

I. ÍNDICE

I. ÍNDICE	1
II. RESUMEN	6
III. INTRODUCCIÓN	8
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	10
4.1. EL GANADO CRIOLLO	10
4.2. CICLO ESTRAL	10
4.2.1. COMPORTAMIENTO ESTRAL	11
4.2.2. FASES DEL CICLO ESTRAL	12
4.2.3. HORMONAS SEXUALES INVOLUCRADAS EN EL CICLO ESTRAL	12
4.3. DINÁMICA FOLICULAR	13
4.3.1. ONDAS FOLICULARES	14
4.3.2. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA DINÁMICA FOLICULAR	14
a. PALPACIÓN RECTAL	15
b. VALORACIÓN DE LOS NIVELES HORMONALES	15
c. ULTRASONOGRAFÍA	17
V. MATERIALES Y MÉTODOS	18
5.1. LUGAR DE TRABAJO	18
5.1.1. LUGAR DE TRABAJO DE CAMPO	18
5.1.2. LUGAR DE PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS	18
5.2. ANIMALES	19
5.3. METODOLOGIA DEL TRABAJO	19
5.3.1. ULTRASONOGRAFÍA	19
5.3.2. COMPORTAMIENTO ESTRAL	22
5.3.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PROGESTERONA	23
5.3.4. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL PASTO	24
5.3.5. ORDENAMIENTO CRONOLÓGICO DE LOS CICLOS OBSERVADOS	25
5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
6.1. DURACIÓN DEL CICLO ESTRAL	26
6.2. NÚMERO DE ONDAS POR CICLO	28
6.3. LONGITUD DE CICLO ESTRAL POR ONDA	29
6.4. NÚMERO DE FOLICULOS OBSERVADOS POR ONDA	30
6.5. DIÁMETRO DEL FOLICULO DOMINANTE	31
6.6. DIÁMETRO DEL FOLÍCULO OVULATORIO	33
6.7. TASA DE CRECIMIENTO FOLICULAR	34
6.8. DIAMETRO MAXIMO DEL CUERPO LUTEO	35
6.9. TASA DE CRECIMIENTO DEL CUERPO LÚTEO	36
6.10. NIVELES DE PROGESTERONA PLASMATICA	37
6.11. EVALUACION DE PASTO	38
VII. CONCLUSIONES	
VIII. RECOMENDACIONES	41
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
X. ANEXOS	43
	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Concentración de progesterona (ng/mL) en las diferentes etapas del ciclo estral de vaquillas Holstein, en la estación seca y lluviosa – Junín.	16
Tabla 2: Duración promedio (días) del ciclo estral en vacas criollas.	26
Tabla 3: Duración del ciclo estral (días) según el número de ondas de crecimiento folicular.	29
Tabla 4: Diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo dominante y su duración (días).	31
Tabla 5: Diámetro máximo alcanzado (mm) del cuerpo lúteo.	35
Tabla 6: Niveles de progesterona plasmática (ng/mL).	37
Tabla 7: Análisis proximal del pasto natural expresado en base seca	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Lugar de trabajo de campo	18
Figura 2: Animales estudiados	19
Figura 3: Ecógrafo	20
Figura 4: Ultrasonografía transrectal	20
Figura 5: Imágenes ecográficas	21
Figura 6: Mediciones foliculares	22
Figura 7: Comportamiento estral y signos de estro presentado	22
Figura 8: Muestreo de sangre	23
Figura 9: Obtención de suero	23
Figura 10: Pasto natural	24
Figura 11: Duración promedio (días) del ciclo estral en vacas criollas.	27
Figura 12: Número de ondas por ciclo estral en vacas criollas.	28
Figura 13: Número de folículos observados por onda de crecimiento folicular.	30
Figura 14: Diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo dominante según la época del año.	32
Figura 15: Diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo ovulatorio según la época del año.	33
Figura 16: Tasa de crecimiento folicular (mm/día) según la época del año.	34
Figura 17: Tasa de crecimiento (mm/día) del cuerpo lúteo.	36
Figura 18: Patrón de las concentraciones de progesterona plasmática.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Prueba T Student para la duración promedio (días) del ciclo estral en la época de lluvias y seca.	46
Anexo 2: Prueba T Student para el número de folículos observados por onda de crecimiento folicular.	46
Anexo 3: Prueba T Student para el diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo dominante.	47
Anexo 4: Prueba T Student para el diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo ovulatorio.	47
Anexo 5: Prueba T Student para la tasa de crecimiento folicular (mm/ día).	48
Anexo 6: Prueba de T Student para el tamaño máximo alcanzado del cuerpo lúteo (mm).	48
Anexo 7: Prueba de T Student para la tasa de crecimiento del cuerpo lúteo (mm/ día).	49
Anexo 8: Concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/mL).	50

II. RESUMEN

Con el propósito de caracterizar la dinámica folicular de vacas criollas bajo condiciones de pastoreo en zonas altoandinas en las estaciones correspondientes a la época lluviosa y seca, se estudiaron 15 vacas vacías con edades entre cuatro a seis años y con una condición corporal de 2.5 en la escala del 1 al 5. Se realizó el seguimiento ultrasonográfico cada 48 horas durante dos ciclos consecutivos por cada época y se tomaron muestras de sangre, semanalmente para determinar la concentración de progesterona (P4) por radioinmunoanálisis. La duración promedio del ciclo estral fue de $22,71 \pm 1,68$ días, con un mínimo de 19 días y un máximo de 25 días, se pudieron observar ciclos con dos, tres y hasta cuatro ondas foliculares, los cuales se presentaron en una proporción de 10, 66 y 24 por ciento respectivamente. De las 58 ovulaciones estudiadas, 32 (54 por ciento) correspondieron al ovario derecho y 26 (46 por ciento) al ovario izquierdo y se observaron 3 CL cavitarios que representan 5,17 por ciento. En cuanto a las características foliculares de manera específica, el tamaño máximo alcanzado del folículo dominante fue de $14,78 \pm 1,35$ mm y $16,04 \pm 1,75$ mm del folículo ovulatorio. La tasa de crecimiento para los folículos dominantes (FD) fue de 0,95 mm/día; para los folículos subordinados (FS) fue de 0,37 mm/día y para los folículos ovulatorios (FO) fue de 1,98 mm/día; al realizar la prueba T de los resultados por época (lluviosa y seca), se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$). El diámetro máximo alcanzado del cuerpo lúteo fue de 21,68 mm, y se presentó entre los días 9 - 10 después del celo y la tasa de crecimiento (TC), fué de 0,98 mm/día.

Palabras clave: Dinámica folicular, vacas criollas, zona altoandina.

SUMMARY

In purpose to characterize the follicular dynamics of creole cattle under grazing conditions in high andean areas in the seasons corresponding to the rainy and dry season, 15 empty cows were studied with ages between four and six years and with a body condition of 2.5 in the scale from 1 to 5. Ultrasound monitoring was performed every 48 hours for two consecutive cycles for each time period and weekly blood samples were taken to determine progesterone (P4) concentration by radioimmunoassay. The mean duration of the estrous cycle was 22.71 ± 1.68 days, with a minimum of 19 days and a maximum of 25 days, cycles with two, three and up to four follicular waves could be observed, which were presented in a proportion of 10, 66 and 24 percent respectively. Of the 58 ovulations studied, 32 (54 percent) corresponded to the right ovary and 26 (46 percent) to the left ovary and 3 corpora lutea cavities, representing 5.17 percent were observed. As for the specific follicular characteristics, the maximum size of the dominant follicle was 14.78 ± 1.35 mm and 16.04 ± 1.75 mm of the ovulatory follicle. The growth rate for dominant follicles (FD) was 0.95 mm / day; for the subordinate follicles (FS) was 0.37 mm / day and for the ovulatory follicles (FO) it was 1.98 mm / day; when the T test of the results by season (rainy and dry), statistical differences were found ($p < 0.05$). The maximum diameter reached of the corpus luteum was 21.68 mm, and presented between days 9-10 after the estrus and the growth rate (TC), was 0.98 mm / day.

Key words: Follicular dynamics, Creole cattle, High Andean zone.

III. INTRODUCCIÓN

La ganadería altoandina es una actividad económica muy importante en nuestro país pues constituye fuente de trabajo para el poblador andino, además de proporcionar carne, leche y tracción para el arado, es en muchos casos el único sustento de la familia debido a que las condiciones del clima y altitud no permiten desarrollar cultivos de pan llevar.

Esta actividad ganadera, se basa en el aprovechamiento de los pastos naturales, cuya disponibilidad varía de acuerdo a la estación, por lo que el ganado consume a lo largo del año pastos de diferente calidad y composición, existiendo periodos marcados de subnutrición correspondiente a la época de seca, los que luego mejoran notablemente en la época de lluvias.

El ganado que prospera bajo estas condiciones ha desarrollado características de adaptación tales como la rusticidad, incluyendo la capacidad para sostenerse en pasturas de baja calidad nutricional, lo mismo que resistencia a enfermedades; estas poblaciones de animales son llamadas “criollas”.

La utilización óptima de animales que se adapten a la zona altoandina como el ganado criollo, es sin duda una estrategia que ayudará a mejorar la productividad en la zona; sin embargo, no se cuenta con la información necesaria para su mejoramiento, manejo e inserción a la ganadería productiva del país.

Es importante por lo tanto, ampliar el conocimiento sobre las características del ciclo reproductivo (ciclo estral) del ganado criollo, porque con el conocimiento de estos procesos fisiológicos se podrían determinar los factores que afectan características más específicas como, la dinámica folicular y los eventos periovulatorios, permitiendo a su vez controlarlos, establecer pautas para el manejo reproductivo y lograr producir una concepción efectiva, en función al sistema de explotación extensivo, con el propósito de hacer más eficiente el uso de los recursos naturales disponibles en la región alto andina.

El objetivo general del presente estudio fue caracterizar la dinámica folicular de vacas criollas bajo condiciones de pastoreo en zonas altoandinas en las estaciones correspondientes a la época lluviosa y seca, mediante el seguimiento ultrasonográfico de las estructuras ováricas y la determinación de niveles séricos de progesterona (P4).

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. EL GANADO CRIOLLO

El ganado criollo es descendiente de los animales introducidos en los primeros años de la colonización americana en el siglo XVI; a lo largo de 500 años los animales pudieron reconfigurar su constitución genética de acuerdo a las distintas condiciones ambientales (López, 2005), como las encontradas en el altiplano y valles interandinos de nuestro país.

De esta manera se dio origen a un animal de triple propósito como proveedor de carne, leche y tracción con características de rusticidad, resistencia y adaptabilidad, lo cual fue de gran importancia, pues se produjo un rápido incremento del número de animales en todo el país. Los bovinos criollos en nuestro país son un conjunto de poblaciones muy heterogéneas, con numerosos morfotipos y adaptaciones locales escasamente estudiadas (Rosemberg, 2004).

Al no haber sido sometido a ningún programa de selección ni mejoramiento, el ganado criollo tiene bajos índices productivos; sin embargo, mantiene las características que posibilitaron su adaptación a medios muy agrestes, con baja infraestructura y disponibilidad de pasturas (Horber, 1984).

4.2. CICLO ESTRAL

El ciclo estral representa un patrón cíclico de actividad ovárica, endocrina y conductual recurrente, que tienen la finalidad de que ocurra la ovulación, el apareamiento y la gestación (Henao, 2011); esto representa un complejo mecanismo morfológico, histológico y endocrinológico, no solamente en los órganos reproductivos sino también en otros órganos del animal.

Valle (2008), Motta *et al.* (2011) y Hafez (2000), indicaron que bajo condiciones normales, el ciclo estral tiene una duración de 20 días en novillas y 21 días en vacas, siendo el rango normal de 18 a 22 y 18 a 24 días, respectivamente.

El fenómeno más significativo durante el ciclo estral es el periodo del estro (celo), el cual se repite (con excepción durante la preñez) rítmica y cíclicamente, caracterizándose por el aumento de libido sexual y es el periodo durante el cual la hembra está dispuesta para la cópula (Forde *et al.*, 2011).

4.2.1. COMPORTAMIENTO ESTRAL

Zárate *et al.* (2003) indicaron que durante el periodo de celo las hembras se encuentran inquietas, caminan con mayor frecuencia, mugen, y realizan frotamientos de cabeza y cuello entre ellas. Además, Henao *et al.* (2003) describió que durante el proestro, las hembras olfatean y lamen los genitales de sus compañeras.

En cuanto a los signos físicos, Zárate *et al.* (2003) indicaron que la descarga de moco cervical es uno de los principales signos y, como consecuencia de la actividad de monta, los pelos de la zona del anca se encuentran revueltos o inclusive depilados.

López (2005) indicó que la edematización vulvar es un signo provocado por los estrógenos que causan un incremento de la irrigación de los genitales externos. El reconocimiento del comportamiento de la vaca durante el estro permite el diseño de programas biotecnológicos como la inseminación artificial, la transferencia de embriones y la monta controlada (López, 2005). El clima, la raza, el sistema de manejo, el grado de interacción social del hato influyen sobre la conducta, lo que ayuda o dificulta la determinación del ciclo (Sanz, 2000).

4.2.2. FASES DEL CICLO ESTRAL

Cada ciclo estral comprende dos fases: la fase folicular y la fase luteal.

Valle (2008) describe la fase folicular como la del desarrollo del folículo pre ovulatorio y la secreción de estradiol por parte de ese folículo, donde el estradiol secretado tiene entre sus funciones, ejercer un efecto de retroalimentación positiva sobre la secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), con el objeto de

completar el desarrollo del folículo pre ovulatorio y la maduración final y ovulación del mismo, respectivamente.

Asimismo, Forde *et al.* (2011) señalan que la fase luteal se caracteriza por la secreción de progesterona, la cual es producida por el cuerpo lúteo que se formó después de la ovulación del folículo pre ovulatorio. Al final de la fase luteal, entre los días 15 a 17 del ciclo, si la vaca no preñó, el cuerpo lúteo inicia su regresión por acción de la prostaglandina F2 α (PGF2 α), lo cual permite que se inicie el desarrollo del nuevo folículo pre ovulatorio.

Por otro lado, es posible dividir la actividad cíclica en cuatro periodos como son: estro, metaestro, diestro y proestro. Forde *et al.* (2011) describen el periodo del estro como un periodo relativamente breve que dura solo algunas horas, hasta un par de días y que el periodo del metaestro transcurre entre los 2 y 5 días representando la actividad folicular; además indica que el diestro es periodo de reposo o quiescencia sexual y que se produce entre los días 5 y 18 del ciclo cuando predomina la función del cuerpo amarillo.

El tiempo transcurrido entre diestro y el nuevo estro lo ocupa el periodo del proestro y es cuando desaparece el dominio de la función del cuerpo lúteo en el organismo y se inicia la nueva actividad estral.

4.2.3. HORMONAS SEXUALES INVOLUCRADAS EN EL CICLO ESTRAL

Las hormonas juegan un papel importante en el ciclo estral y su regulación requiere de un sutil balance entre las diversas interacciones del eje hipotálamo hipófisis-ovarios-útero (Motta *et al.*, 2011).

Los estímulos del medio externo, actúan sobre estructuras nerviosas extra hipotalámicas que a su vez ejercen un efecto de estímulo sobre el hipotálamo, el cual en sus neuronas se encarga de la producción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) que es liberada en forma de pulsos. La GnRH en la eminencia media, difunde a los capilares del sistema portahipofisiario y de allí hasta las células de la adenohipófisis en donde estimula la síntesis de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) (Forde *et al.*, 2011).

Motta *et al.* (2011), señalan que la FSH es la responsable del proceso de esteroidogénesis folicular, crecimiento y maduración del folículo dominante; por otro lado la LH está involucrada en el proceso de esteroidogénesis luteal, ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo.

La liberación de estas hormonas es por medio de pulsos que varían en frecuencia y amplitud y son reguladas por el sistema tónico y cíclico ubicado en el hipotálamo. El sistema tónico produce el nivel basal circulante, siempre constante de hormonas hipofisarias encargadas del desarrollo de los elementos germinales y endocrinos del ovario. El sistema cíclico es de función aguda, siendo activo solo 12 a 24 horas en cada uno de los ciclos reproductivos de las hembras “generalmente en el estro”. El modo cíclico tiene la función de generar la dehiscencia folicular (Forde *et al.*, 2011).

4.3. DINÁMICA FOLICULAR

La dinámica folicular puede definirse como el proceso de crecimiento continuo y de regresión de folículos antrales que conlleva al desarrollo del folículo pre ovulatorio (Ginther *et al.*, 1999).

El ciclo estral en bovinos está caracterizado por la presencia de dos o tres ondas de desarrollo folicular (Carou *et al.*, 2001). Cada onda incluye el reclutamiento inicial de un grupo de folículos de los cuales uno es seleccionado (folículo dominante), el cual continua su crecimiento en un medio hormonal mientras los otros folículos caen en la atresia, denominándose así, folículo dominante y folículos subordinados respectivamente; presentándose importantes cambios morfológicos y funcionales en las células de la teca y granulosa en los folículos dominantes (Forde *et al.*, 2011).

Rosales *et al.* (2012), afirman que el desarrollo del folículo hasta la etapa antral parece ser independiente de gonadotropinas y promovida por factores de crecimiento. Además indica que la secreción cíclica posterior de la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH) promueven el reclutamiento y permite que subgrupos de folículos antrales grandes continúen su crecimiento y probablemente ovulen, si coinciden con la luteolisis.

El desarrollo folicular en vacas, borregas y cabras durante el ciclo estral, se da en un patrón de ondas foliculares en las que grupos de folículos inician su crecimiento en respuesta a la elevación de la hormona folículo estimulante (FSH), pero solo algunos (borregas y cabras) o uno (vacas) será seleccionado como dominante y ovulará si su dominancia coincide con la lisis del cuerpo lúteo (CL) y la reducción de progesterona (Carou *et al.*, 2001).

Dentro de los factores que determinan si un folículo antral pequeño inicia, continua o termina su desarrollo, están principalmente, su capacidad de respuesta a gonadotropinas, su capacidad esteroidogénica y la presencia de factores de sobrevivencia y proliferación celular tales como el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-I) y el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) (Rosales *et al.*, 2012).

4.3.1. ONDAS FOLICULARES

El desarrollo y regresión de folículos se dan en procesos ordenados llamados "ondas de desarrollo folicular"; una onda de crecimiento folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos (Carou *et al.*, 2001).

Durante el ciclo estral se pueden presentar una, dos, tres y hasta cuatro ondas de crecimiento folicular, no existiendo hasta el momento una explicación sobre cuál es la causa por la cual las vacas tienen un mayor o menor número de ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral. Sin embargo, se ha asociado que un mayor número de ondas de crecimiento folicular ovárico se presenta en ciclos estrales con mayores niveles de progesterona y a factores como la dieta, manejo, producción de leche, periodo de lactancia, y postparto (López, 2005).

La dieta puede afectar el patrón de ondas de crecimiento folicular, debido a que una nutrición pobre está asociada a bajas concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo 1 circulante (IGF-I), existe una reducción del diámetro del folículo dominante de todas las ondas y también reduce el tiempo de persistencia de este folículo durante la primera onda (Henaó *et al.*, 2003).

4.3.2. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA DINÁMICA FOLICULAR

Se usan diversos métodos para conocer la evolución de los folículos ováricos durante el ciclo estral, tanto en sus variaciones estructurales como morfológicas, de todos ellos destacan la palpación rectal, la valoración de niveles hormonales y la ultrasonografía.

a. PALPACIÓN RECTAL

El examen rectal en bovinos es la metodología más práctica para la auscultación, diagnóstico clínico y diagnóstico de gestación dentro del manejo reproductivo de esta especie (Hafez, 2000).

Henao (2010), describe la técnica denominada palpación rectal la cual consiste en introducir la mano por el recto del animal y reconocer a través de la palpación cómo se encuentran todas las estructuras internas de la vaca, este examen debe realizarse de manera metódica, tomando como referencia algunas estructuras anatómicas como el piso de la pelvis y cervix, que permitan la identificación de los órganos de interés como las estructuras ováricas.

b. VALORACIÓN DE LOS NIVELES HORMONALES

La valoración de los niveles hormonales que coinciden con las distintas fases foliculares es empleada como criterio para estudiar la dinámica folicular. En la especie bovina, la concentración plasmática de progesterona en líquidos circundantes ayuda a conocer o confirmar la etapa del ciclo estral en la que se encuentra, pues la progesterona refleja la función del cuerpo lúteo (Matamoros *et al.*, 2002).

Las fluctuaciones del monitoreo secuencial de las concentraciones de progesterona reflejan los cambios que ocurren en el ovario del animal, siendo elevados durante la fase luteal y basales en el día del estro (González, 2000).

La medición de progesterona usualmente se realiza mediante la técnica de Radioinmunoanálisis (RIA) que es una técnica inmunológica para la cuantificación de antígenos o anticuerpos en una muestra problema; para lo cual utilizan antígenos (o anticuerpos) marcados con radioisótopos de yodo (^{125}I).

(Matamoros *et al.*, 2002), explican que el fundamento de la técnica de Radioinmunoanálisis (RIA) consiste en la reacción antígeno-anticuerpo, y la cuantificación de la radiación emitida por el isótopo en el antígeno que no reacciona (en el caso del radioinmunoanálisis directo) o bien la radiación emitida desde el anticuerpo; que ha reaccionado (radioinmunoanálisis indirecto). Esta técnica tiene la ventaja de ser muy sensible, fácil y de alta reproducibilidad;

así, la determinación de los niveles plasmáticos de progesterona mediante radioinmunoanálisis constituye uno de los métodos más convenientes para determinar la ciclicidad ovárica.

González (2000), manifiesta que en el día del celo las concentraciones plasmáticas de progesterona no exceden los 0.3 ng/mL, después del tercer día las concentraciones son mayores de 1 ng/mL y para los días 7 al 18 las concentraciones fluctúan entre las 6 a 10 ng/mL. Por otro lado, Matamoros *et al.* (2002) afirman que se pueden encontrar valores altos de esta hormona alrededor del día 10 después de la ovulación, los cuales se mantienen, y no decaen como en el animal no gestante, alrededor del día 16 ó 17 del ciclo.

Morales *et al.* (1990) midieron las concentraciones de progesterona en vaquillonas de la raza Holstein, durante las estaciones lluviosa y seca en el trópico cubano, reportando niveles bajos para los días 2 – 6, niveles en incremento para los días 6 – 18 y un descenso de estos para los días 18 – 22; además menciona que los niveles promedio de progesterona en plasma son más altos durante la estación lluviosa que en la seca en todas las etapas del ciclo.

Tabla 1: Concentración de progesterona (ng/mL) en las diferentes etapas del ciclo estral de vaquillas Holstein, en la estación seca y lluviosa - Junín

Días	2 – 6 (X ±SD)	6 – 10 (X ±SD)	10 – 14 (X ±SD)	14 – 18 (X ±SD)	18 – 22 (X ±SD)
Estación seca	0.63 ± 0.60	3.96 ± 2.93	7.26 ± 2.93	9.22 ± 3.31	3.86 ± 2.69
Estación lluviosa	3.72 ± 2.69	13.3 ± 7.73	17.9 ± 5.12	19.7 ± 5.03	11.9 ± 12.3

Fuente: Morales *et al.* (1990)

c. ULTRASONOGRAFÍA:

La ecografía o ultrasonografía es una técnica que emplea ondas de sonido de alta frecuencia para producir imágenes de los tejidos blandos y órganos internos.

Tamayo (2000), explica que el ecógrafo posee una sonda transductora que contiene una serie de cristales piezoeléctricos capaces de vibrar al ser estimulados eléctricamente y emitir ondas sonoras no perceptibles al oído humano, la reflexión de los ultrasonidos en los diferentes tejidos produce unos ecos que de nuevo son recogidos por el transductor, donde someten a los cristales a una vibración que produce unas cargas eléctricas que son representadas en el monitor como puntos de brillo, convertidas en imágenes a tiempo real. En función de la cantidad de ecos que producen, los tejidos pueden clasificarse como hiperecogénicos, anecogénicos o hipogénicos, mostrándose en el monitor de color blanco, negro o más o menos oscuro, respectivamente.

La aplicación confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal, constituyendo un medio diagnóstico de certeza en la dinámica de las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, la determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación del órgano reproductor en general (Valle, 2008).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. LUGAR DE TRABAJO

5.1.1. LUGAR DE TRABAJO DE CAMPO

El presente trabajo se realizó en la zona altoandina del distrito de Carapo, provincia de Huancasancos, departamento de Ayacucho; a una altitud de 3 320 a 3850 msnm., Latitud: -13.8389, Longitud: -74.3119, temperatura media anual de 11.4 ° C y precipitación media anual de 702 mm.



Figura 1: Lugar de trabajo de campo

5.1.2. LUGAR DE PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las muestras de sangre para la determinación de progesterona, fueron analizadas en el Laboratorio de Reproducción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Asimismo, el análisis proximal del pasto se realizó en el Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación animal de la misma Facultad.

5.2. ANIMALES

Se utilizaron 15 vacas criollas vacías, con previa evaluación ginecológica, en condiciones normales y cuya edad fluctúa entre 4 a 6 años; las cuales, en un inicio, se encontraban ciclando normalmente y tenían una condición corporal de 2.5 a 3 en la escala de 1 a 5.



Figura 2: Animales estudiados

No se realizó ningún tratamiento sincronizador debido a que el objetivo fue estudiar la dinámica folicular de los ciclos estrales espontáneos que el animal presentaba naturalmente en un ambiente altoandino, tanto en la época lluviosa (Enero- Marzo) como en la época seca (Julio - Setiembre).

5.3. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

5.3.1. ULTRASONOGRAFÍA

Las vacas fueron examinadas cada 48 horas mediante ultrasonografía transrectal, durante al menos dos ciclos consecutivos por época, utilizando un ecógrafo portátil ESAOTE TRINGA LINEAR VET dotado de una sonda lineal de 7.5 MHz.



Figura 3: Ecógrafo

Para la ultrasonografía transrectal, primero se inmovilizó al animal en un brete de manejo, se realizó el lavado de los genitales externos con agua tibia y se procedió a insertar la mano enguantada y lubricada para la palpación rectal, previa remoción de heces de la ampolla rectal y poder ingresar la sonda e iniciar la exploración ultrasonográfica.



Figura 4: Ultrasonografía transrectal

Los ovarios de cada vaca fueron observados cuidadosamente, por lo menos en dos planos realizando un barrido de un extremo a otro; de esta manera las imágenes fueron grabadas y se obtuvieron al menos 4 imágenes por ovario para realizar las mediciones de las estructuras ováricas.



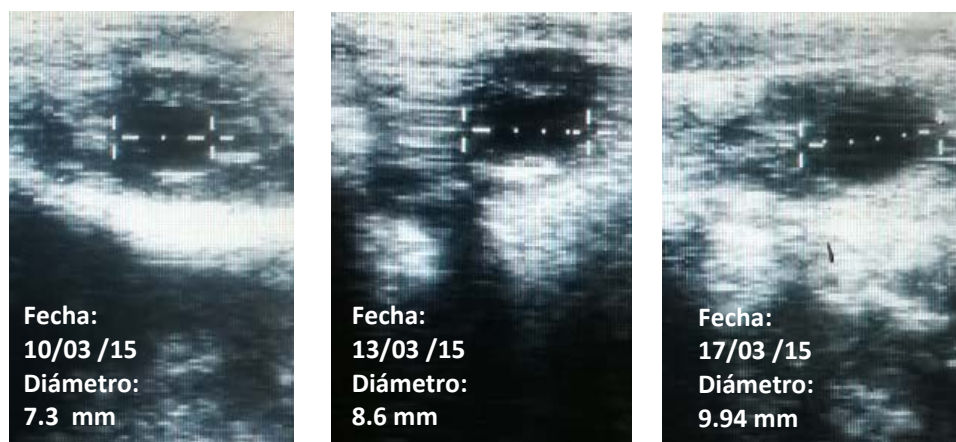
Vaca N° 10 - Ovario Izquierdo - Folículo preovulatorio (19.2 mm)



Vaca N° 13 - Ovario derecho - Cuerpo lúteo (23.3 mm)

Figura 5: Imágenes ecográficas

El perfil de dinámica folicular de cada animal se determinó a partir del análisis retrospectivo de los datos obtenidos en la ultrasonografía de cada folículo detectado a partir de 4mm. Se registraron las variaciones en tamaño del cuerpo lúteo y el diámetro folicular para cada observación, lo que permitió determinar la tasa de crecimiento, la cual se calculó tomando el diámetro máximo alcanzado por el folículo, menos el diámetro de su primera evaluación, dividido por el número de días de vida del folículo.



Vaca N°15 - Ovario derecho - Seguimiento del crecimiento folicular

Figura 6: Mediciones foliculares

5.3.2. COMPORTAMIENTO ESTRAL

Se realizó la observación visual directa diaria, 2 veces por día (mañana y tarde); de este modo se pudo determinar el día del celo, comportamientos y signos característicos.



Figura 7: Comportamiento estral y Signos de estro presentados

5.3.3. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PROGESTERONA

Se tomaron muestras de sangre semanalmente por el mismo periodo de la evaluación ultrasonográfica. Las muestras de sangre se obtuvieron por punción en la vena coccígea y yugulara usando agujas N° 18 Gx 1” en tubos vacutainer de 5 ml sin anticoagulante.



Figura 8: Muestreo de sangre

Las muestras se mantuvieron refrigeradas, se separó el plasma por centrifugación dentro de las 2 horas y se conservaron a -20°C hasta su procesamiento en el laboratorio.



Figura 9: Obtención del suero

La determinación de la concentración de progesterona se realizó mediante la técnica de radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida, usando un antiP4

monoclonal y ^{125}I progesterona como trazador, validados para plasma bovino. La concentración de P4 se expresa en ng/mL a efecto de evaluar niveles de P4 como indicador de la actividad de CL.

5.3.4. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL PASTO

Se obtuvieron muestras de pasto natural que era consumido por los animales, tanto en la época de lluvias como en la época seca, para realizar su respectivo análisis proximal.





Figura 10: Pasto Natural

Las muestras fueron tomadas al azar, siguiendo el desplazamiento del animal y simulando el movimiento que éstos realizan para arrancar el pasto. El análisis proximal nos indicó el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos, ceniza y extracto libre de nitrógeno.

5.3.5. ORDENAMIENTO CRONOLÓGICO DE LOS CICLOS OBSERVADOS

Se ordenó el ciclo de acuerdo a la concentración de P4, las imágenes ultrasonográficas o la observación visual de celo, asumiendo como día 0 de cada ciclo la presentación de celo, el nivel basal de P4 o el día previo a la imagen de ovulación.

5.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicaron pruebas de estadística descriptiva a las diferentes variables usando el paquete estadístico de Microsoft Excel 2010. Los valores se expresan como promedios y desvío estándar (DS) del conjunto de observaciones.

Para la comparación de medias en la época seca y de lluvias se usó la prueba T Student. La prueba T para datos apareados, consiste en comparar las medias de un grupo de unidades que han sido evaluadas en dos ocasiones diferentes, como en este caso.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. DURACIÓN DEL CICLO ESTRAL

En la época lluviosa, 4 de las 15 vacas fueron evaluadas en 3 ciclos seguidos, 8 en 2 ciclos y en las 3 restantes el periodo de evaluación abarcó un solo ciclo completo. El promedio de la duración del ciclo estral fue de $22,42 \pm 1,58$ días.

En la época seca, 2 de las 15 vacas fueron evaluadas en 3 ciclos seguidos, 8 en 2 ciclos y en las 5 restantes en un ciclo completo. El promedio de la duración del ciclo estral fue de $23,04 \pm 1,69$ días.

La duración promedio de los 58 ciclos estrales estudiados a lo largo del año, fue de $22,71 \pm 1,68$ días, con un mínimo de 19 días y un máximo de 25 días.

Tabla 2: Duración promedio (días) del ciclo estral en vacas criollas.

	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
PROMEDIO	22,42	23,04
DS	1,58	1,69

Estos resultados se encuentran por encima del promedio para la especie bovina (21 días); reportada por Hafez (2000) y Forde *et al.* (2011). Asimismo, Quispe *et al.* (2013), quien hizo un estudio similar en ganado Brown Swiss en condiciones de altura con pasto cultivado en Puno, reporta un promedio de 20.5 ± 2.3 días.

Algunas de las razones para que las vacas no tengan el promedio para su especie incluyen enfermedades, condiciones climáticas y una inadecuada nutrición, a esta última se le atribuyen la mayoría de fallas reproductivas, debido a que el organismo prioriza los escasos nutrientes obtenidos de los pastos naturales en la mantención del organismo.

El sistema de evaluación de las reservas corporales más conocido es la medición de la condición corporal (CC), los cambios en la CC son una guía para evaluar el estado nutricional de los animales.

En el presente trabajo se realizó la medición de la CC en cada época; así, en la época de lluvias los animales tenían una CC de 2.5 a 3 en la escala de 1 a 5, y en la época seca muchas de ellas llegaron a tener una CC por debajo de 2.0.

En la figura 11. Se puede apreciar que la duración promedio del ciclo estral es más larga en la época seca ($23,04 \pm 1,69$ días) con respecto a la época de lluvias ($22,42 \pm 1,58$ días).

Cuando se hizo la comparación de ambos promedios mediante la prueba T (Anexo 1), se determinó que si hay diferencia significativa entre ambos ($p < 0.05$).

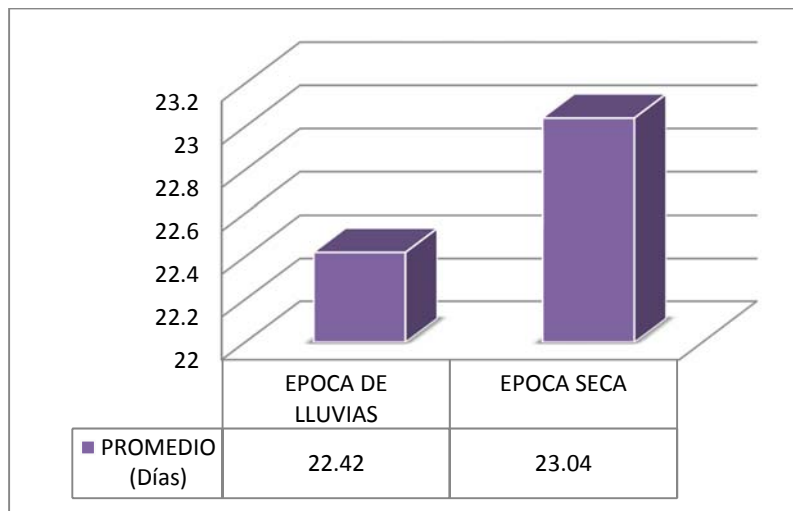


Figura 11: Duración promedio (días) del ciclo estral en vacas criollas.

Esta clara diferencia entre épocas se puede atribuir al estrés nutricional y climático que sufren los animales en el periodo invernal. Se sabe que el desempeño reproductivo es altamente influenciado por las reservas corporales del ganado (proteínas y grasa), el cual puede variar de manera dramática en periodos de friaje por la alta demanda de calorías para mantener la temperatura corporal o en periodos de escases de alimento para poder mantener las funciones vitales del organismo.

6.2. NÚMERO DE ONDAS POR CICLO ESTRAL

Se pudieron observar ciclos con 2, 3 y hasta 4 ondas foliculares, los cuales se presentaron en una proporción de 13%, 71% y 16 % en la época de lluvias y 7% 59% y 33% en la época seca respectivamente.

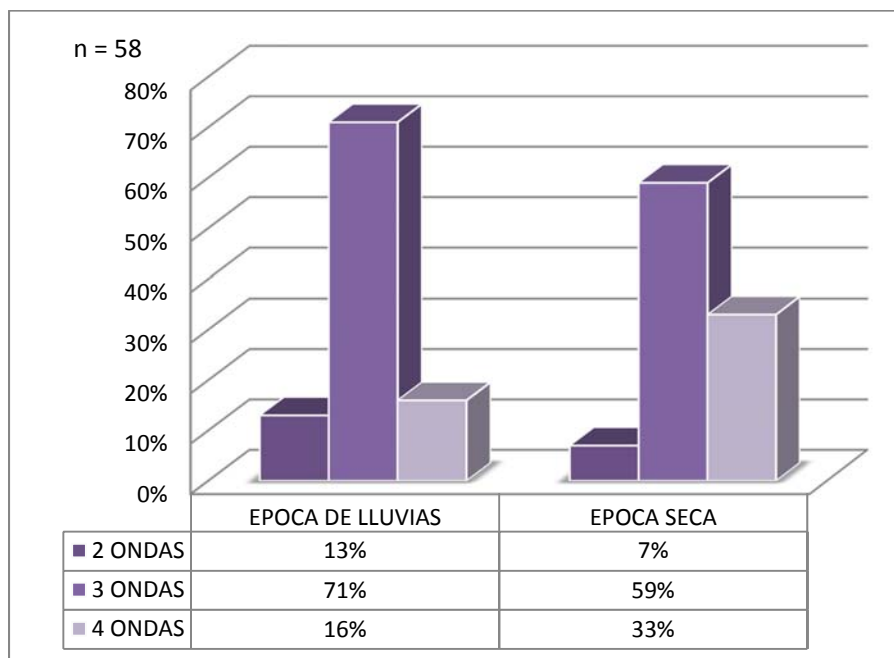


Figura 12: Número de ondas por ciclo estral en vacas criollas.

En la Figura 12 se aprecia que los animales presentan en su mayoría 3 ondas en su ciclo estral en ambas épocas, sin embargo hubo un ligero incremento de animales que presentaron 4 ondas en su ciclo estral en la época seca con respecto a la época de lluvias, lo que puede ser debido a factores externos como a alimentación, medio ambiente o estado de salud del animal.

El patrón de 4 ondas de crecimiento folicular podría deberse a las bajas concentraciones del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-I) circulante, consecuencia de una nutrición pobre. La disminución del factor de crecimiento conlleva a una reducción del diámetro y tiempo de persistencia del folículo dominante de todas las ondas; por lo tanto, los folículos no llegan a diámetros pre ovulatorios y el ciclo se alarga.

La presentación de 2, 3 y 4 ondas en el ciclo estral se describe también en el trabajo de Henaó *et al.* (2003) y Quispe *et al.* (2013), reportando estos últimos una presentación de ciclos con dos ondas (83.3%), tres (11.1%) y cuatro (5.5%) ondas de crecimiento folicular; sin embargo, Carou *et al.* (2001) reporta sólo 2 y 3 ondas en cada ciclo al igual que Perea *et al.* (2009) quien describe en su trabajo de investigación que los ciclos con dos ondas de crecimiento folicular representan el 67%, los ciclos de tres ondas el 16.5% y ciclos con una sola onda 16.5%.

Por último, López (2005) manifiesta que no existe hasta el momento una explicación sobre cuál es la causa exacta por la cual las vacas tienen un mayor o menor número de ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral; sin embargo, asocia los mayores niveles de progesterona a factores como la dieta, manejo, producción de leche, periodo de lactancia, y postparto.

6.3. DURACIÓN DEL CICLO ESTRAL SEGÚN EL NUMERO DE ONDAS FOLICULARES

En la tabla 3 se puede apreciar la longitud del ciclo estral según las ondas de crecimiento folicular, mientras mayor sea el número de ondas, mayor será la duración del ciclo estral, en la época seca como también en la de lluvias; así los ciclos más cortos corresponden a ciclos con dos ondas de crecimiento folicular y los ciclos más largos corresponden a ciclos con cuatro ondas foliculares.

Tabla 3: Duración del ciclo estral (días) según el número de ondas de crecimiento folicular.

	EPOCA DE LLUVIAS			EPOCA SECA		
	ONDA 2	ONDA 3	ONDA 4	ONDA 2	ONDA 3	ONDA 4
LONGITUD PROMEDIO (DIAS)	19,5 ± 0,5	22,4 ± 0,8	24,8 ± 0,4	19,5 ± 0,5	22,4 ± 1,1	24,9 ± 0,3
MAX.	20	23	25	20	24	25
MIN.	19	21	24	19	21	24

La longitud del ciclo estral de las vacas que presentaron 3 ondas concuerda con lo reportado por Ginther *et al.* (1999), pero no con lo reportado con Motta *et al.* (2011) quienes encontraron 29.7 días de duración del ciclo, en vacas con tres ondas.

6.4. NÚMERO DE FOLICULOS OBSERVADOS POR ONDA DE CRECIMIENTO FOLICULAR

En la Figura 13, se puede apreciar el número de folículos observados por onda de crecimiento folicular tanto en la época de lluvias como en la época seca. En total se estudió un promedio de $5,05 \pm 0,97$ folículos en cada onda, presentándose 8 folículos como máximo y 3 como mínimo en cada onda estudiada.

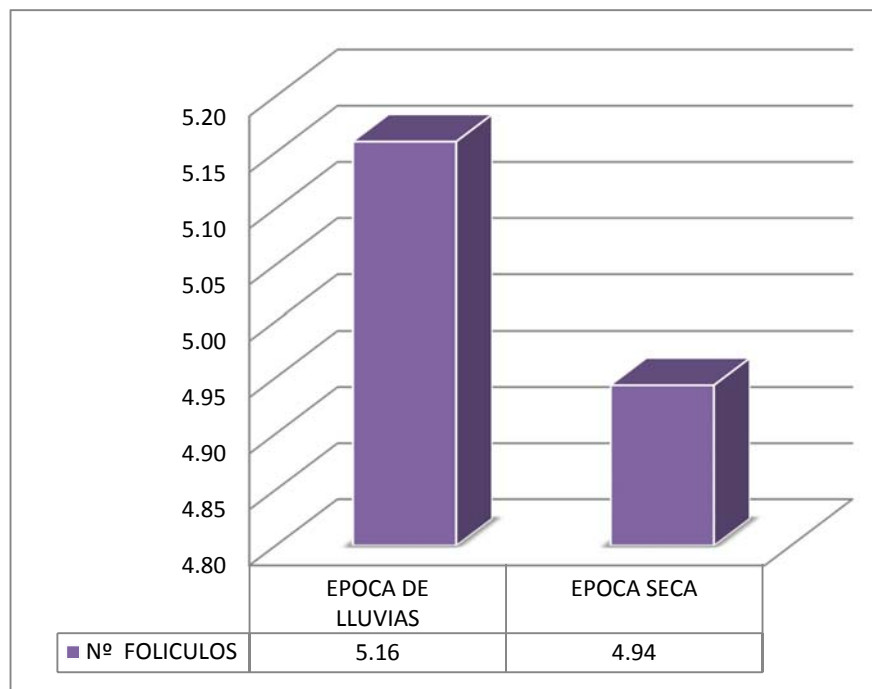


Figura 13: Número de folículos observados por onda de crecimiento folicular.

Se puede apreciar que en la época seca hay menor número de folículos observados con respecto a la época de lluvias, al realizar la prueba de comparación de medias Prueba T (Anexo 2) no se halló diferencia estadística ($p > 0,05$).

El número de folículos observados por onda de crecimiento folicular es ligeramente menor al encontrado por Quispe *et al.* (2013), quien describe 6 a 5 folículos observados por onda en su investigación con ganado Brown Swiss en condiciones de altura con pasto cultivado.

La observación de folículos detectados a partir de 4mm puede depender del tipo de ecógrafo que se use y de su capacidad resolutive. En este trabajo se usó ecógrafo portátil Esaote Tringa Linear Vet dotado de una sonda lineal de 7.5 MHz. a diferencia Quispe (2013) que usó ecógrafo Medison SA-600 V equipado con un transductor lineal a una frecuencia de 5.0 MHz.

La resonancia es directamente proporcional con la nitidez de la imagen cercana en tejidos blandos, e inversamente proporcional con el alcance; es por ello que para observar estructuras ováricas recomienda una resonancia de 5 a 7.5 MHz se quiere estudiar. Por lo tanto, el tipo de equipo usado, es el adecuado en ambos casos, sin embargo pudo haber diferencia en cuando a la nitidez.

6.5. DIÁMETRO DEL FOLICULO DOMINANTE

Para comparar el tamaño y duración en días del folículo dominante, se determinó el promedio del diámetro máximo alcanzado en cada onda de crecimiento folicular (Tabla 4).

Tabla 4: Diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo dominante y su duración (días)

	ONDA 1	N	ONDA 2	N	ONDA 3	N	ONDA 4	N
DIÁMETRO (mm)	12,90 ± 1,95	58	14,81 ± 2,80	58	15,81 ± 2,33	50	15,80 ± 1,63	14
DURACIÓN (Días)	5,10 ± 1,26		6,26 ± 1,20		6,52 ± 2,43		6,50 ± 1,18	

Se puede apreciar que el diámetro máximo alcanzado en cada onda de crecimiento folicular es directamente proporcional a su duración y que tanto el diámetro como la duración de la primera onda es menor con respecto a la segunda, tercera y cuarta onda de crecimiento folicular.

La menor duración del folículo dominante en la primera onda explicaría la aparición de la tercera onda folicular, sin que se alargue el intervalo estral. Sin embargo, las vacas con cuatro ondas foliculares sí muestran un intervalo estral más largo, podría deberse a una mayor duración de la funcionalidad del cuerpo lúteo, lo que en nuestro estudio no fue medido minuciosamente.

Los diámetros señalados en el cuadro 3 son menores a los reportados por Henao *et al.* (2003) quien describe un diámetro máximo alcanzado en la primera onda de $15,7 \pm 3$, $16,5 \pm 3$ para la segunda onda, $17,5 \pm 2,4$ para la tercera onda y $16,7 \pm 1,2$ para la cuarta onda. Asimismo, Carou *et al.* (2001) quien reporta un promedio de 17.1 ± 0.5 mm para vacas con patrón de dos ondas y 16 ± 0.4 mm para vacas de tres ondas foliculares.

El gráfico 4. Hace una comparación del diámetro máximo alcanzado del folículo dominante en la época de lluvias y la época seca. Se puede observar una ligera diferencia entre ambas, pero no muestra diferencia significativa ($p > 0,05$) al análisis estadístico (Anexo 3).

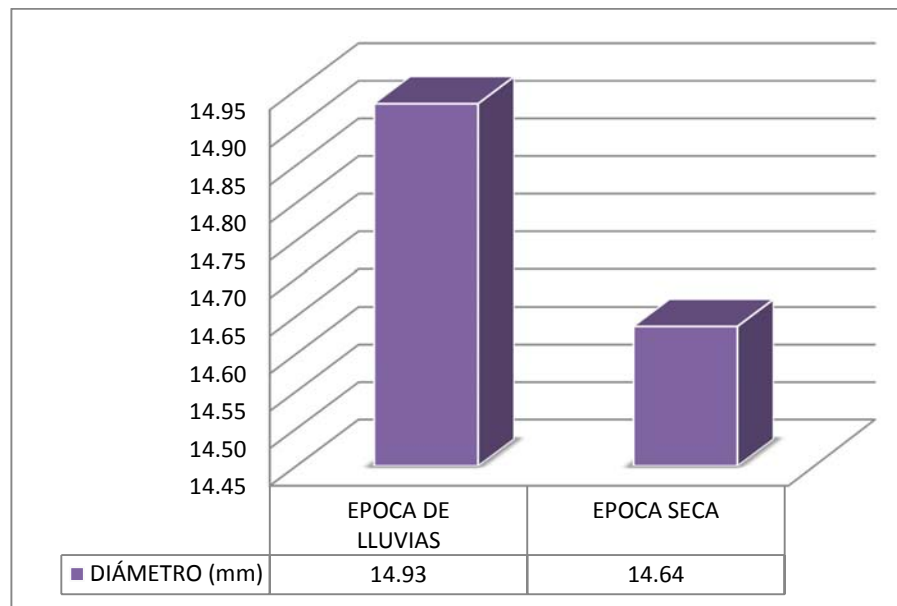


Figura 14: Diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo dominante según la época del año

6.6. DIÁMETRO DEL FOLÍCULO O RIO

El diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo ovulatorio (Figura 15) fue de $16,04 \pm 1,75$ en la época de lluvias y $16,34 \pm 1,67$ para la época seca. No hubo diferencia estadística ($p > 0,05$) al realizar la prueba T (Anexo 4).

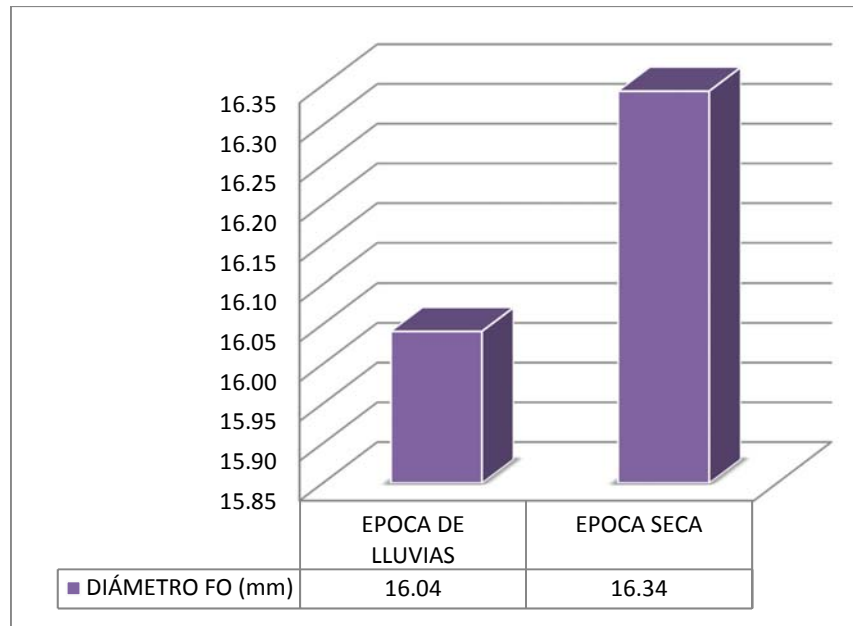


Figura 15: Diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo ovulatorio según la época del año

El diámetro del folículo ovulatorio es menor al reportado por Ginther *et al.* (1999) y Hafez (2000) quienes señalaron que el diámetro del folículo ovulatorio para la especie bovina era de 18 a 20 mm n. Por otro lado, Henao *et al.* (2003) reporta diámetros entre 19 y 23 mm en su estudio sobre vacas Criollas Colombianas. Sin embargo, Perea *et al.* (2009) reporta un promedio de $12,7 \pm 3,9$ mm en vacas mestizas evaluadas en Zulia - Venezuela.

Las diferencias pueden atribuirse a la aplicación de metodologías diferentes, y la composición genética de las vacas estudiadas. Sin embargo, es necesario considerar que las vacas mestizas en general, han mostrado un comportamiento reproductivo, que si bien está dentro de los límites biológicos que c los diferentes aspectos de la función

reproductiva, muchas veces es significativamente diferente a los reportados en animales puros, de latitudes templadas.

De los 58 ciclos observados, 32 (54%) correspondieron al ovario derecho y 26 (46%) al ovario izquierdo. Estas proporciones son cercanas a las reportadas por Carou *et al.* (2001) quien observo una proporción de 52% en el ovario derecho y 48% en el izquierdo.

6.7. TASA DE CRECIMIENTO FOLICULAR

El registro de las variaciones en tamaño del diámetro folicular en cada observación permitió determinar la tasa de crecimiento, la cual se calculó tomando el diámetro máximo alcanzado por el folículo, menos el diámetro de su primera evaluación, dividido por el número de días de vida del folículo.

En la Figura 16, se puede observar que la tasa de crecimiento para los folículos dominantes (FD) fue de 0,97mm. para la época de lluvias y 0,92mm. en la época seca; para los folículos subordinados (FS) fue de 0,40mm. para la época de lluvias y 0,35mm. en la época seca; por último, la tasa de crecimiento de los folículos ovulatorios (FO) fue de 2,02mm. para en la época de lluvias y 1,95mm. en la época seca.

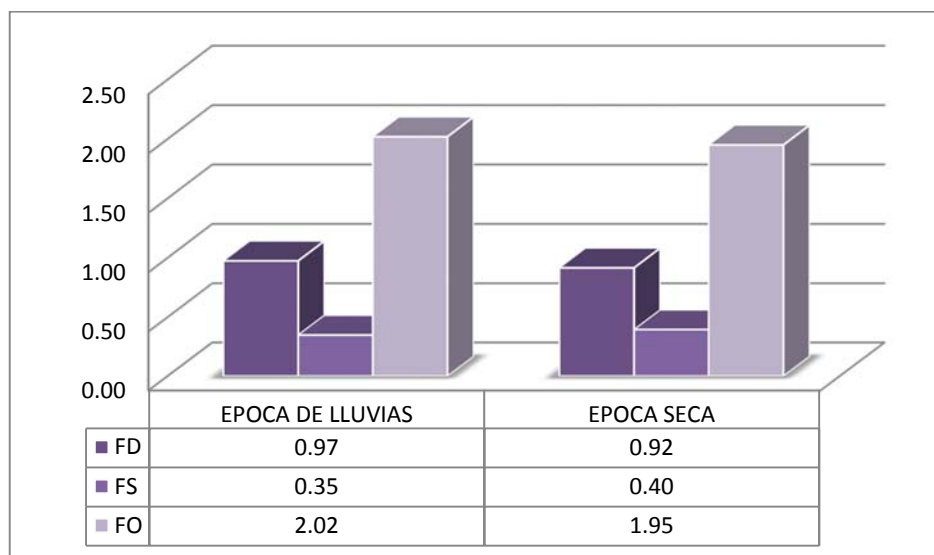


Figura 16: Tasa de crecimiento folicular (mm/día) según la época del año

Al realizar la prueba T en cada caso (Anexo 5) hay diferencia estadística ($p < 0,05$); es decir hay una diferencia significativa en la tasa de crecimiento folicular en la época de lluvias, con respecto a la época seca. Siendo esta última menor que la anterior.

Esta diferencia, al igual que los casos anteriores, podría ser atribuida a la deficiencias de nutrientes (grasa, proteína y minerales), pues se sabe que el crecimiento folicular es promovida por factores de crecimiento en una etapa temprana, y depende de su capacidad de respuesta gonadotrópica, capacidad esteroidogénica y proliferación celular en una etapa tardía.

Estos resultados son ligeramente menores a los encontrados por Henao *et al.* (2003) quien describe que la tasa de crecimiento inicial osciló entre 0.06 a 0.88 mm/día y a partir de la divergencia, el folículo dominante creció a tasas entre 1.0 y 1.1 mm/día. También describe que la tasa de crecimiento del folículo ovulatorio fue a una tasa de 2.14 mm/día.

6.8. DIAMETRO MAXIMO ALCANZADO DEL CUERPO LÚTEO

En la tabla 5 se muestra el diámetro máximo alcanzado del cuerpo lúteo tomando como referencia el día en que se presentó el celo.

Tabla 5: Diámetro máximo alcanzado (mm) del cuerpo lúteo

	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
DIAMETRO MÁXIMO ALCANZADO (mm)	22,08	21,33
DÍAS DESPUÉS DEL CELO	9,45	9,67

Se puede observar que el diámetro máximo para la época de lluvias es mayor con respecto a la época seca. Confirmamos esta diferencia al realizar la prueba T (Anexo 6) donde el resultado ($p < 0,05$) es significativo.

La diferencia entre épocas puede deberse a factores nutricionales, debido a que el tamaño del cuerpo lúteo se ve afectado cuando el animal tiene una dieta pobre.

El diámetro máximo alcanzado del cuerpo lúteo osciló de 21 a 22 mm, y se presentó entre los días 9 - 10 después del celo. Estos resultados son menores a los reportados por Quispe *et al.* (2013) quien encontró un diámetro máximo de 26.8 mm en los días 10,8 \pm 3,7.

Se observaron 3 CL cavitarios que representan 5,17 % , a diferencia de Carou (2001) quien reporta un 20 % de CL cavitarios con cavidades de hasta 11 mm de diámetro. Además, Ginther (1999) reporta que la proporción de CL cavitarios normal se presenta en una proporción de 37%.

6.9. TASA DE CRECIMIENTO DEL CUERPO LÚTEO

Con respecto a la tasa de crecimiento (TC), se observó que en la época lluviosa tuvo una TC de 1,01 mm/día y en la época seca fue de 0,95 mm/día. No hubo diferencia estadística ($p > 0,05$) al realizar la prueba T (Anexo 7).

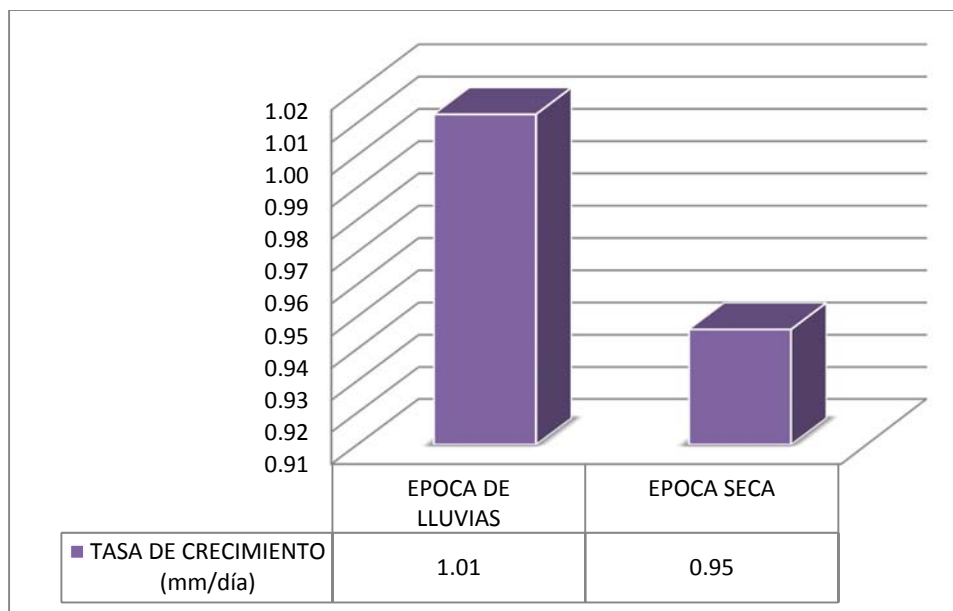


Figura 17: Tasa de crecimiento (mm/día) del cuerpo lúteo

Estos resultados son menores a los reportados por Carou *et al.* (2001) quien menciona que la evolución promedio del tamaño de los CL mostró un crecimiento desde el día 0 hasta el día 11 de 2,9 mm /día. Asimismo Henao *et al.* (20011), menciona una tasa de crecimiento de 2,14 en el trabajo sobre ganado criollo colombiano.

6.10. NIVELES DE PROGESTERONA PLASMÁTICA

En cuanto al dosaje de progesterona plasmática, se realizaron 6 observaciones semanales por animal, en cada época del año (Anexo 7). Se considera que es una baja frecuencia de observaciones para poder establecer una correlación entre el crecimiento del cuerpo lúteo y las variaciones en la concentración de progesterona plasmática; sin embargo fue muy útil para determinar el día de ovulación, duración del ciclo y otras características del ciclo estral.

En la tabla 6 podemos observar los niveles de progesterona plasmática de acuerdo al día del ciclo estral.

Tabla 6: Niveles de progesterona plasmática (ng/mL)

DIAS	2 – 7	8 – 13	14 – 18	19 – 24
EPOCA DE LLUVIAS	2,68 ± 1.69	13,06 ± 2,73	20,02 ± 1,72	15,07 ± 0,63
EPOCA SECA	0,53 ± 1,34	6,37 ± 1,72	11,32 ± 2,43	9,45 ± 2.61

Se nota que la concentración máxima de progesterona en la época de lluvias como en la época seca tuvo su pico máximo entre los días 14 y 18 del ciclo estral y declinó a partir del día 19. Estas variaciones concuerdan con lo descrito por Gonzáles (2000) quien manifiesta que en el día del celo las concentraciones plasmáticas de progesterona son mayores de 1 ng/mL y para los días 7 al 18 las concentraciones fluctúan entre 6 a 10 ng/mL. Además, Matamoros *et al.* (2002) afirma que se pueden encontrar valores altos de esta hormona alrededor del día 10 después de la ovulación, los cuales se mantienen, y no decaen como en el animal no gestante, hasta alrededor del día 16 ó 17 del ciclo.

Al comparar los niveles de progesterona plasmática en las diferentes épocas del año, podemos notar que los niveles son mayores en la época de lluvias alcanzando hasta $20,02 \pm 1,72$ ng/mL entre los días 14 y 18.

Esta diferencia se debería a la pobre alimentación en la época seca, ya que la producción adecuada de los estrógenos y progesterona dependen directamente de la oferta de energía que tenga la vaca, si el animal está con una baja condición corporal o ésta, se está perdiendo muy rápido, es signo de que no hay suficiente energía para abastecer la producción y la generación de suficiente colesterol para la síntesis de estrógenos y progesterona lo que llevaría eventualmente al bloqueo del ciclo reproductivo.

Sin embargo, las concentraciones de progesterona plasmática siguen un mismo patrón en ambas épocas (Figura 18)

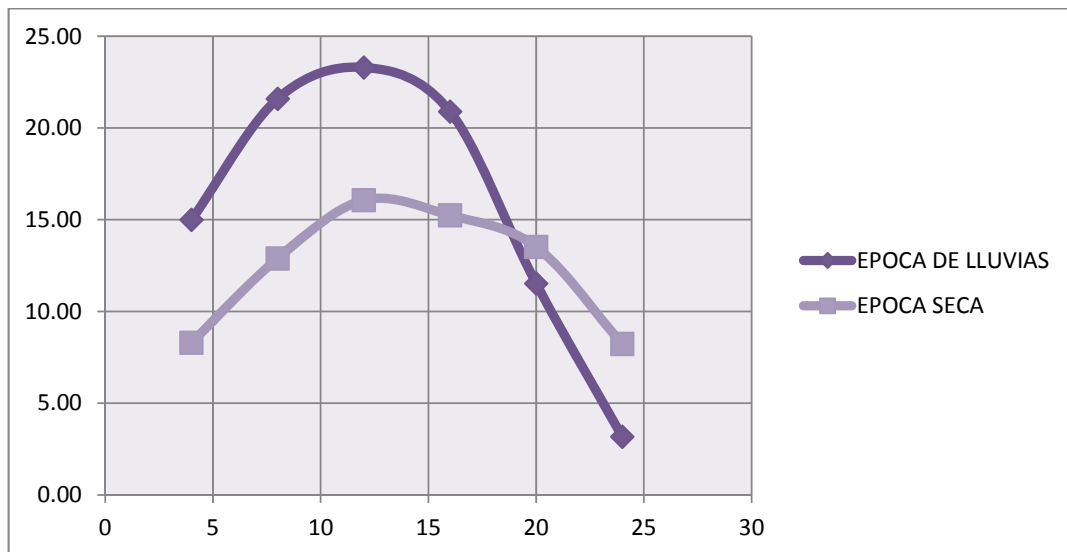


Figura 18: Patrón de las concentraciones de progesterona plasmática

Este patrón es descrito también por Morales *et al.* (1990) quienes midieron las concentraciones de progesterona en vaquillonas Holstein, durante las estaciones lluviosa y seca, reportando niveles bajos en los días 2 – 6, un incremento en los días 6 – 18 y un descenso en los días 18 – 22; además menciona que los niveles promedio de progesterona en plasma son más altos durante la estación lluviosa que en la seca, en todas las etapas del ciclo.

6.11. EVALUACION DE PASTO

Se realizaron muestreos al azar del pasto consumido por los animales para realizar un análisis proximal en cada época del año y obtener un referente sobre la calidad nutricional de estos en las diferentes épocas del año.

Tabla 7: Análisis proximal del pasto natural expresado en base seca

CONTENIDO (%)	EPOCA DE LLUVIAS	EPOCA SECA
PROTEINA	14,37	11,69
EXT. ETÉREO	3,04	1,65
FIBRA CRUDA	24,55	40,50
CENIZAS	8,52	7,24
EXTRACTO NO NITROGENADO	49,52	38,92

En la tabla 7 observamos que hay una diferencia marcada en la composición del pasto según la época del año.

La nutrición juega un papel muy importante en la modulación de la reproducción, los animales con condición corporal pobre se caracterizan por niveles sanguíneos bajos del factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I), insulina, y glucosa, en estas condiciones, los mecanismos de regulación del organismo establecen la prioridad de utilización de nutrientes hacia el mantenimiento y la producción por encima de la función reproductiva.

Nutrientes tan importantes como la proteína decaen en la época seca, lo que es negativo pues un correcto desarrollo folicular precisa de niveles adecuados de proteína. Además, si no existe un adecuado aporte de aminoácidos, la síntesis de lipoproteínas se ven afectadas y el transporte de colesterol también.

Zárate *et al.* (2003) afirma que el requerimiento de proteína para la mantención de un bovino en crecimiento es de 14.9 %, el cual no se cubre aún en la época de lluvias. Entonces la

calidad nutricional del pasto consumido por los animales no es óptima; sin embargo, el ganado criollo puede aprovechar los nutrientes y aun mantener una preñez en la época de seca.

Los aportes de lípidos en la dieta son escasos y esto suele afectar al desarrollo folicular, longevidad del cuerpo lúteo y la duración del intervalo postparto, debido a que los lípidos representan un sustrato directo para la producción de colesterol (precursor de la progesterona), modulan el metabolismo del ácido araquidónico (precursor de las prostaglandinas) y pueden aumentar los niveles en sangre de IGF-I.

Por último, se observa que también hay una disminución en el porcentaje de cenizas del pasto natural en la época seca. Los minerales y vitaminas que son necesarios para el crecimiento y la producción, lo son también para la reproducción. Sin embargo, las vitaminas A, D y E, y el calcio, el fósforo, el selenio, el cobre y el zinc tienen una relevancia especial en la función reproductiva.

VII. CONCLUSIONES

- La duración del ciclo estral en las vacas criollas al pastoreo en la zona altoandina del distrito de Carapo fue de $22,42 \pm 1,68$ días, con un mínimo de 19 días y un máximo de 25 días.
- Se observaron ciclos con 2, 3 y hasta 4 ondas foliculares, los cuales se presentaron en una proporción de 10%, 66% y 24 % a lo largo del año, y tuvieron una duración promedio de $19,5 \pm 0,5$; $22,4 \pm 0,9$ y $24,9 \pm 0,3$ días.
- De las 58 ovulaciones estudiadas, 32 (54%) correspondieron al ovario derecho y 26 (46%) al ovario izquierdo y se observaron 3 CL cavitarios que representan 5,17 %.
- El diámetro máximo alcanzado del folículo dominante fue de $14,78 \pm 1,35$ mm; $16,04 \pm 1,75$ mm del folículo ovulatorio y 21,68 mm del cuerpo lúteo, el cual se evidenció los días 9 - 10 después del celo
- La tasa de crecimiento para los folículos dominantes (FD) fue de 0,95 mm/día; para los folículos subordinados (FS) fue de 0,37 mm/día; para los folículos ovulatorios (FO) fue de 1,98 mm/día y para el cuerpo lúteo fue de 0,98 mm/día.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones de esta naturaleza para poder contrastar los resultados obtenidos y tener una mejor apreciación de la dinámica folicular en ganado criollo; de esta manera, se podrían obtener conclusiones importantes y definitivas para la estandarización y aplicación de procesos biotecnológicos en este tipo de explotación.
- Estudiar a profundidad la causa de la alta variación en el comportamiento del crecimiento y desarrollo de los folículos que impiden un patrón específico de dinámica folicular según la época del año.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAEZ, S.M. 2012. Relaciones hormonales y dinámica folicular durante el periodo posparto en vacas Sanmartinero. Tesis Mg. Scientiae Producción Animal. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Colombia
- CAROU, N.E.; GARDÓN, J.C.; DE LOOF, E.; DE LUCA, L. 2001. Caracterización del ciclo estral de vacas de raza bovina criolla argentina de origen patagónico. Taurus, bs.as. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Buenos Aires - Argentina.
- FORDE, N.; BELTMAN, M.; LONERGAN, P.; DISKIN, M.; ROCHE, J.; CROWE, M. 2011. Oestrus cycles in Bos taurus cattle. *Animal Reproduction Science*, 163-169.
- GINTHER, O.; KASTELIC, J.; KNOFF, L. 1999. Intra ovarian relationships among dominant and subordinate follicles and the corpus luteum in heifers. *Theriogenology*, 32, 787- 795.
- GONZÁLES, I. E. 2000. Actividad ovárica postparto en vacunos al pastoreo (asociación rye grass – trébol) en la sierra central del Perú. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Agraria la Molina. Lima – Perú.
- HAFEZ, E. S. E. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales domésticos. Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México. 540 p.
- HENAO, D.; CARRILLO, L.; OLIVERA, M. 2003. Comportamiento durante el calor y dinámica folicular interestral en vacas BON (Blanco Orejinegro). Universidad de Antioquia. Medellín - Colombia. *Rev Col Cienc Pec Vol. 17:1*
- HENAO, G. 2010. Estudio de la dinámica folicular mediante ultrasonografía. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín Vol 63:5577-5586

- HENAO, G. R. 2011. Algunos factores relacionados con la dinámica folicular en *Bos indicus*. *Rev Col Cienc Pec Vol. 19:1*
- HORBER, F. 1984. Experiencias en pastos y crianza de ganado vacuno. Lima – Perú, 79 p
- INEI. 2012. IV Censo Nacional Agro pecuario – CENAGRO. Lima. Perú.
- LÓPEZ, C. D. 2005. Caracterización del ciclo estral en vacas criollo lechero tropical. Tesis Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad Veracruzana. México.
- MATAMOROS, R.; GÓMEZ, C.; ANDAUR, T. M. 2002. Hormonas de utilidad diagnóstica en Medicina Veterinaria. Universidad Católica de Temuco. Temuco - Chile. *Arch. Med. vet. v.34 n.2 Valdivia*.
- MORALES, J. R.; PEDROSO, R.; SOLANO, R.; DE ARMAS, R. 1990. Effects of a subtropical climate on the fertility of dairy cattle in Cuba. Livestock reproduction in Latin America. *Vienna 29 – 42 p*.
- MOTTA, D. P.; RAMOS, C.N.; GONZÁLEZ, S. C.; CASTRO, R. E. 2011. Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. Grupo de investigación BYDA. Universidad de la Amazonia. Colombia. 88-99 p.
- PEREA, G. F.; GONZALES, F.R.; CRUZ A.R.; SOTO, B.E. 2009. Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y novillas mestizas. Revista científica, FCV-LUZ 1 vol. VIII, N° 1, 14-24. Zulia, Venezuela.
- QUISPE, A.; QUISPE, Y.; PÉREZ U.; LUQUE N.; PÉREZ M. Estudio ultrasonográfico de la dinámica folicular en vacas Brown swiss en el altiplano peruano. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. *Revista Spermova*. 2013; 3(1): 63 – 64
- QUISPE, N.R.; ROJAS, R.D.; DEZA, H.W. 2013. Determinación ultrasonográfica de estructuras ováricas y gestación en vacas Brown swiss sometidas a dos protocolos de sincronización. Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

- ROSALES, T. A.; GUZMÁN, S. A.; GUTIÉRREZ, A. C. 2012. Desarrollo folicular en rumiantes domésticos. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México Distrito Federal. *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15 (2012) SUP 1: S147 – S160
- ROSEMBERG, M. 2004. Producción de ganado de carne de doble propósito. Primera edición, Lima – Perú, 220p.
- SANZ, P. M. A. 2000. Dinámica folicular en vacas nodrizas sometidas a condiciones nutricionales y de manejo del ternero diferente. Factores de explotación asociados a la duración del anestro postparto. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Zaragoza - España.
- TAMAYO, T. 2000. La ecografía como medio de diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino.
- TEJERO J. 2008. Estudio de la dinámica folicular en ganado de montaña. Tesis Doctoral. Universidad de León. Facultad de Veterinaria. España.
- VALLE, D. T. 2008. Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas doble propósito. Proyecto de Desarrollo Sostenible de Ganadería Doble Propósito. Venezuela.
- ZÁRATE, M. J., RAMÍREZ, G. J., RODRÍGUEZ, A. F. 2003. Comportamiento reproductivo de vacas criollas con amamantamiento restringido y sincronización del estro. Departamento de postgrado. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua - México.

X. ANEXOS

Anexo 1. Prueba T Student para la duración promedio (días) del ciclo estral

EPOCA DEL AÑO	DURACIÓN (DÍAS) DEL CICLO ESTRAL		
	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
EPOCA DE LLUVIAS	31	22,42	0,03771189 *
EPOCA SECA	27	23,04	

* P<0,05

Anexo 2. Prueba T Student para número de folículos observados por onda de crecimiento folicular

EPOCA DEL AÑO	NÚMERO DE FOLICULOS POR ONDA		
	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
EPOCA DE LLUVIAS	485	5,16	0,061796
EPOCA SECA	435	4,94	

P>0,05

Anexo 3. Prueba T Student para el diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo dominante

EPOCA DEL AÑO	DIÁMETRO MÁXIMO (mm) DEL FOLÍCULO DOMINANTE		
	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
EPOCA DE LLUVIAS	92	14,93	0,314
EPOCA SECA	88	14,64	

P>0,05

Anexo 4. Prueba T Student para el diámetro máximo alcanzado (mm) del folículo ovulatorio

EPOCA DEL AÑO	DIÁMETRO MÁXIMO (mm) DEL FOLÍCULO OVULATORIO		
	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
EPOCA DE LLUVIAS	31	16,04	0,341
EPOCA SECA	27	16,34	

P>0,05

Anexo 5. Prueba T Student para la tasa de crecimiento folicular (mm/día)

TIPO DE FOLICULO	EPOCA DEL AÑO	TASA DE CRECIMIENTO FOLICULAR (mm/día)		
		<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
FOLICULO DOMINANTE (FD)	EPOCA DE LLUVIAS	94	0,97	0,0389918 *
	EPOCA SECA	88	0,92	
FOLICULO OVULATORIO (FO)	EPOCA DE LLUVIAS	31	2,02	0,0480288 *
	EPOCA SECA	88	1,95	
FOLICULO SUBORDINADO (FS)	EPOCA DE LLUVIAS	94	0,40	0,0385589 *
	EPOCA SECA	27	0,35	

* P<0,05

Anexo 6. Prueba T Student para el diámetro máximo alcanzado (mm) del cuerpo lúteo

EPOCA DEL AÑO	DIÁMETRO MÁXIMO (mm) DEL CUERPO LÚTEO		
	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
EPOCA DE LLUVIAS	31	21,33	0,02941 *
EPOCA SECA	27	22,08	

* P<0,05

Anexo 7. Prueba T Student para la tasa de crecimiento del cuerpo lúteo (mm/día)

EPOCA DEL AÑO	TASA DE CRECIMIENTO (mm/día)		
	<i>n</i>	\bar{X}	<i>Valor de P</i>
EPOCA DE LLUVIAS	31	1,01	0.241045
EPOCA SECA	27	1,00	

P>0,05

Anexo 8. Concentraciones plasmáticas de progesterona (ng/mL)

	SEMANA	VACA														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
EPOCA LLUVIOSA	1	10.35	20.11	16.59	18.02	4.97	11.58	22.26	6.30	15.80	8.98	3.65	5.65	14.23	15.00	9.37
	2	15.47	13.26	22.17	22.66	19.58	8.48	18.92	18.89	12.70	2.69	8.47	5.75	17.92	21.59	7.52
	3	18.65	2.68	13.26	16.18	19.46	3.78	16.11	13.07	3.19	9.19	13.07	13.97	20.05	23.30	8.88
	4	20.02	16.72	13.06	13.79	16.91	15.92	8.81	17.32	13.18	14.62	2.91	10.20	14.75	20.90	19.42
	5	22.64	8.43	9.93	10.56	14.42	7.42	10.78	13.23	5.60	23.89	10.46	8.15	15.47	11.53	9.02
	6	6.72	13.18	4.48	8.15	18.71	8.89	6.18	9.19	6.97	7.49	11.18	13.62	6.18	3.18	8.88
EPOCA SECA	1	16.11	10.17	10.59	16.13	13.65	18.34	6.42	3.64	16.13	15.06	8.93	3.48	6.00	16.35	8.30
	2	14.90	14.79	9.29	6.97	9.31	17.36	12.26	2.46	9.12	4.92	10.62	1.62	9.60	3.29	12.89
	3	8.51	3.12	8.93	11.53	7.84	6.50	14.61	6.90	6.04	0.86	2.37	11.18	12.56	0.53	16.07
	4	5.59	8.82	2.41	7.48	16.59	4.34	18.71	9.80	13.66	6.22	10.41	17.12	7.98	4.70	15.24
	5	12.24	15.02	7.19	8.15	12.53	2.35	19.17	16.30	15.00	13.39	4.73	10.43	6.16	12.97	13.52
	6	9.31	1.92	10.56	1.26	2.58	0.92	5.60	8.48	7.50	10.65	3.19	7.56	9.69	10.65	8.23

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL



**“DINÁMICA FOLICULAR EN VACAS CRIOLLAS AL PASTOREO
EN LA ZONA ALTOANDINA DE AYACUCHO”**

Presentado por:

Mv. MIRIAM IBET ALFARO ASTORIMA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN
PRODUCCIÓN ANIMAL**

Lima - Perú

2017

A mi amado hijo Eliot Bartolomé, por enseñarme el más profundo amor y ser para mí, ejemplo de lucha y valentía.

A mi querido Huziel, por ser un buen compañero, por su apoyo, alegría y amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Al programa de becas de maestría UNALM – CONCYTEC, por brindarme la oportunidad de estudiar e investigar sobre temas relevantes en el área de producción animal.

Mi agradecimiento y respeto profundo a mis profesores Dr. Javier Arturo Ñaupari Vásquez, Dr. Arturo Rodríguez Zamora y a mi asesor Ing. Enrique Alvarado Malca, por todo el apoyo brindado, compartiendo sus conocimientos y valiosas recomendaciones para hacer posible la realización de este trabajo de investigación.

A todos los que me apoyaron de manera desinteresada a la realización del presente trabajo de investigación.