



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**SEGUNDA ESPECIALIDAD EN BIOTECNOLOGÍA DE LA**  
**REPRODUCCIÓN ANIMAL**



**DINÁMICA FOLICULAR EN VACAS BROWN SWISS DEL**  
**ALTIPLANO PERUANO BAJO UN PROTOCOLO DE**  
**SINCRONIZACION DE CELO**

**TESIS**

**URI HAROLD PEREZ GUERRA**

**PARA OPTAR EL TITULO DE:**

**SEGUNDA ESPECIALIDAD EN BIOTECNOLOGÍA DE**  
**LA REPRODUCCIÓN ANIMAL**

**PUNO - PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

*Primeramente, a Dios porque sin su apoyo incondicional no podría estar alcanzando mis metas y a todas las personas que lo acompañan y me cuidan.*

*A mis padres: Manuel Guido Pérez Durand y Elizabeth Guerra Bravo así como a mis hermanos Guissely, Darlene y Emerson Guido, todos ellos de diferentes formas pudieron formar a la persona que estos momentos soy.*

*Finalmente, a mi hermosa familia que desde el día que tuve la dicha de ver abrir los ojos de cada uno de ellos: Marita, Angeru, Thiago, Whiago, Trinity y Luan mi vida tuvo sentido y me dieron y darán hasta el último día de mi existencia la motivación para seguir luchando en esta vida, eternamente agradecido por darme la dicha de llamarme "Padre"*

Uri Perez



## AGRADECIMIENTOS

- A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional del Altiplano y de manera especial a sus docentes por haberme impartido sus conocimientos que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Dr. Manuel Guido Perez Durand director de la tesis, por su apoyo incondicional en todo el proceso de mi formación profesional, asumiendo una deuda inmensurable por su grandísimo apoyo.
- Al Jurado Revisor de la tesis PhD. Bernardo Roque, Dr.Sc. Natalio Luque y Dr.Sc. Jesús Quispe por su apoyo en la revisión y mejoras para el desarrollo del presente documento.
- A todas las personas que de alguna forma siempre estuvieron apoyándome para cumplir esta meta trazada en algún momento de mi vida

*Uri Perez*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**INDICE DE GRÁFICOS**

**RESUMEN ..... 8**

**ABSTRACT..... 9**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

1.1. OBJETIVO GENERAL ..... 11

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 11

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

2.1 DINÁMICA FOLICULAR ..... 12

2.2 FASES DEL DESARROLLO DE LA DINÁMICA FOLICULAR ..... 13

2.3 ENDOCRINOLOGÍA Y FACTORES INTRAOVÁRICOS DEL  
CRECIMIENTO FOLICULAR ..... 16

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA DINÁMICA FOLICULAR ENTRE ESTADOS  
FISIOLÓGICOS Y CONDICIONES AMBIENTALES EN HEMBRAS  
BOVINAS ..... 18

2.5 CONSECUENCIAS PRÁCTICAS PARA EL USO DE TECNOLOGÍAS DE  
REPRODUCCIÓN ..... 19

2.6 SINCRONIZACIÓN DE CELO ..... 19

2.7 ULTRASONOGRAFÍA REPRODUCTIVA ..... 20



2.8 ANTECEDENTES.....	28
-----------------------	----

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1 LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DE DURACIÓN.....	30
3.2 MANEJO Y ALIMENTACIÓN.....	30
3.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.....	30
3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	31
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34

### **CAPITULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>

**ÁREA:** Reproducción animal

**TEMA:** Sincronización de celo

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 31 de mayo de 2019



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Distribución del material experimental según tratamiento, raza y clase animal de estudio.....	31
<b>Tabla 2.</b> Estatus ovárico de las vacas y vaquillas sometidas a la sincronización de celo. ....	36
<b>Tabla 3.</b> Tasa de crecimiento folicular en los tres grupos de estudio.....	38
<b>Tabla 4.</b> Diámetro del folículo dominante (FD) en los tres grupos de estudio. ....	40
<b>Tabla 5.</b> Tasa de preñez en los tres grupos de estudio. ....	43



## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b>	Protocolo de sincronización y evaluaciones ultrasonográficas. ....	34
<b>Gráfico 2.</b>	Gráfico de cajas y bigotes de tamaño del FD en las tres clases de animales. .....	41



## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar la dinámica folicular con un protocolo de sincronización de celo con progestágenos en vacas y vaquillas Brown Swiss en el Altiplano Peruano. El estudio se realizará en el Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla–Universidad Nacional del Altiplano de Puno, ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar, departamento de Puno para lo cual se utilizaron 11 vacas en producción, 9 vacas en seca y 9 vaquillas de la raza Brown Swiss las cuales fueron sometidas a un protocolo de sincronización de celo con Progestágenos y eCG (Gonadotropina Coriónica Equina) y evaluadas por ultrasonografía fueron al inicio del protocolo, a los días 8 y 10 respetivamente para las características de morfometría ovárica las mismas que fueron sometidas a un diseño completamente al azar y el día 45 post inicio del protocolo para el diagnóstico de preñez, las que se sometieron a la prueba de Chi cuadrado. Las variables que se evaluaron fue estatus ovárico observándose el 11.1% con folículos <8 mm, 33.3% con folículos >8 mm y 55.6% con cuerpo lúteo (CL) tanto en vacas en producción como vaquillas, mientras que en vacas en seca los porcentajes fueron 0, 33.3 y 55.6% para los estatus con folículos <8 mm, folículos >8 mm y con CL respectivamente; la tasa de crecimiento folicular fue para vacas en producción, vacas en seca y vaquillas de  $2.3\pm 1.5$ ,  $2.4\pm 1.8$  y  $2.3\pm 1.8$ mm respectivamente ( $p=0.987$ ); el diámetro de folículo dominante fue para vacas en producción de  $14.5\pm 2.1$  mm, vacas en seca de  $16.6\pm 3.1$  mm y vaquillas de  $12.1\pm 2.0$  mm ( $p=0.00197$ ) y finalmente la tasa de preñez fue para vacas en producción, vacas en seca y vaquillas de 44.4, 33.3 y 66.7% respetivamente ( $p=0.354$ ). Las características morfométricas foliculares en los tres grupos de vacas Brown Swiss muestran ser parecidas a los reportado en otros estudios realizados a otras altitudes mientras que las tasas de preñez se encuentran dentro de rangos normales según clases animales.

**Palabras clave:** Ultrasonografía, dominancia, folículo dominante, ovarios.





## ABSTRACT

The objective of the present study was to characterize the follicular dynamics with a protocol of synchronization of estrus with progestagens in Brown Swiss cows and heifers in the Peruvian Altiplano. The study will be carried out at the Chuquibambilla Research and Production Center of University National of the Altiplano of Puno, located in the district of Umachiri, province of Melgar, department of Puno for which were used 11 cows in production, 9 cows in dry and 9 heifers of the Brown Swiss race which were submitted to a heat synchronization protocol with Progestogens and eCG (Equine Chorionic Gonadotropin) and evaluated by ultrasonography were at the beginning of the protocol, on days 8 and 10 respectively for the characteristics of ovarian morphometry, they were subjected to a completely randomized design and on the 45th day after the start of the protocol for the diagnosis of pregnancy, those who underwent the Chi-square test. The variables that were evaluated were ovarian status with 11.1% having follicles <8 mm, 33.3% with follicles > 8 mm and 55.6% with corpus luteum (CL) both in cows in production and heifers, while in dry cows the percentages were 0, 33.3 and 55.6% for the statuses with follicles <8 mm, follicles > 8 mm and with CL respectively; the follicular growth rate was for cows in production, dry cows and heifers was of  $2.3 \pm 1.5$ ,  $2.4 \pm 1.8$  and  $2.3 \pm 1.8$ mm respectively ( $p = 0.987$ ); the dominant follicle diameter was for cows in production of  $14.5 \pm 2.1$  mm, dry cows of  $16.6 \pm 3.1$  mm and heifers of  $12.1 \pm 2.0$  mm ( $p = 0.00197$ ) and finally the pregnancy rate was for cows in production, cows in dry and heifers of 44.4, 33.3 and 66.7% respectively ( $p = 0.354$ ). The follicular morphometric characteristics in the three groups of Brown Swiss cows are similar to those reported in other studies carried out at other altitudes while the pregnancy rates are within normal ranges according to animal classes.

**Keywords:** Ultrasonography, dominance, dominant follicle, ovaries.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La población de ganado vacuno en el Perú es de 5´ 156 000 mayor en 14.7% a la población registrada. La raza predominante es la de Criollos, representando el 63.9% del total de la distribución, seguida por la raza Brown Swiss con 17.6%, la Holstein con 10.3%, Gir/Cebú con 3.4% y otras razas con 4.8% respectivamente. La población de vacunos se concentra en la Sierra que representa el 73.2% considerando las razas Criollos seguidos por el Brown Swiss al igual en la Costa predomina el Criollo seguido del Holstein, finalmente en la Selva predomina el Criollo seguida del Brown Swiss (INEI, 2012).

Un buen programa de sincronización es el control preciso del celo, que posibilite la inseminación artificial en tiempo fijo (IATF) sin detección de celo, además necesita estar aliado a altos índices de fertilidad con ovulación sincronizada, las poblaciones blanco son los rebaños de bovinos de leche, cuyas tasas de preñez son generalmente pésimas debido al bajo índice de detección de celos y de concepción además de la ocurrencia de anestro. El advenimiento de la ultrasonografía y la posibilidad de realizar dinámica folicular a varios animales simultáneamente, permite la recopilación de enorme cantidad de datos para poder estudiar y analizar. La mejor comprensión de los patrones del crecimiento de los folículos ováricos bovinos y las tecnologías que coordinan el crecimiento y ovulación de los folículos permiten incrementar el uso de las técnicas de IATF en bovinos de carne y leche (De la Mata, J; Bó, 2012).

Uno de los problemas que aparecen de forma frecuente son los anestros prolongados y los problemas de ovulación debido a las condiciones climáticas extremas. Las frecuentes variaciones climáticas en este tipo de ambiente acompañadas de una



restricción nutricional hacen que la rentabilidad de las explotaciones ganaderas se deteriore debido a la pérdida de fertilidad de sus animales. Uno de los problemas que aparecen de forma frecuente son los anestros prolongados y los problemas de ovulación debido a las condiciones climáticas extremas (Gutierrez- Reinoso et al., 2016). La hipoxia puede afectar negativamente la función de los tejidos, en especial de aquellos sensibles a la falta de oxígeno. Las células germinales se encuentran dentro del grupo de las más sensibles a la hipoxia (Carlos et al., 2007). En tal sentido el objetivo de la investigación es caracterizar ultrasonográficamente la dinámica folicular en vacas en producción, seca y vaquillas del Altiplano Peruano sometidas a un protocolo de sincronización de celo con progestágenos.

### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la dinámica folicular con un protocolo de sincronización de celo con progestágenos en vacas y vaquillas Brown Swiss en el Altiplano Peruano

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar la morfometría folicular en vacas y vaquillas Brown Swiss del Altiplano Peruano sometidas a un protocolo de sincronización de celo.
- Determinar la tasa de preñez entre vacas y vaquillas Brown Swiss del Altiplano Peruano sometidas a un protocolo de sincronización de celo.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 DINÁMICA FOLICULAR

La teoría de crecimiento folicular en forma de ondas fue basado en observaciones visuales e histológicas, propuso la hipótesis de ocurrencia en forma de ondas y que durante un ciclo estral se propagaban dos ondas foliculares (RAJAKOSKI, 1960). Esta teoría fue puesta en duda por más de 20 años durante los cuales se realizaron múltiples estudios con resultados contradictorios sobre la naturaleza del crecimiento folicular, variando entre ausencia de ondas foliculares y la presencia de tres o cuatro por ciclo estral realizado el primer estudio ultrasonográfico de ovarios bovinos, determinando la presencia de ondas foliculares durante el ciclo estral (Pierson and Ginther, 1984). Aunque se ha logrado un gran avance en el conocimiento de la fisiología ovárica aún se desconocen muchos eventos relacionados con el crecimiento y desarrollo de los folículos. Una onda de desarrollo folicular se puede definir como el desarrollo armónico y simultáneo de varios folículos antrales pequeños, en promedio 24 por onda con un rango de 8 a 41, funcionando a través de estadios integrados de reclutamiento, selección y dominancia folicular (Adams et al., 2008; Fernández, 2003; Henao, 2010)

El crecimiento de folículos bovinos ocurre en un patrón denominado ondas de crecimiento folicular. Con el apoyo de técnicas de biología molecular, ultrasonografía y otras, ha sido posible realizar estudios importantes sobre las variaciones que puede presentar la dinámica folicular en ganado *Bos taurus* y *Bos indicus*, encontrándose diferencias representativas entre y dentro de especies, ocasionadas entre otros, por efectos genéticos y ambientales (Bo et al., 1994; Ginther et al., 1996, 1989; Henao, 2010). Es



muy importante realizar estudios sobre la función reproductiva teniendo en cuenta las diferencias de la dinámica folicular entre estados fisiológicos y condiciones ambientales de hembras *B. taurus*, con el fin de optimizar los resultados en biotecnología de la reproducción animal (Henaó, 2010).

## **2.2 FASES DEL DESARROLLO DE LA DINÁMICA FOLICULAR**

### ***Reclutamiento folicular***

El reclutamiento es un proceso por el que, bajo la responsabilidad de factores intraováricos (factores de crecimiento ligados a la insulina y sus proteínas de enlace [IGFBP]) estimulados por 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. Del grupo grande de folículos que inician su desarrollo solamente un pequeño porcentaje logra su potencial completo (endocrino y gametogénico), a lo que se denomina proceso de selección y crecimiento folicular (Fernández, 2003).

Es importante señalar, que todos los folículos reclutados tienen expresión de RNA mensajero para FSH en la granulosa y para la LH en la teca, codificando receptores de las gonadotropinas y enzimas esteroideogénicas. El reclutamiento es el proceso por el cual un grupo de folículos, provenientes del conjunto de folículos en crecimiento lento (desarrollados durante los anteriores cuatro a seis meses), inicia un crecimiento rápido bajo el estímulo de la oleada de FSH. Cuando la FSH alcanza el pico de concentración, los folículos más grandes de la onda tienen un diámetro de aproximadamente 4 mm, tres días después cuando los folículos más grandes miden aproximadamente 8 mm de diámetro, se selecciona un solo folículo para continuar creciendo y se transforma en dominante mientras que los demás regresan. El reclutamiento no ha recibido la misma



atención investigativa como la dominancia folicular y la ovulación. Grupos, más que folículos aislados, son reclutados y este proceso se relaciona con cambios medibles de la FSH circulante (Fernández, 2003; Ginther et al., 1996; Webb et al., 1999).

### ***Selección y divergencia del folículo dominante***

La selección de un folículo dominante se refiere al mecanismo que determina cual folículo de la cohorte es seleccionado para continuar creciendo y convertirse en dominante. El principal evento morfológico en el proceso de selección es la divergencia (corresponde al tiempo durante el cual el folículo dominante y el subordinado más desarrollado crecen a tasas diferentes, antes de que el subordinado manifieste atresia). El proceso de divergencia puede desarrollarse de tres maneras:

- El folículo dominante y el subordinado más desarrollado divergen gradualmente en diámetro entre los días cero y cuatro de la onda folicular.
- El folículo dominante y el subordinado más desarrollado tienen diámetros semejantes hasta el momento de la divergencia.
- Ocasionalmente un folículo subordinado puede ser inicialmente más grande que el futuro folículo dominante, pero crece a menor tasa y no alcanza el estado decisivo.

El mecanismo que establece la divergencia entre los folículos comprende la interacción de varios factores. Se considera que la FSH y los estrógenos actúan sinérgicamente para acelerar el crecimiento folicular (Fortune, 1994; Stock et al., 1993; Webb et al., 1999). Para que ocurra el reclutamiento de los folículos que conforman la onda, todos los folículos de ambos ovarios reciben una señal específica: un ligero incremento de los niveles plasmáticos de FSH, que ocurre el día cero de la onda folicular,



repitiéndose entre los días 8 y 10.5 en vacas con dos ondas foliculares (Fortune, 1994; Sunderland et al., 1996). Cuando se hace monitoreo ultrasonográfico diario de los ovarios, la primera onda folicular de un ciclo estral se inicia probablemente el día de la ovulación, no siendo posible determinar en este momento cuál será el folículo que dominará, pero al segundo día puede existir divergencia entre el diámetro del folículo que llegará a convertirse en dominante y el de los demás:  $8.5 \pm 0.5$  mm y  $7.3 \pm 0.7$  mm, respectivamente (Henaó, 2010).

### ***Dominancia folicular***

No se conoce con exactitud el mecanismo que permite que solo un folículo de la cohorte se convierta en dominante. El folículo que será dominante es el más grande y con menor umbral para responder a la FSH. El papel de la FSH en la proliferación de células de la granulosa puede explicarse mediante dos mecanismos no excluyentes. Primero la FSH puede aumentar la respuesta de las células de la granulosa a los factores de crecimiento, incrementando la expresión de receptores, tales como los receptores tipo I del factor de crecimiento insulinoide en la célula de la granulosa de rata o segundo se ha propuesto recientemente que los factores de crecimiento pueden mediar la acción de la FSH sobre la proliferación de células de la granulosa (Gougeon, 1996).

Morfológicamente un folículo dominante es aquel folículo con un diámetro  $\geq 8$  mm y que predomina sobre los demás de su cohorte. Un folículo dominante es aquel que luego de una fase de crecimiento es 2 mm más grande que el segundo folículo de mayor tamaño y que predomina sobre los demás de su cohorte y estuvo presente en el ovario hasta la evaluación previa a su regresión u ovulación. El folículo dominante modifica el patrón de crecimiento de los folículos subordinados en ambos ovarios, mediante la producción de factores que actúan en forma endocrina, autócrina y paracrina para autopotenciar su desarrollo e inhibir a los subordinados este folículo sufre tres fases de



desarrollo: crecimiento (incremento del diámetro); estática (pocos cambios en el diámetro) y regresión (disminución del diámetro [atresia]) (De Ondiz Sánchez et al., 2002; Henao et al., 2002; Perea et al., 1998).

### **2.3 ENDOCRINOLOGÍA Y FACTORES INTRAOVÁRICOS DEL CRECIMIENTO FOLICULAR**

La fase inicial del crecimiento folicular, originada a partir de los folículos primordiales, presumiblemente es independiente de las gonadotropinas hipofisiarias y se caracteriza por un desarrollo lento de los folículos, que dura cuatro a seis meses, hasta su conversión en folículos antrales pequeños. En contraste con ésta, la etapa final, denominada fase folicular, que se desarrolla en forma de ondas, tiene crecimiento rápido, influenciado por las hormonas gonadotrópicas, hasta convertirse en folículo maduro. El crecimiento, maduración, ovulación y luteinización del folículo de Graaf dependen de patrones apropiados de secreción, concentraciones suficientes y proporciones adecuadas de FSH y LH en el suero. Entre las hormonas participantes se incluyen esteroides, prostaglandinas y glucoproteínas, todos secretados por las células B del lóbulo anterior de la hipófisis (Galindo, 2004; Henao et al., 2002; Webb et al., 1999).

Aun no se conoce si el efecto estimulante de la FSH sobre el crecimiento folicular es directo, porque contrario a lo que sucede *in vivo*, es difícil demostrar un efecto directo de la FSH sobre la proliferación de las células de la granulosa *in vitro* ya que este depende del conjunto de factores de crecimiento presentes en el medio de cultivo (Henao et al., 2002). Esta discrepancia entre *in vivo* e *in vitro* indica que son necesarias las interacciones entre las células de la granulosa y otros tipos de células ováricas intersticiales o tecales para la estimulación óptima de las células de la granulosa por la FSH; los factores intraováricos estimulados por la FSH están involucrados en el proceso de reclutamiento folicular y los IGF (Factores de crecimiento ligados a la insulina) y sus proteínas de enlace





(IGFBP) han sido implicados en la amplificación de la acción de la FSH (Fernández, 2003).

Antes de que inicie la desviación, algunos eventos bioquímicos en el interior del folículo aseguran la futura dominancia de la estructura seleccionada (Beg and Ginther, 2006). Los factores intrafoliculares que han sido sugeridos como candidatos para la regulación de la desviación son aquellos relacionados con el sistema de los factores de crecimiento similares a la insulina (IGF), esteroides, inhibina-A, activina- A, receptores de gonadotropinas, factores angiogénicos y otros factores intrafoliculares (Ireland et al., 2004). Sin embargo, los únicos factores que han estado implicados temporalmente o funcionalmente en la desviación son los IGF y su sistema asociado, el estradiol y los receptores de la hormona luteinizante (LH) (Espinoza *et al.*, 2007). El mecanismo que activa esos procesos bioquímicos no es claro, pero ocurre durante un descenso progresivo en las concentraciones circulantes de FSH y un incremento inicial en la LH (Beg and Ginther, 2006).

La FSH tiene una participación importante en el inicio de la formación del antro, ya que esta gonadotropina estimula la mitosis de las células de la granulosa y la formación del líquido folicular, además estradiol favorece el efecto mitótico de la FSH, la cual estimula las células de la granulosa a través de receptores de membrana cuyo número por célula permanece constante durante el crecimiento folicular. Además, la hormona FSH induce la sensibilidad de las células de la granulosa hacia la hormona luteinizante al incrementar el número de receptores para esta última (Galindo, 2004; Hafez, 2002).

Asimismo, un tema de particular interés ha sido determinar la relación entre la FSH y la emergencia de las ondas foliculares, existiendo buena evidencia que las fluctuaciones de las concentraciones séricas de la FSH están íntimamente asociadas con



la emergencia de las ondas. Esto es seguido por un descenso que esta negativamente correlacionado con las concentraciones séricas de estradiol que es producido fundamentalmente por el folículo más grande de la onda folicular (Rubianes, 2000).

## **2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA DINÁMICA FOLICULAR ENTRE ESTADOS FISIOLÓGICOS Y CONDICIONES AMBIENTALES EN HEMBRAS BOVINAS**

Variaciones en la dinámica folicular pueden deberse a factores como la dieta, manejo, producción de leche, periodo de lactancia, y postparto (Ginther et al., 1996). La dieta puede afectar el patrón de ondas de crecimiento folicular, debido a que una nutrición pobre está asociada a bajas concentraciones de IGF-I circulante, reducción del diámetro del folículo dominante de todas las ondas y también reduce el tiempo de persistencia de este folículo durante la primera onda. Asimismo, reportan que factores de tipo nutricional, de manejo y la época del año están relacionados con la dinámica folicular que involucran complejas interacciones neurohormonales del hipotálamohipófisis – ovarios (Badinga et al., 1994).

Las condiciones ambientales de altitud elevada son uno de los factores que afectan directamente en la productividad del ganado lechero, un hecho especialmente relevante en países cuyas condiciones orográficas están caracterizadas por la posesión de zonas de media y alta montaña. Las frecuentes variaciones climáticas en este tipo de ambiente acompañadas de una restricción nutricional hacen que la rentabilidad de las explotaciones ganaderas se deteriore debido a la pérdida de fertilidad de sus animales. Uno de los problemas que aparecen de forma frecuente son los anestros prolongados y los problemas de ovulación debido a las condiciones climáticas extremas (Gutierrez- Reinoso et al., 2016)



## **2.5 CONSECUENCIAS PRÁCTICAS PARA EL USO DE TECNOLOGÍAS DE REPRODUCCIÓN**

En manejo reproductivo, la utilización de metodologías capaces de inducir y sincronizar las ovulaciones es muy interesantes como técnicas de incremento de los rendimientos reproductivos, en términos de fertilidad y prolificidad; ya sea utilizando la monta natural o la inseminación artificial sistemática. Sin embargo, estas técnicas necesitan para su éxito que se den circunstancias adecuadas de desarrollo y maduración folicular, con el fin de conseguir una fertilidad óptima, ya que se producen variaciones importantes en los resultados obtenidos dependiendo del estado ovárico en el que se encuentra la hembra cuando se administra un determinado tipo de tratamiento. Los conocimientos actuales sobre dinámica folicular indican que la mejora en los resultados de estos tratamientos clásicos, así como la puesta a punto y utilización de nuevos métodos, implica la generación o activación de una nueva onda de crecimiento folicular, provocando la ovulación de un ovocito joven y sano (Lopez-Sebastian et al., 1997; Martinez et al., 2000). El conocimiento de la dinámica folicular es particularmente importante en estos animales, no solo para comprender mejor los mecanismos ováricos, sino también porque, desde un punto de vista aplicativo, podría ayudar a mejorar los rendimientos de los tratamientos conceptivos (Pérez Marin et al., 2004).

## **2.6 SINCRONIZACIÓN DE CELO**

El objetivo de un buen programa de sincronización es el control preciso del celo, que posibilite la inseminación artificial en tiempo fijo (IATF) sin detección de celo, además necesita estar aliado a altos índices de fertilidad con ovulación sincronizada, las poblaciones blanco son generalmente, los rebaños de bovinos de leche, cuyas tasas de preñez son generalmente pésimas debido al bajo índice de detección de celos y de concepción además de la ocurrencia de anestro, y los de bovinos de carne con alta



incidencia de anestro en la época escogida para la reproducción. Las estrategias de programación de la ovulación se han basado en el control de la vida del cuerpo lúteo con prostaglandinas, en la inducción de la ovulación con GnRH o en el impedimento del estro con el uso de tratamientos a base de progestágenos (Thatcher, 2004).

### ***Sincronización con Progestágenos***

El uso de progestágenos ha sido usado para extender la fase luteal, resultando en mayor cantidad de animales detectados en celos en un periodo más corto pero con menor fertilidad. Más recientemente el uso de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) y estradiol han sido incorporados a los tratamientos con progestágenos resultando en aceptables porcentajes de preñez. Estas combinaciones hormonales que aseguran concentraciones circulantes elevadas de progesterona y sincronizan tanto la emergencia de una nueva onda de folículos ováricos como la ovulación son los denominados protocolos para la Inseminación artificial a tiempo fijo ([IATF] (Colazo et al., 2004). Los progestágenos empleados en el manejo del ciclo estral son: Acetato de Melengestrol (MGA), Implantes subcutáneos y los dispositivos intravaginales.

## **2.7 ULTRASONOGRAFÍA REPRODUCTIVA**

Con el inicio de la ultrasonografía a tiempo real, los conocimientos sobre desarrollo folicular eran deducidos indirectamente a través del estudio de patrones cíclicos de gonadotropinas y hormonas esteroideas y/o experimentalmente usando técnicas de medida y recuento de folículos en ovarios de matadero, por laparoscopia después de marcarlos, etc (Fortune, 1993; Ireland and Roche, 1983; RAJAKOSKI, 1960). La técnica de ecografía en reproducción bovina se incrementa cada día por el veterinario clínico y el especialista en biotecnología de la reproducción, pues su utilización es demandada cada vez más por los ganaderos y los centros científicos, ya que su aplicación



confirma o desestima la valoración realizada por palpación rectal, constituyendo un medio diagnóstico de certeza en la dinámica de las ondas foliculares, desarrollo del cuerpo lúteo, la determinación del estado de gestación precoz, sexado de las crías y la evaluación de los procesos patológicos del sistema reproductor, entre otros usos (Tamayo, 2000).

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen sobre la base de 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. Cuanto mayor sea la reflexión, mayor intensidad tendrán los ecos, pero menor cantidad de ultrasonidos serán capaces de seguir avanzando y mandar información (Díez, 1997; Griffin and Ginther, 1992; Tejero, 2008).

### ***Modo de utilización del ecógrafo***

En el diagnóstico y valoración ecográfica del sistema reproductor de la vaca es imprescindible lograr imágenes de alta calidad, disminuyendo la proporción de artefactos, por lo que la preparación de la hembra a examinar y de las condiciones de trabajo y protección contribuye notablemente a obtener una mayor precisión en la interpretación de dichas imágenes (Tejero, 2008). En la práctica de rutina, la ecografía se realiza parecida a la exploración del sistema reproductor por vía rectal; generalmente no es necesario vaciar la ampolla del recto de su contenido de heces fecales, pero sí es recomendable hacerlo en estado de gestación de poco tiempo o en caso de vacas difíciles de ecografiar (Bellenda, 2003). 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, pues no es recomendable palpar y ecografiar simultáneamente ya que el ecografista debe concentrar su atención en la observación y valoración de las imágenes



registradas en la pantalla del ecógrafo. Debemos precisar un buen contacto del transductor con la mucosa rectal para obtener imágenes de mejor calidad. La sonda se introduce por vía transrectal sujeta entre los dedos pulgar, índice y corazón y se sitúa sobre la localización del útero y ovarios, desplazándola suavemente; con movimientos controlados del transductor se logra una buena sucesión de imágenes correspondientes a los distintos cortes de los órganos o tejidos examinados – scaneados (Quintela, L; Becerra, 2006; Tamayo, 2000; Tejero, 2008).

### ***Examen general de los ovarios***

Con el ecógrafo se puede monitorizar el crecimiento y regresión de las estructuras ováricas de forma no invasiva. Los tres componentes principales del ovario (folículos, cuerpo lúteo y estroma) son fácilmente distinguibles y éste es un método preciso para determinar estas estructuras y sus dimensiones. El estudio ecográfico de los ovarios resulta una importante ayuda en el manejo reproductivo de los bovinos por la posibilidad de evaluar las características de la dinámica folicular, la presencia de folículos ovulatorios y a través de un seguimiento, estimar el momento de la ovulación y además se pueden ver cuerpos lúteos y estructuras patológicas en ovario (neoplasias y quistes) (Fricke, 2002; Griffin and Ginther, 1992; Sánchez, R; Alfonso, 2000; Tejero, 2008).

El examen ecográfico de los ovarios se realiza habitualmente por vía transrectal previa evacuación completa del recto. Los ovarios se localizan siguiendo los cuernos uterinos. La movilidad del ovario hace que esta exploración sea más difícil que la del útero. La sonda se sostiene normalmente entre los dedos pulgar, índice y medio, mientras que para la manipulación del ovario se mantiene este contra la sonda y se intenta sujetar con el anular y el dedo meñique. El ovario se visualiza moviendo la sonda de izquierda a derecha y viceversa (Diaz et al., 1998; Pieterse, 1999; Quintela, L; Becerra, 2006; Tejero, 2008).



### *Determinación de la dinámica folicular*

Gracias a la ecografía se puede afirmar que el crecimiento folicular se produce por ondas, y hay trabajos que afirman la existencia de dos, tres ondas, incluso cuatro en cada ciclo (lo más normal son dos o tres ondas). Otros autores definen al comienzo de una onda de crecimiento folicular como el día en que se detecta el crecimiento de un gran número de folículos al mismo tiempo, seguido por la posterior selección de un folículo dominante y la regresión y atresia de los folículos más pequeños o subordinados. En ausencia de luteólisis, el folículo dominante deja de crecer y comienza a regresar dando lugar al crecimiento de una nueva onda folicular. Se ha demostrado que la primera onda de desarrollo folicular comienza en promedio el día 0 del ciclo. El día 0 es definido como el primer día en que detectamos la desaparición del folículo preovulatorio del ciclo anterior (Sánchez, R; Alfonso, 2000; Scully et al., 2014; Tejero, 2008).

Para evaluar la dinámica folicular se deben monitorear los cambios individuales de los folículos  $\geq 4$  mm presentes en cada ovario. La rutina de trabajo consiste en una revisión minuciosa de cada ovario durante la que se miden los folículos y van dibujándose en una planilla según su posición relativa, siendo la planilla individual para cada animal, teniendo un diagrama del ovario derecho y otro del izquierdo. Además de la posición de cada folículo se anotan su diámetro y la posición y diámetro del cuerpo lúteo. Para la determinación de la posición de cada folículo se coloca el transductor sobre cada ovario y se va rotando sobre su eje longitudinal. El diámetro de los folículos se puede medir con el calibre electrónico del equipo o mediante una gradilla transparente que se coloca sobre la pantalla. Cuando se realiza un seguimiento diario del desarrollo folicular, la posición y diámetro de los folículos se comparan con los de los días previos y de esta forma se pueden individualizar y diferenciar los folículos que no crecen, los que crecen, los que



regresan y la aparición de otros nuevos o la desaparición u ovulación del folículo dominante de la segunda o tercera onda. Esta identificación individual de los folículos requiere de gran coordinación entre los ojos y los movimientos de la mano para permitir una visualización directa y más detallada de todas las estructuras y muchas veces se debe realizar un escaneo minucioso para encontrar un folículo, ya que las sombras u otras interferencias pueden ocultarlo. Otra forma de trabajo es grabar las imágenes en un video para luego analizarlas (Bó, G; Cutaia, L: Chesta, 2009; Cabrera et al., 2012; Caccia, M; & Bo, 2000; Chase Jr et al., 1997).

### ***Identificación y medición del folículo***

Como indican en diversos estudios que el diámetro se determina colocando las marcas ecográficas de medida sobre la pared interna y por lo tanto se mide la cavidad folicular y no el folículo en sí. Si tiene forma irregular el diámetro folicular será la media entre el diámetro mayor y el menor. En la práctica no se puede deducir automáticamente la fase del ciclo estral según el tamaño de los folículos. Estudios para demostrar la eficacia del ultrasonido mostraron que cuando se comparó en número de folículos identificados por ultrasonografía y por corte de los ovarios no hubo diferencias significativas entre las técnicas, demostrando que el diagnóstico mediante ultrasonografía es un método confiable para la identificación y medición de los folículos en vaquillonas (Pierson and Ginther, 1984; Tejero, 2008).

### ***Determinación del momento de la ovulación***

La ovulación en la vaca se detecta fácilmente. Si se realiza un seguimiento del animal se observa la desaparición del folículo preovulatorio (mucho más grande que los demás folículos del ovario; alrededor de 15-17 mm) y esto se corrobora con la posterior formación del cuerpo lúteo (Bó, G; Cutaia, L: Chesta, 2009).





### ***Morfología y crecimiento del cuerpo lúteo (CL)***

La ultrasonografía también ha sido usada para caracterizar el cuerpo lúteo bovino durante el intervalo interovulatorio. La ecografía transrectal tipo B de tiempo real da una imagen bidimensional del tejido luteal bovino. La imagen ecográfica del CL es uniforme, circunscrita, menos ecogénica que el estroma ovárico que le rodea, y puede contener un área central no ecogénica o una pequeña zona densa y ecogénica. La apariencia ecográfica de las estructuras luteales varía según el estado de desarrollo. Normalmente se distingue a lo largo de casi todo el ciclo estral e inclusive hasta cerca de la siguiente ovulación (en promedio: 1,4 días antes de que la misma) aunque hay sólo unas diferencias muy limitadas y frecuentemente no visibles en la ecogenicidad del CL durante las distintas fases del ciclo estral (Pierson and Ginther, 1988, 1984; Pieterse, 1999; Tejero, 2008).

Se han realizado estudios para determinar la eficiencia de la ultrasonografía en la observación y medición del cuerpo lúteo comparado con la examinación de las mismas estructuras *post mortem*. Se concluyó que no hay diferencias entre las dos técnicas ya que se visualizó correctamente en todas las vaquillonas la localización del cuerpo lúteo en el ovario izquierdo o derecho entre los días 12 y 14. Se realizaron trabajos iniciales de morfología luteal demostraron que existen dos tipos distintos de cuerpo lúteo: con o sin cavidad central. Estos cuerpos lúteos cavitarios presentan una zona anecogénica oscura, probablemente conformada por el líquido folicular del folículo que originó al cuerpo lúteo y rodeado por tejido luteal. Esta cavidad es frecuentemente oval, a veces es redonda y casi siempre es de situación central. Un CL con cavidad se denomina CL quístico, pero no existen evidencias de que estas estructuras sean patológicas (Foley, 1996; Kito et al., 1986; Pierson and Ginther, 1988).



Hasta el día 10 después de la ovulación en los ciclos normales, del 30 al 50% de los CLs poseen una cavidad visible ecográficamente. La frecuencia de CLs cavitarios disminuye luego un 3-4% por día. Así, hacia el día 13-15 del ciclo menos del 30% de los CLs presentan cavidad. Diversos autores indican que de los 3.222 CLs que se observaron ecográficamente utilizando una sonda transrectal de 5 MHz, el 69% eran compactos y el 31% tenían cavidades de diversas formas y tamaños. Sin embargo, afirman que un CL con cavidad se puede identificar del 37 al 79% de las veces. Las diferencias observadas en las prevalencias de aparición de los CLs quísticos, pueden ser debidas a la frecuencia de los exámenes realizados, así como a las dimensiones de estas cavidades luteales centrales (Gnemmi et al., 2018; Grygar et al., 1992).

Otros autores, afirman que el CL con cavidad se puede identificar en un 60% de las veces. Se encontraron entre un 30 y un 80% de los casos, porcentajes en los que se reportan el 48% y 30% de CLs cavitarios. En base a exámenes de ultrasonidos en vacas, el 79% de los CL de aspecto normal contienen cavidades. Son muchos los autores que en sus trabajos han comprobado que estas cavidades que se pueden encontrar en el interior de los CLs no interfieren en la gestación, concentración de progesterona, perfiles hormonales, con la duración del ciclo estral y con la fertilidad. En numerosos trabajos, el estudio de la concentración hormonal de ambos tipos de CLs (quísticos y no quísticos), no ha revelado una disminución en la capacidad de producir progesterona en el caso de existir una cavidad. No hay una tendencia a ver una cavidad central de un ciclo a otro en un mismo animal. Cuando se encontraba una cavidad en el CL como no hay correlación entre el tamaño de la cavidad y los niveles plasmáticos de progesterona, el tamaño de esta cavidad en muchos trabajos se ignora a la hora de hacer las medidas del CL (Bó, G; Cutaia, L: Chesta, 2009; Kastelic et al., 1990; Kito et al., 1986; Pieterse, 1999; Rupérez, 2004; Tamayo, 2000).



### ***Dinámica y morfología del útero***

El útero se ha de ecografiar en toda su longitud, obteniéndose cortes transversales, longitudinales y oblicuos. La imagen de los cuernos vacíos es la más fácil de identificar, visualizándose en la pantalla uno o más redondeles de entre dos y cuatro centímetros de diámetro. En el diestro el endometrio es más ecogénico (más brillante) que el miometrio, existe impregnación progesterónica: los cuernos están enrollados y hay mayor número de secciones ecográficas transversales. A veces se pueden distinguir los pliegues endometriales pero no se ve fluido en la luz uterina (Rupérez, 2004; Tamayo, 2000; Tejero, 2008).

En el proestro la pared tiene una ecotextura más heterogénea (por el aumento de vascularización y el edema de los cuernos) que en el diestro y durante el celo normalmente es posible diferenciar los pliegues endometriales y el miometrio, así como las pequeñas acumulaciones de líquido en la luz del útero, cuya presencia se corresponde con descargas visibles de moco por la vulva o durante las exploraciones vaginales con espéculo. Además del estudio de los eventos normales, la ultrasonografía puede ser útil para el diagnóstico de diversas patologías del tracto reproductivo bovino, como piómetras, metritis, salpingitis, hidrosalpinx (Ginther et al., 1989; Tejero, 2008).

### ***Monitoreo ecográfico en protocolos de sincronización de celo***

La caracterización de las ondas foliculares en bovinos y diagnóstico de preñez usando el ultrasonido ha sido particularmente importante. Aumentando y mejorando el desarrollo de protocolos de sincronización encontrando nuevas explicaciones de la dinámica folicular durante el ciclo estral. La descripción de diferentes mecanismos fisiológicos durante el ciclo estral y la comprensión de las dinámicas foliculares ováricas,



han permitido su manipulación práctica con fines productivos en los bovinos. Esta manipulación del ciclo estral permitió el avance de distintas técnicas de reproducción asistida, siendo la más destacada a nivel comercial la inseminación artificial (IA), la superovulación y transferencia de embriones *in vivo* (TE) y la producción de embriones *in vitro* (PIV). La IA ganó popularidad y comenzó a ser utilizada de forma masiva desde la implementación de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) (Adams et al., 2008; Forde et al., 2011; Machaty et al., 2012; Roche et al., 2018).

Han sido un objetivo importante en los programas de reproducción actuales la optimización del tamaño y salud del folículo, especialmente para la IATF. Los folículos ovulatorios más grandes mostraron una mayor tasa de ovulación y dieron lugar a un mayor número de preñeces en el ganado vacuno los cuales pueden ser evaluados exactamente mediante ultrasonografía. Se ha demostrado que la sincronización exacta de la ovulación depende del crecimiento sincronizado de un folículo dominante y de su ovulación en un tiempo predeterminado. Los tratamientos que eliminan el folículo dominante pueden llevar a la emergencia de una nueva onda folicular, y el crecimiento sincronizado de un nuevo folículo dominante. De este modo la evaluación guiada por ultrasonografía consigue sincronizar la emergencia de la siguiente onda folicular (Bergfelt et al., 1994; Filho et al., 2010; Perry et al., 2014; Wiltbank et al., 2006).

## 2.8 ANTECEDENTES

Adams, GP; Matteri, RL; Ginther, (1992); Bo et al., (1994); Ginther et al., (1996); Griffin et al., (1989), sugieren que el crecimiento de folículos bovinos ocurre en un patrón denominado ondas de crecimiento folicular. Con el apoyo de técnicas de biología molecular, ultrasonografía y otras, ha sido posible realizar estudios importantes sobre las variaciones que puede presentar la dinámica folicular en ganado *Bos taurus* y *Bos indicus*, encontrándose diferencias representativas entre y dentro de especies, ocasionadas entre otros, por efectos genéticos y ambientales (Henao,



2010). Es muy importante realizar estudios sobre la función reproductiva teniendo en cuenta las diferencias de la dinámica folicular entre estados fisiológicos y condiciones ambientales de hembras *B. taurus*, con el fin de optimizar los resultados en biotecnología de la reproducción animal (Gonella Diaza et al., 2013; Henao, 2010). El diámetro máximo del folículo dominante se refiere al mayor diámetro que toma el folículo dominante iniciarse su regresión u ovulación (Ginther et al., 2019, 2018). El diámetro máximo de los folículos dominantes en el ganado *B. indicus* es menor que el que se presenta en *B. taurus* y esto parece obedecer a una respuesta genética (Henao, 2010). Las vacas Brahman estudiadas por Cabrera et al., (2012) desarrollaron folículos dominantes con diámetro máximo de  $10,2\pm 0,1$  mm, mientras que las estudiadas por Henao et al., (2004, 2002), desarrollaron un diámetro preovulatorio de 10 a 14 mm. Quispe, A; Quispe, Y; Perez, U, Luque, (2013) en condiciones del Altiplano Peruano en vacas de raza Brown Swiss en producción reportan un diámetro máximo de FD de  $15.8\pm 2.2$  mm para el grupo de vacas aparentemente normales y para el grupo de vacas con problemas reproductivos el diámetro máximo FD fue de  $10.1\pm 3.3$  mm. El uso de progestágenos ha sido usado para extender la fase luteal, resultando en mayor cantidad de animales detectados en celos en un periodo más corto pero con menor fertilidad. Más recientemente el uso de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH) y estradiol han sido incorporados a los tratamientos con progestágenos resultando en aceptables porcentajes de preñez. Estas combinaciones hormonales que aseguran concentraciones circulantes elevadas de progesterona y sincronizan tanto la emergencia de una nueva onda de folículos ováricos como la ovulación son los denominados protocolos para la Inseminación artificial a tiempo fijo (Colazo et al., 2004; Rigoglio et al., 2013). Los progestágenos empleados en el manejo del ciclo estral son: Acetato de Melengestrol (MGA), Implantes subcutáneos y los dispositivos intravaginales.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE ESTUDIO Y PERIODO DE DURACIÓN

El presente estudio se realizó en el Centro de Investigación y Producción Chuquibambilla–Universidad Nacional del Altiplano, dirigida por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ubicado en el distrito de Umachiri, provincia de Melgar, región de Puno, teniendo una extensión total de 4, 326 Has. A una distancia de 156 Km. de la ciudad de Puno, Geográficamente se encuentra entre las coordenadas Latitud Sur 14° 47' 37", Longitud Oeste 70° 47' 50", Altitud de 3974 msnm.

#### 3.2 MANEJO Y ALIMENTACIÓN

Los grupos de vacas de producción y vaquillas tuvieron un manejo parecido que consistió en descansar en ambientes con cobertizos, alimentación con pastos cultivados (combinación de leguminosas y gramíneas) por 6 horas aproximadamente, complementando se les ofreció aproximadamente 5 kilos/día de ensilado (avena). En caso de las vacas en seca por motivos de manejo solo tuvieron un pastoreo en pastos cultivados por 7 a 8 horas aproximadamente sin ofrecimiento de ensilado, todas con acceso de agua libre.

#### 3.3 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL EXPERIMENTAL

##### *Material Experimental*

Para el presente trabajo se seleccionaron **11 vacas en producción** no gestantes diagnosticadas por palpación rectal y ultrasonografía, sin problemas reproductivos aparentes; para el segundo grupo se seleccionaron **9 vacas en seca (baja o nula producción lechera) no gestantes** diagnosticadas por palpación rectal y ultrasonografía, con aparentes problemas reproductivos ambos grupos fueron evaluadas según los



registros propios del establo, entre dos y cuatro partos con una condición corporal entre 2.5 a 3.0 (de una escala de 1 a 5); finalmente para el tercer grupo se seleccionaron **9 vaquillas no gestantes** diagnosticadas por palpación rectal y ultrasonografía, sin problemas reproductivos aparentes las cuales fueron evaluadas según los registros propios del establo con una condición corporal entre 2.5 a 3.0 (de una escala de 1 a 5).

**Tabla 1.** Distribución del material experimental según tratamiento, raza y clase animal de estudio.

<b>RAZA</b>	<b>CLASE ANIMAL (Tratamientos)</b>	<b>n° DE ANIMALES</b>
<b>Brown Swiss</b>	Vacas en Producción	11
<b>Brown Swiss</b>	Vacas en Seca	9
<b>Brown Swiss</b>	Vaquillas	9

### 3.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### *Selección de vacas*

Los animales inicialmente fueron identificados conforme a los registros existentes en el Programa de Vacunos. Se seleccionaron vacas en producción, en seca y vaquillas de la raza Brown Swiss vacías, ciclando normalmente de acuerdo al seguimiento mensual de los registros de celo al inicio de los estudios se clasificaron a los animales según el estado ovárico que tuvo cada animal del experimento (Menchaca et al., 2013).

#### *Evaluación ultrasonográfica*

Para estudiar el estatus ovárico, la dinámica de crecimiento folicular y características morfológicas del cuerpo lúteo (CL) y folículos se realizó el día 0 (inicio



del protocolo). Para ello se empleó un ecógrafo CHISSON D600 VET® equipado con un transductor lineal con doble frecuencia de onda (5.0 – 7.5 MHz), indicada para el examen transrectal de grandes animales. Ambos ovarios de cada vaca serán explorados mediante ultrasonografía utilizando una frecuencia de 7.5 MHz (Henaó et al., 2002; Pierson and Ginther, 1988). Durante cada examen los ovarios fueron observados cuidadosamente, en al menos dos planos diferentes realizando un barrido de un extremo a otro del ovario, para ver que esté en su totalidad (Cabrera et al., 2012; Pieterse, 1999; Quintela, L; Becerra, 2006).

Cada imagen seleccionada en la pantalla del monitor fue evaluada (con la opción freeze) obteniéndose imágenes estáticas y utilizando el calibre electrónico del equipo de ultrasonografía se realizaron mediciones de estructuras ováricas (folículos y cuerpo lúteo) y registraron el número de estas, además las imágenes obtenidas de las estructuras ováricas fueron diagramadas en mapas ováricos (Ovariograma, ver anexos) enfatizando la posición relativa de estructuras foliculares y luteales de cada ovario permitiendo la identificación individual y seguimiento de sus cambios durante exámenes sucesivos (Cabrera et al., 2012; Chase Jr et al., 1997).

### *Determinación de las características de la dinámica folicular*

Para realizar el seguimiento del desarrollo folicular en cuanto a su posición y diámetro, comparar con los de los días previos, individualizar, diferenciar los folículos que no crecen, los que crecen, los que regresionan, la aparición de otros de una onda folicular se realizará la medición del diámetro de los folículos utilizando el calibre electrónico del ecógrafo en milímetros (mm). Para el cálculo del diámetro medio de los folículos se colocará las marcas ecográficas de medida sobre la pared interna del antro folicular y en los folículos no esféricos con forma irregular, se promediará el diámetro





vertical y transversal en su mayor sección (Pierson and Ginther, 1988, 1984; Quirk et al., 1986).

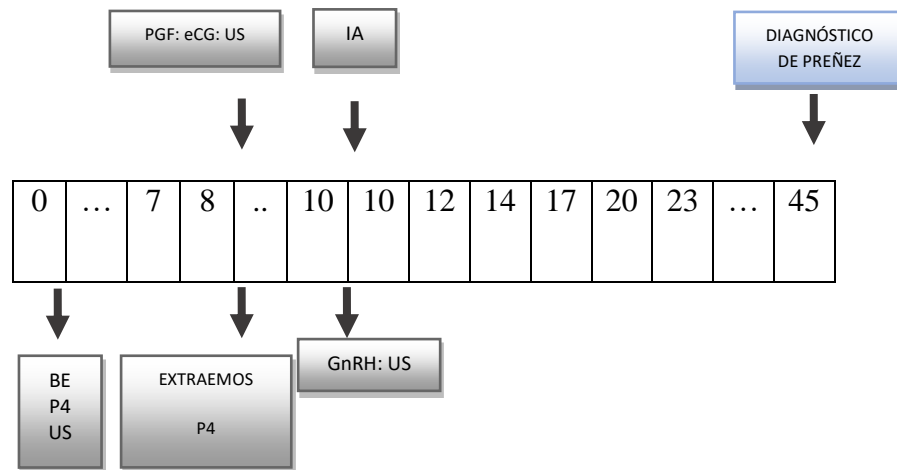
### ***Diámetro máximo de los folículos dominantes***

Para determinar esta variable se deben promediar los diámetros de los folículos dominantes incluyendo el del folículo ovulatorio por ciclo, correspondiente al mayor diámetro antes de que iniciara su regresión u ovulación, tomando en cuenta los promedios para grupos de estudio e independientemente del número de ondas que haya tenido el ciclo estral (Pierson and Ginther, 1984).

### ***Protocolo de Sincronización de Celo y evaluación ultrasonográfica***

Se utilizó un protocolo de sincronización de celo con base a progestágenos y gonadotropina coriónica equina (eCG) (Bryan et al., 2010), el cual considera los siguientes pasos:

- Día 0: aplicación de benzoato de estradiol (BE: Estrovet®, Montana) 2 mg y colocación del dispositivo intravaginal bovino (DIB: DIB®, Syntex), que contiene 1 g de progesterona.
- Día 8: aplicación de un análogo de prostaglandina  $F_{2\alpha}$  (Cloprostenol [PG]: Prostal®, Over) 0.15 mg y eCG dosis de 400 UI (Novormon® 5000, Syntex), por vía intramuscular profunda. Remoción del DIB.
- Día 10: aplicación de un análogo de la hormona liberadora de gonadotropinas (acetato de buserelina [GnRH]: Gestar®, Over) 1.05 mg, por vía intramuscular profunda. La IA se hizo 12 horas después. Así como muestra en el siguiente gráfico:



**Gráfico 1.** Protocolo de sincronización y evaluaciones ultrasonográficas.

Para la evaluación ultrasonográfica se utilizó un ecógrafo Chison D600 VET con un transductor rectal a una frecuencia de 7.0 MHz. Las actividades realizadas fueron:

- Día 0: Se determinó la funcionalidad ovárica, clasificando a los animales según el estado ovárico y se inició el protocolo de sincronización (Menchaca et al., 2013)
- Día 8: Se determinó el diámetro del folículo dominante (FD).
- Día 10: Se repitió la medición del FD para obtener su tasa de crecimiento (mm/día), por diferencia entre el tamaño del día 10 y día 8.

### 3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados cuantitativos obtenidos fueron sometidos a estadística descriptiva evaluando las medidas de tendencia central y de dispersión; en caso de la comparación entre clase animal fueron sometidos a un Diseño Completamente al Azar para determinar la diferencia estadística, el estatus ovárico a inicio de la sincronización de celo y la tasa de preñez fueron sometidas a un Prueba no paramétrica de Chi cuadrado. Los datos fueron



procesados mediante el programa estadístico R versión 3.4.4, todas las pruebas fueron realizadas con un nivel de significancia de 0.05 (R Core Team, 2017).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 02 muestras las estructuras ováricas presentes en las vacas en producción, seca y vaquillas al inicio del protocolo de sincronización, las cuales fueron evaluados mediante ultrasonografía según técnica descrita anteriormente.

**Tabla 2.** Estatus ovárico de las vacas y vaquillas sometidas a la sincronización de celo.

	Folículos <8 mm	Folículos >8 mm	Cuerpo lúteo y folículos
Vacas en Producción (≤120 días)	11.1	33.3	55.6
Vacas en seca (≥260 días)	0	77.8	22.2
Vaquillas	11.1	33.3	55.6

(p = 0.09796)

El estatus ovárico en los animales del experimento divididos entre clase animal muestra diferencia estadística por lo que se puede inferir que el estatus ovárico evaluado mediante ultrasonografía depende de la clase animal observándose en caso de las vacas en producción y vaquillas los mismos porcentajes de folículos <8 mm (anestro profundo), folículos >8 mm (anestro superficial) y cuerpo lúteo y folículos (ciclicidad) siendo de 11.1, 33.3 y 55.6% respectivamente, mientras que para las vacas en seca fue para folículos <8 mm de 0%, folículos >8 mm de 77.8% y finalmente con cuerpo lúteo y folículos de 22.2%. El mayor porcentaje de vacas cíclicas en los grupos de producción y vaquilla en comparación con las vacas en seca se podría deber a un efecto alimenticio puesto que los animales de este último grupo no fueron suplementados con ensilado, la insulina, IGF-I



y la leptina pueden tener efectos directos sobre la pituitaria al incrementar la secreción de LH y sobre el ovario al regular la esteroidogénesis, ejerciendo un factor de mantenimiento y control sobre la células de producción de andrógenos las mismas que son estimuladas por la LH (hormona luteinizante) a la vez que depende de las concentraciones de  $17\beta$ -estradiol por tanto existe una incapacidad de responder al aumento de la LH debido a que las células de los folículos son incapaces de producir receptores para LH (Stewart et al., 1995).

La condición de la clase animal de vaca en seca conlleva a entender que es un grupo de animales con baja o nula producción de leche y vacías (no preñada) por un largo tiempo desde su último parto ( $\geq 260$  días abiertos), por tanto se presume que a pesar de la evaluación ginecológica antes del inicio del estudio podrían tener algunos problemas reproductivos en comparación con el grupo de vacas en producción y vaquillas; existe evidencia de que las infecciones uterinas contribuyen a la reducción de la fertilidad siendo los productos bacterianos o mediadores inmunitarios producidos en respuesta a la infección quienes suprimen la secreción hipofisiaria de LH las mismas que se asocian con la inhibición de la foliculogénesis, disminución de esteroidogénesis ovárica, fases lúteas anormales y una mayor incidencia de enfermedad quística (Sheldon and Owens, 2017; Williams et al., 2007).

Los porcentajes obtenidos en vacas en producción y vaquillas están por encima de 50% en el grupo con CL y folículos que se traduce en animales con ciclicidad, los mismos que son parecidos a lo reportado en vacas Brown Swiss con 66.7, 75 y 60% de ciclicidad en diversos trabajo de tesis desarrollados en ambientes parecidos a los del presente estudio (Perez et al., 2017; Pfuño Laura, 2017). El grupo de vacas en seca como se menciona son animales con algunos problemas reproductivos reportando solamente un

22.2% con presencia de CL (con ciclicidad) porcentaje parecido a lo reportado en un estudio en vacas Brown Swiss con problemas reproductivos con 50% y 37.5%; generalmente los problemas reproductivos son desarrollados a partir de infecciones uterinas por bacterias las cuales secretan endotoxinas que previenen la producción del pico preovulatorio de LH causando persistencia de quistes foliculares, estas endotoxinas en altas dosis afectan la concentración del estradiol por tanto hay una inhibición sistémica de todo el proceso de ovulación que incluye la secreción de GnRH por parte del Hipotálamo (Battaglia et al., 2000; Karsch et al., 2002).

La tabla 03 muestra la tasa de crecimiento folicular evaluado el día 8 y 10 de iniciado el protocolo de sincronización de celo siendo la unidad de medida en milímetros (mm)/día, además. En cuanto a la *tasa de crecimiento* observado no muestran diferencia estadística ( $p=0.987$ ) por lo que el crecimiento de folículos desde el día 8 al día 10 del protocolo de sincronización son parecidos en las tres clases de animales (vacas en producción, en seca y vaquillas).

**Tabla 3.** Tasa de crecimiento folicular en los tres grupos de estudio.

	n	Tasa de crecimiento (mm/día) <sup>1</sup>
Vacas en producción (≤120 días)	11	2.3 ± 1.5 <sup>a</sup>
Vacas en seca (≥260 días)	9	2.4 ± 1.8 <sup>a</sup>
Vaquillas	9	2.3 ± 1.8 <sup>a</sup>

( $p=0.987$ )



En cuanto a la variable de *tasa de crecimiento* del FD entre los días 8 y 10 de iniciado el protocolo de sincronización de celo, así como el diámetro folicular el día de la IATF (Día 10). Se observa un crecimiento positivo de los FD en los tres grupos debido, posiblemente, al aumento de receptores a FSH en las células de la granulosa, además de la secreción de la activina (del propio FD) e inhibina (acción hacia los demás folículos de la cohorte) por parte de los FD; el DIB produce una retroalimentación negativa que permite una sincronización adecuada de la onda folicular y de la ovulación (Ginther et al., 1996; Vasconcelos et al., 2001).

La comparación de la *tasa de crecimiento* con otros estudios realizados en la misma raza y ambiente son parecidos siendo  $2.19 \pm 1.13$  mm en vacas y  $1.93 \pm 1.13$  mm en vaquillas esta similitud es probablemente por las mismas condiciones en la que fueron conducidos los estudios (Perez et al., 2016); en las mismas condiciones ambientales con una raza de cruce industrial (Aberdeen angus x criollo) las tasas de crecimiento son inferiores en comparación al presente estudio siendo de  $0.5 \pm 0.87$  mm en el grupo de Ovsynch y  $1.2 \pm 0.71$  mm en el grupo de CIDR-Synch esta diferencia podría deberse al factor racial, al amamantamiento que inhibe la ovulación debido probablemente a la acción de opioides (neurotransmisores) que estarían involucrados en la inhibición sobre la LH (Lacuesta et al., 2000; Perez Guerra et al., 2017).

La tabla 04 muestra el *diámetro del folículo dominante (FD)* evaluado el día 10 de iniciado el estudio reportado en la unidad de medida de mm, para los tres grupos de estudio. La comparación de los promedios y sometidos al análisis de varianza muestra alta significancia ( $p=0.00197$ ), observándose primeramente una similitud entre las vacas en producción con las vacas en seca y vaquillas respectivamente; mientras que al comparar vacas en seca y vaquillas muestras diferentes letras por tanto se infiere que estos

dos grupos muestran diferencia en el diámetro del FD tal como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 4.** Diámetro del folículo dominante (FD) en los tres grupos de estudio.

	N	Diámetro (día 10, mm)
Vacas en producción (≤120 días)	11	14.5 ± 2.1 <sup>ab</sup>
Vacas en seca (≥260 días)	9	16.6 ± 3.1 <sup>b</sup>
Vaquillas	9	12.1 ± 2.0 <sup>a</sup>

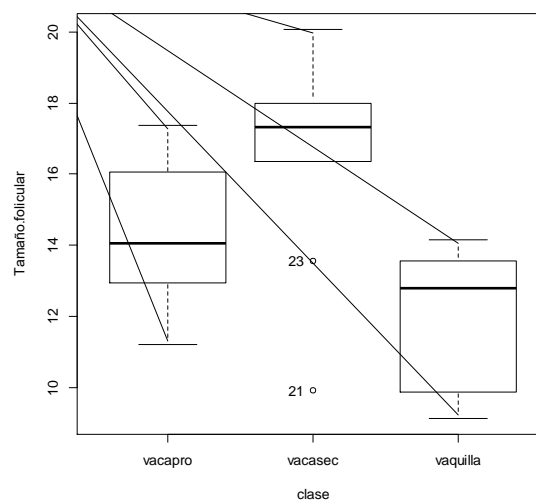
(p=0.00197)

El *diámetro del folículo dominante* (FD) evaluado el día 10 es una muestra del desarrollo folicular a cargo del funcionamiento endocrinológico, al disminuir las concentraciones de Progestágenos se genera un feed back positivo por parte del FD (evaluado el día 8 post sincronización) que es responsable de su crecimiento aumentando en numero los receptores para FSH y LH en las capas celulares del FD permitiendo finalmente la ovulación (Galina, C; Valencia, 2004; Hafez, 2002). Los tamaños obtenidos en el presente estudio son parecidos a lo reportado en un estudio (realizado en las mismas condiciones ambientales del presente estudio) que evaluaron la dinámica folicular de vacas Brown Swiss durante el ciclo estral siendo de 15.8±2.2mm (Quispe et al., 2013), por tanto los diámetros obtenidos en vacas en producción de 14.5 ± 2.1mm y vacas en seca con 16.6 ± 3.1mm son folículos con alta probabilidad de ovular lo que demostraría la sincronización de la onda folicular como la acción hormonal dentro el protocolo. En cuanto al diámetro en vaquillas fue de 12.1 ± 2.0mm es diferente comparado con el grupo



de vacas en seca, esta diferencia podría deberse a su menor desarrollo sexual en comparación a vacas maduras (Galina, C; Valencia, 2004).

El gráfico 02 muestra datos de tendencia central y dispersión en forma gráfica de los tamaños de FD en las tres clases animales del experimento, que permite observar un mayor diámetro en las vacas en seca y con menor variabilidad, mientras que en vacas en producción se observa mayor cantidad de valores superiores al promedio, lo contrario ocurre en vaquillas donde se observa mayor variabilidad por debajo del promedio. Cabe resaltar que en estudios importantes en el estudio de diámetros de FD en vacas adultas ( $14.5 \pm 0.5 \text{mm}$ ) están dentro de lo obtenido en el presente estudio (Ginther et al., 2018, 1989).



**Gráfico 2.** Gráfico de cajas y bigotes de tamaño del FD en las tres clases de animales.

La comparación del tamaño de FD del presente estudio en vacas en producción ( $14.5 \pm 2.1 \text{mm}$ ) y seca ( $16.6 \pm 3.1 \text{mm}$ ) son parecidos a los reportados en diversos estudios realizados en las mismas condiciones medio ambientales y raciales siendo de  $15.91 \pm 2.61 \text{mm}$  (Perez et al., 2016); en otro estudio realizado en el Valle del Mantaro con



un protocolo de sincronización de celo (disminuye el diestro y prolongo el proestro) en vacas de aptitud lechera (Brown Swiss y Holstein) reportaron diámetros foliculares para el protocolo Co-Synch (5 días)  $15.66 \pm 1.6 \text{mm}$  y para J-Synch diámetros de  $14.79 \pm 2.97 \text{mm}$  (Perez et al., 2018), la similitud se podría deber a que todos estos estudios fueron realizados en condiciones ambientales, protocolos de sincronización, raciales parecidas al del presente estudio. Resultados inferiores son reportados en vacas (con problemas reproductivos) con CL al inicio de tratamiento siendo de  $12.25 \pm 4.23 \text{mm}$  y vacas sin CL al inicio del tratamiento presentaron diámetros de  $13.63 \pm 4.21 \text{mm}$ , la diferencia podría deberse a que los animales con problemas reproductivos ven afectado sus procesos normales de desarrollo folicular y ovulación (bloqueo de la secreción de LH) (Battaglia et al., 2000; Karsch et al., 2002); de la misma forma en vacas de cruce industrial (angus X criollo) reportan resultados inferiores en dos tratamientos de sincronización de celo siendo para Ovsynch de  $8.09 \pm 3.23 \text{mm}$  y CIDR-Synch de  $10.2 \pm 3.16 \text{mm}$  (Perez Guerra et al., 2017), esta diferencia puede deberse a lo mencionado anteriormente siendo los factores principales el protocolo de sincronización, efecto racial como también el amamantamiento (Lacuesta et al., 2000).

Los resultados obtenidos en vaquillas del presente estudio fue de  $12.1 \pm 2.0 \text{mm}$  parecido a los reportado en un estudio realizado en las mismas condiciones raciales, ambientales y de protocolos de sincronización de celo, siendo el diámetro promedio de vaquillas de  $12.77 \pm 1.33 \text{mm}$  (Perez et al., 2016); sin embargo, otro estudio realizado con protocolos cortos de sincronización de celo con progestágenos reportan diámetros inferiores en vaquillas siendo para Co-Synch (5 días) de  $10.66 \pm 2.9$  y para J-Synch de  $10.8 \pm 2.56$ , la diferencia probablemente debido al tiempo de exposición del dispositivo intrauterino como a la concentración de Progestágeno (Menchaca et al., 2013).

La tabla 05 muestra el *porcentaje de preñez* evaluado el día 45 de iniciado el estudio reportado realizado por US para los tres grupos de estudio. La comparación de los porcentajes y sometidos al análisis de prueba no paramétrica no muestra significancia ( $p=0.354$ ), observándose que no existe dependencia alguna entre la mayor o menor tasa de preñez con la clase animal, necesario indicar que para inferir fertilidad el número de unidades experimentales por grupo no es significativo ya que el principal objetivo del estudio es la dinámica folicular; los porcentajes son como se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Tasa de preñez en los tres grupos de estudio.

	N	Tasa de preñez
Vacas en producción ( $\leq 120$ días)	9	44.4% (4/9)
Vacas en seca ( $\geq 260$ días)	9	33.3% (3/9)
Vaquillas	9	66.67% (6/9)

$(p=0.354)$

Los porcentajes de preñez presentados muestran ser de regulares a buenos esta respuesta se puede deber al protocolo de sincronización utilizado en el que se incluye la aplicación de la hormona eCG que posee una actividad de FSH y LH las cuales provocan un desarrollo sincronizado del futuro folículo pre ovulatorio que se caracteriza en un aumento en la tasa de crecimiento del folículo dominante preovulatorio en su diámetro y área del Cuerpo Lúteo (CL) (Galina, C; Valencia, 2004; Hafez, 2002); además que la aplicación de eCG como función de LH tiene la capacidad de producir la formación de CL que genera una mayor producción de Progesterona, hormona encargada del



mantenimiento de la preñez; ya que se ha demostrado que la acción de la eCG es de aumentar el tamaño y número de las células luteales (Rigoglio et al., 2013).

Resultados similares fueron reportados en vacas en producción con similares protocolos de sincronización (con progestágenos) y condiciones ambientales y raciales con porcentajes de 55% y 44.4% (Perez et al., 2018; Perez et al., 2016). Resultados inferiores reportan esto probablemente al uso de protocolos distintos al utilizado en el presente estudio siendo el OvSynch y el J-synch respectivamente alcanzando porcentajes de 33.3% en ambos casos (Perez, U et al, 2018; Perez Guerra, et al., 2017); sin embargo, estos porcentajes son parecidos a lo reportado en vacas en seca resultados obtenidos probablemente por aparentes problemas reproductivas en esta clase animal (Battaglia et al., 2000; Karsch et al., 2002).



## V. CONCLUSIONES

- El estatus ovárico observado fue del 11.1% con folículos <8 mm, 33.3% con folículos >8 mm y 55.6% con cuerpo lúteo (CL) tanto en vacas en producción como vaquillas, mientras que en vacas en seca los porcentajes fueron 0, 33.3 y 55.6% para los estatus con folículos <8 mm, folículos >8 mm y con CL respectivamente.
- La tasa de crecimiento folicular fue para vacas en producción, vacas en seca y vaquillas de  $2.3 \pm 1.5$ ,  $2.4 \pm 1.8$  y  $2.3 \pm 1.8$  mm respectivamente ( $p=0.987$ ).
- El diámetro de folículo dominante fue para vacas en producción de  $14.5 \pm 2.1$  mm, vacas en seca de  $16.6 \pm 3.1$  mm y vaquillas de  $12.1 \pm 2.0$  mm ( $p=0.00197$ ).
- La tasa de preñez fue para vacas en producción, vacas en seca y vaquillas de 44.4, 33.3 y 66.7% respectivamente ( $p=0.354$ ).



## VI. RECOMENDACIONES

- El uso del presente protocolo de sincronización de celo permite alcanzar tamaños foliculares adecuados que se traducen en tasa de preñez aceptables según clase animal en condiciones del Altiplano Peruano.
- El uso de equipos que puedan determinar niveles sanguíneos hormonales de estrógenos, progesterona, FSH, etc serian de vital importancia para completar los estudios sobre el comportamiento reproductiva en vacas Brown Swiss sometidas a diversos protocolos de sincronización a nivel del Altiplano Peruano.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, GP; Matteri, RL; Ginther, O., 1992. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. *J. Reprod. Dev.* 95, 627–640.
- Adams, G.P., Jaiswal, R., Singh, J., Malhi, P., 2008. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. *Theriogenology* 69, 72–80.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.026>
- Badinga, L., Thatcher, W.W., Wilcox, C.J., Morris, G., Entwistle, K., Wolfenson, D., 1994. Effect of Season on Follicular Dynamics and Plasma Concentrations. *Theriogenology* 42, 1263–1274.
- Battaglia, D.F., Krasa, H.B., Padmanabhan, V., Viguie, C., Karsch, F.J., 2000. Endocrine Alterations That Underlie Endotoxin-Induced Disruption of the Follicular Phase in Ewes 1 53, 45–53.
- Beg, M.A., Ginther, O.J., 2006. Follicle selection in cattle and horses: Role of intrafollicular factors. *Reproduction* 132, 365–377.  
<https://doi.org/10.1530/rep.1.01233>
- Bellenda, O.G., 2003. La ecografía aplicada a la reproducción en especies de interés productivo.
- Bergfelt, DR;Lightfoot, KC; Adams, G., 1994. Ovarian synchronization following ultrasound-guided transvaginal follicle ablation in heifers. *Theriogenology* 42, 895–907.
- Bó, G; Cutaia, L; Chesta, P., 2009. Palpación y ultrasonografía reproductiva. Instituto de Reproducción Animal Cordoba, Córdoba Argentina.
- Bo, G., Adams, G., Pierson, R., Tribulo, H., Caccia, M., Mapletoft, R., 1994. Wave Dynamics After Estradiol-17P Treatment. *Theriogenology* 1555–1569.
- Bryan, M.A., Heuer, C., Emslie, F.R., 2010. Use of equine chorionic gonadotrophin in synchronised AI of seasonal-breeding , pasture-based , anoestrous 126–131.
- Cabrera, P., Vivas, I., Díaz, T., 2012. Dinámica folicular ovarica durante el ciclo estral en



- vacas brahman. Rev. la Fac. Ciencias Vet. 53, 39–47.
- Caccia, M; & Bo, G., 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino. *Taurus* 2, 23–39.
- Carlos, S., Bolados, A., Contreras, G., 2007. Estudio de opinión en ginecólogos del norte de Chile: problemas de fertilidad en altitud. *Cienc. y Trab.* 9, 35–38.
- Chase Jr, C., Kirby, C.J., Hammond, A.C., Olson, T.A., Lucy, M.C., 1997. Patterns of Ovarian Growth and Development in Cattle with a Growth Hormone Receptor Deficiency 1 ABSTRACT : 212–219.
- Colazo, M.G., Kastelic, J.P., Whittaker, P.R., Gavaga, Q.A., Wilde, R., Mapletoft, R.J., 2004. Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or without progesterone. *Anim. Reprod. Sci.* 80, 25–34.  
<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.09.003>
- De la Mata, J; Bó, G., 2012. Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradio y GnRH en periodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. *Taurus* 417–421.
- De Ondiz Sánchez, A., Perea Ganchou, F., Cruz Arámbulo, R., Portillo Martínez, G., Soto Belloso, E., 2002. Evaluación ultrasonográfica del crecimiento del folículo ovulatorio en vacas anéstricas mestizas Cebú post-tratamiento con Norgestomet y eCG Ultrasonographic evaluation of ovulatory follicle growth of anestrus crossbred Zebu cows post-treatment with norg. *Latinoam. Prod. Anim* 10, 20–23.
- Diaz, T., Schmitt, E.J.P., De La Sota, R.L., Thatcher, M.J., Thatcher, W.W., 1998. Human Chorionic Gonadotropin-Induced Alterations in Ovarian Follicular Dynamics during the Estrous Cycle of Heifers. *J. Anim. Sci.* 76, 1929–1936.  
<https://doi.org/10.2527/1998.7671929x>
- Díez, N., 1997. Fundamento de la ecografía. Curso práctico de reproducción en Vacuno. Facultad de Medicina Veterinaria [WWW Document].
- Fernández, A., 2003. Dinámica folicular: funcionamiento y regulación. Sitio Argentino Prod. Anim. 1–5.
- Filho, M.F.S., Crespilho, A.M., Santos, J.E.P., Perry, G.A., Baruselli, P.S., 2010. Ovarian





- follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Anim. Reprod. Sci.* 120, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>
- Foley, G., 1996. Pathology of the corpus luteum. *Theriogenology* 45, 1413–1428.
- Forde, N., Beltman, M.E., Lonergan, P., Diskin, M., Roche, J.F., Crowe, M.A., 2011. Oestrous cycles in *Bos taurus* cattle ♀. *Anim. Reprod. Sci.* 124, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.025>
- Fortune, J.E., 1994. Ovarian Follicular Growth and Development in Mammals1. *Biol. Reprod.* 50, 225–232. <https://doi.org/10.1095/biolreprod50.2.225>
- Fortune, J.E., 1993. Follicular dynamics during the bovine estrous cycle: A limiting factor in improvement of fertility? *Anim. Reprod. Sci.* 33, 111–125. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(93\)90110-D](https://doi.org/10.1016/0378-4320(93)90110-D)
- Fricke, P.M., 2002. Scanning the Future—Ultrasonography as a Reproductive Management Tool for Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 85, 1918–1926. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74268-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74268-9)
- Galina, C; Valencia, J., 2004. Reproducción de animales domésticos, Tercera. ed.
- Galindo, R., 2004. Determinación de la actividad ovárica en vacas F1 (Brahman-Holstein) durante el verano en un hato de la costa sur en guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ginther, O.J., Dangubiyyam, S. V., Domingues, R.R., 2019. Follicle blood flow and FSH concentration associated with variations in characteristics of follicle selection in heifers. *Theriogenology* 125, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.10.019>
- Ginther, O.J., Domingues, R.R., Dangubiyyam, S. V, Araujo, E.R., 2018. Gonadotropin concentrations associated with variations in diameter deviation during follicle selection in Holstein heifers. *Anim. Reprod. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.03.023>
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P., Knopf, L., 1989. Composition and Characteristics of



- Follicular Waves during the Bovine Estrous Cycle 20, 187–200.
- Ginther, O.J., Wiltbank, M.C., Fricke, P.M., Gibbons, J.R., Kot, K., 1996. Selection of dominant follicle in cattle. *Biol. Reprod.* 55, 1187–1194.  
<https://doi.org/10.1095/biolreprod55.6.1187>
- Gnemmi, G; Maraboli, C., 2018. La ultrasonografía en los programas de sincronización. *Taurus* 56.
- Gonella Diaza, Á.M., Atuesta Bustos, J.E., Bernal Ulloa, S.M., Chacón Jaramillo, L., 2013. Generalidades de la producción de embriones bovinos in vitro. *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.* 4, 65. <https://doi.org/10.22490/21456453.1967>
- Gougeon, A., 1996. Regulation of ovarian follicular development in primates: facts and hypotheses. *Endocr. Rev.* 17, 121–155. <https://doi.org/10.1210/edrv-17-2-121>
- Griffin, P.G., Adams, G.P., Ginther, J., 1989. In Situ Morphologic Ovaries , Dynamics of Uterus , and Cervix in Llamas1 558.
- Griffin, P.G., Ginther, J., 1992. Research Applications of Ultrasonic Imaging i n Reproductive Biology1f2. *Journal Anim. Sci.* 70, 953–972.
- Grygar, I; Vanatka, F; Vinkler, A; Kudlac, E., 1992. Comparison of the accuracy of the diganostics of physiological and pathological conditions in bovine ovaries by means of rectal palpation and ultrasonography. *Acta Vet. Brno* 61, 219–230.
- Gutierrez- Reinoso, M., Collaguazo-Gomez, V., Garcia-Herrera, M., 2016. Aplicación de GnRH exógena post IATF y su efecto en los niveles séricos de Progesterona y tasa de gestación en vacas lecheras primiparas en ambientes de altitud elevada. *Spermova* 6, 148–152.
- Hafez, E., 2002. Reproducción e Inseminación artificial en animales, Sétima Edi. ed.
- Henao, D., Carrillo, L.M., Olivera-angel, M., 2004. Comportamiento durante el calor y dinámica folicular interestral en vacas BON ( Blanco Orejinegro ). 2004 17, 39–44.
- Henao, G., 2010. Algunos factores relacionados con la dinámica folicular en bos indicus 63, 1.
- Henao, G., Emilio Trujillo, L., Fernando Vásquez, J., 2002. Actividad Ovárica Durante El



- Postparto Temprano De Vacas Cebú En Amamantamiento.  
Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 55, 1441–1455.
- INEI, 2012. IV Censo Nacional Agropecuario. Result. Defini. IV Censo Nac. Agropecu.  
62.
- Ireland, J.J., Roche, J.F., 1983. Development of nonovulatory antral follicles in heifers:  
Changes in steroids in follicular fluid and receptors for gonadotr opins.  
Endocrinology 112, 150–156. <https://doi.org/10.1210/endo-112-1-150>
- Ireland, J.L.H., Jimenez-Krassel, F., Winn, M.E., Burns, D.S., Ireland, J.J., 2004.  
Evidence for autocrine or paracrine roles of  $\alpha$ -macroglobulin in regulation of  
estradiol production by granulosa cells and development of dominant follicles.  
Endocrinology 145, 2784–2794. <https://doi.org/10.1210/en.2003-1407>
- Karsch, F.J., Battaglia, D.F., Breen, K.M., Debus, N., Harris, T.G., 2002. Mechanisms for  
Ovarian Cycle Disruption by Immune / inflammatory Stress 5, 101–112.  
<https://doi.org/10.1080/10253890290027868>
- Kastelic, J.P., Pierson, R.A., Ginther, O., 1990. Ultrasonic morphology of Corpora lutea  
and central Weal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers.  
[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(90\)90006-F](https://doi.org/10.1016/0093-691X(90)90006-F)
- Kito, S., Okuda, K., Miyazawa, K., Sato, K., 1986. IN 25.
- Lacuesta, P; Vásquez, AI; Quintans, G., 2000. Control del amamantamiento. Destete  
precoz en vacas de primera cría con diferente condición corporal al parto, in: INIA,  
Treinta y Tres. Jornada Anual de Producción Animal. pp. 52–57.
- Lopez-Sebastian, A., Gonzalez De Bulnes, A., Santiago Moreno, J., Gomez-Brunet, A.,  
Townsend, E.G., Inskip, E.K., 1997. Patterns of follicular development during the  
estrous cycle in monovular Merino del Pais ewes. Anim. Reprod. Sci. 48, 279–291.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(97\)00056-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(97)00056-0)
- Machaty, Z., Peippo, J., Peter, A., 2012. Production and manipulation of bovine embryos :  
Techniques and terminology. THE 78, 937–950.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.04.003>
- Martinez, M.F., Adams, G.P., Kastelic, J.P., Bergfelt, D.R., Mapletoft, R.J., 2000.



- Induction of follicular wave emergence for estrus synchronization and artificial insemination in heifers. *Theriogenology* 54, 757–769.  
[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00388-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00388-5)
- Menchaca, A; dos Santos Neto, C; Vilariño, M; García Pintos, C; Cuadro, F; Pinczak, A., 2013. Programas de sincronización de celos en ovinos y caprinos, in: X Simposio Internacional de Reproducción Animal. Instituto de Reproducción Animal Cordoba, pp. 199–210.
- Perea, F; Gonzáles, R; Cruz, R; Soto, E; Rincón E; Gonzáles, C; Villamediana, P., 1998. Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y en novillas mestizas. *Rev. Científica VIII*, 14–24.
- Perez, U; Arana, C; LLapapasca, N; Delgado, A., 2018. Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular y tasa de preñez en vacas y vaquillas sometidas a los protocolos Co-Synch (5 días) Y J-Synch, in: XLI Reunión Científica de La Asociación Peruana de Producción Animal (APPA 2018). Lima Perú, p. 154.
- Perez, U; Vilca, H; Quispe, Y; Luque, N; Condori, E; Pérez, M., 2018. Efecto de dosis completa y media dosis de Benzoato de Estradiol sobre el reinicio de onda folicular (morfometría folicular) y tasa de preñez en bovinos, in: XLI Reunión Científica de La Asociación Peruana de Producción Animal (APPA 2018). Lima Perú, p. 142.
- Perez, UH; Pfuño, M; Pérez, MG; Zevallos, JP; Luque, N; Alencastre, R., 2016. Comparison ultrasonographic of dynamics follicular and corpus luteum in cows and heifers subjected to a estrus synchronization protocol, in: Proceedings of the VI Peruvian Congress Animal Reproduction of the Asociación Peruana de Reproducción Animal ( ASPRA ). Arequipa, p. 91.
- Pérez Marin, C; Rodriguez Artiles, I; España España, F; Dorado Martín, J; Hidalgo Prieto, M; Corral Peña, S; Sanz Parejo, J., 2004. Dinámica folicular ovárica en vacas repetidoras : estudio ecográfico y perfil de progesterona. *Arch. Zootec.* 53, 35–46.
- Perez, U., Adco, R., Luque, N., Quispe, Y., Condori, E., Perez, M., 2017. Evaluación ultrasonográfica de dos protocolos de sincronización de celo en vacas. *SPERMOVA* 1, 53–56. <https://doi.org/10.18548/aspe/0005.10>
- Perry, G.A., Smith, M.F., Roberts, A.J., Macneil, M.D., Geary, T.W., 2014. Relationship



- between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers 1 684–689. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-519>
- Pfño Laura, M., 2017. Efecto de un protocolo de sincronización de celo en vacunos sobre la dinámica folicular. Universidad Nacional del Altiplano.
- Pierson, R.A., Ginther, O.J., 1988. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology* 29, 21–37. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90029-5)
- Pierson, R.A., Ginther, O.J., 1984. Ultrasonography of the bovine ovary. *Theriogenology* 21, 495–504. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(84\)90411-4](https://doi.org/10.1016/0093-691X(84)90411-4)
- Pieterse, M., 1999. APLICACIONES EN DIAGNÓSTICO Y. *Taurus* 1, 18–23.
- Quintela, L; Becerra, J.; J., 2006. Ecografía y reproducción en la vaca. Santiago de Compostela.
- Quirk, SM; Hickey, GJ; Fortune, J., 1986. Growth and regression of ovarian follicles during the follicular phase of the oestrous cycle in heifers undergoing spontaneous and PGF-2alfa -induced luteolysis. *Journals Reprod. Fertil.* 77, 211–219.
- Quispe, A; Quispe, Y; Perez, U, Luque, N.P.M., 2013. Estudio ultrasonográfico de la dinámica folicular en vacas Brown Swiss en el Altiplano Peruano. *Spermova* 3, 2013.
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing.
- RAJAKOSKI, E., 1960. THE OVARIAN FOLLICULAR SYSTEM IN SEXUALLY MATURE HEIFERS WITH SPECIAL REFERENCE TO SEASONAL, CYCLICAL, AND LEFT-RIGHT VARIATIONS. *Eur. J. Endocrinol.* 34, S7–S68. <https://doi.org/10.1530/acta.0.XXXIVS0007>
- Rigoglio, N.N., Fátima, L.A., Hanassaka, J.Y., Pinto, G.L., Machado, A.S.D., Gimenes, L.U., Baruselli, P.S., Rennó, F.P., Moura, C.E.B., Watanabe, I., Papa, P.C., 2013. *Theriogenology* Equine chorionic gonadotropin alters luteal cell morphologic features related to progesterone synthesis. *Theriogenology* 79, 673–679. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.11.023>
- Roche, J.F., Mihm, M., Diskin, M.G., Ireland, J.J., 2018. A Review of Regulation of



## Follicle Growth in Cattle ' 16–29.

- Rubianes, E., 2000. Avances en el conocimiento de la fisiología ovárica de los pequeños rumiantes y su aplicación para el manejo reproductivo. *Actas Fisiol.* 6, 93–103.
- Rupérez, R., 2004. Aplicación de la ecografía en la reproducción bovina 1–4.
- Sánchez, R; Alfonso, E., 2000. Ultrasonografía en reproducción animal [WWW Document]. URL [http://web.uchile.cl/vignette/tecnovet/CDA/tecnovet\\_articulo/0,1409,SCID%253D11514%2526ISID%253D462,00.html](http://web.uchile.cl/vignette/tecnovet/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D11514%2526ISID%253D462,00.html)
- Scully, S., Evans, A.C.O., Duffy, P., Crowe, M.A., 2014. Characterization of follicle and CL development in beef heifers using high resolution three-dimensional ultrasonography. *Theriogenology* 81, 407–418.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.10.012>
- Sheldon, I.M., Owens, S.E., 2017. Postpartum uterine infection and endometritis in dairy cattle. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR1006>
- Stewart, R.E., Spicer, L.J., Hamilton, T.D., Keefer, B.E., 1995. Effects of Insulin-Like Growth Factor I and Insulin on Proliferation and on Basal and Luteinizing Hormone-Induced Steroidogenesis of Bovine Thecal Cells : Involvement of Glucose and Receptors for Insulin-Like Growth Factor I and Luteinizing Hormone 1 , 2. *Journal Anim. Sci.* 3719–3731.
- Stock, A.E., Fortune, J.E., Sciences, B., 1993. Dominance in Cattle : Relationship between Prolonged Growth of the Ovulatory Parameters \* 132, 3–9.
- Sunderland, S.J., Knight, P.G., Boland, M.P., Roche, J.F., Ireland, J.J., 1996. Alterations in Intrafollicular Levels of Different Molecular Mass Forms of Inhibin during Development of Follicular- and Luteal-Phase Dominant Follicles in Heifers1. *Biol. Reprod.* 54, 453–462. <https://doi.org/10.1095/biolreprod54.2.453>
- Tamayo, M., 2000. La ecografía como medio diagnóstico y evaluación de los procesos reproductivos en el bovino. *Sitio Argentino Prod. Anim.* 1–12.
- Tejero, J., 2008. DIAGNÓSTICO ULTRAPRECOZ DE GESTACIÓN EN EL GANADO VACUNO MEDIANTE LA EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA DEL CUERPO



LÚTEO Y DETERMINACIÓN DEL SEXO DEL FETO MEDIANTE  
VALORACIÓN DE LOS NIVELES PLASMÁTICOS DE TESTOSTERONA.

Univ. León.

Thatcher, W., 2004. Utilização de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) como estratégia para aumentar a tasa de preñez em vacas leiterias em lactação, in: VIII Curso Novos Enfoques Na Produção e Reprodução de Bovinos. Uberlandia – Minas Gerais, pp. 18 – 20.

Vasconcelos, JL; Sartori, R; Oliveira, HN; Guenther, JG; Wiltbank, M., 2001. REDUCTION IN SIZE OF THE OVULATORY FOLLICLE REDUCES SUBSEQUENT LUTEAL SIZE AND PREGNANCY RATE. *Theriogenology* 56, 307–314.

Webb, R., Gosden, R.G., Telfer, E.E., Moor, R.M., 1999. Factors affecting folliculogenesis in ruminants. *Anim. Sci.* 68, 257–284.  
<https://doi.org/10.1017/S1357729800050293>

Williams, E.J., Fischer, D.P., Noakes, D.E., England, G.C.W., Rycroft, A., 2007. The relationship between uterine pathogen growth density and ovarian function in the postpartum dairy cow 68, 549–559.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.04.056>

Wiltbank, M., Lopez, H., Sartori, R., Sangsritavong, S., Gümen, A., 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65, 17–29.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.003>



## ANEXOS





## Anexos de análisis estadísticos

### *Estatus ovárico del experimento*

<b>NRO DE VACA</b>	<b>Estatus ovarico</b>	<b>Grupo</b>
1	1	produccion
2	2	produccion
3	2	produccion
4	2	produccion
5	3	produccion
6	3	produccion
7	3	produccion
8	3	produccion
9	3	produccion
10	2	seca
11	2	seca
12	2	seca
13	2	seca
14	2	seca
15	2	seca
16	2	seca
17	3	seca
18	3	seca
19	1	vaquillas
20	2	vaquillas
21	2	vaquillas
22	2	vaquillas
23	3	vaquillas
24	3	vaquillas
25	3	vaquillas
26	3	vaquillas
27	3	vaquillas

Table # Counts

estatus ovárico



```
clase animal 1 2 3
```

```
1 1 2 6
```

```
2 0 7 2
```

```
3 1 2 6
```

```
> totPercents(.Table) # Percentage of Total
```

```
1 2 3 Total
```

```
1 3.7 7.4 22.2 33.3
```

```
2 0.0 25.9 7.4 33.3
```

```
3 3.7 7.4 22.2 33.3
```

```
Total 7.4 40.7 51.9 100.0
```

```
> .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
```

```
> .Test
```

```
Pearson's Chi-squared test
```

```
data: .Table
```

```
X-squared = 7.8312, df = 4, p-value = 0.09796
```

```
> .Test$expected # Expected Counts
```

```
estatus ovárico
```

```
clase animal 1 2 3
```

```
1 0.6666667 3.666667 4.666667
```

```
2 0.6666667 3.666667 4.666667
```

```
3 0.6666667 3.666667 4.666667
```

```
> round(.Test$residuals^2, 2) # Chi-square Components
```

```
estatus ovárico
```



clase animal 1 2 3

1 0.17 0.76 0.38

2 0.67 3.03 1.52

3 0.17 0.76 0.38

*Análisis de varianza sobre la tasa de crecimiento.*

clase	rep	tasa
Vacapro	1	3.3
Vacapro	2	2.72
Vacapro	3	1.58
Vacapro	4	2.415
Vacapro	5	5.905
Vacapro	6	1.645
Vacapro	7	2.335
vacapro	8	0.29
vacapro	9	1.26
vacapro	10	0.635
vacapro	11	2.7
vaquilla	1	3.8
vaquilla	2	2.675
vaquilla	3	3.41
vaquilla	4	2.23
vaquilla	5	-0.96
vaquilla	6	1.105
vaquilla	7	0.795
vaquilla	8	4.73
vaquilla	9	3.3
vacasec	1	0.805
vacasec	2	1.34
vacasec	3	0.685
vacasec	4	0.355
vacasec	5	4.085



vacasec	6	4.29
vacasec	7	4.815
vacasec	8	3.525
vacasec	9	1.4

```
> summary(AnovaModel.1)
```

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
clase   2  0.07  0.0365  0.013 0.987
Residuals 26 73.29  2.8189

```

```
> with(Dataset, numSummary(tasa, groups=clase, statistics=c("mean", "sd")))
```

```

      mean      sd data:n
vacapro 2.253182 1.521976   11
vacasec 2.366667 1.777992    9
vaquilla 2.342778 1.761984    9

```

### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = tasa ~ clase, data = Dataset)

Linear Hypotheses:

```

      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
vacasec - vacapro == 0  0.11348  0.75463  0.150  0.988
vaquilla - vacapro == 0  0.08960  0.75463  0.119  0.992
vaquilla - vacasec == 0 -0.02389  0.79147 -0.030  0.999

```



(Adjusted p values reported -- single-step method)

Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = tasa ~ clase, data = Dataset)

Quantile = 2.4845

95% family-wise confidence level

Linear Hypotheses:

Estimate lwr upr

vacasec - vacapro == 0 0.11348 -1.76142 1.98839

vaquilla - vacapro == 0 0.08960 -1.78531 1.96450

vaquilla - vacasec == 0 -0.02389 -1.99031 1.94253

vacapro vacasec vaquilla

"a" "a" "a"

*Análisis de varianza de tamaño folicular*

clase	rep	Tamaño folicular
vacapro	1	12.56
vacapro	2	13.81
vacapro	3	14.05
vacapro	4	12.86
vacapro	5	17.28
vacapro	6	15.29
vacapro	7	15.31
vacapro	8	11.2
vacapro	9	17.36
vacapro	10	16.81
vacapro	11	13



vaquilla	1	13.1
vaquilla	2	12.78
vaquilla	3	13.82
vaquilla	4	13.55
vaquilla	5	9.87
vaquilla	6	9.62
vaquilla	7	9.13
vaquilla	8	14.15
vaquilla	9	12.56
vacasec	1	9.93
vacasec	2	18
vacasec	3	13.57
vacasec	4	17.21
vacasec	5	16.35
vacasec	6	17.64
vacasec	7	20.07
vacasec	8	19.25
vacasec	9	17.31

```
> AnovaModel.3 <- aov(Tamaño.folicular ~ clase, data=Dataset)
```

```
> summary(AnovaModel.3)
```

```

      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
clase   2  92.46  46.23  7.993 0.00197 **
Residuals 26 150.38   5.78

```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
> with(Dataset, numSummary(Tamaño.folicular, groups=clase, statistics=c("mean",
"sd")))
```

```

      mean   sd data:n

```



vacapro 14.50273 2.068720 11

vacasec 16.59222 3.096630 9

vaquilla 12.06444 1.964377 9

### Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Tamaño.folicular ~ clase, data = Dataset)

Linear Hypotheses:

Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)

vacasec - vacapro == 0 2.089 1.081 1.933 0.1496

vaquilla - vacapro == 0 -2.438 1.081 -2.256 0.0802 .

vaquilla - vacasec == 0 -4.528 1.134 -3.994 0.0014 \*\*

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

### Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: aov(formula = Tamaño.folicular ~ clase, data = Dataset)

Quantile = 2.4839

95% family-wise confidence level

Linear Hypotheses:

Estimate lwr upr

vacasec - vacapro == 0 2.0895 -0.5955 4.7745

vaquilla - vacapro == 0 -2.4383 -5.1233 0.2467



vaquilla - vacasec == 0 -4.5278 -7.3438 -1.7117

vacapro vacasec vaquilla

"ab" "b" "a"

*Tasa de Preñez en grupos de investigación*

<b>NRO DE VACA</b>	<b>preñez</b>	<b>Grupo</b>
1	1	produccion
2	1	produccion
3	1	produccion
4	1	produccion
5	2	produccion
6	2	produccion
7	2	produccion
8	2	produccion
9	2	produccion
10	1	Seca
11	1	Seca
12	1	Seca
13	2	Seca
14	2	Seca
15	2	Seca
16	2	Seca
17	2	Seca
18	2	Seca
19	1	vaquillas
20	1	vaquillas
21	1	vaquillas
22	1	vaquillas
23	1	vaquillas
24	1	vaquillas





25	2	vaquillas
26	2	vaquillas
27	2	vaquillas

> .Table # Counts

columns

rows preñez no preñez

vac prod 4 5

vac sec 3 6

vaquill 6 3

> colPercents(.Table) # Column Percentages

columns

rows preñez no preñez

vac prod 30.8 35.7

vac sec 23.1 42.9

vaquill 46.2 21.4

Total 100.1 100.0

Count 13.0 14.0

g> .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)

> .Test

Pearson's Chi-squared test

data: .Table

X-squared = 2.0769, df = 2, p-value = 0.354

> .Test\$expected # Expected Counts



columns

rows      preñez no preñez

vac prod 4.333333 4.666667

vac sec 4.333333 4.666667

vaquill 4.333333 4.666667

> remove(.Test)

> remove(.Table)