nula.

El coeficiente de correlación de Spearman se define como:

$$Sr_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n R(x_{ij}) R(x_{ik}) - n \left(\frac{n+1}{2} \right)^2}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n R(x_{ij})^2 - n \left(\frac{n+1}{2} \right)^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n R(x_{ik})^2 - n \left(\frac{n+1}{2} \right)^2 \right)}}$$

Donde: Sr_{jk} es el coeficiente de correlación de Spearman. $R(x_{ij})$ es el rango que pertenece a la i -ésima observación de la variable j y $R(x_{ik})$ es el rango que pertenece a la i -ésima observación de la variable k , con $i=1, \dots, n$. (65).

Prueba de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica. Cuyo estadístico de prueba es:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \left(\frac{R_1^2}{n_1} + \frac{R_2^2}{n_2} + \dots + \frac{R_k^2}{n_k} \right) - 3(N+1)$$

Donde: “ N = número total de observaciones de las muestras combinadas. k = número de muestras. R_1 = suma de los rangos de la muestra 1. n_1 = número de observaciones de la muestra 1. Para la muestra 2, la suma de los rangos es R_2 y el número de observaciones es n_2 , y se usa notación similar para las otras muestras” (66).



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Cantidad de ovocitos según condición corporal

Los resultados sobre la cantidad de ovocitos encontrados se encuentran en el Tabla 8. El número de ovocitos recuperados por ovario entre condición corporal baja, moderada y alta de las vacas fueron similares ($P > 0.05$). Se encontró mayor promedio de ovocitos viables de categoría A y B (aptos para maduración *in vitro*) por ovario para la condición corporal alta seguida de moderada y baja ($P \leq 0.05$).

Tabla 8. Promedio (\pm error estándar) de ovocitos recuperados por ovario según condición corporal de vacas criollas faenadas en matadero.

Condición corporal	Ovarios	Ovocitos			
		Recuperados	Recuperados por ovario	Viables por ovario	
		n	n	\bar{x}	\bar{x}^1
Baja (≤ 1.5)	28	116	4.14 (± 0.35)	2.14 (± 0.25) ^a	
Moderada (2 a 2.5)	158	771	4.88 (± 0.21)	3.94 (± 0.18) ^b	
Alta (≥ 3)	26	142	5.46 (± 0.36)	4.96 (± 0.34) ^c	
Total	212	1029	4.85 (± 0.17)	3.83 (± 0.15)	

Letras con superíndices diferentes dentro de la columna expresan diferencias ($P \leq 0.05$).

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

5.1.2 Calidad de ovocitos según condición corporal

Los resultados de correlación de la asociación entre condición corporal y calidad de ovocitos se muestran en el Tabla 9. Se encontró correlación significativa entre condición corporal y calidad de ovocitos. Hubo correlación positiva moderada ($P = 0.001$) entre condición corporal y calidad de ovocitos tipo A; correlación positiva



muy baja ($P = 0.018$) entre condición corporal y ovocitos tipo B; correlación negativa muy baja ($P = 0.016$) entre condición corporal y ovocitos tipo C.

Tabla 9. Correlación de Spearman entre variables condición corporal y calidad de ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas.

Calidad ovocito	n	Coefficiente de Spearman	P- Valor
Tipo A	212	0.49	0.001
Tipo B	212	0.16	0.018
Tipo C	212	-0.16	0.016

Los porcentajes de calidad de ovocitos según condición corporal de las vacas criollas del matadero se muestran en el Tabla 10. Las calidades de ovocitos tipo A, B y C fueron afectadas ($P \leq 0.05$) por la condición corporal del animal, se obtuvo mayor ($P \leq 0.05$) cantidad de ovocitos tipo A con la condición corporal moderada y alta, seguida de la condición corporal baja; Hubo mayor ($P \leq 0.05$) cantidad de ovocitos de ovocitos tipo B en la condición corporal moderada, seguida de alta y baja; se encontró mayor ($P \leq 0.05$) cantidad de ovocitos tipo C en vacas de condición corporal baja.

Tabla 10. Porcentaje de calidad de ovocitos según condición corporal de vacas criollas del matadero.

Condición corporal	Ovarios n	Ovocitos n	Calidad de ovocitos		
			A	B	C
Baja (≤ 1.5)	28	116	24.14 ^a	27.59 ^a	48.28 ^a
Moderada (2 a 2.5)	158	771	43.97 ^b	36.71 ^b	19.33 ^b
Alta (≥ 3)	26	142	58.45 ^c	32.39 ^c	9.15 ^c

Letras superíndices diferentes dentro de la columna expresan diferencias ($P \leq 0.05$).

A: Calidad buena, B: Calidad intermedia, C: Mala calidad o rechazados



5.1.3 Estado nuclear de ovocitos según condición corporal

El estado nuclear de ovocitos según condición corporal de la vaca se muestra en el Tabla 11. No se encontró asociación ($P = 0.079$) entre condición corporal y ovocitos con vesícula germinal intacta, tampoco hubo asociación ($P = 0.737$) con vesícula germinal rota. Los folículos menores a 8 mm mantienen dentro, a ovocitos en estado de vesícula germinal intacta, el tiempo expuesto fuera del folículo probablemente no sea suficiente para pasar a la etapa de vesícula germinal rota y reanudar la meiosis, el ovocito fue fijado con etanol y ácido acético dentro de los 30 min de aspirado.

Tabla 11. Correlación de Spearman entre variables de condición corporal y estado nuclear de ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas.

Estado	n	Coefficiente de Spearman	P- Valor
GV	106	0.17	0.079
GVBD	106	0.03	0.737

GV= Vesícula Germinal intacta, GVBD= Vesícula germinal rota.

Los resultados del estado nuclear de ovocitos según condición corporal de las vacas se muestran en el Tabla 12. La condición corporal no influyó ($P > 0.05$) sobre el estado nuclear del ovocito, sea sobre vesícula germinal intacta o vesícula germinal rota, evaluados dentro de los 30 min post recuperación de ovocitos de ovarios de vacas criollas del matadero.

Tabla 12. Porcentaje del estado nuclear de ovocitos de acuerdo a condición corporal de vacas criollas del matadero ($P > 0.05$).

Condición corporal	Ovocitos n	Estado nuclear	
		GV	GVBD
Baja (≤ 1.5)	44	97.40	2.60
Moderada (2 a 2.5)	274	95.20	4.80
Alta (≥ 3)	38	95.00	5.00

GV= Vesícula germinal intacta, GVBD= Vesícula Germinal Rota



5.2 Discusión

5.2.1 Cantidad de ovocitos según condición corporal

El promedio total de ovocitos recuperados encontrados en este estudio fue 4.85 ± 0.17 ovocitos por ovario, que son similares al reporte de Gomez *et al.* (14) quienes encontraron 4.26 ovocitos recuperados por ovario mediante técnica de recuperación por aspiración folicular de ovocitos bovinos criollos; en otro estudio reportaron un promedio de 4.5 ± 1.0 ovocitos por ovario recolectados de vacas mestizas por Aspiración (15); por otro lado, Zárata (16) obtuvo un promedio de recuperación de 6.11 ovocitos por ovario de vacas del matadero con la misma técnica de aspiración. Mientras para los ovocitos viables fue 3.83 ± 0.15 , valores que son mayores a 2.08 ovocitos de calidad (categorías A y B) por ovario (14); 2.9 ovocitos de categoría A y B (16); la razón probablemente sea porque estos autores usaron una clasificación de cuatro categorías A, B, C y D, mientras en el presente estudio se clasificación fue en tres categorías A, B, C.

De acuerdo a la condición corporal, la cantidad de ovocitos recuperados en este experimento fue similar entre los tres tipos de condición corporal. Kouamo *et al.* (63) encontraron para condición corporal flaca 9.59 ± 0.82 y para gorda 9.87 ± 1.52 ovocitos por ovario, encontrando mayor cantidad 12.50 ± 0.87 de ovocitos por ovario para la condición corporal regular de vacas. Por otro lado, la cantidad de ovocitos viables encontrados en este estudio fueron diferentes, encontrándose mayor cantidad de ovocitos viables para la condición corporal alta (4.96 ± 0.25) y menor ovocitos para la condición corporal baja (2.14 ± 0.25), comparado estos resultados con estudios de Kouamo *et al.* (63) encuentran mayor (7.42 ± 0.49) cantidad de ovocitos viables (I y II) para producción de embriones *in vitro* en la condición corporal regular. En ambos estudios la clasificación de condición corporal fue de 1 a 5 y en tres grupos; sin embargo, en nuestro estudio el criterio de agrupación fue con valores intermedios de una unidad, siendo la condición corporal 3 alta, mientras en la clasificación de ellos la condición corporal más alta fue de 4 a 5; en consecuencia, probablemente en la condición corporal 3 se obtiene mayor cantidad de ovocitos por ovario viables para maduración *in vitro*. Además, las diferencias podrían ser atribuidas a factores de genética racial y nutrición.



El bajo rendimiento de ovocitos de vacas con condición corporal menor puede estar relacionado con el nivel de energía en la dieta, por tanto, 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 (67).

5.2.2 Calidad de ovocitos según condición corporal

La asociación entre condición corporal y tipo de ovocito encontrada en el presente estudio explica que a mayor condición corporal hay mayor cantidad ovocitos de tipo A y B, mientras a menor condición corporal hay mayor número de ovocitos tipo C, esta asociación negativa estaría relacionada con la cantidad de ovocitos tipo C procedentes de los folículos de ovarios de vacas de condición corporal baja (≤ 1.5). En consecuencia, la condición corporal tendría asociación con el tipo de ovocitos encontrados. Similares resultados fueron reportados por Ruiz *et al.* (18) quienes realizaron el análisis de correlación no paramétrica revelando una asociación negativa significativa de -0.816 ($p < 0.05$) entre ovocitos tipo C y condición corporal de vacas mestizas al parto. En otro estudio, al realizar el análisis de correlación no paramétrica encontraron una relación de 0.75 ($P < 0.05$) entre los ovocitos tipo A y las vacas alimentadas con alto nivel energético (19).

La condición corporal está determinada por los nutrientes que el animal ingiere, estos desencadenan procesos metabólicos que afectan la foliculogénesis, ovogénesis que repercuten en la calidad del ovocito (3).

La mayor cantidad de ovocitos de calidad tipo A y B encontrados en folículos provenientes de vacas de condición corporal moderada a alta, explicaría que la condición corporal tiene efecto. Siendo la condición corporal alrededor de 3 en escala 1 a 5 (1 = flaca; 5 = obesa) la que ofrecería mayor número de ovocitos tipo A. Los resultados coinciden con reportes, donde se evidencia que las vacas alimentadas con alto nivel energético presentaron mayor número de ovocitos tipo A; evidenciándose que el nivel de alimentación afectó significativamente ($P < 0.05$) el porcentaje de ovocitos tipo A (19). Por otro lado, el menor número de ovocitos encontrados en el presente estudio es similar al análisis de varianza no paramétrico que detectó un efecto altamente significativo entre condición corporal al parto y ovocitos tipo C (18).



La condición corporal de las vacas afecta la cantidad de ovocitos de buena calidad; las vacas de condición 1 tienen una calidad menor (68).

El nivel de alimentación afecta la calidad de los ovocitos, en particular los del tipo A, atribuido a que las restricciones nutricionales, las del tipo energético, podrían afectar los mecanismos de la actividad reproductiva (19). La condición corporal afecta la calidad inicial de los ovocitos recuperados *in vivo*; se obtiene mayor tasa de ovocitos de buena calidad de condición corporal 2 y 3, en comparación con la condición corporal 1; es decir, las vacas con condición corporal baja tienen ovocitos de menor calidad, que las vacas con una condición corporal promedio de 3, siendo estos ovocitos de calidad óptima para la producción de embriones *in vitro* (68).

Está demostrado que el cambio de la condición corporal tiene efecto sobre el rendimiento reproductivo en general, así las vacas que muestran una buena condición corporal en el parto tendrán un buen rendimiento reproductivo; se obtuvieron mejores resultados en vacas en buen estado corporal (puntaje superior a 3.5) en el parto y en la primera inseminación artificial, y en aquellas que mostraron una pérdida leve o moderada en el estado corporal posparto (menos de 1 unidad) (69).

La influencia de la condición corporal sobre la calidad de los ovocitos podría estar relacionado con el entorno metabólico de los folículos ováricos que tienen gran influencia en el crecimiento y la maduración de los ovocitos, principalmente el perfil de ácidos grasos de los folículos y ovocitos, siendo los ácidos grasos saturados perjudiciales para el desarrollo de ovocitos, mientras los ácidos grasos insaturados podrían ser beneficiosos; posiblemente las cantidades relativas de diferentes ácidos grasos saturados, monosaturados y poliinsaturados determinan la capacidad de fertilización de los ovocitos (70).

La condición corporal depende del nivel de consumo de alimentos, estos cambios; además, de influir en el equilibrio energético de los animales, también promueven cambios en las concentraciones de hormonas y metabolitos, como glucosa, insulina, leptina, IGF-1 y hormonas reproductivas (71). Existe influencia de la glucosa-insulina, IGF-1 y la leptina en la modulación de la secreción de gonadotropinas y esteroides (72). Las hormonas esteroideas se derivan del colesterol, que es un sustrato esencial para la síntesis de progesterona en las células foliculares (73).



Una de las principales formas de la utilización de glucosa por el ovocito se obtiene a través de la vía glucolítica, en la que la glucosa-6-fosfato se convierte en piruvato, el principal sustrato energético utilizado por el ovocito (71). La actividad glucolítica contribuye a la producción de ATP y proporciona piruvato y equivalentes reductores para una mayor oxidación dentro de la célula, así como el suministro de otros metabolitos intermedios, especialmente para la glucosilación; la vía pentosa fosfato comienza con la oxidación de glucosa a glucosa-6-fosfato y se requiere para la formación de ribosa para la síntesis de ADN y ARN (74). El destino de la glucosa dentro de complejo ovocito cumulus es principalmente la producción de piruvato / lactato, siendo estos los sustratos preferidos de los ovocitos (75).

Por otro lado, el tipo de dieta parece alterar la expresión de genes involucrados con la calidad y competencia de los ovocitos (76). La condición corporal que depende de la dieta; por tanto, el impacto de la nutrición en la expresión génica y la competencia de los ovocitos en la fertilidad y la eficiencia reproductiva se hace evidente (77).

Los nutrientes y la condición corporal del animal, posiblemente tengan influencia sobre el metabolismo del ovocito, el mismo que es complejo, probablemente la glucosa, piruvato y otros compuestos bioquímicos; además, de factores de crecimiento, expresión de genes, hormonas metabólicas y reproductivas, y otros compuestos estén involucrados con el desarrollo del ovocito, los que afecten la calidad del ovocito.

5.2.3 Estado nuclear de ovocitos según condición corporal

En el presente estudio, la condición corporal no afectó la cantidad de ovocitos en estado nuclear de vesícula germinal intacta ni rota. La reanudación de la meiosis del ovocito, se realiza por altos niveles de LH o por acción mecánica. En este caso se realizó por acción mecánica aspirando el ovocito del ambiente folicular, probablemente no fue suficiente el tiempo para la reanudación de meiosis evidenciado con vesícula germinal rota, debido a que se fijó con etanol y ácido acético dentro de los 30 min. Este tiempo posiblemente no sea suficiente para la descomposición de la membrana de la vesícula. Comparado este tiempo a investigaciones en otras especies, basada en las observaciones en diferentes momentos la posición de la vesícula germinal en los ovocitos humanos no fueron estables, se movió en el ooplasma hasta que comenzó a descomponerse; además, el



nucleolo se movió en todas las direcciones dentro de la vesícula germinal; por otro lado, el nucleolo de la vesícula germinal en los ovocitos del ratón fue relativamente estacionario; poco después de la descomposición nucleolar, la membrana nuclear comenzó a descomponerse alrededor de 29 min (21). En otro estudio, se informa que los ovocitos competentes para pasar a la etapa de vesícula germinal rota cultivados *in vitro* demoran más tiempo que *in vivo*, probablemente por tener insuficientes moléculas del ciclo celular necesarias para impulsar la reanudación de la meiosis, alcanzando alrededor de 10% de vesícula germinal rota entre 90 a 115 min (78).

Por otro lado, los tamaños foliculares de los cuales se aspiraron los ovocitos fueron entre 2 a 8 mm de diámetro. La reanudación de la meiosis puede ocurrir a través de la anulación del ambiente de inhibición mediante la eliminación del contacto entre ovocito y su envoltura folicular (45). Teóricamente, los folículos antrales con un diámetro de 2 a 5 mm contienen ovocitos con competencia nuclear y citoplasmática dependientes de los componentes intracelulares que pueden establecerse antes de la formación de folículos antrales y acumularse durante su crecimiento (38). Los ovocitos inmaduros son arrestados en el primer proceso meiótico profase, que se identifica morfológicamente por una vesícula germinal; la eliminación del primer bloqueo meiótico marca el inicio de la maduración, en este proceso gran cantidad de moléculas están involucradas en secuencias complejas (45).

En maduración *in vitro* de ovocitos, el reinicio de la meiosis es inducido espontáneamente al colocar los ovocitos a los medios de maduración. Siendo estos ovocitos capaces de completar la meiosis, sin embargo, no son capaces de desencadenar la maduración intracitoplasmática adecuadamente, por lo que será afectado la fecundación y los procesos posteriores del desarrollo embrionario (41). Convencionalmente la maduración *in vitro* requiere un tiempo de 24 h, mientras el tiempo de paso de vesícula germinal intacta a rota en el ovocito todavía no está.

La maduración de ovocitos está relacionada por el sistema endocrino que está determinado por el equilibrio de las señales positivas (IGF1, leptina) y las señales negativas (Ghrelina) en las neuronas GnRH; los factores nutricionales también influyen directamente en los folículos ováricos, los ovocitos y los embriones, en consecuencia, la nutrición determina la condición corporal en la vaca, esta a su vez la fertilidad (70).



Varios estudios demostraron que los componentes bioquímicos del líquido folicular son importantes para regular el desarrollo folicular y la esteroidogénesis. Además, las concentraciones de estos componentes se han correlacionado con la capacidad meiótica de los ovocitos, los que afectan la calidad de los ovocitos (79). Por otro lado, el tipo de dieta parece alterar la expresión de genes involucrados con la calidad y competencia de los ovocitos (76). La condición corporal que depende de la dieta; por tanto, el impacto de la nutrición en la expresión génica y la competencia de los ovocitos en la fertilidad y la eficiencia reproductiva se hace evidente (77). Estos factores que influyen sobre la maduración de ovocitos posiblemente se reflejen en un proceso completo de 24 h de maduración *in vitro*; en el presente estudio se observó que la vesícula germinal rota fue alrededor del 5%, la misma que se atribuiría al tiempo corto, desde la aspiración del ovocito de los folículos (2 a 8 mm aproximadamente) hasta la observación del estado nuclear que fue dentro de 30 minutos, en consecuencia, estos resultados sugieren que posiblemente dicho tiempo no sea suficiente para evidenciar el efecto de la condición corporal del animal sobre la maduración inicial del ovocito en bovino Criollo.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

A mayor condición corporal se obtuvo mayor cantidad de ovocitos viables para producción de embriones in vitro por ovario, procedentes de vacas criollas del matadero.

Existe asociación positiva entre condición corporal y calidad de ovocito tipo A y B, mientras con el tipo C la asociación fue negativa, en los ovocitos recuperados de ovarios de vacas criollas del matadero.

La condición corporal afectó sobre la calidad de ovocitos, se obtuvo mayor cantidad de ovocitos tipo A y B en vacas criollas del matadero con condición corporal moderada y alta.

No se encontró asociación entre condición corporal y ovocitos con vesícula germinal intacta ni ovocitos con vesícula germinal rota en vacas criollas del matadero.

La condición corporal no afectó sobre el estado nuclear del ovocito vesícula germinal intacta o rota en vacas criollas del matadero

6.2 Recomendaciones

Realizar investigaciones con más variables de estudio relacionando con la condición corporal y calidad de ovocito.

Evaluar la condición corporal, peso corporal, peso del ovario, número de folículos sobre la calidad de ovocitos.

Evaluar los estados nucleares de los ovocitos hasta la metafase II en procesos de maduración in vitro, relacionando con la condición corporal.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aquino YN, Veli EA, Rivas Seoane E, Rivas Palma V, Estrada R. Variabilidad genética de bovinos criollos de Perú utilizando marcadores microsatélites. *Arch Zootec*. 2008;57(219):337–40.
2. Mucci N, Aller JF, Kaiser GG, Hozbor F, Alberio RH. Producción in vitro de embriones bovinos: Suplementación de los medios de cultivo con suero. *Arch Med Vet*. 2006;38(2):97–104.
3. López FJ. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Fac Ciencias Agropecu* [Internet]. 2006;4(1):77–86. Available from: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol4/9.pdf>
4. Boetto C, Gómez M, Melo O. Manejo nutricional del rodeo de cría por condición corporal objetivo [Internet]. Sitio Argentino de Producción Animal Manejo. 2004. p. 11–9. Available from: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/01-manejo_nutricional_del_rodeo_de_cria_por_cc.pdf
5. Quispe Coaquira JE. El bovino criollo del altiplano peruano: Origen, producción y perspectivas. *Rev Investig Altoandina*. 2016;18(3):257–70.
6. García Herradón P, Quintela Arias L, Becerra J. Aplicaciones de los embriones bovinos producidos in vitro [Internet]. *Vacuno*. 2016. Available from: <https://cutt.ly/dhL9jIE>
7. Frasinelli C, Casagrande H, Veneciano J. La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina [Internet]. *Información técnica 168*. Argentina; 2004. p. 1–17. Available from: <https://cutt.ly/FhL9UL2>
8. Pinto-Santini L, Drescher K, Ruiz A, Pérez R, Domínguez C, Benezra M, et al. Relación entre los niveles de glucosa e insulina sanguínea y el reinicio de la actividad ovárica en vacas de doble propósito con diferentes condiciones corporales al parto y diferente nivel de alimentación postparto. *Sitio Argentino Prod Anim*. 2009;34(5):350–5.
9. Brem G. Aplicaciones de la producción in vitro de embriones. In: *Biotecnología de la reproducción* [Internet]. 1ra ed. 1993. p. 250–6. Available from: http://reprobiotec.com.ar/libro_rojo/capitulo_19.pdf
10. Castel J. Desarrollan ganado criollo resistente al cambio climático. *La razón* [Internet]. 2018; Available from: <https://cutt.ly/shL3a5E>
11. Gonella D A, Atuesta B J, Bernal U S, Chacón J L. Generalidades de la producción de embriones bovinos in vitro. *Rev Investig Agrar y Ambient* [Internet]. 2013;4(1):65–80. Available from: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/transplante_embriionario/39-generalidades_de_la_produccion.pdf
12. Villa NA, Pulgarín EF, Tabares PA, Angarita E, Ceballos A. Medidas corporales y concentración sérica y folicular de lípidos y glucosa en vacas Brahman fértiles y subfértiles. *Pesqui Agropecu Bras*. 2009;44(9):1198–204.
13. Adamiak SJ, Mackie K, Watt RG, Webb R, Sinclair KD. Impact of Nutrition on Oocyte Quality: Cumulative Effects of Body Composition and Diet Leading to Hyperinsulinemia in Cattle1. *Biol*



- Reprod [Internet]. 2005;73(5):918–26. Available from: <https://academic.oup.com/biolreprod/article-lookup/doi/10.1095/biolreprod.105.041483>
14. Gomez O, Alva G, Huillcas F, Salinas D. Técnicas del slicing y aspiración folicular en la eficiencia de la recuperación de ovocitos bovinos criollos postmorten en el camal. *Spermova*. 2012;2(1):38–9.
 15. Hernandez-Fernandez A, Nava-trujillo H, Venuslira V. Comparación de dos métodos de recolección de ovocitos bovinos para maduración in vitro. *Prod Agropecu Sanid Anim*. 2010;3(1):41–4.
 16. Zárate Guevara OE. Comparación de dos métodos de criopreservación de ovocitos bovinos. Universidad Veracruzana; 2006.
 17. Kuoamo. Evaluation of bovine (*Bos indicus*) ovarian potential for in vitro embryo production in the Adamawa plateau (Cameroon). *Open Vet J*. 2014;4(2):128–36.
 18. Ruiz AZ, Domínguez C, Martínez N, Pinto-Santini L, Drescher K, Pérez M R, et al. 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*. 2010;35(10):752–8.
 19. Ruiz AZ, Rossini M, Araneda R, Pinto L, Drescher K, Pérez R, et al. 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. *Zootec Trop*. 2008;26(2):94–104.
 20. Gardón JC. Utilización de antisuero H-Y para sexar embriones bovinos en diferentes estadios del desarrollo embrionario, obtenidos por fertilización in vitro. [Internet]. Universidad de Córdoba; 1999. Available from: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4574/1/CPA-2015-027.pdf> [http://files.reproduccion-veterinaria.webnode.com.uy/200000152-5a67b5b61a/20131015_prot_FIV_\(3\)--ultimo.pdf](http://files.reproduccion-veterinaria.webnode.com.uy/200000152-5a67b5b61a/20131015_prot_FIV_(3)--ultimo.pdf) http://animal.ifas.ufl.edu/hansen/ivf_docs/University of Florida Bovine
 21. Otsuki J, Nagai Y. Article A phase of chromosome aggregation during meiosis in human oocytes. *Reprod Biomed Online* [Internet]. 2007;15(2):191–7. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1472-6483\(10\)60708-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1472-6483(10)60708-0)
 22. More Montoya MJ. Caracterización faneróptica y morfométrica del vacuno Criollo en Ayacucho, Puno y Cajamarca. Universidad Nacional Agraria la Molina; 2016.
 23. Rangel K, Hernández J. *Fisiología Reproducción de los animales domesticos*. 2018. 540 p.
 24. Zarco L. *Endocrinología de la reproducción*. In: Galina C, Valencia J, editors. *Reproducción de animales domésticos*. Ciudad de México: LIMUSA; 2008.
 25. Quintela Arias LA, Diaz de Pablo C, García Herradón P, Peña martínez AI, Becerra Gonzalez JJ. *Ecografía y reproducción en la vaca*. Santiago de Compostela: USC Universidade de Santiago de Compostela; 2006.
 26. Hafez ESE, Hafez B. *Reproducción e Inseminación Artificial en Animales*. 7th ed. México: McGrawHill; 2000. 2000 p.
 27. Peláez Peláez VA. *Producción in vitro de embriones bovinos* [Internet]. Cuenca: Escuela de



- Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Cuenca; 2011. Available from: <https://cutt.ly/VhZtmXj>
28. Crocomo L, Marques Filho W, Landim Alvarenga F, Bicudo S. Peculiaridades da coleta de oócitos para produção in vitro de embriões ovinos. *Rev Bras Reprodução Anim.* 2012;36(1):25–31.
 29. Sánchez F, Smitz J. Molecular control of oogenesis. *Biochim Biophys Acta* [Internet]. 2012;1822(12):1896–912. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbadis.2012.05.013>
 30. Pepling M. Oocyte Development before and during Folliculogenesis. In: Krisher RL, editor. *Oocyte Physiology and Development in Domestic Animals*. First Edit. USA: Wiley-Blackwell; 2013. p. 1–14.
 31. Zarco L. Gametogénesis. In: Rangel L, Hernández Medrano JH, editors. *Fisiología reproductiva de los animales domésticos*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad; 2018.
 32. Sánchez-Aparicio P, Ramos R, Cuadros J, Hernández E. Moléculas de interacción célula-célula y célula-MEC implicadas en foliculogénesis Cell-cell and cell-ECM interaction molecules involved in folliculogenesis. *Rev Iberoam Fertil.* 2007;24:37–44.
 33. Demeestere I, Streiff AK, Suzuki J, Al-Khabouri S, Mahrous E, Tan SL, et al. Follicle-Stimulating Hormone Accelerates Mouse Oocyte Development In Vivo. *Biol Reprod* [Internet]. 2012;87(1):1–11. Available from: <https://academic.oup.com/biolreprod/article-lookup/doi/10.1095/biolreprod.112.099929>
 34. Vantman D, Vega M. Fisiología reproductiva y cambios evolutivos con al edad de la mujer. *Rev Médica Clínica Las Condes.* 2010;21(3):348–62.
 35. Alvarado Ulloa J. Evaluación de la calidad de ovocitos provenientes de vaconas criollas y ovarios de matadero. Universidad de Cuenca; 2017.
 36. Herradón P, Quintela L, Becerra J, Ruibal S, Fernandez M. Fecundación in vitro : alternativa para la mejora genética en bovinos. In: XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú. 2007. p. 34–41.
 37. Hawk HW, Wall RJ. Improved yields of bovine blastocysts from in vitro produced oocytes . I. selection of oocyte and zygotes. *Theriogenology.* 1994;41(8):1571–83.
 38. Farsi MM, Kamali N, Pourghasem M. Embryological aspects of oocyte in vitro maturation. *Int J Mol Cell Med* [Internet]. 2013;2(3):99–109. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3920538&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 39. Ferreira EM, Vireque AA, Adona PR, Meirelles F V., Ferriani RA, Navarro PAAS. Cytoplasmic maturation of bovine oocytes: Structural and biochemical modifications and acquisition of developmental competence. *Theriogenology.* 2009;71(5):836–48.
 40. Bevers MM, Dieleman SJ, van den Hurk R, Izadyar F. Regulation and modulation of oocyte maturation in the bovine. *Theriogenology.* 1997;(47):13–22.



41. Albarracín Monje JL. Vitricación de ovocitos bovinos mediante la técnica open pulled straw: estudio estructural de cromosomas, microtúbulos y microfilamentos y posterior desarrollo embrionario in vitro. Universidad Autónoma de Barcelona; 2005.
42. Sen A, Caiazza F. Oocyte Maturation: A story of arrest and release. *Front Biosci* [Internet]. 2013;1(5):451–77. Available from: <https://www.bioscience.org/2013/v5s/af/383/fulltext.php?bframe=PDFII>
43. Lonergan P, Fair T. Maturation of oocytes in vitro. *Annu Rev Anim Biosci* [Internet]. 2016;4(1):255–68. Available from: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-animal-022114-110822>
44. Zhang M, Xia G, Zhou B, Wan C. Gonadotropin-controlled mammal oocyte meiotic resumption. *Front Biosci*. 2007;12(1):282–96.
45. Tosti E. Calcium ion currents mediating oocyte maturation events. *Reprod Biol Endocrinol*. 2006;4:26.
46. Adhikari D, Liu K. The regulation of maturation promoting factor during prophase I arrest and meiotic entry in mammalian oocytes. *Mol Cell Endocrinol* [Internet]. 2014;382(1):480–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mce.2013.07.027>
47. De Loos F, Van Maurik P, Van Beneden T, Kruip T. Structural Aspects of Bovine Oocyte Maturation In Vitro. *Mol Reprod Dev*. 1992;31:208–14.
48. Lukuyu B, Gachuri C, Lukuyu M, Lusweti C, Mwendia S. Feeding dairy cattle in East Africa. Nairobi, Kenya: Project, East Africa Dairy Development; 2012.
49. Edmonson A, Lean I, Weaver L, Farver T, Webster G. A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *J Dairy Sci* [Internet]. 1989;72(1):68–78. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030289790810%5Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030289790810>
50. Ferguson JO, Galligan DT, Thomsen N. Principal Descriptors of Body Condition Score in Holstein Cows. *J Dairy Sci* [Internet]. 1994;77(9):2695–703. Available from: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77212-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77212-X)
51. Goopy JP, Gakige JK. Smallholder dairy farmer training manual. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute; 2016.
52. Pérez RO, Villavicencio JLE, Espinosa AP, López OA, Mechetnov EP. The fatty acids of diet affect the reproductive physiology in bovine female: A review. *Trop Subtrop Agroecosystems*. 2012;15(1):153–63.
53. Rúgeles C. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en Bovinos. *Rev MVZ Córdoba* [Internet]. 2001;6(1):24–30. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/693/69360104.pdf>
54. Armstrong D, Gong J, Webb R. Interactions between nutrition and ovarian activity in cattle: physiological, cellular and molecular mechanisms. *Reproduction*. 2003;61:403–14.
55. Van Soom A, Tanghe S, De Pauw I, Maes D, Kruif A. Function of the Cumulus Oophorus Before and During Mammalian Fertilization. *Reprod Domest Anim*. 2002;37:144–51.



56. De Loos F, Van Vliet C, Van Maurik P, Kruip T. Morphology of immature bovine oocytes. *Gamete Res.* 1989;24:197–204.
57. Supo J. Seminarios de Investigación Científica [Internet]. United States: Bioestadístico EIRL; 2012. Available from: http://www.intep.edu.co/Es/Usuarios/Institucional/file/CIPS/2017-1/INVESTIGACION_NO_EXPERIMENTAL.pdf
58. Google. Google Earth [Internet]. 2019. Available from: <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html> Earth.
59. Holgado FD, Ortega MF, Fernández J. Evolución, con la edad, de diferentes medidas corporales en hembras bovinas de la raza Criollo Argentino. *Actas Iberoam Conserv Anim.* 2015;6:178–83.
60. Mayorga Salazar DS, Yáñez-Ortiz IP, Díaz Bolaños RF. Protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo con diferentes inductores de la ovulación en vacas criollas. *Rev Ecuatoriana Cienc Anim.* 2020;4(3):63–70.
61. Alfaro Astorima MI. Dinámica folicular en vacas criollas al pastoreo en la zona altoandina de Ayacucho. Universidad Nacional Agraria la Molina; 2017.
62. Lorenzo PL, Illera MJ, Illera JC, Illera M. Enhancement of cumulus expansion and nuclear maturation during bovine oocyte maturation in vitro by the addition of epidermal growth factor and insulin-like growth factor I. *Reproduction* [Internet]. 1994;101(3):697–701. Available from: <http://www.reproduction-online.org/cgi/doi/10.1530/jrf.0.1010697>
63. Kouamo J, Dawaye SM, Zoli AP, Bah GS. Evaluation of bovine (*Bos indicus*) ovarian potential for in vitro embryo production in the Adamawa plateau (Cameroon). *Open Vet J.* 2014;4(2):128–36.
64. Bisquerra Alzina R. Introducción a la estadística aplicada a la investigación educativa: un enfoque informático con los paquetes BMDP y SPSSX. Barcelona: Barcelona PPU; 1987.
65. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez LA, Tablada EM, Robledo CW. *InfoStat Software Estadístico Manual del Usuario.* Córdoba, Argentina: Brujas; 2008.
66. Triola MF. *Estadística.* 10th ed. México: Pearson Educación; 2009.
67. Dorice AK, Ferdinand N, Justin K, Augustave K, Linda KK. Effects of Breed, Age, Body Condition Score, and Nutritional Status on Follicular Population , Oocyte Yield , and Quality in Three Cameroonian Zebus Cattle *Bos indicus*. *Adv Agric.* 2019;1–15.
68. Chrenek P, Kubovičová E, Olexíková L, Makarevich A V, Toporcerová S, Ostró A. Effect of body condition and season on yield and quality of in vitro produced bovine embryos. *Zygote.* 2014;1–7.
69. López-Gatius F, Yániz J, Madriles-Helm D. Effects of body condition score and score change on the reproductive performance of dairy cows: a meta-analysis. *Theriogenology* [Internet]. 2003;59(3–4):801–12. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0093691X02011561>
70. Occhio MJD, Baruselli PS, Campanile G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. *Theriogenology* [Internet]. 2018;125:277–



84. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>
71. Mcdowall ML. The Rational Development of Improved In Vitro Maturation of Bovine Oocytes. University of Adelaide; 2004.
72. Grazul-Bilska AT, Borowczyk E, Bilski JJ, Reynolds LP, Redmer DA, Caton JS, et al. Overfeeding and underfeeding have detrimental effects on oocyte quality measured by in vitro fertilization and early embryonic development in sheep. *Domest Anim Endocrinol* [Internet]. 2012;43(4):289–98. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.domaniend.2012.05.001>
73. Grummer RR, Carroll DJ. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. *J Anim Sci*. 2018;66(12):3160–73.
74. Cetica P, Pintos L, Dalvit G, Beconi M. Activity of key enzymes involved in glucose and triglyceride catabolism during bovine oocyte maturation in vitro. *Reproduction*. 2002;124:675–81.
75. Khurana NK, Niemann H. Energy Metabolism in Preimplantation Bovine Embryos Derived In Vitro or In Vivo 1. *Biol Reprod*. 2000;62:847–56.
76. Pisani LF, Antonini S, Pocar P, Ferrari S, Brevini TAL, Rhind SM, et al. Effects of pre-mating nutrition on mRNA levels of developmentally relevant genes in sheep oocytes and granulosa cells. *Reproduction*. 2008;136(3):303–312.
77. Sinclair KD, Kuran M, Gebbie FE, Webb R, Mcevoy TG. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen. *J Anim Sci*. 2000;78(10):2670–80.
78. Eppig JJ, O'Brien M, Wigglesworth K. Mammalian oocyte growth, and development in vitro. *Mol Reprod Dev*. 1996;44:260–73.
79. Abd Ellah MR, A. HH, Derar DR. Ovarian Follicular Fluid Constituents in Relation to Stage of Estrus Cycle and Size of the Follicle in Buffalo Cows. *Vet World*. 2010;3(6):263–7.



ANEXOS



Tabla 13. Base de datos de ovocitos aspirados y evaluados de ovarios de vacas criollas del matadero según condición corporal.

Número de muestra de ovario	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos aspirados	Total ovocitos calidad tipo A	Total ovocitos calidad tipo B	Total ovocitos calidad tipo C	Total ovocitos recuperados	Total ovocitos recuperados A y B
1	CC1	1.5	5	0	2	3	5	2
2	CC1	1.5	10	1	0	3	4	1
3	CC1	1.5	3	1	0	1	2	1
4	CC1	1.5	3	0	1	1	2	1
5	CC1	1.5	7	1	2	4	7	3
6	CC1	1.5	4	0	1	1	2	1
7	CC1	1.5	4	1	1	1	3	2
8	CC1	1.5	5	2	1	2	5	3
9	CC1	1.5	5	1	1	2	4	2
10	CC1	1.5	5	1	2	1	4	3
11	CC1	1.5	4	0	0	3	3	0
12	CC1	1.5	3	0	0	1	1	0
13	CC1	1.5	5	1	0	1	2	1
14	CC1	1.5	9	1	2	3	6	3
15	CC1	1.5	3	0	0	1	1	0
16	CC1	1.5	8	2	1	3	6	3
17	CC1	1.5	8	2	2	3	7	4
18	CC1	1.5	5	3	1	1	5	4
19	CC1	1.5	6	1	2	2	5	3
20	CC1	1.5	8	2	1	4	7	3
21	CC1	1.5	2	0	0	1	1	0
22	CC1	1.5	10	2	2	1	5	4
23	CC1	1.5	6	1	3	2	6	4
24	CC1	1.5	5	1	2	2	5	3
25	CC1	1.5	3	1	1	1	3	2
26	CC1	1.5	8	1	1	3	5	2
27	CC1	1.5	5	1	1	3	5	2
28	CC1	1.5	8	1	2	2	5	3
29	CC2	2.0	7	2	2	0	4	4
30	CC2	2.0	6	1	1	0	2	2
31	CC2	2.0	4	1	1	0	2	2
32	CC2	2.0	4	0	1	2	3	1
33	CC2	2.0	7	2	2	1	5	4
34	CC2	2.0	6	1	3	1	5	4
35	CC2	2.0	4	1	1	0	2	2
36	CC2	2.0	8	3	2	1	6	5
37	CC2	2.0	7	4	1	0	5	5
38	CC2	2.0	5	2	0	1	3	2
39	CC2	2.0	7	2	1	2	5	3
40	CC2	2.0	5	2	1	0	3	3
41	CC2	2.0	8	4	3	0	7	7
42	CC2	2.0	3	1	0	1	2	1
43	CC2	2.0	10	4	2	1	7	6
44	CC2	2.0	9	4	3	2	9	7
45	CC2	2.0	5	2	1	1	4	3
46	CC2	2.0	4	0	3	0	3	3
47	CC2	2.0	4	1	2	0	3	3
48	CC2	2.0	10	2	1	1	4	3
49	CC2	2.0	10	1	2	1	4	3
50	CC2	2.0	4	0	2	1	3	2

Número de muestra de ovario	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos aspirados	Total ovocitos calidad tipo A	Total ovocitos calidad tipo B	Total ovocitos calidad tipo C	Total ovocitos recuperados	Total ovocitos recuperados A y B
51	CC2	2.0	7	2	2	0	4	4
52	CC2	2.0	7	4	2	0	6	6
53	CC2	2.0	3	0	1	0	1	1
54	CC2	2.0	4	1	1	1	3	2
55	CC2	2.0	5	0	3	2	5	3
56	CC2	2.0	8	2	1	1	4	3
57	CC2	2.0	4	0	3	0	3	3
58	CC2	2.0	3	1	1	0	2	2
59	CC2	2.0	3	1	0	0	1	1
60	CC2	2.0	9	3	3	2	8	6
61	CC2	2.0	8	2	1	1	4	3
62	CC2	2.0	9	1	2	1	4	3
63	CC2	2.0	7	3	2	0	5	5
64	CC2	2.0	19	7	8	1	16	15
65	CC2	2.0	4	2	0	0	2	2
66	CC2	2.0	4	1	1	1	3	2
67	CC2	2.0	6	0	2	2	4	2
68	CC2	2.0	4	2	1	1	4	3
69	CC2	2.0	5	1	2	0	3	3
70	CC2	2.0	7	2	0	2	4	2
71	CC2	2.0	4	2	0	1	3	2
72	CC2	2.0	8	3	3	2	8	6
73	CC2	2.0	5	2	2	0	4	4
74	CC2	2.0	5	2	0	0	2	2
75	CC2	2.0	8	2	2	2	6	4
76	CC2	2.0	4	1	1	0	2	2
77	CC2	2.0	5	1	1	1	2	1
78	CC2	2.0	5	0	1	1	2	1
79	CC2	2.0	9	4	2	0	6	6
80	CC2	2.0	3	2	1	0	3	3
81	CC2	2.0	5	4	3	0	7	7
82	CC2	2.0	8	2	2	0	4	4
83	CC2	2.0	10	1	2	0	3	3
84	CC2	2.0	5	1	0	1	2	1
85	CC2	2.0	3	1	1	0	2	2
86	CC2	2.0	7	1	0	1	2	1
87	CC2	2.0	7	4	1	1	6	5
88	CC2	2.0	4	1	1	0	2	2
89	CC2	2.0	3	1	0	0	1	1
90	CC2	2.0	5	0	1	2	3	1
91	CC2	2.0	13	3	4	1	8	7
92	CC2	2.0	3	2	2	1	5	4
93	CC2	2.0	5	2	2	0	4	4
94	CC2	2.0	9	2	0	1	3	2
95	CC2	2.0	7	3	2	0	5	5
96	CC2	2.0	8	3	3	1	7	6
97	CC2	2.0	7	2	2	1	5	4
98	CC2	2.0	7	2	2	2	6	4
99	CC2	2.0	7	1	3	2	6	4
100	CC2	2.0	5	1	1	1	3	2

Continúa

Número de muestra de ovario	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos aspirados	Total ovocitos calidad tipo A	Total ovocitos calidad tipo B	Total ovocitos calidad tipo C	Total ovocitos recuperados	Total ovocitos recuperados A y B
101	CC2	2.0	7	3	3	0	6	6
102	CC2	2.0	5	0	1	1	2	1
103	CC2	2.0	8	2	2	1	5	4
104	CC2	2.0	5	2	2	0	4	4
105	CC2	2.0	7	1	2	1	4	3
106	CC2	2.0	3	1	0	0	1	1
107	CC2	2.0	9	1	2	1	4	3
108	CC2	2.0	6	2	0	0	2	2
109	CC2	2.0	6	1	2	2	5	3
110	CC2	2.0	7	2	4	0	6	6
111	CC2	2.0	3	2	0	0	2	2
112	CC2	2.0	9	2	3	0	5	5
113	CC2	2.0	6	3	2	0	5	5
114	CC2	2.0	7	1	1	1	3	2
115	CC2	2.5	15	5	4	3	12	9
116	CC2	2.5	4	0	2	1	3	2
117	CC2	2.5	8	1	2	2	5	3
118	CC2	2.5	5	3	0	2	5	3
119	CC2	2.5	12	2	4	3	9	6
120	CC2	2.5	4	2	0	0	2	2
121	CC2	2.5	5	3	0	0	3	3
122	CC2	2.5	5	2	3	0	5	5
123	CC2	2.5	3	2	0	0	2	2
124	CC2	2.5	8	4	4	0	8	8
125	CC2	2.5	6	3	2	2	7	5
126	CC2	2.5	8	4	1	0	5	5
127	CC2	2.5	8	1	2	2	5	3
128	CC2	2.5	5	1	0	2	3	1
129	CC2	2.5	4	2	1	0	3	3
130	CC2	2.5	5	1	1	1	3	2
131	CC2	2.5	5	3	1	0	4	4
132	CC2	2.5	10	5	3	1	9	8
133	CC2	2.5	12	4	2	0	6	6
134	CC2	2.5	10	3	2	2	7	5
135	CC2	2.5	5	1	1	1	3	2
136	CC2	2.5	6	2	1	1	4	3
137	CC2	2.5	10	1	2	1	4	3
138	CC2	2.5	10	2	3	2	7	5
139	CC2	2.5	4	1	1	0	2	2
140	CC2	2.5	10	4	2	1	7	6
141	CC2	2.5	8	4	2	2	8	6
142	CC2	2.5	6	3	0	1	4	3
143	CC2	2.5	15	4	3	4	11	7
144	CC2	2.5	9	2	3	3	8	5
145	CC2	2.5	10	2	1	1	4	3
146	CC2	2.5	15	7	3	4	14	10
147	CC2	2.5	8	4	3	0	7	7
148	CC2	2.5	10	4	1	1	6	5
149	CC2	2.5	6	2	2	2	6	4
150	CC2	2.5	7	3	2	0	5	5
151	CC2	2.5	16	4	4	3	11	8
152	CC2	2.5	6	2	3	1	6	5
153	CC2	2.5	8	3	0	2	5	3
154	CC2	2.5	9	2	3	0	5	5
155	CC2	2.5	6	2	0	0	2	2
156	CC2	2.5	6	2	0	0	2	2

Número de muestra de ovario	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos aspirados	Total ovocitos calidad tipo A	Total ovocitos calidad tipo B	Total ovocitos calidad tipo C	Total ovocitos recuperados	Total ovocitos recuperados A y B
157	CC2	2.5	8	3	0	2	5	3
158	CC2	2.5	9	2	1	0	3	3
159	CC2	2.5	4	1	1	0	2	2
160	CC2	2.5	9	1	2	1	4	3
161	CC2	2.5	8	0	1	2	3	1
162	CC2	2.5	7	2	1	2	5	3
163	CC2	2.5	7	3	2	0	5	5
164	CC2	2.5	4	1	1	0	2	2
165	CC2	2.5	4	4	6	1	11	10
166	CC2	2.5	4	1	1	0	2	2
167	CC2	2.5	11	3	2	1	6	5
168	CC2	2.5	4	4	6	0	10	10
169	CC2	2.5	8	2	0	2	4	2
170	CC2	2.5	6	2	2	0	4	4
171	CC2	2.5	11	3	2	1	6	5
172	CC2	2.5	5	2	1	1	4	3
173	CC2	2.5	8	2	3	2	7	5
174	CC2	2.5	13	3	7	2	12	10
175	CC2	2.5	4	1	1	1	3	2
176	CC2	2.5	8	2	3	1	6	5
177	CC2	2.5	9	3	3	3	9	6
178	CC2	2.5	6	2	0	2	4	2
179	CC2	2.5	13	4	3	2	9	7
180	CC2	2.5	8	6	3	2	11	9
181	CC2	2.5	14	2	5	2	9	7
182	CC2	2.5	10	3	3	1	7	6
183	CC2	2.5	9	4	2	0	6	6
184	CC2	2.5	15	2	4	3	9	6
185	CC2	2.5	8	2	4	2	8	6
186	CC2	2.5	6	3	0	2	5	3
187	CC3	3.0	7	2	1	0	3	3
188	CC3	3.0	4	2	1	0	3	3
189	CC3	3.0	9	3	2	0	5	5
190	CC3	3.0	11	2	4	1	7	6
191	CC3	3.0	6	2	1	1	4	3
192	CC3	3.0	7	3	1	1	5	4
193	CC3	3.0	5	3	1	0	4	4
194	CC3	3.0	10	6	2	0	8	8
195	CC3	3.0	11	5	2	1	8	7
196	CC3	3.0	10	2	1	1	4	3
197	CC3	3.0	8	2	4	0	6	6
198	CC3	3.0	5	3	0	0	3	3
199	CC3	3.0	8	4	2	0	6	6
200	CC3	3.0	7	3	1	0	4	4
201	CC3	3.0	7	2	3	1	6	5
202	CC3	3.0	7	3	1	0	4	4
203	CC3	3.0	7	6	1	1	8	7
204	CC3	3.0	8	2	1	1	4	3
205	CC3	3.0	7	2	1	0	3	3
206	CC3	3.0	9	5	2	0	7	7
207	CC3	3.0	13	5	2	1	8	7
208	CC3	3.0	11	5	2	1	8	7
209	CC3	3.5	11	5	2	1	8	7
210	CC3	3.5	10	2	1	1	4	3
211	CC3	3.5	9	2	4	1	7	6
212	CC3	3.5	11	2	3	0	5	5

CC = Condición Corporal



Tabla 14. Base de datos de ovocitos según estado nuclear: Vesícula germinal intacta y rota de vacas criollas del matadero según condición corporal.

Número de muestra por CC	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos recuperados A y B	Estado nuclear: Vesícula intacta	Estado nuclear: Vesícula rota	Porcentaje de Vesícula Germinal intacta	Porcentaje de Vesícula Germinal rota
1	CC1	1.5	2	2	0	100.0	0.0
2	CC1	1.5	4	3	0	100.0	0.0
3	CC1	1.5	5	3	0	100.0	0.0
4	CC1	1.5	5	3	0	100.0	0.0
5	CC1	1.5	6	4	0	100.0	0.0
6	CC1	1.5	4	2	0	100.0	0.0
7	CC1	1.5	2	2	0	100.0	0.0
8	CC1	1.5	7	5	0	100.0	0.0
9	CC1	1.5	6	4	1	80.0	20.0
10	CC1	1.5	6	4	0	100.0	0.0
11	CC1	1.5	2	2	0	100.0	0.0
12	CC1	1.5	2	2	0	100.0	0.0
13	CC1	1.5	3	4	0	100.0	0.0
14	CC1	1.5	6	4	0	100.0	0.0
1	CC2	2.0	10	6	0	100.0	0.0
2	CC2	2.0	6	3	0	100.0	0.0
3	CC2	2.0	4	3	0	100.0	0.0
4	CC2	2.0	5	4	1	80.0	20.0
5	CC2	2.0	6	3	0	100.0	0.0
6	CC2	2.0	5	3	0	100.0	0.0
7	CC2	2.0	3	3	1	75.0	25.0
8	CC2	2.0	11	6	0	100.0	0.0
9	CC2	2.0	8	5	0	100.0	0.0
10	CC2	2.0	9	3	0	100.0	0.0
11	CC2	2.0	7	4	1	80.0	20.0
12	CC2	2.0	6	2	0	100.0	0.0
13	CC2	2.0	8	3	0	100.0	0.0
14	CC2	2.0	3	3	0	100.0	0.0
15	CC2	2.0	7	3	0	100.0	0.0
16	CC2	2.0	12	2	0	100.0	0.0
17	CC2	2.0	5	3	0	100.0	0.0
18	CC2	2.0	4	2	0	100.0	0.0
19	CC2	2.0	4	2	0	100.0	0.0
20	CC2	2.0	10	2	0	100.0	0.0

Continúa



Numero de muestra por CC	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos recuperados A y B	Estado nuclear: Vesicula intacta	Estado nuclear: Vesicula rota	Porcentaje de Vesicula Germinal intacta	Porcentaje de Vesicula Germinal rota
21	CC2	2.0	7	2	0	100.0	0.0
22	CC2	2.0	6	2	0	100.0	0.0
23	CC2	2.0	6	3	0	100.0	0.0
24	CC2	2.0	11	2	1	66.7	33.3
25	CC2	2.0	7	2	0	100.0	0.0
26	CC2	2.0	6	4	0	100.0	0.0
27	CC2	2.0	7	2	1	66.7	33.3
28	CC2	2.0	7	5	0	100.0	0.0
29	CC2	2.0	5	2	0	100.0	0.0
30	CC2	2.0	8	2	1	66.7	33.3
31	CC2	2.0	2	2	0	100.0	0.0
32	CC2	2.0	10	4	0	100.0	0.0
33	CC2	2.0	7	2	1	66.7	33.3
34	CC2	2.0	6	4	0	100.0	0.0
35	CC2	2.0	6	2	0	100.0	0.0
36	CC2	2.0	18	6	1	85.7	14.3
37	CC2	2.0	4	3	0	100.0	0.0
38	CC2	2.0	5	3	0	100.0	0.0
39	CC2	2.0	8	3	0	100.0	0.0
40	CC2	2.0	5	2	0	100.0	0.0
41	CC2	2.0	8	2	0	100.0	0.0
42	CC2	2.0	7	2	0	100.0	0.0
43	CC2	2.0	4	3	0	100.0	0.0
44	CC2	2.5	17	6	1	85.7	14.3
45	CC2	2.5	7	5	0	100.0	0.0
46	CC2	2.5	6	3	0	100.0	0.0
47	CC2	2.5	8	4	0	100.0	0.0
48	CC2	2.5	8	3	0	100.0	0.0
49	CC2	2.5	4	3	0	100.0	0.0
50	CC2	2.5	6	5	1	83.3	16.7

Continúa



Número de muestra por CC	CC Agrupada	Escala CC	Total ovocitos recuperados A y B	Estado nuclear: Vesícula intacta	Estado nuclear: Vesícula rota	Porcentaje de Vesícula Germinal Intacta	Porcentaje de Vesícula Germinal rota
51	CC2	2.5	8	5	0	100.0	0.0
52	CC2	2.5	4	2	0	100.0	0.0
53	CC2	2.5	11	3	0	100.0	0.0
54	CC2	2.5	6	1	0	100.0	0.0
55	CC2	2.5	8	4	0	100.0	0.0
56	CC2	2.5	8	3	0	100.0	0.0
57	CC2	2.5	3	1	0	100.0	0.0
58	CC2	2.5	13	5	1	83.3	16.7
59	CC2	2.5	4	2	0	100.0	0.0
60	CC2	2.5	9	2	0	100.0	0.0
61	CC2	2.5	18	4	0	100.0	0.0
62	CC2	2.5	8	3	0	100.0	0.0
63	CC2	2.5	9	5	0	100.0	0.0
64	CC2	2.5	7	4	1	80.0	20.0
65	CC2	2.5	6	4	0	100.0	0.0
66	CC2	2.5	8	3	0	100.0	0.0
67	CC2	2.5	15	6	1	85.7	14.3
68	CC2	2.5	4	4	0	100.0	0.0
69	CC2	2.5	11	6	0	100.0	0.0
70	CC2	2.5	12	4	0	100.0	0.0
71	CC2	2.5	5	4	0	100.0	0.0
72	CC2	2.5	14	6	1	85.7	14.3
73	CC2	2.5	14	5	0	100.0	0.0
74	CC2	2.5	10	4	0	100.0	0.0
75	CC2	2.5	16	6	0	100.0	0.0
76	CC2	2.5	13	6	0	100.0	0.0
77	CC2	2.5	11	5	0	100.0	0.0
78	CC2	2.5	10	5	0	100.0	0.0
79	CC2	2.5	8	4	0	100.0	0.0
1	CC3	3.0	6	3	0	100.0	0.0
2	CC3	3.0	9	2	0	100.0	0.0
3	CC3	3.0	9	4	0	100.0	0.0
4	CC3	3.0	11	3	0	100.0	0.0
5	CC3	3.0	7	2	0	100.0	0.0
6	CC3	3.0	11	3	0	100.0	0.0
7	CC3	3.0	7	3	0	100.0	0.0
8	CC3	3.0	11	4	1	80.0	20.0
9	CC3	3.0	14	1	0	100.0	0.0
10	CC3	3.0	10	3	0	100.0	0.0
11	CC3	3.0	13	6	1	85.7	14.3
12	CC3	3.5	13	1	0	100.0	0.0
13	CC3	3.5	8	3	0	100.0	0.0



Resultados de procedimientos estadísticos en software InfoStat.

Tabla 15. Prueba de Kolmogorov para normalidad de datos.

Variable	Ajuste	Media	n	Estadístico	p - valor
Ovocitos recuperados por ovario	Normal (0,1)	4.85	212	0.94	0.0001
Ovocitos recuperados viables por ovario	Normal (0,1)	3.83	212	0.87	0.0001
Calidad de ovocitos A	Normal (0,1)	2.12	212	0.75	0.0001
Calidad de ovocitos B	Normal (0,1)	1.71	212	0.68	0.0001
Calidad de ovocitos C	Normal (0,1)	1.03	212	0.50	0.0001

Tabla 16. Prueba de Kruskal Wallis para ovocitos recuperados por ovario según condición corporal.

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna2	I	28	4.14	2	4.46	0.1032
Columna2	II	158	4.88			
Columna2	III	26	5.46			

Columna1: Condición corporal (I : baja, II : moderada, III : alta)

Columna2: ovocitos recuperados por ovario

Tabla 17. Prueba de Kruskal Wallis para ovocitos viables recuperados por ovario según condición corporal.

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna3	I	28	2.14	2	26.83	<0.0001
Columna3	II	158	3.94			
Columna3	III	26	4.96			

Columna1: Condición corporal (I : baja, II : moderada, III : alta)

Columna3: ovocitos viables recuperados por ovario



Tabla 18. Coeficientes de correlación de Spearman entre condición corporal y tipos de ovocitos.

Coeficientes de correlación

Correlación de Spearman

Variable (1)	Variable (2)	n	Spearman	p-valor
Columna1	Columna2	212	0.49	<0.0001
Columna1	Columna3	211	0.16	0.0179
Columna1	Columna4	212	-0.16	0.0163

Columna1: Condición corporal

Columna2: ovocitos tipo A

Columna3: ovocitos tipo B

Columna4 ovocitos tipo C

Tabla 19. Prueba de Kruskal Wallis para calidad de ovocitos A, B y C según condición corporal.

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna2	I	28	1.00	2	35.05	<0.0001
Columna2	II	158	2.15			
Columna2	III	26	3.19			

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna3	I	28	1.14	2	5.59	0.0502
Columna3	II	157	1.80			
Columna3	III	26	1.77			

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna4	I	28	2.00	2	27.59	<0.0001
Columna4	II	158	0.94			
Columna4	III	26	0.50			

Columna1: Condición corporal (I: baja, II: moderada, III: alta)

Columna2: ovocitos tipo A

Columna3: ovocitos tipo B

Columna4: ovocitos tipo C



Tabla 20. Medidas estadísticas de resumen de condición corporal y tipos de ovocitos.

Medidas resumen

Columnal	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx	Suma
I	Columna2	28	1.00	0.77	0.00	3.00	28.00
I	Columna3	28	1.14	0.85	0.00	3.00	32.00
I	Columna4	28	2.00	1.02	1.00	4.00	56.00
II	Columna2	158	2.15	1.33	0.00	7.00	339.00
II	Columna3	158	1.79	1.41	0.00	8.00	283.00
II	Columna4	158	0.94	0.94	0.00	4.00	149.00
III	Columna2	26	3.19	1.41	2.00	6.00	83.00
III	Columna3	26	1.77	1.07	0.00	4.00	46.00
III	Columna4	26	0.50	0.51	0.00	1.00	13.00

Columnal1: Condición corporal (I: baja, II: moderada, III: alta)

Columna2: ovocitos tipo A

Columna3: ovocitos tipo B

Columna4: ovocitos tipo C

Tabla 21. Coeficientes de correlación de Spearman entre condición corporal y estado de vesícula germinal intacta o rota.

Coeficientes de correlación

Correlación de Spearman

Variable (1)	Variable (2)	n	Spearman	p-valor
Columnal	Columna2	106	0.17	0.0790
Columnal	Columna3	106	0.03	0.7375

Columnal1: Condición corporal

Columna2: Vesícula germinal intacta

Columna3: Vesícula germinal rota

Tabla 22. Prueba de Kruskal Wallis para vesícula germinal intacta, vesícula germinal rota según condición corporal.

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna2	I	14	3.14	2	1.62	0.4251
Columna2	II	79	3.47			
Columna2	III	13	2.92			

Variable	Columnal	N	Medias	gl	H	p
Columna3	I	14	0.07	2	0.40	0.6115
Columna3	II	79	0.18			
Columna3	III	13	0.15			

Columna1: Condición corporal (I: baja, II: moderada, III: alta)

Columna2: Vesícula germinal intacta

Columna3: Vesícula germinal rota





Figura 4. Evaluación de la condición corporal.



Figura 5. Condición corporal 1



Figura 6. Condición corporal 1.5



Figura 7. Condición corporal 2



Figura 8. Condición corporal 2.5



Figura 9. Condición corporal 3



Figura 10. Recuperación de ovocitos mediante el método de aspiración folicular.



Figura 11. Fijación de ovocitos desnudos.

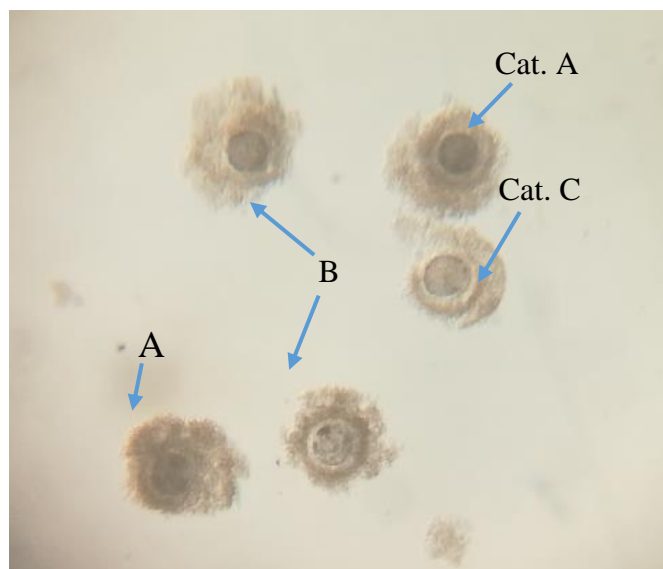


Figura 12. Calidad de ovocitos.

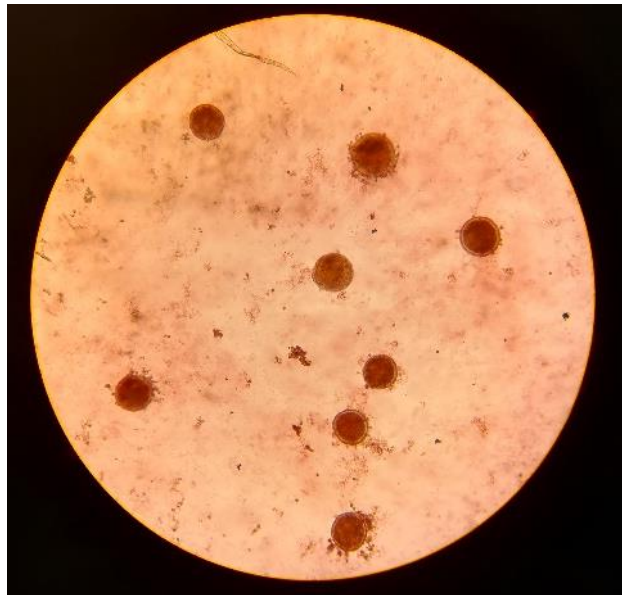


Figura 13. Ovocitos teñidos con Lacmoid post fijación con etanol/ácido acético.

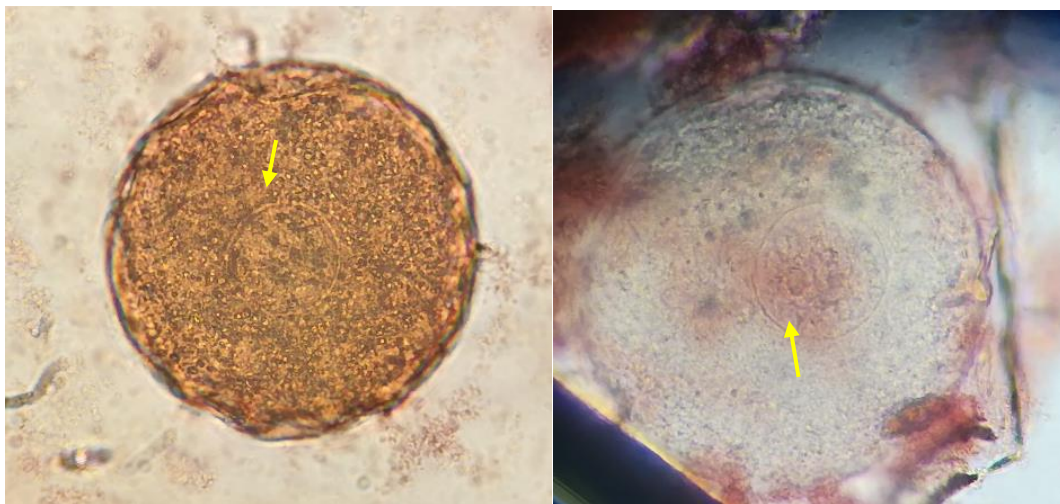


Figura 14. Ovocitos con vesícula germinal intacta.

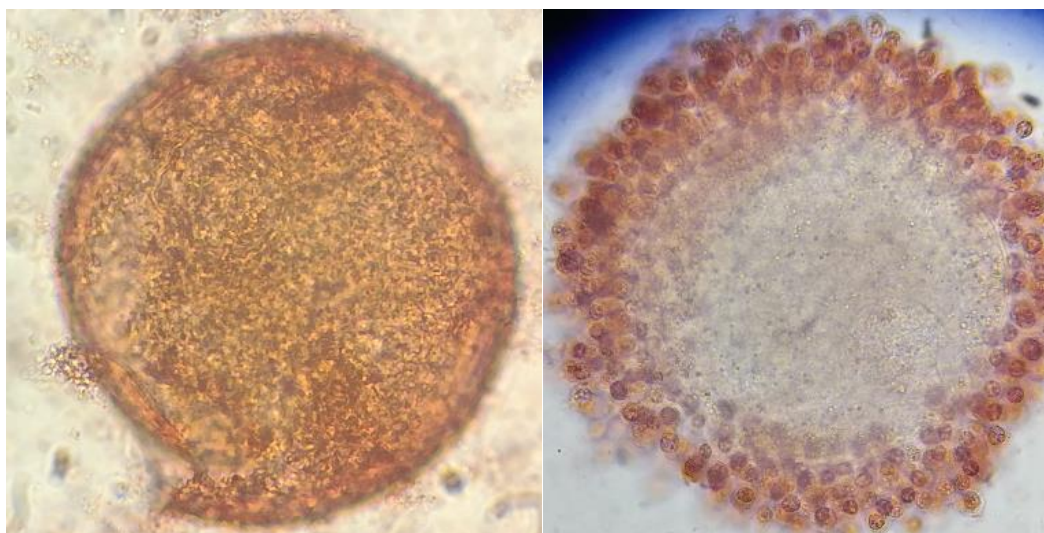


Figura 15. Ovocitos con vesícula germinal rota.