



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

***“RELACIÓN ENTRE EL TAMAÑO DEL FOLÍCULO PREEVULATORIO,
DIÁMETRO DEL CUERPO LÚTEO Y NIVELES DE PROGESTERONA EN EL
GANADO BOVINO DE LA RAZA CRIOLLA”***

Tesis previa a la obtención de
título de Médico Veterinario
Zootecnista.

Autora:
Elizabeth del Rocío Pesántez Calle

Director:
Dr. Luis Eduardo Ayala Guanga

Cuenca – Ecuador
2015



Resumen

El estudio se realizó en la granja de Irquis de la Universidad de Cuenca. El objetivo fue analizar la relación entre el tamaño de folículo preovulatorio, diámetro del cuerpo lúteo y niveles sanguíneos de progesterona. Se trabajó con 10 vaquillas criollas, las mismas que recibieron las mismas condiciones de alimentación, manejo y sanidad. En los días, 7 y 14 del ciclo estral se realizaron estudios ultrasonográficos de los ovarios, midiendo y registrando el diámetro del cuerpo lúteo y del folículo preovulatorio (día 0), además se tomaron muestras sanguíneas, las cuales fueron centrifugadas a 2.500 rpm. Los niveles de progesterona se determinaron mediante el método de electroquimioluminiscencia. La correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el cuerpo lúteo al día 7 fue 0,349 y de 0,479 en el día 14, con un valor de $p > 0,05$ en los dos casos. Con respecto al tamaño del cuerpo lúteo determinado el día 7 afecta a los niveles de progesterona para ese mismo día, existiendo una correlación positiva de 0,721 ($p < 0,05$). La correlación existente entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 14 fue de 0,234. Las estructuras en estudio, son factores que están correlacionados positivamente, esta correlación prevalece en otras razas de carne y leche, siendo importante su estudio como conservación del patrimonio genético.

PALABRAS CLAVES: FOLÍCULO PREEVULATORIO, CUERPO LÚTEO, PROGESTERONA, ULTRASONOGRAFÍA, MUESTRAS SANGUÍNEAS.



Abstract

The study was conducted at the farm Irquis at the University of Cuenca. The objective was to analyze the relationship of the size of the preovulatory follicle, corpus luteum diameter and blood levels of progesterone. We worked with 10 native heifers, they that received the same feeding, management and health. On days 7 and 14 of the estrous cycle ovarian ultrasonographic studies were conducted, measuring and recording the diameter of the corpus luteum and the preovulatory follicle (day 0), also blood samples were taken, which were centrifuged at 2,500 rpm. The dosage of the hormone progesterone was by the method of electrochemiluminescence. The correlation between the size of the preovulatory follicle and corpus luteum day 7 was 0.349 and 0.479 on day 14, with a value of $p > 0.05$ in both cases. Regarding the size of the corpus luteum given day 7 affects progesterone levels for that day, there was a positive correlation of 0.721 ($P < 0.05$). The correlation between the size of the corpus luteum and progesterone levels at day 14 was 0.234. The structures studied are factors that are positively correlated, this correlation prevails in other breeds of meat and milk, their study as being important conservation of genetic resources.

KEYWORDS: PREGNANT FOLLICLE, CORPUS LUTEUM, PROGESTERONE, ULTRASOUND, BLOOD SAMPLES.



Índice de contenido

I. *Introducción* 17

II. *Revisión bibliográfica* 19

 Antecedentes 19

 Aparato reproductor de la hembra bovina 21

 El ciclo estral bovino 23

 Control neuroendocrino del ciclo estral 25

 Los ovarios en la hembra bovina 26

 Anatomía y función: 26

 Folículos ováricos 27

 El cuerpo lúteo 34

 La progesterona 36

 Electroquimioluminiscencia como técnica para la determinación de los niveles de progesterona en el plasma 37

 Ecografía como técnica para la determinación del tamaño del folículo preovulatorio y del cuerpo lúteo 39

 Tejidos Anecogénicos o anecoicos 40

 Tejidos Ecogénicos o ecoicos: 40

 Tejidos hiperecogénicos o hiperecoicos: 40

 Ecografía del folículo preovulatorio 42

 Ecografía del cuerpo lúteo 42



El ganado bovino criollo en el Ecuador 43

 Distribución del ganado bovino criollo en el Ecuador 43

III. Materiales y métodos 48

 Materiales 48

Materiales Químicos: 48

 Fase de selección de animales 49

 Fase de adaptación 50

 Sincronización del ciclo estral 50

 Protocolo de monitoreo 51

 Toma de muestras sanguíneas 54

 Análisis estadístico 56

 Medición de las variables 56

 Base de datos 57

 Análisis estadístico de los datos 57

VI. Conclusiones 81

VII Bibliografía 82

VII. Anexos 89



Tablas

<i>Tabla 1. Órganos reproductores de la hembra bovina y sus principales funciones.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2. Características primarias de los periodos del ciclo estral en la vaca.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 3. Razas criollas de mayor pureza existentes en la sierra distribuida por provincias.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 4. Promedios, error estándar, mínimos y máximos de las variables en estudio.....</i>	<i>58</i>



Gráficos

Gráfico 1. Aparato reproductor de la vaca..... 22

Gráfico 2. Ciclo estral de la hembra bovina..... 24

Gráfico 3. Esquema de las interacciones hormonales del eje Hipotálamo - Hipófisis - Ovario..... 25

Gráfico 4. Ovario con dos estructuras muy aparentes a la palpación y a la ecografía: cuerpo lúteo y folículo..... 27

Gráfico 5. Folículo Terciario o de Graff..... 29

Gráfico 6. Ondas foliculares..... 32

Gráfico 7. Corte del ovario con cuerpo lúteo y folículo..... 35

Gráfico 8. Proceso de Quimioluminiscencia..... 38

Gráfico 9. Introducción de la sonda para realizar la ecografía..... 41

Gráfico 10. Manera de sujetar la sonda para realizar la ecografía..... 41

Gráfico 11. Folículo preovulatorio en una vaca criolla..... 42

Gráfico 12. Cuerpo Lúteo en una vaca criolla..... 43

Gráfico 13. Raza Criolla "Negro Lojano" 45

Gráfico 14. Raza Criolla "Encerado"..... 45

Gráfico 15. Raza Criolla "Pintado o Cajamarca" 46

Gráfico 16. Raza Criolla "Pizán"..... 46

Gráfico 17. Fase de adaptación..... 50

Gráfico 18. Aplicación de parches detectores de celo..... 51

Gráfico 19. Entrada de los animales a la manga..... 52

Gráfico 20. Ecografía en una vaca criolla..... 53

Gráfico 21. Toma de datos..... 53

Gráfico 22. Materiales para toma de muestras..... 55



Gráfico 23. Toma de muestras..... 56

Gráfico 24. Muestras de sangre en refrigeración..... 56

Gráfico 25. Concentración de progesterona y error estándar en los días 7 y 14 del ciclo estral de los 10 animales en estudio..... 59

Gráfico 26. Diámetro del cuerpo lúteo y error estándar en los días 7 y 14 del ciclo estral de los 10 animales en estudio..... 60

Gráfico 27. Relación entre el FP y el CL al día 7 y 14 del ciclo estral en mm para todas la vaquillas en estudio..... 65

Gráfico 28. Relación entre los niveles de P4 al día 7 y 14 del ciclo estral en ng/ml para todas las vaquillas en estudio..... 66

Gráfico 29. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 288..... 67

Gráfico 30. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 424..... 68

Gráfico 31. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 1222..... 69

Gráfico 32. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 1267..... 70

Gráfico 33. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9095..... 71

Gráfico 34. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9820..... 72

Gráfico 35. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9843..... 73

Gráfico 36. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9857..... 74

Gráfico 37. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9864..... 75

Gráfico 38. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9880..... 76



Figuras

Figura 1. Correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo al día 7.....	61
Figura 2. Correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo al día 14.....	62
Figura 3. Correlación entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 7 en las vaquillas criollas del estudio.....	63
Figura 4. Correlación entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 14.....	64



Anexos

Anexo 1. Fotos del trabajo de campo realizado en las 10 vaquillas criollas en estudio.....92

Fotografía 1. Fase de adaptación de las vaquillas criollas.

Fotografía 2. Ingreso de las vaquillas al corral

Fotografía 3. Ingreso de los animales al área de ecografía

Fotografía 4. Ecografía y toma de datos.

Fotografía 5. Aplicación de parches detectores de celo.

Fotografía 6. Ecografía en el ovario izquierdo y derecho de cada animal.

Fotografía 7. Materiales para toma de muestras sanguíneas.

Fotografía 8. Toma de muestra sanguínea en una vaquilla criolla.

Fotografía 9. Muestras sanguíneas en refrigeración.

Anexo 2. Hoja de campo para el registro de folículos y cuerpos lúteos..... 98

Fotografía 1. Hoja de registro del folículo preovulatorio, vaquilla criolla N° 1267.

Fotografía 2. Hoja de registro del cuerpo lúteo en el día 7 del ciclo estral, vaquilla criolla N° 1267.

Fotografía 3. Hoja de registro del cuerpo lúteo en el día 14 del ciclo estral, vaquilla criolla N° 12

**Anexo 3.** Ecografías realizadas a las vaquillas criollas del estudio.....101

Fotografía 1. Ecografía en la que se observa el folículo preovulatorio, vaquilla criolla N° 288.

Fotografía 2. Ecografía en la que se observa el cuerpo luteo al día 7 del ciclo estral en la vaquilla criolla N° 288.

Fotografía 3. Ecografía en la que se observa el cuerpo luteo al día 14 del ciclo estral en la vaquilla criolla N° 288.

Anexo 4. Base de datos del tamaño del folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles de progesterona de las 10 vaquillas criollas.....103



Yo, Elizabeth del Rocío Pesántez Calle autor/a de la tesis “Relación entre tamaño del folículo preovulatorio, diámetro del cuerpo lúteo y niveles de progesterona en el ganado bovino de raza criolla”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Médico Veterinario. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a.

Cuenca 12 de Junio de 2015

A handwritten signature in black ink that reads 'Elizabeth Pesántez Calle'. The signature is written in a cursive style and is underlined with a horizontal line.

Elizabeth del Rocío Pesántez Calle

C.I: 0105784003



Yo, Elizabeth del Rocío Pesántez Calle, autor/a de la tesis "Relación entre tamaño del folículo preovulatorio, diámetro del cuerpo lúteo y niveles de progesterona en el ganado bovino de raza criolla", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca 12 de Junio de 2015

A handwritten signature in black ink that reads 'Elizabeth Pesántez Calle'.

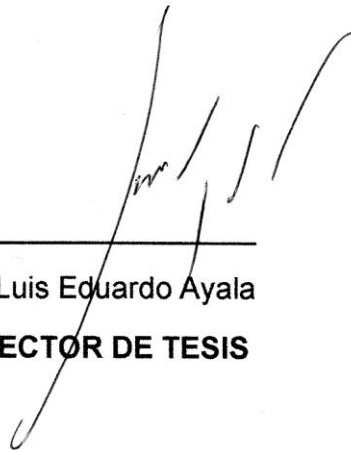
Elizabeth del Rocío Pesántez Calle

C.I: 0105784003



CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación titulado "*Relación entre tamaño del folículo preovulatorio, diámetro del cuerpo lúteo y niveles de progesterona en el ganado bovino de raza criolla*", ha sido desarrollado íntegramente por la egresada Elizabeth del Rocío Pesántez Calle bajo mi dirección, cumpliendo con los requisitos establecidos por la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cuenca.



Dr. Luis Eduardo Ayala
DIRECTOR DE TESIS



AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza y la sabiduría para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

A mis padres y hermanas por ser mi mayor ejemplo de superación.

A la Universidad de Cuenca y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por haber sido durante muchos años parte de mi vida y por brindarme junto a su personal docente conocimientos esenciales para mi desarrollo personal y profesional.

Al Dr. Carlos Soria, director del proyecto de investigación por permitirme formar parte de este excelente equipo de trabajo.

Al Dr. Luis Eduardo Ayala y José Luis Pesántez por la voluntad y paciencia en el desarrollo de esta investigación.

A todos quienes con sus conocimientos aportaron para el desarrollo de este trabajo de investigación.



DEDICATORIA

A Dios por ser el motor que impulsa mi vida día a día.

A todas las personas que siempre estuvieron junto a mí brindándome cariño y apoyo en especial a mis padres, por todo el esfuerzo que han hecho para que yo llegue a cumplir con mis objetivos y por ser mi mayor ejemplo de superación, a mis hermanas y abuelitos por que día a día han sido parte de esta importante etapa de mi vida.



I. Introducción

La actividad reproductiva representa uno de los procesos más importantes dentro de la producción animal, esta actividad en la hembra es cuantificada a través de la eficiencia reproductiva, en esta juega un papel fundamental los niveles hormonales que intervienen en este proceso. Así, el papel de la progesterona constituye un factor importante, el cual permite establecer programas de manejo reproductivo, tales como inicio de la pubertad, mantenimiento de la preñez, restablecimiento de la función reproductiva cíclica posparto, momento adecuado para el uso de la inseminación artificial y así aumentar la calidad y eficiencia de los servicios, lo cual disminuye enormemente los costos de producción incrementando la eficiencia reproductiva (Márquez y col., 1997).

El uso de la ecografía para los exámenes reproductivos de vacas lecheras se convierte en una importante herramienta que ayuda a aumentar la eficiencia reproductiva de los animales ya que permite la monitorización de las estructuras ováricas a medida que crecen o regresionan (Ribadu y col., 1999). Por ejemplo Kestalic y col. en 1990, (Kestalic y col., 1990) demostraron en novillas, que el área de tejido luteal, determinado por ultrasonografía, está correlacionada positivamente con las concentraciones de progesterona circulante (Márquez y col., 1997).



Las estructuras ováricas en estudio: el tamaño del folículo preovulatorio, el diámetro del cuerpo lúteo y los niveles séricos de progesterona, son factores relacionados al establecimiento y mantenimiento de la preñez, factores que influyen directamente en un programa de transferencia embrionaria, lo que va a incidir directamente en la eficiencia o no de este procedimiento, afectando también al porcentaje de preñez (Duica, 2010).

La raza considerada criolla en la región centro Sur del Ecuador carece de estudios que permitan conocer la relación que existe entre las estructuras ováricas y su dinámica folicular, por ello es fundamental obtener información que permita mejorar su eficiencia reproductiva.

El objetivo de la presente investigación fue determinar la relación entre el tamaño del folículo preovulatorio, el tamaño del cuerpo lúteo y la concentración sérica de progesterona en vaquillas criollas, utilizando ultrasonografía para la medición de folículos y cuerpos lúteos y el plasma sanguíneo para la determinación de los niveles de progesterona.

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la relación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo al día 7 y 14, durante el ciclo estral en vacas criollas de altura.
- ✓ Establecer la correlación entre los niveles plasmáticos de progesterona y el tamaño del cuerpo lúteo al día 7 y 14 durante el ciclo estral en vacas criollas de altura.



II. Revisión bibliográfica

Antecedentes

En la actualidad se pueden encontrar un gran número de estudios que analizan la relación existente entre las estructuras ováricas que serán estudiadas en la presente investigación entre ellas el folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y los niveles de progesterona, variando los resultados de acuerdo con las diferentes investigaciones, es por ello que es importante conocer estos resultados para tomarlos como referencia en esta investigación. A continuación se destacan los resultados de las diferentes investigaciones, por ejemplo en Colombia con 40 novillas de raza holstein friesland, con edades entre 18 - 26 meses, pesos entre 300 a 420 Kilogramos y condición corporal entre 3 a 4, se ha podido determinar que la estructura del folículo preovulatorio afecta de manera directa el tamaño del cuerpo lúteo, observando que un folículo preovulatorio de 1.3 cm da paso a un cuerpo lúteo que el día siete mide 5 mm³, considerando que esta medida corresponde al volumen del cuerpo lúteo y produce niveles de progesterona plasmáticos de 1.22 ng/ml y el día 14 el mismo cuerpo lúteo mide 6 mm³ de diámetro y genera concentraciones plasmáticas de progesterona de 2.48 ng/ml (Duica, 2010).

Así mismo otra investigación demuestra que un folículo preovulatorio de mayor tamaño 1.6 cm ha dado paso a un cuerpo lúteo que el día siete mide 6 mm³ y produce unos niveles de progesterona plasmáticos de 1.61 ng/ml y el día 14 el cuerpo lúteo mide 9 mm³ y genera unas concentraciones sanguíneas de 3.05 ng/ml ($p < 0.05$). Al haber una mayor producción de progesterona plasmática se esperarían generar unas condiciones uterinas más favorables para el desarrollo embrionario (Kastelic y col., 1990).



Existen otros estudios que analizan la relación existente entre el cuerpo lúteo (CL) y la progesterona que han sido desarrollados siguiendo la dinámica folicular durante todo el ciclo estral, por ejemplo la mayoría de estudios confirman que existe una relación significativa entre estas dos estructuras cuando están en desarrollo. Otro estudio demuestra que folículos preovulatorios pequeños generan cuerpos lúteos de menor tamaño (Mann, 2008).

Es importante mencionar que hay varios estudios que se han desarrollado en razas de bovinos introducida como la raza holstein sin embargo, no existe información generada en nuestro país sobre el comportamiento de la relación existente entre las diferentes estructuras ováricas de la raza considerada como criolla en la región sur de nuestro país, es por ello que es de vital importancia conocer la correlación entre estas estructuras para mejorar su eficiencia reproductiva, de tal manera que al mejorarla se establezcan programas de manejo reproductivo que incentive a las instituciones a conservar nuestro patrimonio genético, todas las investigaciones antes mencionadas nos servirán como base para realizar nuestro estudio, pero es fundamental tener un amplio conocimiento de la anatomía y fisiología del tracto reproductivo de la hembra bovina ya que en él se encuentran contenidos las estructuras ováricas (folículos, cuerpo lúteo) los cuales serán el principal motivo de este estudio.



Aparato reproductor de la hembra bovina

Es esencial el conocimiento de los órganos reproductores de la vaca para conducir con éxito un programa de reproducción bovina, considerando que en los últimos 20 años, se logró una mejor comprensión de la anatomía reproductiva en el ganado vacuno, particularmente relacionado a la función ovárica, debido al uso de la ecografía y el desarrollo de ensayos hormonales, y por ello es imprescindible conocerla para lograr una localización correcta de estas estructuras al momento de su aplicación (Sartori y col., 2011).

Bearden y col., 1982 afirman: “El aparato reproductor de la hembra bovina, está constituido por dos ovarios y el sistema de conductos femeninos”. Los ovarios son las estructuras más importantes y complejas del tracto reproductor de las vacas, debido a que interactúa con otras glándulas y estructuras nerviosas para poder controlar el ciclo reproductivo (Rivera, 2009). Además producen los gametos femeninos (el óvulo) y las hormonas sexuales femeninas como los estrógenos y la progesterona (Bearden y col., 1982), siendo estas estructuras el motivo de estudio de la presente investigación.

El sistema de conductos incluye los oviductos, útero, cérvix, vagina y vulva, como se puede observar en el gráfico N°1, es importante conocer su anatomía ya que para llegar a las estructuras en estudio principalmente al ovario se tiene que atravesar cada una de estos órganos reproductivos (Bearden y col., 1982).

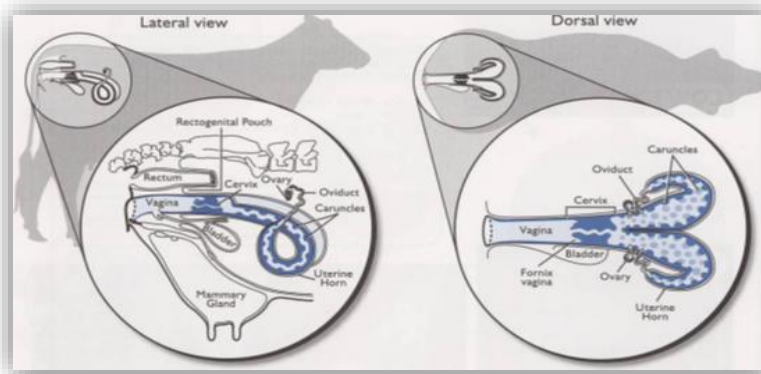


Gráfico 1. Aparato reproductor de la vaca

Fuente:(Senger, 2005)

Como se mencionó el aparato reproductor de la hembra bovina está constituido por los ovarios y un sistema de conductos femeninos cada uno de los cuales cumple una función específica dentro de la reproducción, en la tabla N° 1 muestra las funciones de los mencionados órganos reproductivos.

Tabla 1. Órganos reproductores de la hembra bovina y sus principales funciones.

Órgano	Función
Ovario	Producción de ovocitos. Producción de estrógenos (folículos de Graff). Producción de Progestágenos.
Oviducto	Transporte de gametos (espermatozoides y Ovocitos). Sitio de fertilización.
Útero	Retiene y alimenta al embrión y al feto.
	Previene la contaminación microbiana del útero.



Cérvix	Reservorio para semen y transporte de espermatozoides.
Vagina	Órgano de copulación. Sitio de depósito de semen durante el apareamiento natural. Conducto del parto.
Vulva	Abertura externa del aparato reproductor.

Fuente: (Bearden y col, 1982)

El ciclo estral bovino

Rivadeneira, (2013) lo define como una serie de eventos que empiezan con un celo, y terminan en el celo siguiente y se caracterizan por el crecimiento y la regresión de folículos y cuerpo lúteo, en un promedio de 21 días. Sin embargo existe variación pudiendo ser más corto o más largo dependiendo del número de ondas foliculares que se presenten en el ovario del animal, presentándose un rango de 17 a 25 días (Duchens y col., 2012).

En cada periodo estral de la vida reproductiva de la hembra se inicia un nuevo ciclo de maduración folicular, selección del folículo dominante, ovulación, formación del cuerpo lúteo y, en ausencia de preñez, luteólisis de éste. Por eso, la comprensión de los mecanismos que regulan estos procesos es clave para definir la biología reproductiva de los organismos (Velázquez y col., 2013).

Duica (2010) afirma que: “El ciclo estral de la hembra bovina está dividido en dos fases, la folicular y la luteal; en cada una de las fases se encuentran presentes en el ovario estructuras características como el folículo y el cuerpo lúteo” claramente observables en el gráfico N° 2.

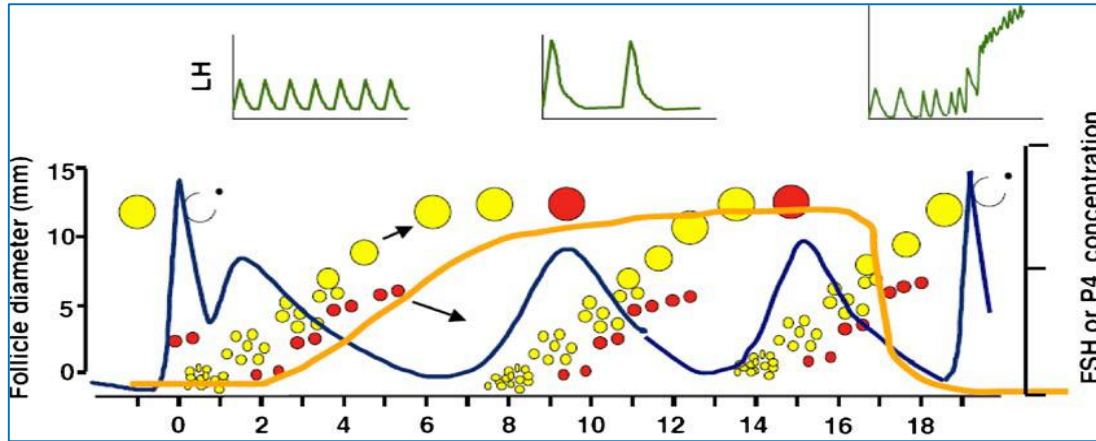


Gráfico 2. Ciclo estral de la hembra bovina

Fuente: (Fordea y col., 2011)

Durán (2004) sostiene que el ciclo estral es controlado directamente por las hormonas secretadas en el lóbulo anterior de la glándula pituitaria (hipófisis). El ciclo estral está dividido en cuatro fases bien definidas, denominadas: proestro, estro, metaestro y diestro, presentando características importantes en cada fase, como se describe en la tabla N° 2.

Tabla 2. Características primarias de los periodos del ciclo estral en la vaca

Fase	Día del ciclo	Duración	Evento
Estro	0	10-12 hrs.	Maduración folicular, altos niveles de estrógenos y pico de la hormona luteinizante (LH).
Metaestro	1 –3	5-7 días	Ovulación (dentro de las 12 a 18 hrs), formación del cuerpo hemorrágico que no responde a la prostaglandina F2α (PGF2α).
Diestro	5 –18	10 - 15 días	Maduración del cuerpo lúteo – altos niveles de progesterona.

Proestro	19 –21	3 días	Regresión del cuerpo lúteo, maduración del folículo e incremento de estrógenos.
-----------------	--------	--------	---------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Shearer 2003

Control neuroendocrino del ciclo estral.

Como ya se mencionó el ciclo estral representa un patrón cíclico de actividad ovárica el cual está regulado por una interacción entre el sistema nervioso, diversos órganos y varias hormonas producidas en el hipotálamo, la hipófisis, el útero y los ovarios, como se puede observar en el gráfico N 3.

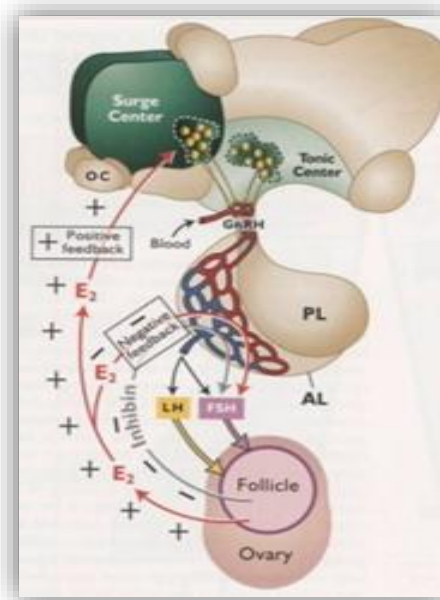


Gráfico 3. Esquema de las interacciones hormonales del eje Hipotálamo - Hipófisis - Ovario.

Fuente:(Senger, 2005)

El hipotálamo:

Está localizado en la base del cerebro, y sus neuronas producen la GnRH (hormona liberadora de gonadotropina). La GnRH se difunde a los capilares del sistema porta hipofisiario y de aquí a las células de la adenohipófisis en donde su función es estimular la síntesis y secreción de las



hormonas hipofisarias, hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) (Sintex, 2013).

La hipófisis:

Está formada por una parte anterior o adenohipófisis y una posterior o neurohipófisis. La adenohipófisis produce varios tipos de hormonas, de las cuales la FSH y LH cumplen un papel relevante en el control neuroendocrino del ciclo estral (Sintex, 2013).

La FSH es la responsable del proceso de esteroideogénesis ovárica, crecimiento y maduración folicular, y la LH interviene en el proceso de esteroideogénesis ovárica, ovulación, formación y mantenimiento del cuerpo lúteo. Estas hormonas son secretadas a la circulación en forma de pulsos y son reguladas por dos sistemas, el tónico y el cíclico. El sistema tónico promueve el desarrollo de los elementos germinales y endócrinos de las gónadas (ovario). El modo cíclico tiene por función primaria causar la ovulación (Sintex, 2013).

Los ovarios en la hembra bovina

Anatomía y función:

Los ovarios son los órganos principales del aparato reproductor de la hembra bovina tienen dos funciones: la producción de óvulos y la producción de hormonas, principalmente estrógenos y progesterona, hormonas producidas durante los distintos estadios del ciclo estral (De Jarnette y col., 2013)

El ovario de la vaca tiene forma de almendra, pero altera su forma por el crecimiento de los folículos o del cuerpo lúteo. El tamaño promedio es de 35 x 25 x 15 mm, este variará entre las diferentes vacas y vaquillas, los ovarios

activos son más grandes que los inactivos. Por lo tanto, un ovario con frecuencia es más grande que el otro en la misma vaca (Bearden y col., 1982).

Según (Jarnette y col., 2013) en la superficie del ovario se pueden encontrar dos estructuras diferentes: folículos y cuerpo lúteo, estructuras claramente observables el gráfico N° 6 (Ayala y col., 2015).



Gráfico 4. Ovario con dos estructuras muy aparentes a la palpación y a la ecografía: cuerpo lúteo y folículo.

Fuente: (Ayala y col., 2015)

Folículos ováricos

El folículo ovárico es la unidad estructural y funcional del ovario, su crecimiento, desarrollo y maduración es un proceso fundamental para la alta eficiencia reproductiva en los animales (Forde, y col., 2011), sobre todo por el ovocito que contiene ya que este dará lugar a la formación de un embrión a partir de la fecundación (Motta y col., 2011).

Cabe recalcar que durante el desarrollo fetal se establece un número fijo de folículos primordiales, el crecimiento de un folículo ovárico toma un período de 3 - 4 meses y se categoriza como estadio gonadotrofina independiente y gonadotrofina dependiente (Webb y col., 2004).

Los folículos se presentan como estructuras llenas de fluidos que contienen óvulos en desarrollo. Usualmente, se pueden encontrar varios



folículos en cada ovario, que varían en tamaño desde apenas visibles, hasta 20 mm en diámetro. El folículo más grande sobre el ovario es considerado "el dominante", y es el que probablemente ovule cuando el animal entre en celo. Con el tiempo, más del 95% de los otros folículos entran en regresión y mueren sin ovular, siendo reemplazados por una nueva generación de folículos en crecimiento (De Jarnette y col, 2013).

Crecimiento y maduración de los folículos

El folículo está en constante estado de crecimiento y maduración. (Bearden y col., 1982) mencionan que un folículo primario es una célula germinal rodeada de una capa simple de células foliculares, existiendo aproximadamente 75,000 folículos primarios en los ovarios de un abecerra. El folículo primario va seguido por proliferación de células foliculares que rodean al ovocito. Un ovocito rodeado por una o más capas de células foliculares es el folículo secundario. Posteriormente en el desarrollo se formará un antro (cavidad) por acumulación de líquido entre las células foliculares logrando una separación. Cuando se ha formado el antro, el folículo se clasifica como folículo terciario, que aparece como una vesícula llena de líquido sobre la superficie del ovario llamado también folículo de Graff. El líquido en el antro del folículo es rico en estrógenos y se llama líquido folicular. El folículo terciario o de Graff presenta varias capas celulares, una externa más fibrosa la teca externa, dentro de la cual se encuentra la teca interna y a estas dos capas celulares las separa una membrana basal, la granulosa, la cual rodea al antro folicular. Además, el cumulus oophorus, un montecillo de células granulosas, se localiza en un lado del antro. El ovocito (huevo potencial) descansa sobre el cumulus oophorus con otras células granulosas, las cuales están en contacto con el

ovulo potencial y se denominacorona radiada. Cuando ocurre la ovulación, el folículo hace dehiscencia expeliendo el líquido folicular, algunascélulas granulosas y el ovocito. Al momento de la expulsión, el ovocito se rodea de la corona radiada y una masa pegajosa que contiene otras células granulosas para captar al ovocito y desplazarlo hacia el oviducto. Todas las estructuras antes mencionadasestán representadas en el gráfico N° 5.(Bearden y col., 1982).

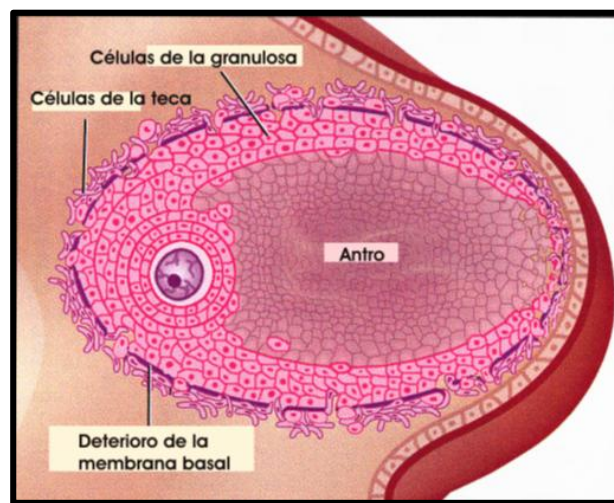


Gráfico 5.Folículo Terciario o de Graff

Fuente: (Senger, 2005)

Folículo preovulatorio.

Una vez que el folículo dominante presenta sus componentes completamente desarrollados y libera las cantidades de estradiol necesarias para sus funciones, pasa a la etapa de folículo preovulatorio, que es la etapa en la que se prepara para el fenómeno de la ovulación o liberación del ovocito. La maduración del folículo preovulatorio depende de la interacción de sustancias como las gonadotropinas, hormonas esteroides, factores de crecimiento, entre otros (Duica, 2010).



Con la abertura del folículo, el espacio vacío del folículo ovulado es llenado rápidamente de sangre, originando una estructura transitoria denominada cuerpo hemorrágico, como preámbulo a la formación y consolidación del cuerpo lúteo (Hunter y col., 2004). Seguidamente se forma el cuerpo lúteo por proliferación de la teca externa, teca interna y células granulosa. Las células granulosa forman el principal componente del cuerpo lúteo; este es un cuerpo sólido, amarillento, que produce progesterona y otros progestágenos (Bearden y col., 1982).

El cuerpo amarillo de la vaca contiene un pigmento lipocromo, que le da el aspecto amarillento. A medida que el cuerpo amarillo envejece y comienza a degenerar, oscurece su color que finalmente se torna anaranjado o pardo oscuro. (Donald, 1978)

Henao y col., 2003 mencionan que cerca del momento del estro el folículo ovulatorio alcanza un gran tamaño y produce cantidades importantes de estradiol, hasta inducir el pico pre-ovulatorio de hormona luteinizante, en este momento un grupo de folículos pequeños comienza a crecer lo que se llama onda folicular.(Henao y col., 2003)

Ondas foliculares

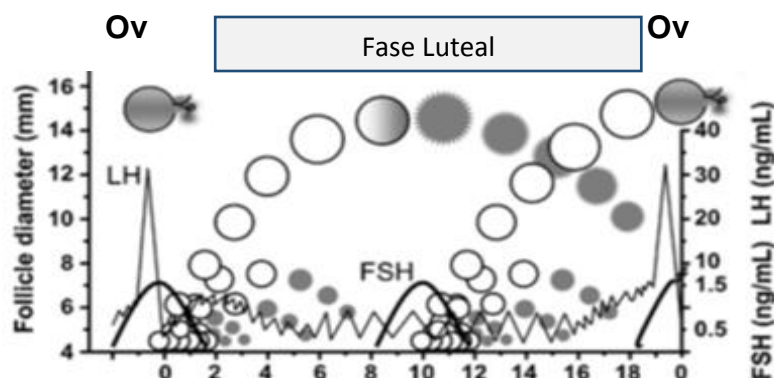
Una onda de desarrollo folicular involucra el desarrollo sincrónico de un grupo de folículos y está caracterizado por:

1. El reclutamiento inicial de un grupo de folículos en crecimiento.
2. De ellos uno es seleccionado y continua su crecimiento, mientras que los otros sufren atresia(Fernández, 2008).

- Una vez seleccionado, el folículo tiene un papel activo en la inhibición del crecimiento de los demás folículos de la misma oleada, a este efecto se le llama dominancia. Un folículo se hace dominante hacia el tercero o cuarto día cuando alcanza los 8.5 mm de diámetro. Los demás folículos que comenzaron la onda folicular pero no alcanzaron el diámetro de 8.5 mm regresan y experimentan atresia (Iñiguez, 2011). Dependiendo si el cuerpo lúteo regresa o no, el folículo ovulara o de otro modo se convertirá en un folículo dominante anovulatorio (Fernández, 2008).

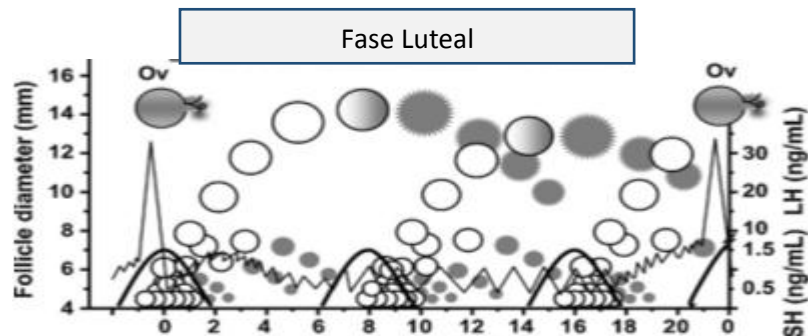
La presencia de dos o tres ondas foliculares en un animal se relaciona directamente con el tipo de ciclo que tiene, por ejemplo en animales con ciclos cortos de 18 – 20 días presentaran dos ondas de desarrollo folicular y animales con ciclos largos normales de 21 – 24 días presentaran 3 ondas de desarrollo folicular (Ramírez, 2006). En ambos ciclos estrales, de dos y tres ondas foliculares, la emergencia de la primera onda folicular se produce constantemente en el día de la ovulación (día 0), mientras que el surgimiento de la segunda onda, se produce en el día 9 o 10 en ciclos de dos ondas, y en el día 8 o 9 en ciclos de tres ondas. En los ciclos de tres ondas, la tercera onda emerge el día 15 o 16, como lo muestra la gráfica N° 6 (Adams y col., 2008).

Ciclo estral de 2 ondas foliculares



Días después de la ovulación

Ciclo estral de 3 ondas foliculares



Días después de la ovulación

Gráfico 6. Ondas foliculares

Fuente: (Adams y col., 2008)

Fases del desarrollo folicular

- ✓ Reclutamiento: Es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de la FSH, un conjunto de folículos antrales tempranos (2 - 3 mm de diámetro) comienzan a crecer en un medio con suficiente soporte gonadotrófico que les permita progresar a la ovulación (Santos, 2013).
- ✓ Selección: Es un proceso por el cual un folículo es elegido y evita la atresia con la posibilidad de llegar a la ovulación (Sintex, 2013).
- ✓ Dominancia: Es el proceso por el cual el folículo seleccionado domina ejerciendo un efecto inhibitorio sobre el reclutamiento de una nueva cohorte de folículos. Este folículo alcanza un tamaño marcadamente superior a los demás, es responsable de la mayor secreción de estradiol y adquiere la capacidad de continuar su desarrollo en un medio hormonal adverso para el resto de los folículos. La causa por la cual existe regresión del folículo dominante de las primeras ondas (1 de 2 ondas y 2 de 3 ondas) sería la presencia de una baja frecuencia de los



pulsos de LH debido a los altos niveles de progesterona, que provocarían una menor síntesis de andrógenos y en consecuencia una menor síntesis de estradiol que iniciarían la atresia folicular (García., 2014)

- ✓ Atresia: Los folículos subordinados inician el camino hacia la regresión, en la que interviene el mecanismo de apoptosis celular, que es necesario para la homeostasis tisular y ocurre en todas las células de los organismos multicelulares como un proceso fisiológico. En los folículos en crecimiento la apoptosis puede presentarse durante cualquiera de las etapas de desarrollo, en las que se presentan cambios en el citoplasma (sin un aumento importante en el volumen citoplasmático, ni la subsiguiente lisis, como se aprecia en la necrosis) y en el núcleo (compactación de la cromatina) (Markström y col., 2002).

Mediante ultrasonografía se puede observar que a los a los 6-7 días del comienzo de la onda el folículo dominante ha alcanzado prácticamente su máximo tamaño entre 15 y 17 mm y los folículos subordinados han sufrido un proceso de atresia. En este momento, el folículo dominante puede ovular o de lo contrario entra en una fase estacionaria, que dura aproximadamente otros 6 días y en la que mantiene su tamaño y capacidad ovulatoria. Si entonces no se ha producido la ovulación de este folículo, comienza un proceso de atresia y otros 9 días más tarde su tamaño ya ha descendido por debajo de los 4 mm (Santos, 2013).



El cuerpo lúteo

La otra estructura que se encuentra en la superficie del ovario es el cuerpo lúteo. El cuerpo lúteo es una glándula temporal que se desarrolla a partir del folículo ovulatorio, proceso conocido como luteinización (Hernández y col., 1998). De ahí que para Márquez, Ferraro, y Ortega (2001) citado por Duica 2010, la luteólisis es un ejemplo de degeneración de la función celular pero constituye un elemento normal y necesario para que se cumpla el ciclo reproductivo (Duica, 2010).

Estructuralmente el cuerpo lúteo presenta dos tipos de células, las células luteales grandes, que provienen de las células de la granulosa del folículo y las células luteales pequeñas, derivadas de las células de la teca interna (Palma, 2001).

Las células grandes segregan progesterona y oxitocina y responden a la prostaglandina E, mientras que las células pequeñas segregan progesterona y responden a la LH (Durán, 2004).

Una vez formado el cuerpo lúteo totalmente desarrollado, consolidado y funcional se alcanza el estado conocido como diestro que tiene una duración entre 10 y 14 días y la hormona que presenta una mayor actividad en esta etapa es la progesterona, la misma que actúa sobre el útero favoreciendo el desarrollo embrionario ya que permite un ambiente uterino adecuado (Duica, 2010).

El cuerpo lúteo normalmente tendrá una corona sobre su estructura, lo cual facilita su identificación durante la palpación rectal, como se observa en el gráfico N° 7. El cuerpo lúteo también puede tener una cavidad llena de fluidos, pero una pared más gruesa, por lo tanto tendrá una textura más tosca al tacto. El cuerpo lúteo en latín significa "cuerpo amarillo." Aunque en su superficie, esta estructura tiene apariencia oscura, un corte transversal revela un amarillo rojizo en su interior (De Jarnette y col., 2013).



Gráfico 7. Corte del ovario con cuerpo lúteo y folículo.

Fuente: (Ayala y col., 2015)

El cuerpo lúteo desempeña un papel central en la regulación del ciclo estral y en el mantenimiento de la preñez. Esta función se lleva a cabo en gran medida por la progesterona, que es el esteroide principal sintetizado por esta glándula endocrina (Stocco y col., 2007).

En 1982 Bearden y Fuquay mencionan que en una reproductora holstein a los 4 días del ciclo estral el diámetro promedio del cuerpo lúteo es de 8mm. El promedio máximo es de 20,5 mm, el cual es alcanzado a los 15 o 16 días del ciclo en una hembra no preñada y vuelve después a su tamaño promedio, teniendo un diámetro de 12,5 mm entre el día 18 y 21 del ciclo estral (Bearden y col., 1982).



Regresión del cuerpo lúteo

El cuerpo lúteo es de los pocos órganos que tienen una fase de crecimiento, desarrollo y regresión (Iñiguez, 2013). Cuando el ovocito no es fecundado, el cuerpo lúteo sufre un proceso de regresión alrededor del día 16 del ciclo estral en bovinos por un proceso denominado luteólisis, que ocurre como resultado de la liberación pulsátil de prostaglandina F₂-α (PGF₂-α) en el endometrio (Okuda y col., 2004).

La regresión funcional del cuerpo lúteo involucra principalmente una reducción en la secreción de progesterona, mientras que su regresión estructural involucra alteraciones en su estructura celular y una gradual involución dentro del ovario, para formar una pequeña cicatriz compuesta de tejido conectivo fibroso a la que se le denomina cuerpo albicans (Hussein, 2005).

El efecto luteolítico de la PGF₂-α, ocurre principalmente por acción vasoconstrictora sobre del endotelio vascular que irriga al cuerpo lúteo, como consecuencia habrá una menor llegada de nutrientes, oxígeno y colesterol necesarios para la esteroidogénesis; además ésta hormona puede tener efecto directo sobre los receptores a hormonas luteotrópicas, captación de colesterol por la célula, la expresión de enzimas esteroidogénicas y el transporte de colesterol hacia la mitocondria, ejerciendo de esta manera un efecto luteolítico sobre el cuerpo lúteo y provocando su regresión (Niswender y col., 2000).

La progesterona

La progesterona es una hormona esteroidea, producida por el cuerpo lúteo por acción de la hormona luteinizante. Los efectos de la progesterona se



observan después que el tejido blanco ha estado expuesto durante cierto tiempo a la estimulación de los estrógenos. Esta hormona prepara el útero para el implante del embrión y para mantener la gestación (Galina, 2006).

Además, la progesterona evita las contracciones del útero, cierra el cérvix y modifica las características del moco cervical, volviéndolo más viscoso, lo que evita el paso de agentes extraños al interior del útero. Por otra parte, la progesterona estimula el desarrollo del sistema alveolar de la glándula mamaria, preparándola para la síntesis y secreción de leche (Hernández y col., 1998).

Es importante mencionar que la concentración de progesterona en el plasma, refleja directamente la función del cuerpo lúteo y constituye un preciso indicador de la función ovárica en la vaca (Ramirez, 2009).

La progesterona domina la mayor parte del ciclo estral de la vaca, siendo evidentes cantidades detectables 3-4 días después de la formación del cuerpo lúteo; la producción diaria de progesterona se eleva mucho durante varios días hasta alcanzar una meseta de secreción, el día 8 del ciclo (Durán, 2004).

Electroquimioluminiscencia como técnica para la determinación de los niveles de progesterona en el plasma.

La electroquimioluminiscencia se define como la emisión de radiación electromagnética producida por una reacción química. Aunque el fenómeno de la quimioluminiscencia se conoce hace 300 a.c, el desarrollo de aplicaciones analíticas es relativamente reciente. (García y col., 2001). Este método se utiliza actualmente como una técnica avanzada para análisis clínico humano.

(Ayad y col., 2014), sin embargo estudios realizados por (García y col., 2001) muestran claramente que los kit de electroquimioluminiscencia de progesterona humana puede ser utilizado para medir progesterona en plasma bovino.

Las mayores ventajas de la electroquimioluminiscencia se basan en la gran capacidad de amplificación de la señal a partir de una molécula marcadora que puede ser excitada repetidas veces; lo cual permite obtener límites de detección muy bajos y amplios intervalos de medición en rápidos procesos con cortos tiempos de reacción (Lamas, 2011). Otra de las ventajas de este método es que es altamente sensible y selectivo. Combina las ventajas analíticas de análisis de quimioluminiscencia con la facilidad de control de la reacción mediante la aplicación potencial del electrodo, como lo muestra la gráfica N° 8.

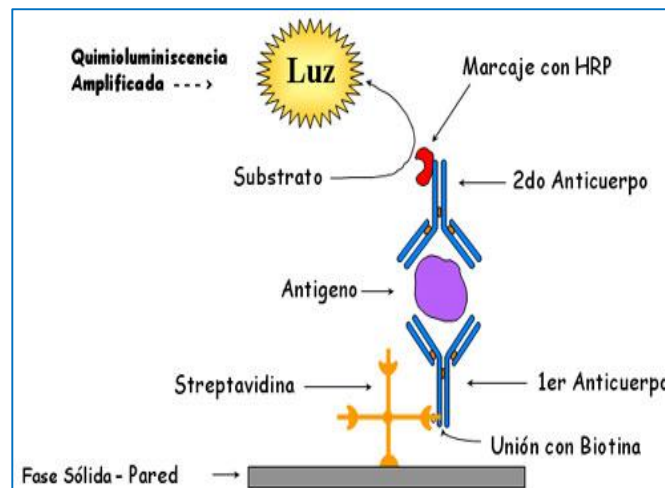


Gráfico 8. Proceso de Quimioluminiscencia

Fuente: (Ojeda, Esparza, & Raya, s.f)



Ecografía como técnica para la determinación del tamaño del folículo preovulatorio y del cuerpo lúteo.

La ecografía es una técnica de imagen no invasiva utilizada para la evaluación de las situaciones patológicas y fisiológicas, aplicadas con éxito en la obtención de imágenes del tracto reproductivo de los rumiantes (Lazaridis y col., 2012). Las imágenes ultrasonográficas en escala de grises se introdujeron en 1980 y hoy en día están siendo utilizadas en la mayoría de especies para caracterizar la dinámica del folículo e investigar el control gonadotrófico y función hormonal de los folículos (Ginther, 2014).

Las imágenes por ultrasonido han demostrado que el ganado presentan 2 o 3 ondas de desarrollo folicular durante el ciclo estral. La ecografía permite la monitorización de los folículos individuales a medida que crecen o su regresión en el tiempo y los patrones de desarrollo folicular, por lo tanto se pueden determinar con precisión relativa (Ribadu y col., 1999).

Como menciona Tamayo (1997) la ecografía constituye un medio de diagnóstico de certeza en la dinámica de las ondas foliculares y en el desarrollo del cuerpo lúteo, entre algunos de los procesos reproductivos importantes que se pueden citar.

Para el examen del sistema reproductivo de la hembra bovina el equipo aplicado con más frecuencia es el de la B-mode tipo, en tiempo real, con una sonda lineal y frecuencias de 3.0, 5.0 y 7.5 MHz. En el ganado, el examen se lleva a cabo principalmente a través del recto (Lazaridis y col., 2012).



La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen que se basa en la emisión de ultrasonidos y la recepción de ecos. Estos ecos se producen por la reflexión de los ultrasonidos a nivel de los distintos tejidos. De esta manera los tejidos podrán ser hiper, hipo o anecogénicos, según la cantidad de ultrasonidos que reflejen (Tamayo, 1997).

Tejidos Anecogénicos o anecoicos: Estructuras llenas de líquido y se aprecian de color negro, son atravesados por ondas, un ejemplo claro de ello son los folículos (Fernandez, 2012).

Tejidos Ecogénicos o ecoicos: Estructuras de tejido blando y se aprecian de color gris. Estos tejidos rechazan las ondas (Fernandez, 2012).

Tejidos hiperecogénicos o hiperecoicos: Corresponden a estructuras óseas y aire y se aprecia de color blanco. Reflejan todos los ultrasonidos (Fernandez, 2012).

En ocasiones pueden aparecer ecos producidos a nivel de estructuras reales del paciente, son los denominados artefactos y es importante conocerlos y aprender a diferenciarlos de los ecos reales para tener una adecuada interpretación de las imágenes que obtenemos (Tamayo, 1997).

La ecografía se realiza parecida a la exploración del sistema reproductor por vía rectal; previamente a la introducción de la sonda debemos efectuar una breve exploración rectal con el propósito de conocer la ubicación del útero y de los ovarios. Debemos precisar un buen contacto del transductor con la mucosa rectal para obtener imágenes de mejor calidad. Como se muestra en el gráfico N° 9.



Gráfico 9. Introducción de la sonda para realizar la ecografía.

Fuente: Autora

En 1997 Tamayo afirma que la sonda debe introducirse por vía transrectal sujeta entre los dedos pulgar, índice y corazón y se sitúa sobre la localización del útero y ovarios, desplazándola suavemente, en el gráfico N° 10 se observa cómo se debe colocar la sonda previo a la introducción de la misma en el recto del animal, protegiendo la sonda con un guante ginecológico. Los dos dedos del guante más cercanos se cierran con solo un nudo y los dos dedos externos se anudan al lado contrario (Ayala y col., 2015).



Gráfico 10. Manera de sujetar la sonda para realizar la ecografía.

Fuente: (Ayala y col., 2015)

Ecografía del folículo preovulatorio

Como ya se mencionó los folículos se presentan como estructuras redondeadas llenas de líquido de color negro o anecogénicas, como se presenta en el gráfico N° 11. Las medidas que obtenemos de los folículos corresponden a las dimensiones del antro folicular y no incluye el diámetro de la pared.

Los folículos preovulatorios se muestran como estructuras redondeadas anecogénicas de 1,5 a 2,5 cm o 15 - 25 mm, tamaño con el cual se produce la ovulación en la vaca, según los resultados de diferentes autores, los cuales han corroborado sus datos con la posterior formación del cuerpo lúteo (Tamayo, 1997).

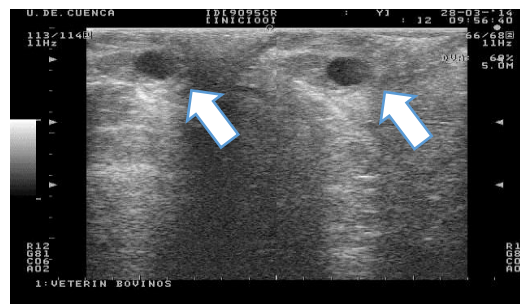


Gráfico 11. Folículo preovulatorio en una vaca criolla

Fuente: Autora

Ecografía del cuerpo lúteo

El cuerpo lúteo se muestra evidente en imágenes ecográficas alrededor de los 2 - 3 días posteriores a la ovulación. Esta estructura es hipoecogénica en la vaca, algo oscura y redondeada con 1,5 a 3,5 cm de tamaño como lo podemos observar en el gráfico N° 12 y está en correspondencia con los estadios del CL hemorrágico, CL maduro o CL en regresión (Tamayo, 1997).

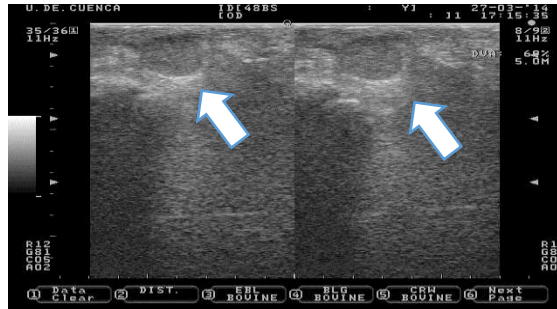


Gráfico 12. Cuerpo Lúteo en una vaca criolla.

Fuente: Autora

El ganado bovino criollo en el Ecuador

El ganado bovino criollo Americano desciende directamente de los animales que llegaron de la península Ibérica en el segundo viaje de Colon en 1493, estos animales llegaron a la isla denominada La Española, hoy asiento de la República Dominicana y Haití (Vidal, 2009).

Desde Centroamérica se difundieron por todo el continente Americano adaptándose a todos los ambientes por lo tanto generando una variabilidad genética única, como expresa el genetista mexicano Jorge de Alba (Vidal, 2009).

Los primeros bovinos que arribaron al Ecuador y Colombia, fueron traídos desde Panamá por Sebastián de Benalcázar en el año 1538 (Aguirre y col., 2012).

Distribución del ganado bovino criollo en el Ecuador

El ganado “criollo” es de procedencia Ibérica; resultado de cruces sucesivos con razas extranjeras. En el Ecuador el área de cría del ganado criollo ha ido reduciéndose progresivamente, tanto que hoy ninguna provincia del país cría exclusivamente bovinos criollos. El criollo se encuentra en condiciones de mayor pureza en áreas con condiciones climáticas extremas:



Esmeraldas, norte de Manabí, algunas zonas de Loja en y algunos paramos andinos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1978)

Tabla 3. Razas criollas de mayor pureza existentes en la sierra distribuida por provincias

Razas criollas existentes en la sierra ecuatoriana				Referencia
Provincias	Razas Criollas			
Loja	“Negro Lojano”	“Encerado”	“Pintado o cajamarca”	(Aguirre y col., 2008)
Pichincha Imbabura Carchi	Pizán			(Edifarm., 2014)

Vidal (2009) menciona que entre las principales características de los bovinos criollos encontramos:

- Tolerancia al calor y ambientes secos.
- Resistencia a los parásitos
- Excelente fertilidad e instinto materno.

Entre las principales razas criollas en la región alta andina del Ecuador que presentan las características antes mencionadas se encuentran:

Negro Lojano



Gráfico 13. Raza Criolla "Negro Lojano"

Fuente:(Aguirre., 2008)

Entre sus principales características encontramos: Es un animal pequeño, corto, con cuernos, de pelaje negro y largo, con alguna pequeña mancha blanca a nivel de frente, ubre o cañas, es tipo leche y se encuentra más en la sierra alta (Aguirre y col., 2011).

Encerado



Gráfico 14. Raza Criolla "Encerado"

Fuente:(Aguirre., 2008)

- Características Físicas: Animal pequeño, corto, de pelaje gris, con pequeñas manchas de pelos blancos a nivel de diversas zonas del cuerpo, por sus medidas morfométricas, es un animal de doble propósito tipo leche y se lo encuentra en la sierra media (Aguirre y col., 2011).

Pintado o Cajamarca



Gráfico 15. Raza Criolla “Pintado o Cajamarca”

Fuente:(Aguirre., 2008)

- Características Físicas: Presenta un pelaje amarillo claro a oscuro con zonas de pelos blancos, es un animal pequeño y corto, un 24% de esta población es acorné, son doble propósito tipo carne y se lo encuentra en la sierra media y baja (Aguirre y col., 2011).

Raza criolla Pizán



Gráfico 16. Raza Criolla "Pizán"

Fuente:(Aguirre., 2008)

- Características físicas: Las vacas pizán son de mediana estatura, los toros algunos de ellos han sobrepasado las 2.200 libras de peso vivo. El bovino pizán tiene gran adaptación a las alturas andinas. Resistente a enfermedades: bronco-pulmonares, mastitis y panadizo y cuenta con una notable capacidad de asimilación de todo alimento (Edifarm, 2014).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Como se mencionó estas son las razas criollas de mayor pureza en nuestro país, sin embargo para nuestro estudio se tomaron bovinos criollos del páramo, que han sido sometidos a un proceso de adaptación, observando que la mayoría de ellos presentan características similares a las antes mencionadas. En cuanto a su genética estos proceden de cruzas entre razas de bovinos introducidos y criollos, ya que no existe una raza criolla propia de nuestro país., sin embargo se están desarrollando proyectos de investigación que permitan tener una raza criolla propia del Ecuador y así conservar nuestro patrimonio genético.



III. Materiales y métodos

Materiales

Materiales físicos:

- Ropa de trabajo
- Guantes de examinación
- Catéter
- Sistema vacutainer
- Ultrasonógrafo
- Equipos para el manejo de los animales
- Guantes Ginecológicos
- Gel lubricante
- Hojas de campo
- Centrifuga.
- Formulario de laboratorio
- Computadora
- Impresora
- Cámara de fotos
- Memoria USB
- Esferos

Materiales biológicos:

- 10 vaquillas de la raza criolla
- Muestras de sangre

Materiales Químicos:

- Algodón
- Alcohol



- Kits de progesterona, para el análisis de las muestras sanguíneas.

Localización de la Granja

El estudio se llevó a cabo en la granja experimental “Irquis”, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca, Ecuador. (3044181S; 79040813°); situada a 2.714 msnm, con temperatura promedio de 14°C, humedad relativa 80% y pluviosidad variando entre 800mm y 2.000mm.

Fase de selección de animales

Se utilizaron 10 vaquillas de raza criolla cuyo peso promedio al inicio del estudio fue de $243,3 \pm 45,0$ kg, condición corporal de $2,5 \pm 0,4$, sobre una escala de 1-5 puntos. La edad promedio fue $19,9 \pm 4,8$ meses. Se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- Vaquillas de raza criolla
- Condición corporal media
- Nulíparas

Criterios de exclusión:

- Animales con problemas reproductivos
- Enfermas

Fase de adaptación

Previo al monitoreo de los animales se realizó un tiempo de adaptación, las hembras fueron mantenidas en la granja desde septiembre 2013 a febrero 2015 y recibieron las mismas condiciones de manejo y sanidad, siendo alimentadas con pastura (mezcla forrajera kikuyo, ray grass, trébol rojo y blanco), suplementadas con heno de pastura y sales minerales.



Gráfico 17. Fase de adaptación

Sincronización del ciclo estral

El ciclo estral de las vaquillas en estudio fue evaluado después de la sincronización del estro. Para ello se utilizó 25mg de $\text{PGF}_{2\alpha}$ (Lutalise®, Zoetis), vía intramuscular (IM), que fue aplicado el día 0 y 12 del protocolo; luego de la última aplicación se colocaron parches adhesivos detectores de celo en la unión sacro-coxígea, se observó celo desde el primer al séptimo día después de la inyección de $\text{PGF}_{2\alpha}$, durante 30 minutos con intervalos de 8-12 horas se consideró que la vaca manifestaba síntomas de celo cuando aceptó la monta o se dejó montar por otra vaca cambiando el color del parche colocado.



Gráfico 18. Aplicación de parches detectores de celo

Protocolo de monitoreo

Se realizó mediante ultrasonografía, para ello se utilizó un ecógrafo marca Aloka Prosound 2, multifrecuencia, provisto de un transductor lineal (7,5 MHz). Las estructuras a observar fueron los ovarios: derecho e izquierdo de cada animal, se determinó el tamaño del folículo preovulatorio (día 0) y el tamaño del cuerpo lúteo durante los días, 7 y 14 del ciclo estral. Cada imagen seleccionada en la pantalla del monitor fue congelada y registrada. Las ecografías se realizaron a las 08h00 am mediante el siguiente protocolo.

1. Ingreso de las vaquillas a la manga
2. Sujeción de los animales en el collarín
3. Preparación del ecógrafo
4. Preparamos el protector de la sonda (guante con gel)
5. Introducción del guante veterinario ginecológico
6. Lubricamos el guante a utilizar
7. Introducción del brazo en el recto del animal
8. Evacuación de las heces

9. Localización del cérvix, útero, cuernos y ovarios
10. Introducción de la sonda al lugar del examen
11. Contacto del transductor con el ovario derecho e izquierdo del animal, indirectamente vía rectal.
12. Cada ovario fue escaneado varias veces y en más de un plano, el escaneado se realizó en una primera dirección de lateral a medial y luego en una dirección de medial a lateral. Los ovarios fueron escaneados en una segunda dirección: dorso-ventral, oblicuo intermedio o, en algunos casos, cráneo-caudal, como lo mencionan (Sirois y col., 1988).
13. Almacenamiento de la información en la memoria del ecógrafo y en el USB
14. Retiro del transductor del recto del animal
15. Salida del animal de la manga



Gráfico 19. Entrada de los animales a la manga



Gráfico 20. Ecografía en una vaca criolla



Gráfico 21. Toma de datos

Es importante mencionar que como lo menciona Kastelic y col., 1990, (citado por Duica 2010) las células que estaban presentes en el folículo comienzan a transformarse morfológica, endócrina y bioquímicamente, para convertirse en células luteales desarrollando así, siete días después de presentado el celo, un cuerpo lúteo totalmente funcional, motivo por el cual se realiza este estudio en el día 7 en su fase de desarrollo.



Toma de muestras sanguíneas

Al grupo de vacas seleccionadas se les extrajo sangre (5ml) mediante punción en la vena yugular, para esto se utilizó tubos Vacutainer™ heparinizados y agujas 16-G, específicas para estos tubos, con el objetivo de obtener los niveles de progesterona a través del método de electroquimioluminiscencia utilizando plasma heparinizado, siguiendo el protocolo que se describe a continuación:

1. Sujeción del animal
2. Localización del sitio de punción, compresión manual en el canal yugular (vena yugular).
3. Aplicación de un antiséptico en el sitio de punción, esta se realizó con una torunda empapada de alcohol.
4. Se introduce en la vena una aguja larga calibre 14 -16, en un ángulo de 45 grados en dirección a la vena yugular.
5. La cantidad de sangre que se tomó para la muestra corresponde a 5 ml.
6. Luego se procedió a la identificación de las muestras.
7. Las muestras fueron llevadas a refrigeración.
8. Se realizó la centrifugación a 2500 rpm (revoluciones por minuto) durante 15 minutos.
9. Se obtuvo alícuotas que se almacenaron a -20 C.
10. Se realizó electroquimioluminiscencia utilizando plasma heparinizado, mediante el siguiente protocolo:

Las muestras de plasma heparinizado fueron transportadas al laboratorio clínico CENBIOCLI, una vez allí se procedió a realizar la electroquimioluminiscencia utilizando los reactivos Progesterona II (Cobas®).

La variabilidad inter e intra ensayo fue de 9,2 y 6% respectivamente y la sensibilidad fue de 0,030 ng/ml para P4.

11. Finalmente se obtuvo los resultados que nos determinarán la cantidad de progesterona en ng/ml.

Se consideró tomar el día 14 del ciclo estral para la medición de los niveles de progesterona debido a que estas alcanzan el pico entre los días 10 y 14 del ciclo posteriores a la ovulación, tal como lo menciona (Rivadeneira, 2013).



Gráfico 22. Materiales para toma de muestras



Gráfico 23. Toma de muestras**Gráfico 24. Muestras de sangre en refrigeración****Análisis estadístico****Medición de las variables**

Como variables se establecieron:

- ✓ Folículo Preovulatorio (tomado el día 0)
- ✓ Cuerpo Lúteo (tomado el día 7 del ciclo estral)
- ✓ Cuerpo Lúteo (tomado el día 14 del ciclo estral)
- ✓ Progesterona (tomado el día 7 del ciclo estral)
- ✓ Progesterona (tomado el día 14 del ciclo estral)

El diámetro del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo, fueron determinados sumando los diámetros horizontal y vertical y dividiéndolos entre dos como lo menciona Van Eerdenburg y col., 2002 citado por (Andringa y col., 2013).



La unidad empleada para cuantificar la concentración de progesterona en suero sanguíneo fue nanogramos por mililitro (ng/ml) determinados por medio de la metodología electroquimioluminiscencia utilizando plasma heparinizado.

Base de datos

Con los resultados obtenidos en el campo y en el laboratorio se procedió a elaborar una base de datos en el programa informático Excel para luego trasladar estos datos al programa SPSS® para el análisis estadístico respectivo

Análisis estadístico de los datos

Utilizando estadística descriptiva se observó y analizó el comportamiento de las variables descritas (FP, CL Y P4), se desarrollaron diagramas de caja para cada una de las variables, determinando también pruebas de normalidad utilizando para ello pruebas no paramétricas como la de Shapiro-Wilk que nos permitió observar que los datos se comportan de una manera normal cabe recalcar que la mencionada prueba estadística se utiliza en muestras menores a 50, para ello se usó el programa estadístico SPSS®. Para comparar la correlación existente entre las variables se generaron correlaciones de Pearson.



IV. Resultados

Valores medios de las variables en estudio

En la siguiente tabla se muestran la media, varianza, valor mínimo, máximo y el error estándar para cada variable en estudio: folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles de progesterona, que han sido determinadas a través de ultrasonografía y mediciones hormonales como la electroquimioluminiscencia.

Tabla 4. Promedios, error estándar, valores mínimos y máximos de las variables en estudio.

	Media	Varianza	Mínimo	Máximo
FP (mm)	14,40±0,4	1,60	12,00	16,0
CL - Día 7 (mm)	19,00±0,7	6,33	15,00	21,5
CL - Día14 (mm)	22,20±0,6	3,84	20,00	25,5
P4 - Día 7 (ng/ml)	12,49±1,8	34,15	4,14	24,2
P4 - Día14 (ng/ml)	17,40±1,9	38,65	9,29	28,4

FP= Folículo Preovulatorio CL= Cuerpo Lúteo P4= Progesterona

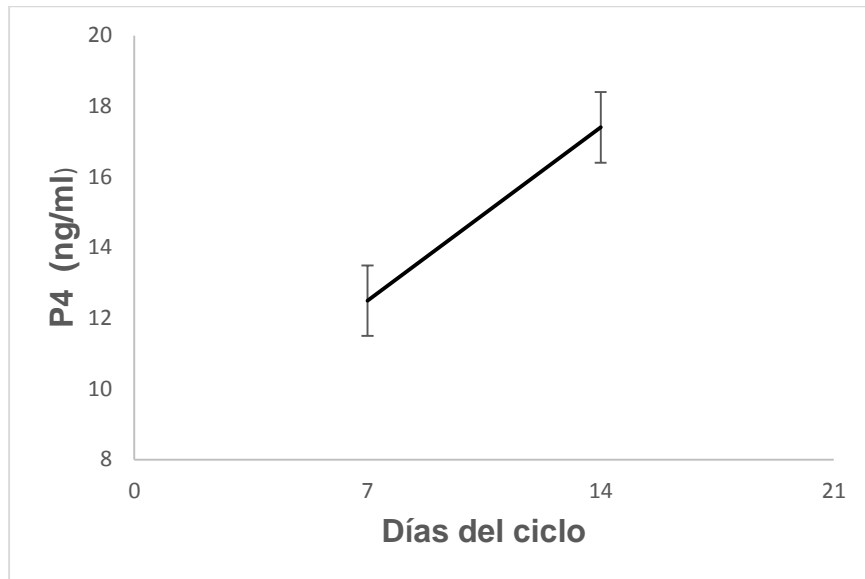


Gráfico 25. Promedio (\pm EE) de las concentraciones séricas de progesterona de las 10 vaquillas en estudio los días 7 y 14 del ciclo estral.

La media de progesterona de los animales en estudio en el día 7 fue de 12,49(ng/ml) y el día 14 de 17,40(ng/ml), lo que nos indica una relación positiva entre la producción de esta hormona en los dos días (gráfica N° 25).

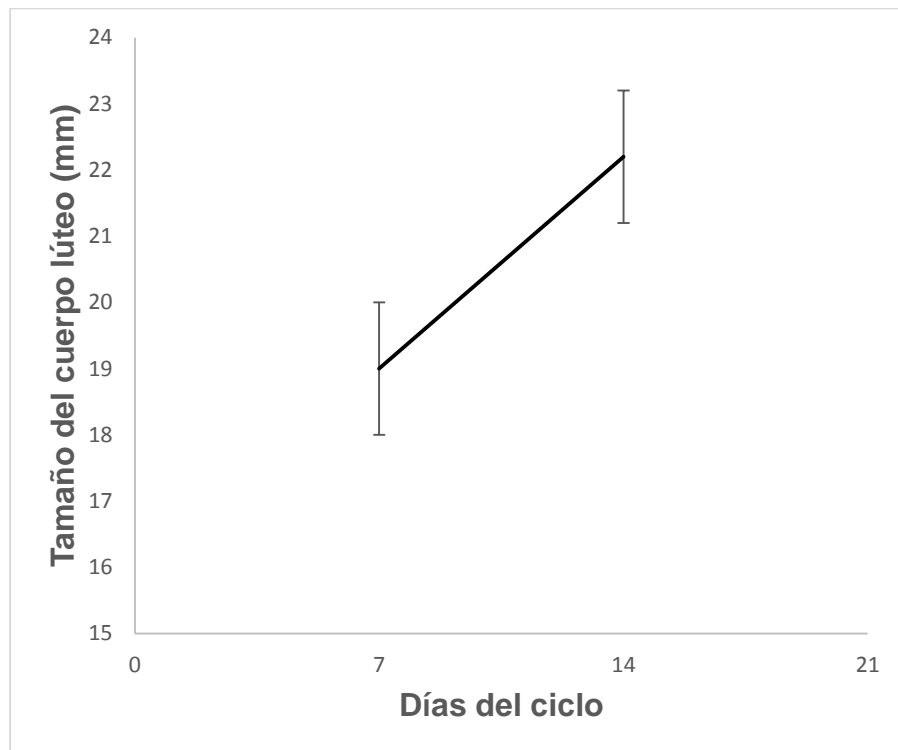


Gráfico 26. Promedio (\pm EE) del diámetro del cuerpo lúteo de las 10 vaquillas en estudio.

La media del tamaño del cuerpo lúteo de los animales en estudio fue de 19mm y 22,2 mm para los días 7 y 14 respectivamente, observándose que conforme avanza el ciclo, el cuerpo lúteo alcanza mayor desarrollo, esto se comprueba con los datos encontrados en el estudio a través de la gráfica N°26.

Relación entre el folículo preovulatorio y tamaño de cuerpo lúteo en los días 7 y 14 del ciclo estral.

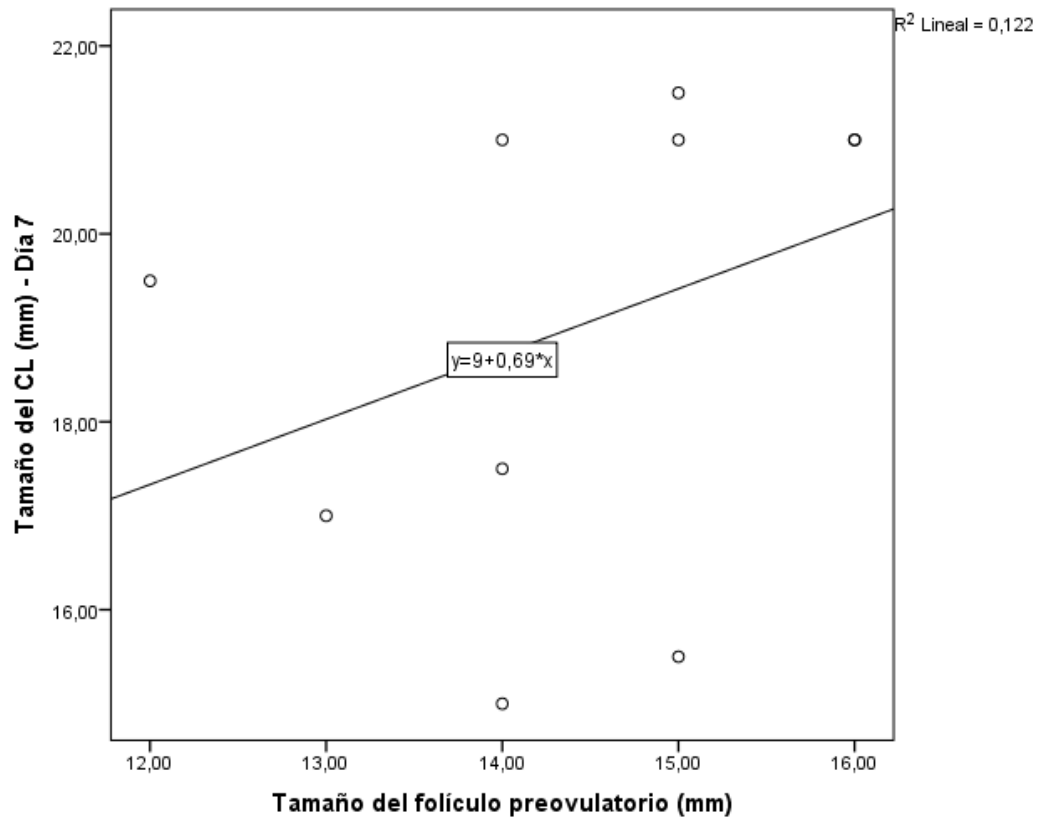


Figura 1. Relación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo al día 7 ($p>0.05$).

La relación entre el folículo preovulatorio del día del celo (día 0) con el tamaño del cuerpo lúteo del día 7 del ciclo fue de 0.349, no existiendo una asociación significativa ($p= 0.323$) entre estas dos variables (Figura 1).

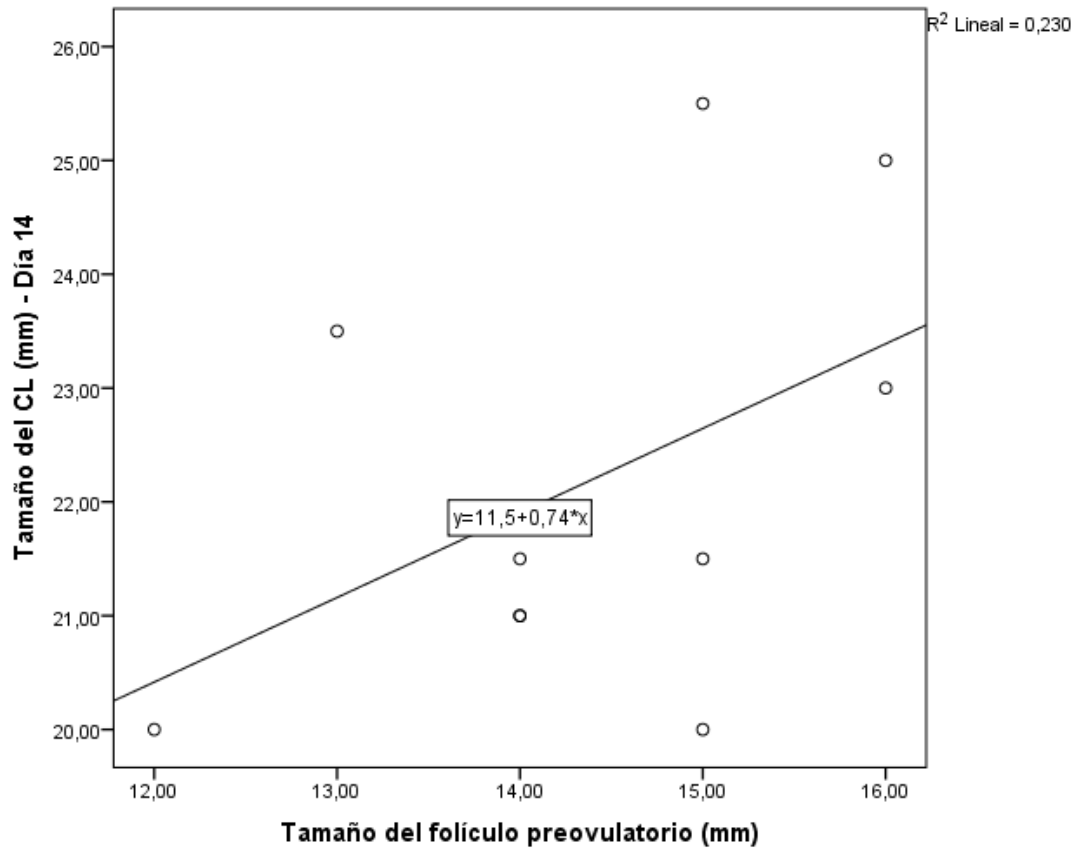


Figura 2. Relación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo al día 14 ($p > 0.05$).

La relación existente entre el tamaño del folículo preovulatorio del día del celo (día 0) y el tamaño del cuerpo lúteo del día 14 del ciclo fue de 0.479, lo que demuestra que no existe evidencia estadística ($p = 0.161$) para concluir que estas dos variables poseen una asociación lineal (Figura 2).

Relación existente entre los niveles de progesterona con el diámetro del cuerpo lúteo en los días 7 y 14 del ciclo estral.

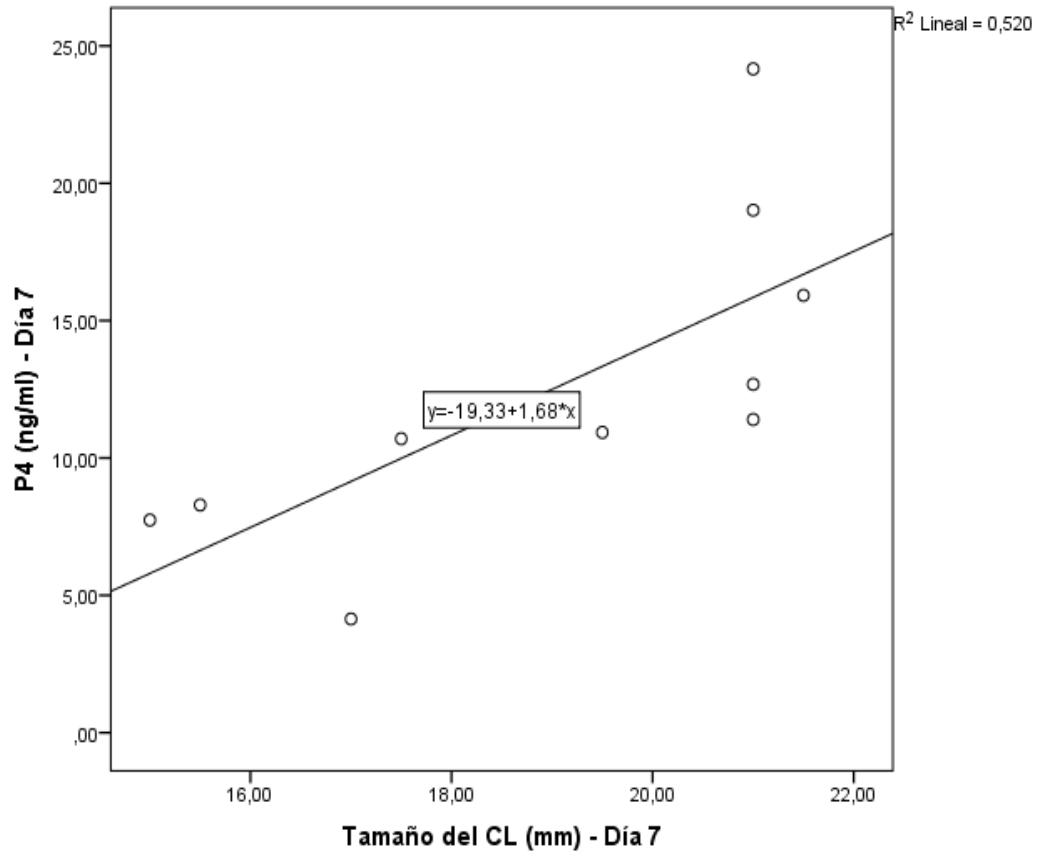


Figura 3.Relación entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 7 en las vaquillas criollas del estudio ($p < 0.05$).

La relación existente entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 7 del ciclo estral fue de 0.721, con un valor de $p = 0.019$, siendo este valor significativo, esto se puede comprobar con lo que mencionan otros autores cuando hablan acerca de una relación mayor entre el cuerpo lúteo y la progesterona cuando estas dos estructuras están en la fase de desarrollo (Figura 3).

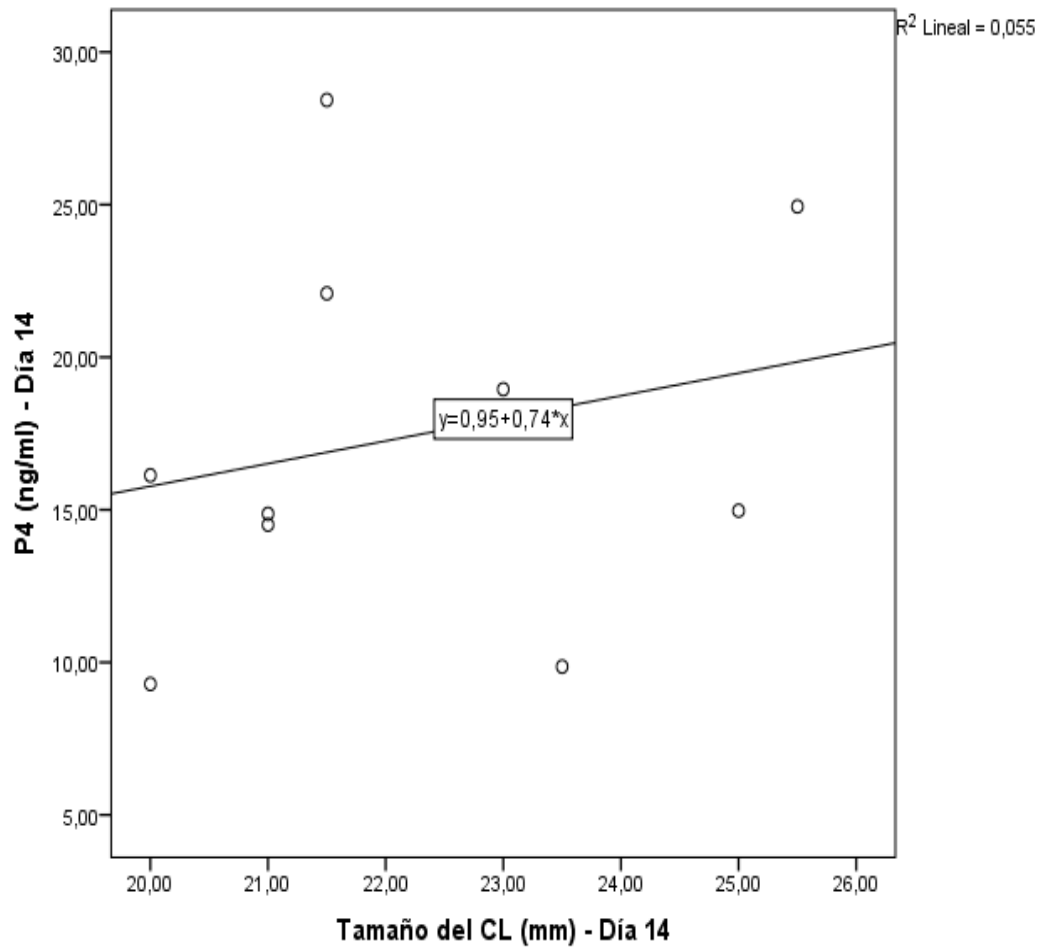


Figura 4. Relación entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 14 ($p > 0.05$).

La relación existente entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona del día 14 del ciclo fue de 0.234, lo que demuestra que no existe evidencia estadística ($p = 0.516$) para concluir que estas dos variables poseen una asociación lineal (Figura 4).

Relación entre el folículo preovulatorio y cuerpo lúteo de las 10 vaquillas criollas en estudio.

En la gráfica siguiente se observa los valores en mm para el folículo preovulatorio y cuerpo lúteo en los días 7 y 14 del ciclo estral para cada una de las vaquillas en estudio, en ella se muestra que el FP presenta una tendencia hacia valores entre 14 y 16 mm. En relación al cuerpo lúteo como se observa en la gráfica 27, presenta valores que van entre 15 y 21 mm y finalmente el día 14 existe una mayor tendencia en cuanto al tamaño del mismo, presentando valores entre 20 y 25 mm.

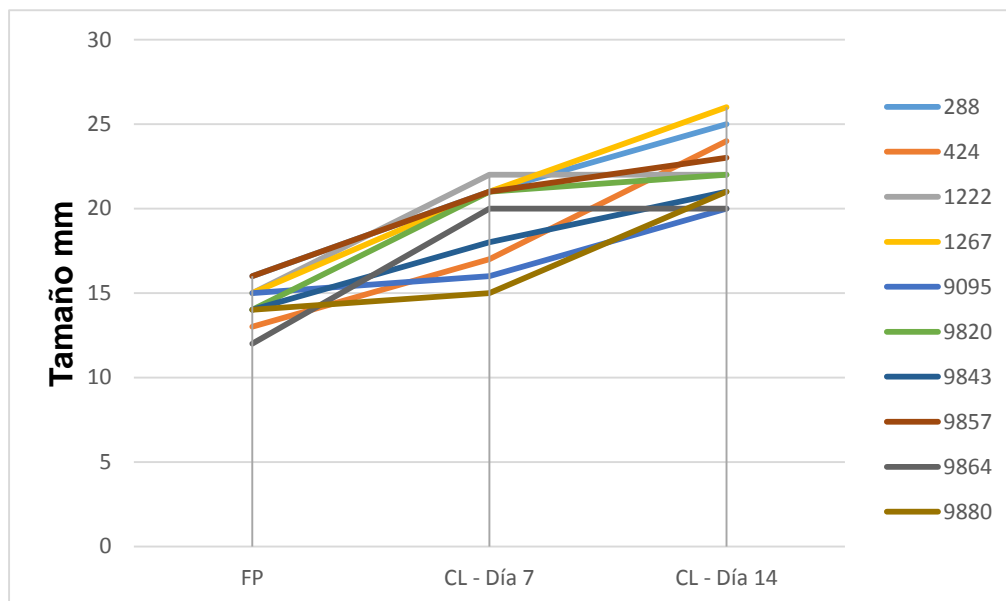


Gráfico 27. Relación entre el FP y el CL al día 7 y 14 del ciclo estral en mm para todas las vaquillas en estudio.

Relación entre los niveles de P4 (ng/ml) al día 7 y 14 del ciclo estral en las 10 vaquillas en estudio.

A continuación podemos observar una gráfica que muestra los niveles de progesterona en ng/ml para todas las vaquillas en estudio, los mismos que son más bajos en el día 7 y se elevan en el día 14 del ciclo estral, a excepción de la vaquilla criolla N° 9864 que presenta un comportamiento diferente a los otros animales.

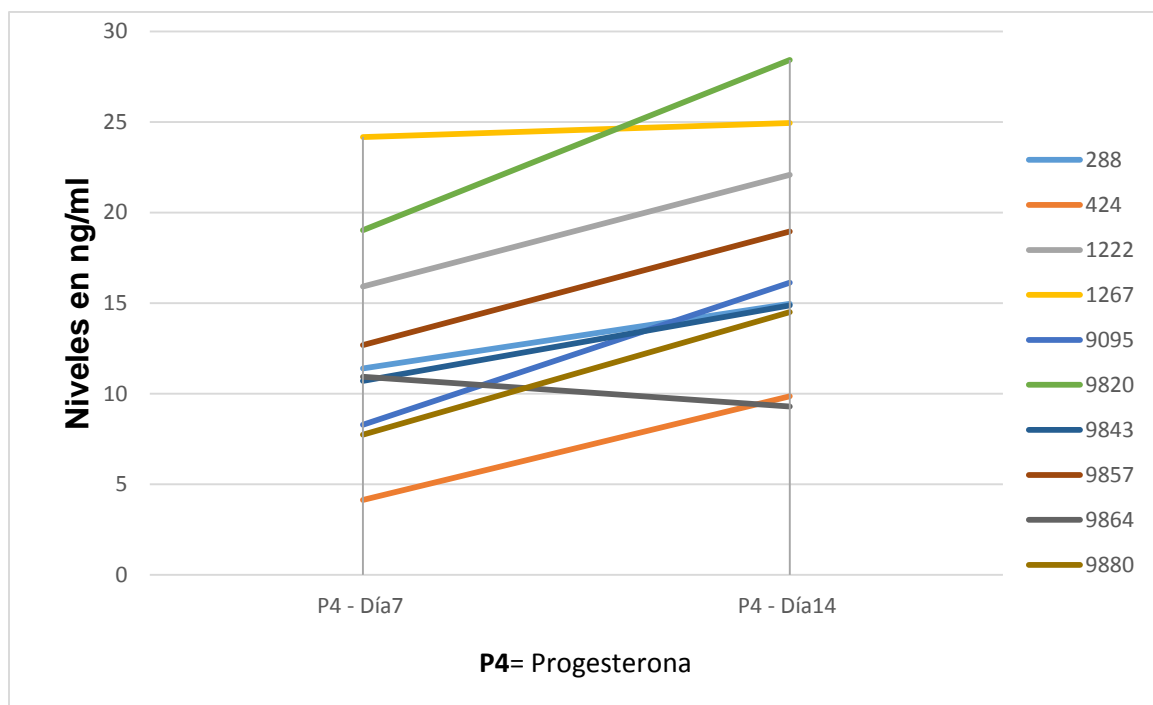


Gráfico 28. Relación entre los niveles de P4 (ng/ml) al día 7 y 14 del ciclo estral en ng/ml en las 10 vaquillas en estudio.

Análisis que relaciona el diámetro del folículo preovulatorio, tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona en los días 7 y 14 del ciclo estral de cada uno de los animales en estudio.

Gráfico que presenta la relación entre FP, CL y P4 en la vaquilla N°288, en el mismo que existe una tendencia positiva para las tres estructuras en estudio., pudiendo decir que a mayor tamaño de CL mayor nivel de P4.

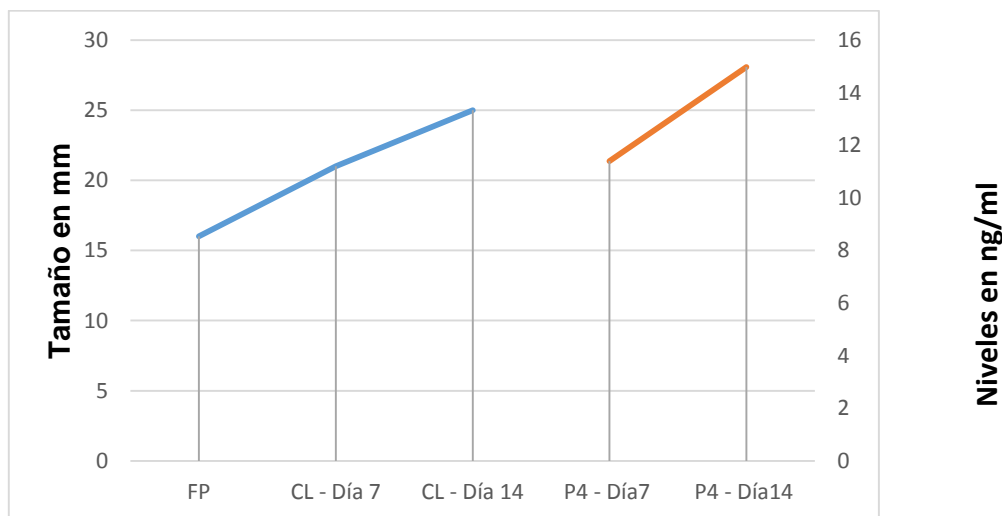


Gráfico 29. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 288

Es importante mencionar que esta vaquilla presentó un ciclo estral de 24 días, presentando 3 ondas de desarrollo folicular, lo más destacado como muestra la gráfica son los elevados niveles de progesterona.

En la siguiente gráfica realizada para la vaquilla 424, nos muestra la relación existente entre las estructuras en estudio, es notorio que se presenta un mayor crecimiento del CL al día 14 del ciclo estral, conjuntamente con los niveles de P4.

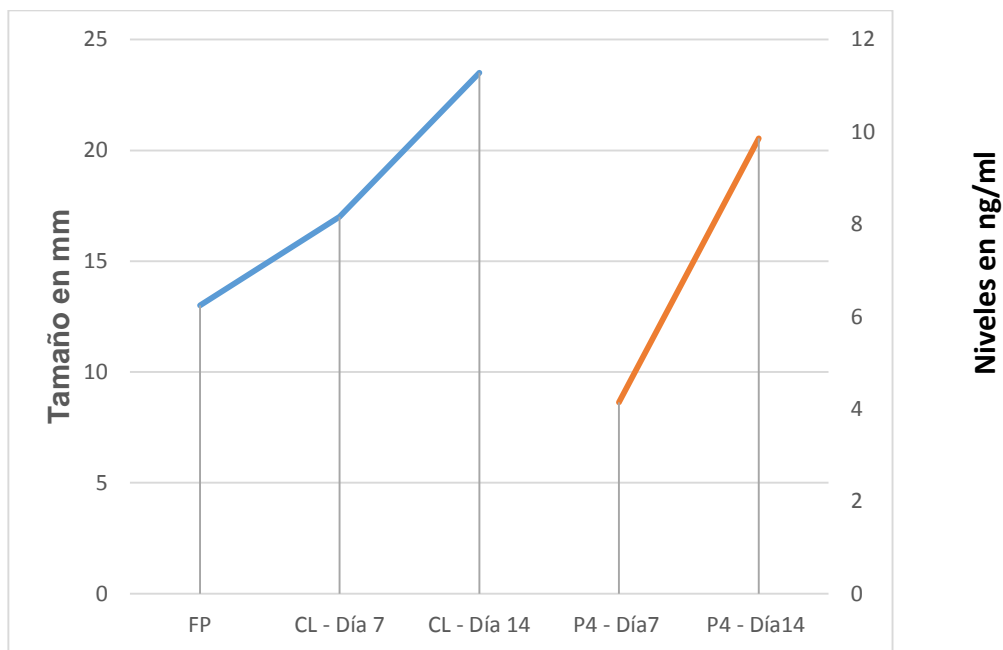


Gráfico 30. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 424

El ciclo estral de esta vaquilla es 24 días, presentado 3 ondas foliculares, lo más destacado son los niveles elevados de progesterona al día 7 y 14 del ciclo estral, comparado con razas como la holstein y brown swiss.

Gráfico que presenta la relación entre FP, CL y P4 en la vaquilla N°1222, en el mismo se observa el tamaño del FP y que se mantienen los valores para el CL en los días 7 y 14 del ciclo estral, mientras que como se observa claramente los niveles de P4 para el día 7 son menores comparados con los del día 14 del ciclo estral.

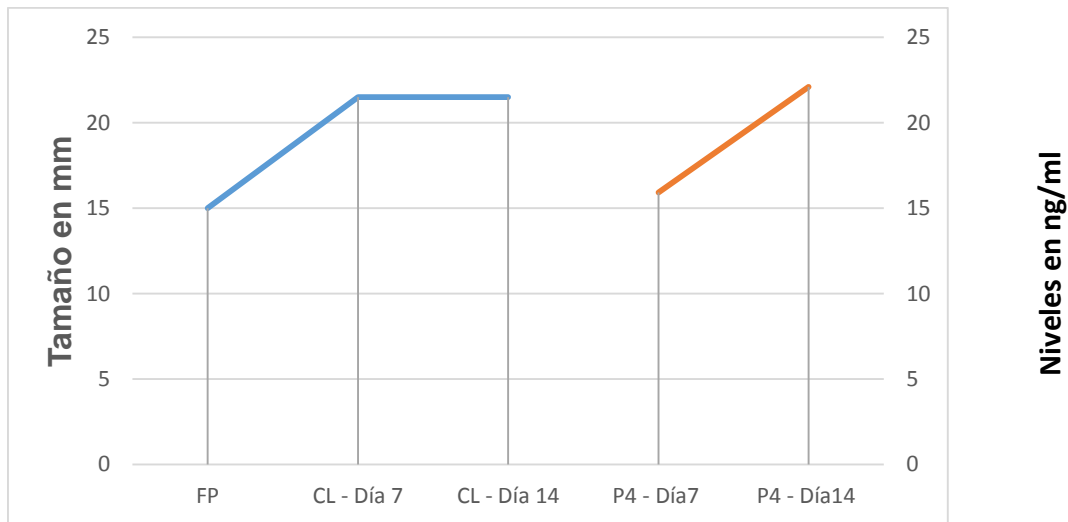


Gráfico 31. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 1222

Esta vaquilla presenta un ciclo estral de 24 días, con 3 ondas foliculares, Esto coincide con lo reportado por Duchens y col., 2012 quienes manifiestan que el ciclo puede ser más corto o más largo dependiendo del número de ondas foliculares.

En la siguiente gráfica, realizada para la vaquilla 1267, nos muestra la relación existente entre las estructuras en estudio, es notorio que los niveles de P4 son elevados al día 14 del ciclo estral.

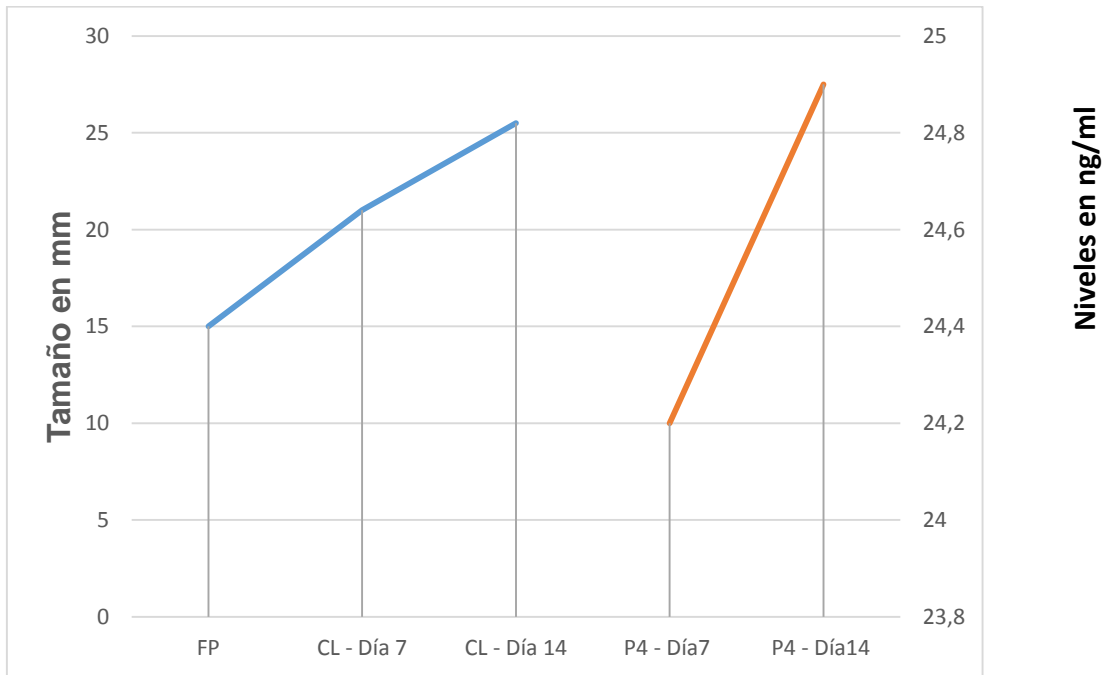


Gráfico 32. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 1267

Esta vaquilla presenta un ciclo estral de 21 días, con dos ondas foliculares. Esto concuerda con lo mencionado por Duchens y col., 2012 quienes manifiestan que el ciclo estral puede ser más corto o más largo dependiendo del número de ondas foliculares, en este caso el ciclo es más corto comparado con los otros animales en estudio.

Gráfico que presenta la relación entre FP, CL y P4 en la vaquilla N° 9095, en el mismo se observa el tamaño del FP y que se mantiene en una relación positiva para el CL en el día 7, incrementando su valor al día 14 del ciclo estral, además los niveles de P4 para el día 7 son menores comparados con los del día 14 del ciclo estral.

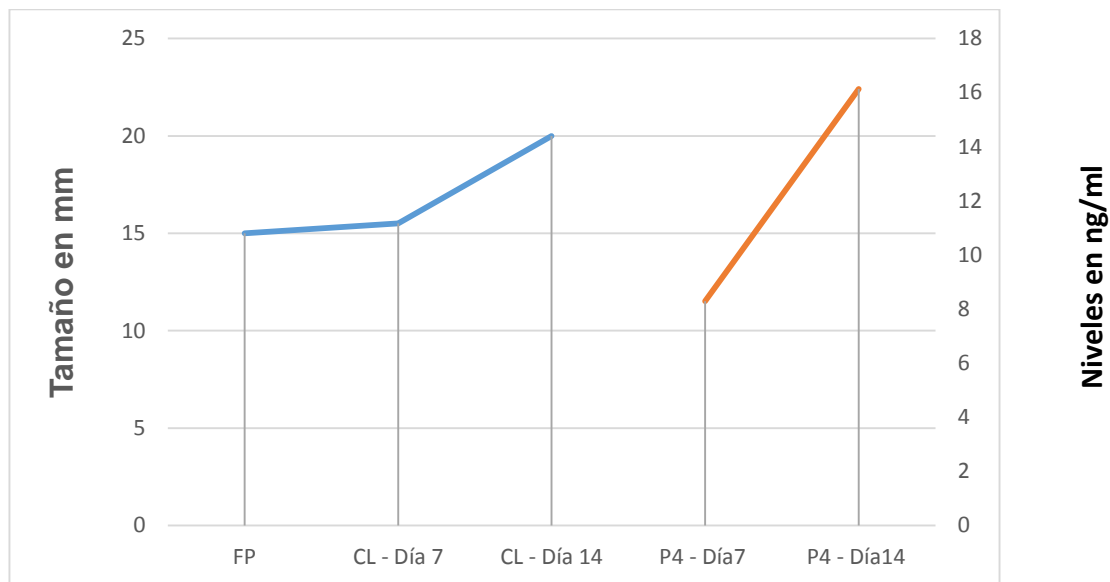


Gráfico 33. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9095

Es importante mencionar que esta vaquilla presenta un ciclo estral de 22 días, presentando dos ondas foliculares, lo más destacado como se muestra en la gráfica son los elevados niveles de progesterona comparado con el de otras razas.

Gráfico que presenta la relación entre FP, CL y P4 en la vaquilla N° 9820, en el mismo se observa el tamaño del FP y CL en los días 7 y 14 del ciclo estral, mientras que los niveles de P4 para el día 7 son menores comparados con los del día 14 del ciclo estral.

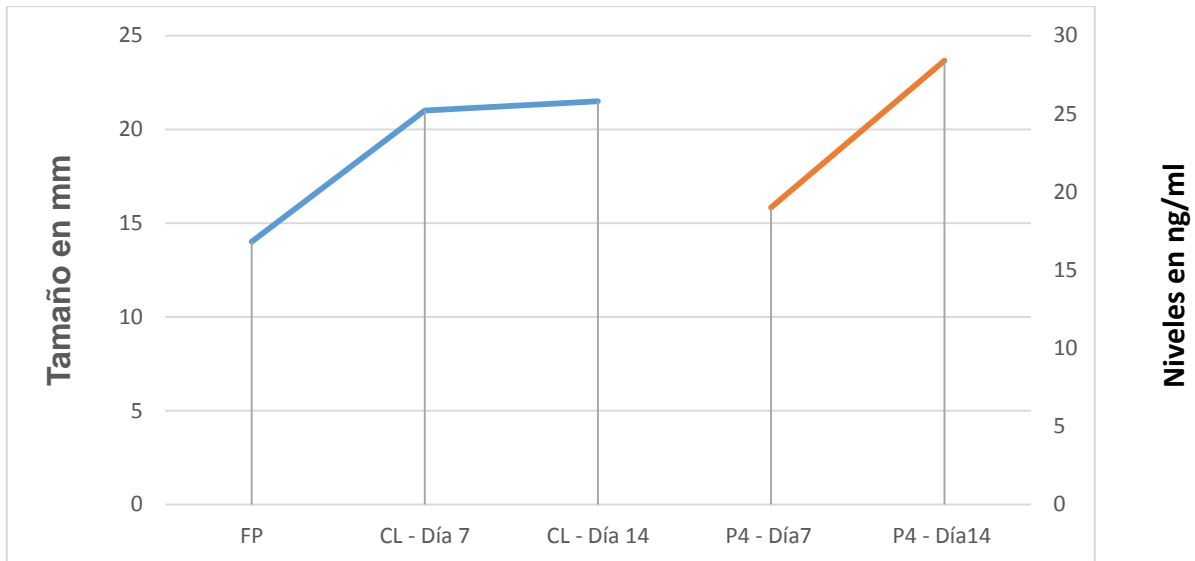


Gráfico 34. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9820

Es importante mencionar que esta vaquilla presenta un ciclo estral de 23 días, con 3 ondas foliculares, en este caso el ciclo estral se extiende al día 23, precisamente por el número de ondas foliculares.

En la siguiente gráfica, realizada para la vaquilla 9843, nos muestra la relación existente entre las estructuras en estudio, es notorio que se mantiene una relación positiva entre FP y CL al día 7 y 14 del ciclo al igual que los niveles de P4 al día 14.

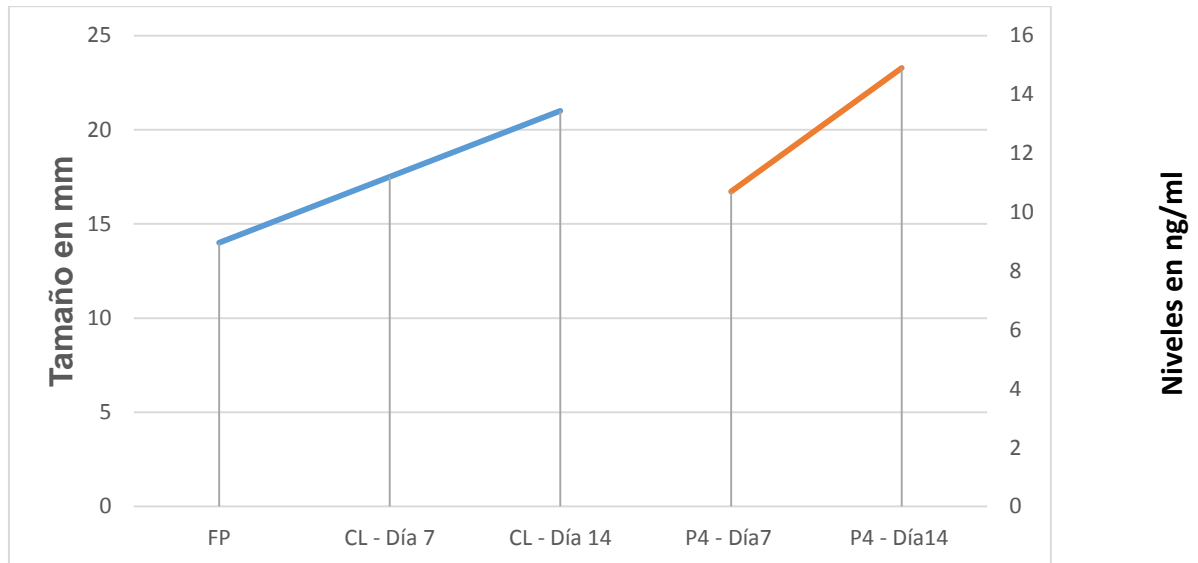


Gráfico 35. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9843

Es importante mencionar que esta vaquilla presenta un ciclo estral de 20 días, y presenta 2 ondas de desarrollo folicular, lo más destacado como se muestra en la gráfica son los elevados niveles de progesterona comparado con el de otras razas como la holstein y la brown swiss.

Gráfico que presenta la relación entre FP, CL y P4 en la vaquilla N° 9857, en el mismo se observa el tamaño del FP y los valores para el CL en los días 7 y 14 del ciclo estral, mientras que como se observa claramente los niveles de P4 para el día 7 son menores comparados con los del día 14 del ciclo estral.

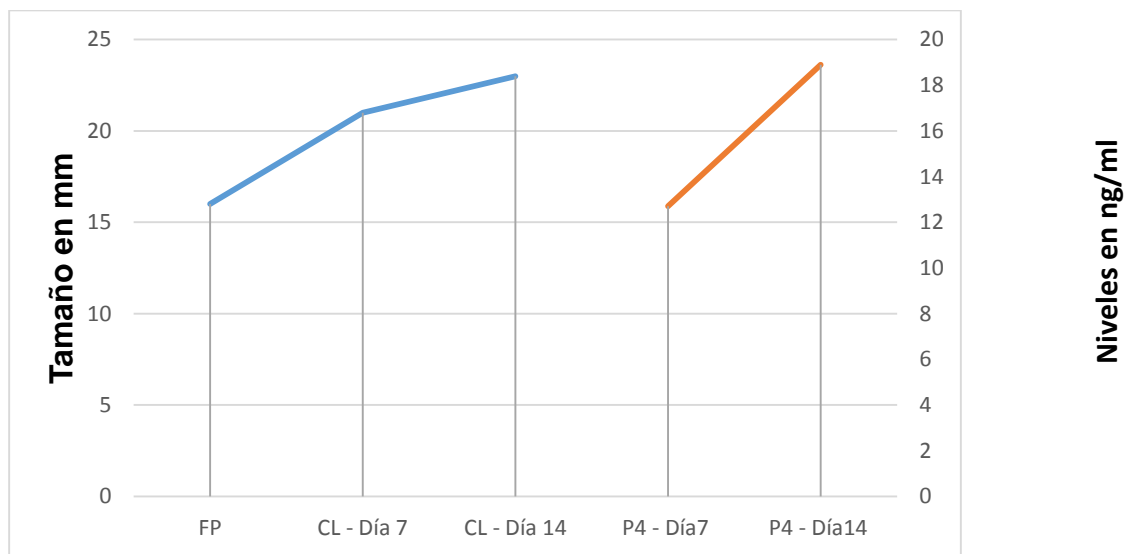


Gráfico 36. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9857

Esta vaquilla presenta un ciclo estral de 24 días con 3 ondas de desarrollo folicular, extendiéndose el número de días del ciclo debido al número de ondas que presenta, tal como lo menciona (Duchens y col., 2012).

En la gráfica realizada para la vaquilla criolla N° 9864, se puede observar el tamaño del FP, en cuanto al CL los valores se incrementan en el día 7 y 14 del ciclo estral, en cuanto a los niveles de progesterona, esta vaquilla se comporta de manera diferente a los otros animales presentando niveles más bajos de P4 al día 14, esto se puede asociar a que presenta un ciclo estral de 19 días con dos ondas foliculares es por ello que los niveles de progesterona se mantienen bajos para ese día.

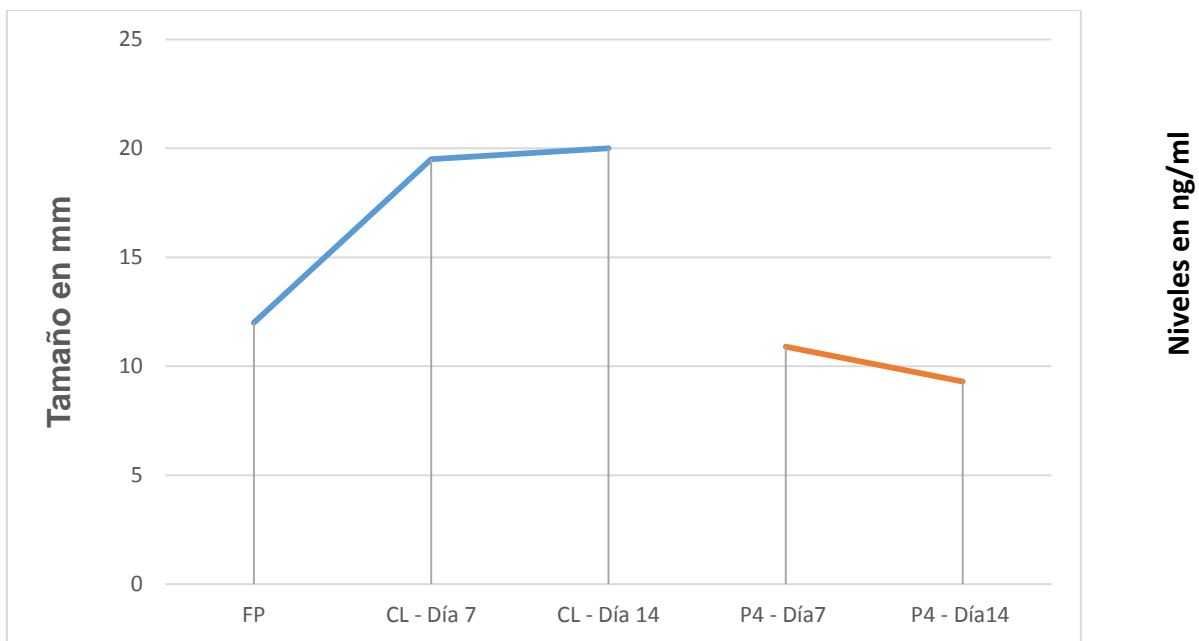


Gráfico 37. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9864

Esta vaquilla presenta un ciclo estral de 19 días (dos ondas), debido al número de sus ondas foliculares, tal como lo menciona (Duchens y col., 2012).

Gráfico que presenta la relación entre FP, CL y P4 en la vaquilla N° 9880, en el mismo se observa el tamaño del FP y los valores para el CL en el días 7 son menores que para al día 14 del ciclo estral, ocurriendo lo mismo con los niveles plasmáticos de P4 al día 7 y 14.

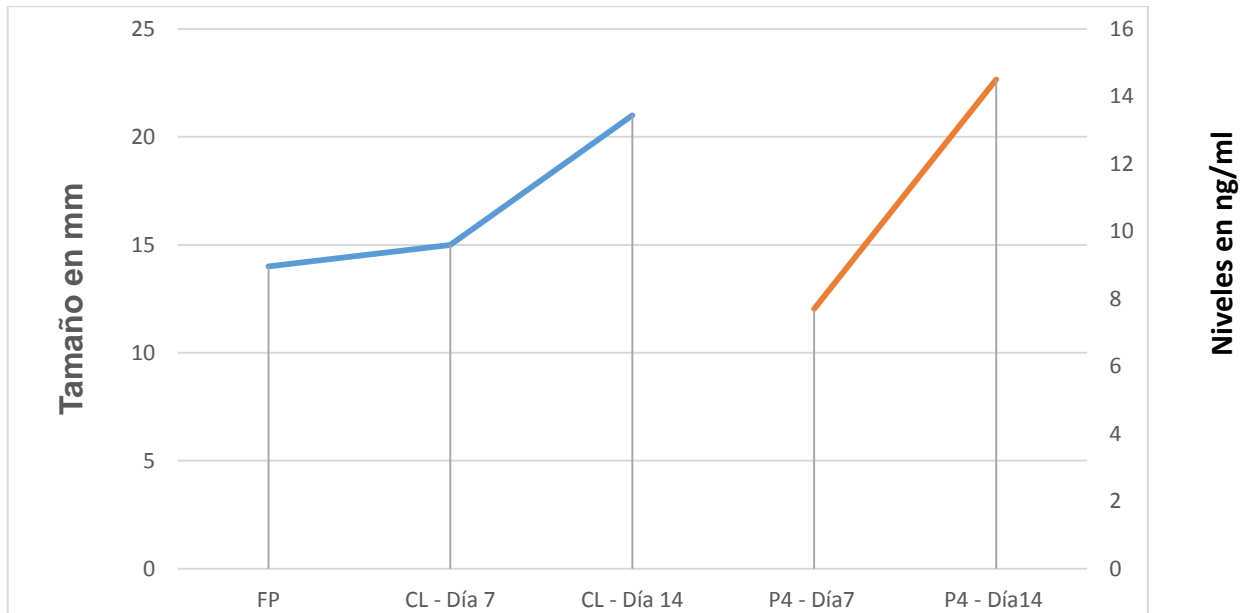


Gráfico 38. Relación entre el FP, CL y P4 en la vaquilla 9880

Esta vaquilla presenta un ciclo estral de 23 días con 3 ondas de desarrollo folicular, extendiéndose el número de días del ciclo debido al número de ondas que presenta, tal como lo menciona (Duchens y col., 2012)



V. Discusión

El presente estudio muestra una correlación baja entre las estructuras ováricas: folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles de progesterona en vaquillas criollas de altura de la sierra ecuatoriana con un valor de $p > 0,05$. Cabe recalcar que existe un déficit de investigación en cuanto a la parte reproductiva de dicha raza y no es posible compararlos con los datos de esta investigación.

Correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo.

Se obtuvo una correlación de (0,349), con un valor de $p=0,323$ para el día 7 y (0,479), con un valor de $p=0,161$ para el día 14 del ciclo estral. Aun existiendo una baja correlación esta es positiva y coincide con lo reportado por McNatty y col., 1979 citado por (Busch, y col., 2008), quienes manifiestan que la capacidad del cuerpo lúteo para producir progesterona depende del número de células de la granulosa del folículo ovulatorio que está directamente relacionada con el diámetro del folículo. Resultados similares son los encontrados por (Manchado y col., 2012) quienes evidenciaron correlaciones positivas significativas entre diámetro folículo ovulatorio en IATF (Inseminación Artificial a Tiempo Fijo) y del cuerpo lúteo en el día 17 del ciclo estral ($r = 0,49$; $p < 0,001$).

También se pueden comparar estos resultados con los reportados por (Vasconcelos y col., 2001) quien determinó que los folículos $< 11,5$ mm que fueron inducidos a ovular tenían un cuerpo lúteo más pequeño y secretaban menos



progesterona que las vacas que ovularon folículos grandes, existiendo una correlación positiva entre estas estructuras.

Rahman y col., 2012, reportaron que el diámetro del folículo preovulatorio en el estro se correlaciona significativamente con el diámetro del CL al día 5 post ovulación (CL: $r=74$, $p<0,001$), esta investigación se realizó en búfalos de agua.

Kastelic y col., 1990, mencionan que un buen desarrollo folicular va a ser determinante para permitir la formación de un cuerpo lúteo que genere unas concentraciones plasmáticas de progesterona suficientes para ofrecer un medio ambiente uterino adecuado y de esta forma favorecer el desarrollo embrionario.

Correlación entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona.

Al analizar los datos obtenidos se observa que la correlación entre el CL y los niveles de progesterona al día 7 es de (0,721), con un valor de $p=0,019$, siendo esta la correlación más alta que se presenta con respecto a las demás variables del estudio. Los valores para el día 14 es de (0,234), con un valor de $p=0,516$. Esto nos permite determinar que la correlación entre estas dos estructuras es mayor en el día 7 post ovulación, es decir en el proceso de desarrollo del cuerpo lúteo, esto concuerda con lo reportado por (Mann, 2008) quien menciona que en el día 5 existe una fuerte relación entre el peso del cuerpo lúteo y la concentración de progesterona en plasma, en un grupo de vacas holstein a las que se aplicó terapia hormonal (sincronización por dos inyecciones



de prostaglandina F₂, cloprostenol administrado con 12 días de diferencia con el día del estro definidos como día 0). Sin embargo, esta relación no estaba presente en el día 8 o 16, lo que nos indica que la relación entre el cuerpo lúteo y los niveles de progesterona son mayores en su proceso inicial de desarrollo.

En otro estudio realizado por (Denjoy y col., 2012) encontraron una alta correlación ($r=0,54$; $p<0,01$) entre el diámetro del CL y las concentraciones de P₄ en plasma, como ha sido descrito por otros autores ($r=0,26-0,56$ Figueiredo y col., 1997) en hembras bos indicus, lo que permite asociar las concentraciones de P₄ en plasma con los cambios ocurridos durante la fase de crecimiento y regresión del CL.

Sartori y col., 2002 encontraron una relación positiva en las vaquillas y vacas lactantes en el día 7, pero no en las vacas secas en el mismo estudio (Sartori y col., 2002). De la misma forma Spell (2001), reporta una relación positiva entre el volumen del cuerpo lúteo y las concentraciones de progesterona plasmática en hembras con características cárnicas, a las cuales se aplicó terapia hormonal para realizar (TETF) transferencia de embriones a tiempo fijo, para la terapia hormonal se utilizaron 2 protocolos de sincronización: el primero con dos dosis de PGF₂alpha (25 mg) y el segundo, un solo implante de norgestomet durante 7 días con una dosis de PGF₂alpha (25 mg) 24 horas antes de la extracción del implante. (Spell, 2001). De igual manera Kestalic y col. en 1990, demostraron en novillas que el área de tejido luteal, determinado por ultrasonografía, está



correlacionada positivamente con las concentraciones de P4 circulante (Kestalic y col., 1990).

Es importante mencionar que la relación existente entre el volumen del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona depende de la cantidad de superficie real (descontando cavidad luteal) de estroma de esta estructura, ya que este tejido está compuesto principalmente por células luteales grandes y pequeñas, cuya función es la síntesis y liberación de progesterona (Niswender, 2000).

Uno de los factores que incide de manera directa sobre el comportamiento reproductivo en el animal, está asociado con la nutrición, ya que al brindarle una alimentación balanceada a éste, va a expresar de manera efectiva su potencial genético; sin desconocer la importancia adicional de mantener un excelente status sanitario y de manejo. La unión de éstos factores va a permitir que el animal presente un comportamiento reproductivo regular (Gorlach, 1999). Hay que tener presente que el estudio fue realizado en vaquillas de raza criolla y los estudios con los que se han comparado son en multíparas de razas de leche, carne y búfalos de agua. Sin embargo, la tendencia en esta raza es similar.



VI. Conclusiones

- La correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio y el cuerpo lúteo al día 7 es baja, sin embargo, la misma es no significativa.
- Existe una correlación positiva entre el tamaño del folículo preovulatorio y el cuerpo lúteo al día 14, sin embargo, esta es no significativa. Además es mayor comparada con el día 7.
- Existe una alta correlación entre el tamaño del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona al día 7, siendo significativa, lo que nos muestra que existe una correlación mayor en la fase de crecimiento del CL.
- La correlación existente entre el tamaño del CL y los niveles sanguíneos de progesterona al día 14 del ciclo estral es baja y no muestra un nivel de significancia, por lo tanto es posible asociar las concentraciones de progesterona en plasma con los cambios ocurridos durante la fase de crecimiento y regresión del CL.



VII Bibliografía

- Adams, P., Jaiswal, R., Singh, J., & Malhi, P. (2008). Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology*, 72-80.
- Agrocor. (2011). Inseminación artificial en bovinos. *Engormix*.
- Aguirre, L. (2008). Estudio Fenotípico y Zometrico del Bovino Criollo de la Sierra Media y Alta de la Region Sur del Ecuador. *AICA*, 394.
- Aguirre, L., Bermeo, A., Maza, D., & Merino, L. (2011). Estudio fenotípico y zométrico del bovino criollo de la sierra media y alta de la región sur del Ecuador. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 392-396.
- Aguirre, L., Uchuari, M., & Briceño, P. (2012). Evaluación fenotípica y seminal con fines de conservación del bovino “Encerado” presente en la región alto andina del Ecuador. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 185-189.
- Andringa, M., Cavestany, D., & van Eerdenburg, F. (2013). Relaciones entre la expresión de celo, tamaño del folículo y ovulación en vacas de leche en pastoreo. *SMVU*, 49, 7- 15.
- Ayad, A., Ouada, I., & Benbarek, H. (2014). Electrochemiluminescence immunoassay for progesterone by using a heterologous system in plasma bovine. *Veterinary World*, 610-613.
- Ayala, L., & Pesántez, J. L. (2015). *Principios básicos de ultrasonografía*. Universidad de Cuenca, Ciencias Agropecuarias, Cuenca.



- Barrera, L., Hernadez, R., & Roda, G. (Noviembre de 2011). Ensayo de reproducción animal bovina. *Agricultura y Ganaderia*.
- Bearden, J., & Fuquay, J. (1982). *Reproducción Animal Aplicada*. México: Manual Moderno.
- Busch, D., Atkins, J., Bader, J., Schafer, D., Patterson, D., Geary, T., & Smith, M. (2008). Effect of ovulatory follicle size and expression of estrus progesterone secretion in beef cows. *Journal Animal Science*(86), 553-563.
- De Jarnette, M., & Nebel, R. (17 de Octubre de 2013). *Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina*. Obtenido de Anatomía y Fisiología de la Reproducción Bovina.
- Denjoy, D., Cabrera, P., Vivas, I., & Díaz, T. (2012). Dinámica folicular ovárica durante el ciclo estral en vacas Brahman. *Scielo*, 53.
- Donald, M. (1978). *Reproducción y endocrinología veterinaria*. México: Interamericana.
- Duchens, M., & De los Reyes, M. (25 de Enero de 2012). *Reproducción Animal*. Recuperado el 10 de Junio de 2014
- Duica, A. (2010). Efecto del diámetro del folículo ovulatorio, tamaño del cuerpo lúteo y perfiles de progesterona sobre la tasa de preñez en la hembra receptora de embriones bovinos. *Universidad Nacional de Colombia*, 30.
- Durán, F. (2004). *Manual del ganadero actual: volvamos la campo*. Colombia: Grupo Latino.
- Edifarm. (9 de Febrero de 2014). *Biotipo Bovino Criollo Pizán*. Obtenido de Biotipo Bovino Criollo Pizán.
- Fernández, M. (2008). *El ciclo estral de la vaca*. Zaragoza, España: Servet.



- Fernandez, M. (2012). *Reproducción y control ecográfico en el vacuno*. Zaragoza, España: Servet.
- Figueiredo, R., Barros, C., Pinheiro, O., & Soler, J. (1997). Ovarian follicular dynamics in nerole breeds (*Bos indicus*) cattle. *Theriogenology*(47), 1485-1505.
- Fordea, N., Beltmana, M., Lonergana, P., Diskinc, M., Rochea, J., & Crowe, M. (2011). Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle. *Animal Reproduction Science*, 163–169.
- Galina, C. (2006). *Reproducción de los Animales Domésticos*. México: Limusa.
- García, A., Baeyens, W., Zhang, X., Alés, F., & Gámiz, L. (2001). Quimioluminiscencia: una interesante alternativa para la detección analítica en sistemas de flujo. *Ars Pharmaceutica*, 81-107.
- García, R. (5 de Marzo de 2014). *Fisiología Reproductiva del Bovino*. Obtenido de Fisiología Reproductiva del Bovino.
- Ginther, O. (1 de Enero de 2014). ¿Cómo las tecnologías de ultrasonido se han expandido y ha revolucionado la investigación en reproducción en animales grandes? . *El sevier*, 81, 112-125.
- Grupo Latino. (2004). Cuerpo Lúteo y Progesterona. *Manual del Ganadero Actual*, II.
- Henao, D., Castillo, L., & Olivera, M. (2003). Comportamiento durante el calor y dinámica folicular interestral en vacas BOM (blanco oreginegro). *Redvet*(3).
- Hernández, J., Cerón, L., & Zarco, A. (1998). Función del cuerpo lúteo y muerte embrionaria en rumiantes. . *UNAM*, 2-5.
- Hunter, M., Robinson, R., Mann, G., & Weeb, R. (2004). Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species. *Animal Reproduction Science*, 82–83: 461-477.



- Hussein, M. (2005). Apoptosis in the ovary: molecular mechanisms. 162-178.
- Iñiguez, F. (2011). Manipulación del ciclo estral en el ganado bovino. *Laboratorios virbac*(23), 2-4.
- Kastelic, J., Bergfelt, D., & Ginther, O. (1990). Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration in heifers. *Theriogenology*, 1269-1278.
- Lamas, G. (2011). Electroquimioluminiscia. *Scribd*.
- Lazaridis, L., Brozos, C., & Kiossis, E. (2012). Las aplicaciones de la ecografía en rumiantes (II): Sistema reproductivo femenino. *Hellenic Veterinary Medical Society*, 63, 74-88.
- Manchado, L., Bonilla de Souza, S., Scheneider, A., Schmitt, E., & Nunes, M. (2012). Effect of ovulatory follicle diameter and progesterone concentration on the pregnancy rate of fixed time inseminated lactating beef cows. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1007-1008.
- Mann, G. (20 de November de 2008). Corpus luteum size and plasma progesterone concentration in cows. *Animal reproduction science*.
- Markström, E., Svensson, E., Shao, R., Svanberg, B., & Billig, H. (2002). Survival factors regulating ovarian apoptosis – dependence on follicle differentiation. *Reproduction*, 23-30.
- Márquez, I., Otero, L., & López, A. (1997). Concentración de progesterona sérica en hembras bovinas en diferente época. *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 35-42.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1978). *Mejoramiento Genético del ganado Bovino en el Ecuador*. Quito.
- Motta, P., Ramos, N., González, C., & Castro, E. (2011). Dinámica folicular en la vida reproductiva de la hembra bovina. *Veet zootec*, 88-99.



- Niswender, G., Juengel, J., Silva, P., Rollyson, M., & McIntush, E. (2000). Mechanisms controlling the function and life span of the corpus luteum. *Physiol Rev*, 1-29.
- Ojeda, F., Esparza, A., & Raya, S. (s.f). Procesamiento de imágenes en laboratorio y patología. *Informática médica* .
- Okuda, K., Korzekwa, A., Shibaya, M., Murakami, S., & Nishimura, R. (2004). Progesterone is a suppressor of apoptosis in bovine luteal cells. 71.
- Palma, G. (2001). *Biotecnología de la reproducción*. Buenos Aires, Argentina : INTA.
- Rahman, S., Shohag, S., Kamal, M., Bari, F., & Shamsuddin, M. (2012). Preovulatory follicular and subsequent luteal size influence pregnancy success in water buffaloes. *Journal of reproduction and development*, 58, 219- 222.
- Ramírez, C. (2006). Inducción y sincronización del celo con implante intravaginal (CIDR) más estrógeno y prostaglandina F2& en vacas holstein freisian mestizas. *Escuela Superior Politecnica del Chimborazo* , 7.
- Ramirez, L. (13 de Enero de 2009). El uso del radioinmunoanálisis (RIA) para el mejoramiento de la eficiencia reproductiva. *Mundo pecuario*, 1, 7.
- Ribadu, A., & Nakao, T. (1999). Ecografía reproductiva bovina. *Reproduction and Development*, 45, 13-28.
- Rippe, C. (2009). El ciclo estral. *Dairy Cattle Reproduction Conference*. Minneapolis.
- Rivadeneira, V. (2013). Ciclo estral bovino. *Sirivs*, 2-3.
- Rivera, H. (2009). Revision anatomica del aparato reproductor de las vacas . *dairy cattle reproduction*.



- Rodriguez, J. (2001). *Mecanismos para el reconocimiento materno de la preñez en la vaca*. Maracaibo, Venezuela. p 29-39. Maracaibo: Grirarz.
- Santos, O. (22 de Octubre de 2013). *Dinámica Folicular Bovina*. Obtenido de Dinámica Folicular Bovina.
- Sartori, R., & Barros, C. (2011). Reproductive cycles in Bos Indicus cattle. *Animal Reproduction Science*(124), 244-250.
- Sartori, R., Rosa, G., & Wiltbank, M. (2002). Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *Journal of Dairy Science*(85), 2813–2822.
- Senger, L. (2005). *Pathways to pregnancy and parturition* (Segunda ed.). USA: Current conception.
- Sintex. (17 de Octubre de 2013). *Fisiología Reproductiva del Bovino*. Obtenido de Fisiología Reproductiva del Bovino.
- Sirois, J., & Fortune, J. (1988). Ovarian follicular dynamics during the estrous cycle in heifers monitored by real-time ultrasonography. *Biology of Reproduction*(39), 308-317.
- Spell, A., Beal, W., & Corah, L. L. (2001). Evaluating recipient and embryo factors that affect pregnancy rates of embryo transfer in beef cattle. *Theriogenology*, 2(56), 287-297.
- Stocco, C., Telleria, C., & Gibori, G. (2007). The molecular control of corpus luteum formation, function and regression. *Endocrine*(28), 117-149.
- Tamayo, M. (1997). La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino. *Produccion Animal*, 1-12.
- Vasconcelos, J., Sartori, R., Oliveira, H., Guenther, J., & Wiltbank, M. (2001). Reduction in size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology*, 307-314.



Velázquez, J., & Mendieta, E. (17 de Octubre de 2013). *Departamento de Ciencias de la Salud: Laboratorio de Biología Molecular y Fisiología*. Obtenido de Departamento de Ciencias de la Salud: Laboratorio de Biología Molecular y Fisiología.

Vidal, V. (2009). *Caracterización del comportamiento productivo y reproductivo del ganado criollo pizán*. Riobamba: 1-6.

Webb, R., Garnsworthy, P., Gong, J., & Armstrong, D. (2004). Control of follicular growth: local interactions and nutritional influences. *Journal of Animal Science*, 63-74.

VII. Anexos

Anexo 1. Fotos del trabajo de campo realizado en la Granja de Irquis, en las 10 vaquillas criollas.

Fase de adaptación de las vaquillas criollas



Fotografía 1. Fase de adaptación de las vaquillas criollas.



Fotografía 2. Ingreso de las vaquillas al corral

Ecografía y toma de datos



Fotografía 3. Ingreso de los animales al área de ecografía

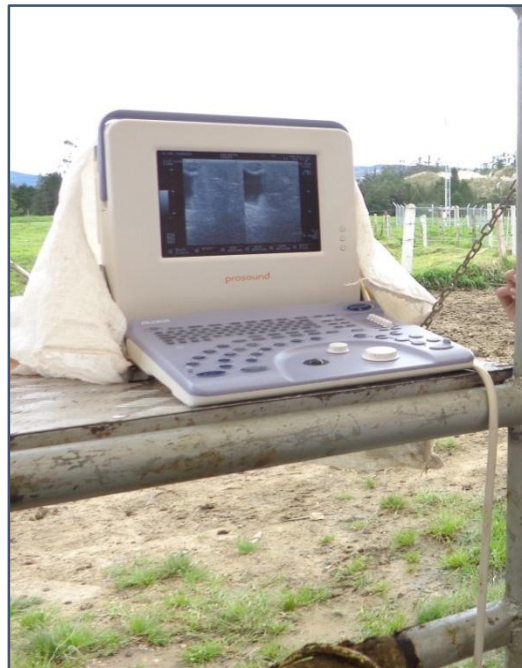


Fotografía 4. Ecografía y toma de datos.



Fotografía 5. Aplicación de parches detectores de celo.

Ecografía y toma de muestras sanguíneas



Fotografía 6. Ecografía en el ovario izquierdo y derecho de cada animal.



Fotografía 7. Materiales para toma de muestras sanguíneas.



Fotografía 8. Toma de muestra sanguínea en una vaquilla criolla.



Fotografía 9. Muestras sanguíneas en refrigeración.



Anexo 1. Hoja de campo para el registro de folículos y cuerpo lúteo.

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Relación del Diámetro Folicular, Tamaño del Cuerpo Lúteo, y Niveles de Progesterona en Ganado Bovino de Raza Criolla

Hoja de Registro – Folículo Preovulatorio		
ARETE N° <i>1267</i>	HORA DE REGISTRO <i>8:00 am</i>	FECHA DE REGISTRO <i>15/11/2014</i>
FOLICULO PEOVULATORIO		
OVARIO		DIAMETRO (mm)
IZQUIERDO	DERECHO	
<i>X</i>		<i>15 x 14 mm</i>

OD



OI



Fotografía N° 1: Hoja de registro del folículo preovulatorio, vaquilla criolla N° 1267.

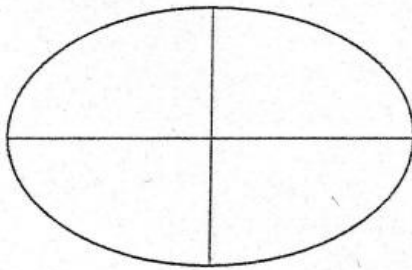


UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

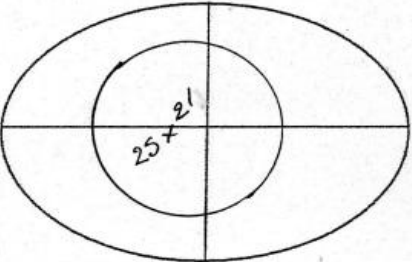
Relación del Diámetro Folicular, Tamaño del Cuerpo Lúteo, y Niveles de Progesterona en Ganado Bovino de Raza Criolla

Hoja de Registro – Cuerpo Lúteo		
ARETE N° <u>1267</u>	HORA DE REGISTRO <u>8:00 AM</u>	FECHA DE REGISTRO <u>22/11/2014</u> <u>0197</u>
CUERPO LUTEO		
OVARIO		DIAMETRO (mm)
IZQUIERDO	DERECHO	
X		<u>25 x 21 mm</u>

OD



OI



Fotografía N° 2: Hoja de registro del cuerpo lúteo en el día 7 del ciclo estral, vaquilla criolla N° 1267.

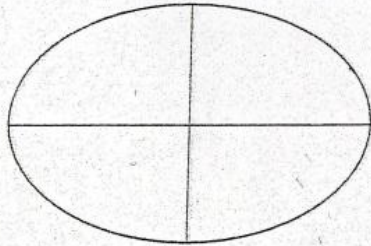


UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

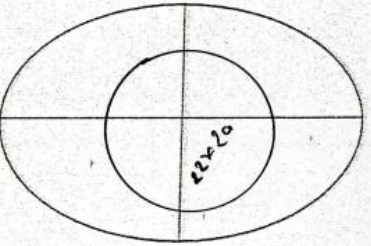
Relación del Diámetro Folicular, Tamaño del Cuerpo Lúteo, y Niveles de Progesterona en Ganado Bovino de Raza Criolla

Hoja de Registro – Cuerpo Lúteo		
ARETE N° 1267	HORA DE REGISTRO 8:00 AM	FECHA DE REGISTRO 29/11/2014 DIA 14
CUERPO LÚTEO		
OVARIO		DIAMETRO (mm)
IZQUIERDO	DERECHO	
X		22 X 20

OD



OI



Fotografía N° 3: Hoja de registro del cuerpo lúteo en el día 14 del ciclo estral, vaquilla criolla N° 1267.



Anexo 2. Ecografías realizadas a las vaquillas criollas de la investigación.

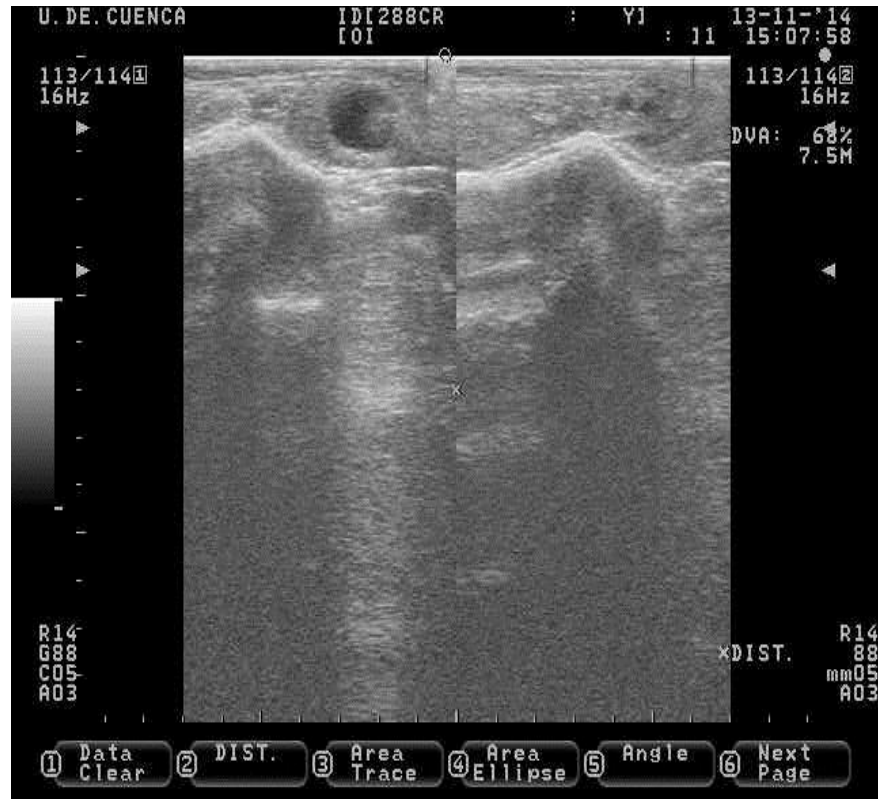
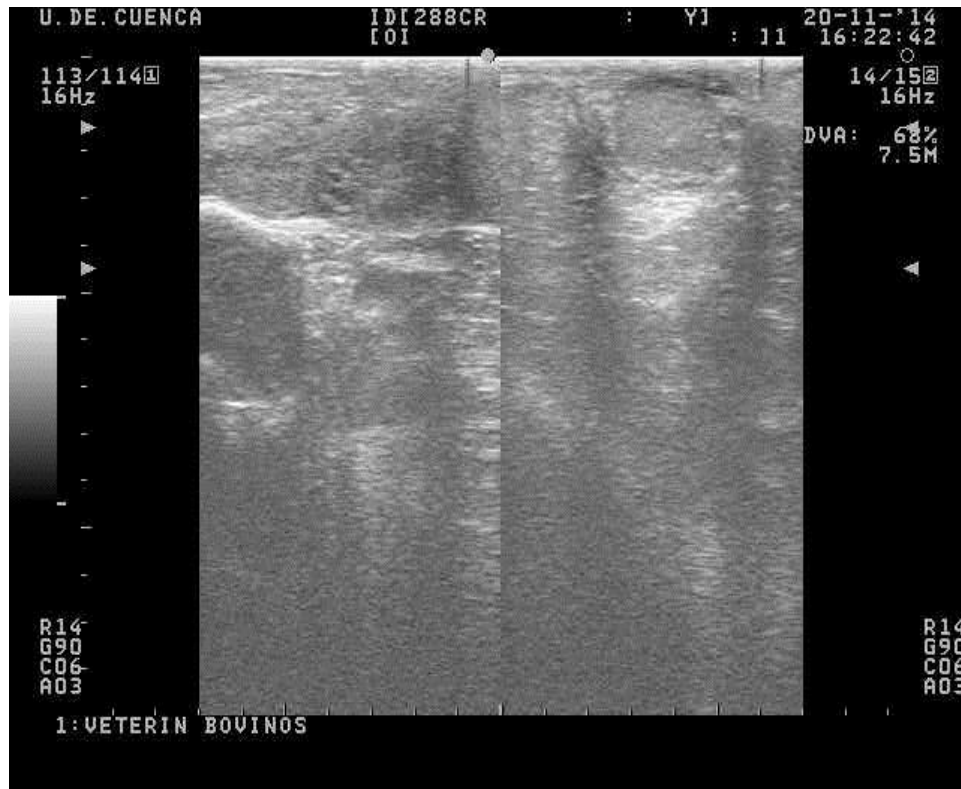


Foto N° 1: Ecografía en la que se observa el folículo preovulatorio, vaquilla criolla N° 288.



Fotografía 2: Ecografía en la que se observa el cuerpo luteo al día 7 del ciclo estral en la vaquilla criolla N° 288.



Foto N° 3: Ecografía en la que se observa el cuerpo luteo al día 14 del ciclo estral en la vaquilla criolla N° 288



Anexo 3. Base de datos del tamaño del folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles de progesterona de las 10 vaquillas criollas.

N° de Arete	Ovario		FP/ mm	CL/mm		Progesterona/ng/ml	
	Derecho	Izquierdo	Día 0	Día 7	Día 14	Día 7	Día 14
288		X	16	21	25	11,4	14,97
424		x	13	17	23,5	4,14	9,86
1222	X		15	21,5	21,5	15,92	22,09
1267		X	15	21	25,5	24,16	24,94
9095	X		15	15,5	20	8,29	16,13
9820		X	14	21	21,5	19,02	28,43
9843		X	14	17,5	21	10,7	14,87
9857		X	16	21	23	12,68	18,95
9864		X	12	19,5	20	10,93	9,29
9880		X	14	15	21	7,74	14,51
SUMA			144	190	222	124,98	174,04
MEDIA			14,4	19	22,2	12,498	17,404

En el siguiente anexo se puede apreciar los valores del folículo preovulatorio y cuerpo lúteo de las 10 vaquillas criollas en estudio y que fueron monitoreadas por ecografía, al igual que los niveles sanguíneos de progesterona que fueron analizados a través de electroquimioluminiscencia.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA