

## Tamaño del folículo ovulatorio, cuerpo lúteo y progesterona sanguínea en vaquillas receptoras de embriones de tres razas en pastoreo en Ecuador

Luis Eduardo Ayala Guanga, José Luis Pesántez Pacheco, Ermes Ramiro Rodas Carpio, María Silvana Méndez Álvarez, Manuel Elías Soria Parra, Carlos Santiago Torres Inga, Juan Mesías Vázquez Mosquera, Elizabeth del Rocío Pesántez Calle

Escuela de Veterinaria; Facultad de Ciencias Agropecuarias; Universidad de Cuenca

luis.ayala@ucuenca.edu.ec

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el tamaño del folículo preovulatorio del cuerpo lúteo y los niveles de progesterona sanguínea en los días 6 y 12 post-ovulación en vaquillas de las razas Holstein, Brown Swiss y Criolla criadas en pastoreo en el Altiplano Ecuatoriano. Se determinó el tamaño del folículo preovulatorio, del cuerpo lúteo y los niveles sanguíneos de progesterona en los días 6 y 12 post-ovulación en nueve vaquillas de cada raza. La valoración de las estructuras ováricas se realizó mediante ultrasonografía. La concentración de progesterona sanguínea se determinó con el método de electroquimio-luminiscencia. Se estableció que el tamaño del folículo preovulatorio de las vaquillas Criolla fue más grande ( $14,6 \pm 0,41$  mm) que el de las Holstein ( $12,7 \pm 0,47$  mm) y Brown Swiss ( $12,7 \pm 0,65$  mm). La concentración de progesterona en los días 6 y 12 post-ovulación en las vaquillas Criolla ( $11,0 \pm 1,68$  ng/ml y  $18,4 \pm 2,04$  ng/ml, respectivamente) fue más elevada que el de las Holstein y Brown Swiss. Se observaron valores de asociación lineal altos y significativos ( $P < 0,05$ ), entre el folículo preovulatorio; cuerpo lúteo y progesterona en las Holstein y Brown Swiss y se demostró que por cada milímetro de tamaño adicional sobre la media del Criolla del día 6, se generaría 1,67 ng/ml más de progesterona en las vaquillas Criolla ( $P < 0,05$ ) que en los dos restantes. Se concluye que las vaquillas Criolla presentaron mayores niveles de progesterona en los días 6 y 12 post-ovulación en comparación con las razas Holstein y Brown Swiss, lo que generaría un mejor ambiente uterino y, por consiguiente, menores pérdidas embrionarias tempranas.

**Palabras clave:** *ganado bovino lechero, ovario, dinámica folicular, ciclo estral, reproducción, progesterona sanguínea*

### Size of Ovulation Follicle and Corpus Luteum, and Blood Progesterone in Heifers Receiving Embryos from Three Cattle Breeds Grazing, in Ecuador

#### ABSTRACT

The aim of this paper was to determine the size of the pre-ovulation follicle in the corpus luteum, and in blood progesterone on the sixth and twelfth days after ovulation, in Holstein, Brown, Swiss and Criolla breeds grazing on Ecuadoran Highlands. The size of the pre ovulation follicle and corpus luteum, and the levels of blood progesterone were determined on days sixth and twelfth, in nine heifers from each breed. Assessment of ovarian structures was made by ultrasound scanning. The concentration of blood progesterone was determined by electrochemiluminescence. The pre ovulation follicle in Criolla heifers was larger ( $14.6 \pm 0.41$  mm) than in Holstein ( $12.7 \pm 0.47$  mm), and in Brown Swiss ( $12.7 \pm 0.65$  mm). Progesterone concentration on days six and twelve after ovulation of Criolla heifers ( $11.0 \pm 1.68$  ng/ml, and  $18.4 \pm 2.04$  ng/ml, respectively) was higher than for Holstein and Brown Swiss. The linear association values were high and significant ( $P < 0.05$ ), in the pre ovulation follicle, corpus luteum and progesterone, in Holstein and Brown Swiss. It was demonstrated that for every additional millimeter above the Criolla mean on the sixth day, 1.67 ng/ml more of progesterone was generated in Criolla heifers ( $P < 0.05$ ) than in the rest. It was concluded that the Criolla heifers had higher progesterone levels than Holstein and Brown Swiss on the sixth and twelfth days, thus producing better conditions in the uterus and lower early embryo losses.

**Key words:** *dairy cattle, ovary, follicle dynamics, estrus cycle, breeding, blood progesterone*

### INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de infertilidad en vacas lecheras es la mortalidad embrionaria, estimándose que del 30 al 40 % de estas pérdidas ocurren antes del día 17 post-fecundación (Araújo, Bermeo, Maza y Merino, 2005; Lonergan, Fair, Forde, y Rizos, 2016). En consecuencia, las vacas regresan a estro en un tiempo equivalente a un ciclo estral normal (Bridges, Wright, Buford, Ahmad, Hernandez-Fonseca, McCormick, & Inskeep, 2000; Chabbert-Buffeta, Skinner, Caraty y Bouchard (2000). Thatcher (1994) de-

## Tamaño del folículo ovulatorio, cuerpo lúteo y progesterona sanguínea en vaquillas receptoras de embriones de tres razas en pastoreo en Ecuador

terminó que la supervivencia embrionaria depende de una correcta sincronía entre el embrión y la madre, en la cual participan factores autocrinos, paracrinos y endocrinos; además, varios estudios han mencionado que el tamaño del FPO es determinante en la formación del CL y en los niveles de P4 que éste generará; y que, a su vez determinarán el ambiente uterino favorable para el desarrollo del embrión (Gonella, 2010; Forde, Bazer, Spencer y Lonergan, 2015). Este requerimiento se acentúa aún más cuando se aplican biotecnologías reproductivas como la transferencia de embriones, habiéndose demostrado que el tamaño del FPO, el volumen del CL y la secreción de P4, son factores relacionados al establecimiento y mantenimiento de la preñez (Vasconcelos, Sartori, Oliveira, Guenther y Wiltbank, 2001; Brooks, Burns y Spencer, 2014) por lo que afectan directamente en la eficiencia del procedimiento de transferencia de embriones (Baruselli, De sáFilho, Martins, Reis y Nasser, 2005; Kenyon, Mendonça, Lopes, Lima, Santos, y Chebel, 2013), en concreto al porcentaje de preñez. Por lo tanto, es importante conseguir que las receptoras de embriones y en general las vacas inseminadas tengan un CL que favorezca la formación de un adecuado ambiente uterino que mantenga un óptimo desarrollo embrionario temprano (Walsh, Williams y Evans, 2011).

Con la finalidad de comprender mejor este campo se han realizado trabajos en *Bos taurus* y *Bos indicus*; sin embargo; la información generada en razas consideradas Criollas en América es escasa, este tipo de animales tienen particularidades que los hacen únicos como la adaptación a diversos ecosistemas por más de 500 años, alto rendimiento reproductivo, instinto materno, longevidad, resistencia a enfermedades, tolerancia a climas extremos, alimentación con pasturas pobres y escasas de la zona (Aguirre, Bermeo, Maza, y Merino, 2011); además, por sus características morfoestructurales contribuyen a un manejo apropiado de hábitats seminaturales en donde se crían (Primo, 1992). Lamentablemente, por la necesidad de incrementar la producción se han introducido razas como la Holstein y Brown Swiss, bovinos con alta capacidad de producción, pero con mayores requerimientos de manejo, alimentación e instalaciones que la realidad propia del país no puede brindarles (FAO, 2015).

El objetivo del trabajo fue determinar el tamaño del folículo preovulatorio (FPO), del cuerpo lúteo (CL) y los niveles de progesterona sanguínea (P4) en los días 6 y 12 post-ovulación en vaquillas de las razas Holstein, Brown Swiss y Criolla criadas en pastoreo en el Altiplano Ecuatoriano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la finca experimental “Irquis”, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca-Ecuador coordenadas: 3044181 S y 79040813 O, situada a 2 714 msnm, con temperatura promedio de 14°C, humedad relativa 80% y pluviosidad anual entre 800 mm y 2 000 mm. Se tuvo presente la normativa del código sanitario para animales terrestres, capítulo 7.8 “Utilización de animales en la investigación y educación”, de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2016).

### Animales en estudio

Se incluyeron un total de 27 vaquillas de las razas Holstein (HO; n=9), Brown Swiss (BS; n=9) y Criolla (Cr; n=9); una vez alcanzada la pubertad (celo detectado), y evaluado la presencia de CL por ultrasonografía (US), las vaquillas fueron mantenidas en un mismo rebaño desde septiembre 2013 a febrero 2015 recibiendo las mismas condiciones de manejo y sanidad, alimentadas con pastura en asociación de *Pennisetum clandestinum*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, suplementadas con heno de pastura y sales minerales. El peso promedio inicial fue de 405,3±57,1 kg (HO); 329,8±69,1 kg (BS) y 243,3±45,0 kg (Cr), con una condición corporal (CC) de 2,6±0,04 (HO); 2,7±0,11 (BS) y 2,6±0,11 (Cr), determinada en escala de 1-5 puntos (Edmonson, Lean, Weaver, Farver y Webster, 1989), las cuales no presentaron diferencia estadística ( $P > 0,05$ ). La edad promedio de cada grupo racial fue 19,7±2,9 (HO); 20,4±4,1 (BS) y 19,9±4,8 (C) meses.

### Protocolo de sincronización del estro (previo al inicio del estudio)

Las determinaciones se realizaron tras un protocolo de sincronización del estro con prostaglandina  $F_{2\alpha}$  a dosis de 25mg de PGF $_{2\alpha}$  (Lutalise®, Zoetis), vía intramuscular (IM), el día 0 y 11 del protocolo establecido; tras la segunda aplicación se colocaron parches adhesivos detectores de celo en la unión sacro-coxígea y se observó a los animales desde el primero al séptimo día después de cada inyección de PGF $_{2\alpha}$ , durante

30 min con intervalos de 12 h, considerándose que un animal estaba en celo cuando éste aceptaba la monta mostrando reflejo de inmovilidad (Roelofs, López-Gatius, Hunter, Van Eerdenburg y Hanzen, 2010).

### **Tamaño del Folículo Preovulatorio y Cuerpo Lúteo (día 6 y 12)**

Fue evaluado el tamaño del Folículo Preovulatorio (FPO) a las 12 h del inicio del celo detectado y confirmando la ovulación 24 h después mediante ecografía, considerándose que el animal había ovulado cuando desapareció la estructura folicular en el mismo ovario en la cual se encontraba. El tamaño del cuerpo lúteo (CL) se midió en los días 6 y 12 post-ovulación, de acuerdo con los criterios emitidos por Herzog *et al.* (2010), que determinaron que esta estructura tiene tres fases: crecimiento hasta el día 4; estática (6 días) y regresión (17 días en adelante).

### **Evaluación ultrasonográfica**

El estudio de las estructuras ováricas se realizó mediante un ecógrafo (AlokaProSound 2, multifrecuencia, provisto de un transductor lineal 7,5 MHz), en cada animal se evaluaron los dos ovarios por la técnica de barrido en ubicación latero-medial, dorso-ventral y cráneo-caudal, primero el derecho y luego el izquierdo como lo describen Perea *et al.* (1998), este proceso se realizó el día del celo para medir el FPO y en los días 6 y 12 post-ovulación para determinar el tamaño del CL. Cada imagen seleccionada fue grabada; se dibujó la posición relativa de cada una de las estructuras en un registro de campo con el fin de realizar mapeos ováricos, como lo describieron Pierson y Ginther (1984), para determinar el tamaño de las estructuras se utilizó el promedio de dos medidas en milímetros del ancho por el alto.

### **Medición de progesterona (P4)**

Los días 6 y 12 post-ovulación se tomaron muestras de sangre de cada vaquilla en estudio a partir de las 08h00 am, siempre en el mismo orden. Las muestras (10 ml) se obtuvieron mediante punción en la vena yugular, con tubos Vacutainer™ heparinizados y agujas 16-G específicas para estos tubos, inmediatamente la muestra fue centrifugada a 2 500 rpm, durante 15 minutos, posteriormente se tomó el sobrenadante (2ml), se colocó en un vial y se mantuvo en congelación (-20°C) hasta su análisis. La concentración de la P4 fue determinada mediante test inmunológico *in vitro* con el método de electroquímico-luminiscencia con plasma heparinado; el reactivo que se utilizó fue Progesterone II (Cobas®).

### **Análisis estadístico**

El análisis estadístico fue realizado en dos momentos para lo cual se utilizó el programa estadístico SPSS para Windows versión 22®. En el primero los datos fueron analizados por ANOVA simple y la prueba de rango de Tukey al 5% de significancia, considerando los tres grupos raciales por separado. En un segundo momento se realizó correlaciones paramétricas mediante el estadístico de Pearson entre los grupos y dentro de los mismos; además, se determinaron los coeficientes de pendiente correspondientes al análisis de regresión lineal simple entre variables específicas, para estos dos últimos análisis se agruparon las vaquillas de tres maneras: todos los animales de las tres razas (agrupadas), las novillas de razas HO y BS y finalmente, la raza Cr.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El tamaño promedio del FPO de las 27 vaquillas fue de  $13,3 \pm 0,34$  mm. Al analizar los valores en cada uno de los grupos raciales se determinó que la raza Cr presentó un FPO significativamente más grande ( $P < 0,05$ ) que las otras dos razas. El CL en el día 6 presentó un tamaño de  $17,5 \pm 0,62$  mm y alcanzó en el día 12 una talla de  $23,1 \pm 0,55$  mm, sin que se observaran diferencias significativas entre razas en ambos momentos, por otra parte, la concentración sanguínea media de P4, tanto en el día 6 ( $11,0 \pm 1,68$  ng/ml) como en el 12 ( $18,4 \pm 2,04$  ng/ml), fueron significativamente superiores ( $P < 0,05$ ) en las vaquillas Cr (Tabla 1).

Se observó correlación positiva y significativa ( $P < 0,05$ ) entre el FPO; CL y la concentración sanguínea de P4 en los días 6 y 12 en las 27 vaquillas (Tabla 2), por otro lado, los valores de correlación entre el FPO; CL y la concentración sanguínea de P4 en los días 6 y 12 en las vaquillas BS y HO mantuvieron comportamientos similares al grupo general (Tabla 3); sin embargo, los valores de correlación en las vaquillas Cr mostraron comportamiento diferente (Tabla 4).

En la tabla 5 se aprecia que el modelo lineal para la variable dependiente tamaño del CL en el día 6 en relación al tamaño del FPO para los grupos raciales BS y HO y el grupo general fueron significativos

## Tamaño del folículo ovulatorio, cuerpo lúteo y progesterona sanguínea en vaquillas receptoras de embriones de tres razas en pastoreo en Ecuador

( $P < 0,01$ ). Los valores de concentración sanguínea de P4 en el día 6 pueden explicar entre el 34 y el 41% del tamaño que alcanzaría el CL en los animales BS, HO y agrupados, pero en el grupo de vaquillas Cr esta posibilidad ascendió al 62% ( $P < 0,05$ ).

En el caso de las concentraciones de P4 en los días 6 y 12, se determinaron valores de relación medios y altos ( $P < 0,05$ ). Finalmente, los valores de la relación entre el tamaño del CL en los días 6 y 12 fueron bajos y significativos ( $P < 0,05$ ).

El diámetro del FPO difirió entre las razas HO; BS y Cr, sin embargo, estos generaron cuerpos lúteos que en los días 6 y 12 no se diferenciaron en la talla; sin embargo, fueron más altos en la raza Cr.

### Folículo preovulatorio (FPO)

Perry *et al.* (2005) y Chacón, Vargas, Otero y Villami (2005) determinaron que el tipo de manejo, las características raciales y, probablemente, otros factores como la alimentación, condiciones ambientales, entre otros, influyen en el tamaño del FPO. La media general obtenida en el presente trabajo coincide con la reportada por Ireland, Mihm, Austin, Diskin y Roche (2000) en su revisión de conceptos, describen que el tamaño del FPO en vaquillas es de 13 mm.

El tamaño del FPO en las razas HO ( $12,7 \pm 0,47$  mm), y BS ( $12,7 \pm 0,65$  mm), presentaron un patrón de comportamiento similar a la media general del estudio ( $P > 0,05$ ) y coincidieron con los valores obtenidos por Sirois y Fortune (1988) y Ginther, Beg, Bergfelt, Donadeu y Kot (2001) quienes determinaron una media de  $12,8 \pm 0,3$  mm en vaquillas Holstein y difiere de los obtenidos por Sartori, Haughian, Shaver, Rosa y Wiltbank (2004) y Echternkamp, Cushman y Allan (2009) que reportaron  $15,0 \pm 0,2$  mm y  $14,0 \pm 0,3$  mm respectivamente en vaquillas HO; además, concuerda con los  $11,8 \pm 2,5$  mm descritos por Perea *et al.* (1998) en vaquillas mestizas (cruce entre Holstein, Pardo Suizo con Brahman).

Las vaquillas Cr presentaron un FPO de  $14,6 \pm 0,41$  mm, superior ( $P < 0,05$ ) a las razas HO ( $12,7 \pm 0,47$ ) y BS ( $12,7 \pm 0,65$ ) (Tabla 1) y a los resultados encontrados por Chasombat, Nagai, Parnpai y Vongpralub (2014), en novillas nativas tailandesas ( $8,14 \pm 0,25$  mm) de tipo *Bos indicus* cárnica a diferencia de los animales Cr utilizados en el presente estudio de línea lechera

### Cuerpo lúteo en los días 6 y 12 post-ovulación

El incremento del tamaño del CL entre los días 6 y 12 fue similar (Tabla 1) a los informados por Herzog *et al.* (2010), quienes establecieron un CL de  $3,7 \pm 0,2$  cm<sup>2</sup> y  $5,4$  cm<sup>2</sup> para los días 6 y 12 respectivamente, en vaquillas HO. Echternkamp *et al.* (2009) determinaron un diámetro de CL en el día 7 de  $19,6 \pm 0,7$  mm y para el día 12 de  $20,8 \pm 0,4$  mm en vaquillas. Perea *et al.* (1998) en vaquillas mestizas (Holstein y Pardo Suizo con Brahman), fijaron un diámetro máximo de CL en el día 4 de  $11 \pm 0,2$  mm y para el día 10 un valor de  $19 \pm 0,3$  mm. Savio (1990) en vaquillas Holstein evidenció un diámetro de CL de 20–25 mm. Chasombat *et al.* (2014) en vaquillas nativas tailandesas fijaron  $15,14 \pm 0,14$  mm como diámetro del CL.

### Concentraciones sanguíneas de progesterona en los días 6 y 12 post-ovulación

Los niveles de P4 de los días 6 y 12 en las vaquillas de raza Cr fueron mayores a los determinados para las HO y BS (Tabla 1). Es importante indicar que trabajos como el de Herzog *et al.* (2010), realizados en vaquillas HO establecieron valores para el día 6 de  $3,2 \pm 0,6$  ng/ml y para el día 12 de  $5,2 \pm 0,6$  ng/ml. Echternkamp *et al.* (2009) establecieron cifras para la P4 de  $6,5 \pm 0,6$  ng/ml en el día 7 y  $9,0 \pm 0,3$  ng/ml en el día 12 en vaquillas. Chasombat *et al.* (2014) determinaron  $2,59 \pm 0,03$  ng/ml en la etapa de meta estro y  $4,10 \pm 0,06$  ng/ml para la etapa del diestro en vaquillas tailandesas. Sartori *et al.* (2004) fijaron concentraciones máximas de P4 en  $7,3 \pm 0,4$  ng/ml en vaquillas HO. Perea *et al.* (1998) en vaquillas mestizas (HO y BS con Brahman), establecieron niveles máximos de P4 en  $5,1 \pm 1,3$  ng/ml. Los resultados obtenidos en las razas HO y BS concuerdan con los obtenidos por los autores antes citados; sin embargo, la raza Cr produjo más P4, condición que puede mejorar el ambiente uterino y por ende el porcentaje de concepción.

### Análisis de correlación

El análisis de correlación en el total de hembras (agrupadas) determinó asociación lineal significativa ( $P < 0,01$ ) entre el tamaño de FPO y el tamaño del CL del día 6 ( $r = 0,61$ ) (Tabla 2), esta relación es similar al del grupo HO y BS, denominado foráneas (Tabla 3). Este resultado coincide con lo informado por Vasconcelos *et al.* (2001) quienes señalan que un CL grande es consecuencia de una ovulación de un folículo grande, ya que existe una correlación positiva entre el tamaño del FPO y el volumen del CL. Perry *et al.*

(2005) describieron que los FPO  $\geq 12,8$  mm generan CL que producen mayores niveles de P4 que los FPO  $< 12,8$  mm; sin embargo, las vaquillas de raza Cr mostraron un patrón de comportamiento diferente al de los dos grupos anteriores, ya que el valor de correlación fue baja y no significativa ( $P > 0,05$ ).

El patrón de relación establecido entre el tamaño de CL y los niveles de P4 en vaquillas foráneas (HO y BS), concuerdan con el reportado por Mann (2009), quien describió que es frecuente asumir que un CL grande puede producir altos niveles de P4, esto es confirmado por Echternkamp *et al.* (2009) en vaquillas HO; sin embargo, las vaquillas Cr llegarían a producir 2,5 veces más P4 que las denominadas foráneas. En las Cr los niveles altos de P4 en los días 6 y 12 del ciclo, podrían favorecer el ambiente uterino y el desarrollo embrionario, lo que permitiría disminuir el porcentaje de pérdidas embrionarias tempranas, pudiendo ser uno de los factores que explique la alta fertilidad de estos animales.

Diskin, Kenny, Dunne y Sreenan (2002) reportaron una asociación positiva entre la concentración de P4 y el día que ocurre la luteólisis y la posterior tasa de supervivencia del embrión, además; se conoce que la concentración de P4 afecta el volumen de secreción uterina y con esto indirectamente la tasa de desarrollo del embrión (McNeill, Diskin, Sreenan y Morris, 2006).

## CONCLUSIONES

Las vaquillas Cr presentaron mayores niveles sanguíneos de P4 en los días 6 y 12 post-ovulación en comparación con las razas HO y BS, lo que podría favorecer el ambiente uterino y por consiguiente disminuirían las pérdidas embrionarias tempranas.

## REFERENCIAS

- AGUIRRE, L.; BERMEJO, A.; MAZA, D. y MERINO, L. (2011). Estudio fenotípico y zoométrico del bovino criollo de la sierra media y alta de la región sur del Ecuador (RSE). *AICA*, 1, 392-396.
- ARAÚJO, M. C.; VALE, V. R.; FERREIRA, A. M.; Sá, W. F.; BARRETO FILHO, J. B.; CAMARGO, L. S. y SILVA, M. V. (2005). Secreção de interferon-tau em embriões bovinos produzidos in vitro frescos e congelados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57 (6), 751-756.
- BARUSELLI, P. S.; DE SÁ Filho, M. F.; MARTINS, C. M.; REIS, E. L. y NASSER, L. F. (2005). *Nuevos avances en los tratamientos de SOV en donadoras de embriones bovinos*. Congreso internacional de reproducción bovina INTERVET, Bogotá, Colombia.
- BRIDGES, P. J.; WRIGHT, D. J.; BUFORD, W. I.; AHMAD, N.; HERNANDEZ-FONSECA, H.; MCCORMICK, M. L. *et al.* (2000). Ability of Induced Corpora Lutea to Maintain Pregnancy in Beef Cows. *Journal of Animal Science*, 78 (11), 2942-2949.
- BROOKS, K.; BURNS, G. y SPENCER, T. E. (2014). Conceptus Elongation in Ruminants: Roles of Progesterone, Prostaglandin, Interferon Tau and Cortisol. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 5 (1), 1-12.
- CHABBERT-BUFFETA, N.; SKINNER, D. C.; CARATY, A. y BOUCHARD, P. (2000). Neuroendocrine Effects of Progesterone. *Steroids*, 65 (10), 613-620.
- CHACÓN JARAMILLO, L.; VARGAS RONCANCIO, M.; OTERO, R. y VILLAMIL, A. (2005). Seguimiento de la dinámica del ovario por ultrasonografía en novillas de la raza Gir. *U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 8 (2), 103-110.
- CHASOMBAT, J.; NAGAI, T.; PARNPAI, R. y VONGPRALUB, T. (2014). Ovarian Follicular Dynamics and Hormones Throughout the Estrous Cycle in Thai Native (*Bos indicus*) Heifers. *Animal Science Journal*, 85 (1), 15-24.
- DISKIN, M. G.; KENNY, D. A.; DUNNE, L. Y SREENAN, J. M. (2002). *Systemic Progesterone Pre and Post AI And Early Embryo Survival in Cattle*. Proceeding of the Agricultural Research Forum. Tullamore, Ireland.
- ECHTERNKAMP, S. E.; CUSHMAN, R. A. y ALLAN, M. F. (2009). Size of Ovulatory Follicles in Cattle Expressing Multiple Ovulations Naturally and its Influence on Corpus Luteum Development and Fertility. *Journal of animal science*, 87 (11), 56-68.
- EDMONSON, A. J.; LEAN, I. J.; WEAVER, L. D.; FARVER, T. y WEBSTER, G. (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of dairy science*, 72 (1), 68-78.
- FAO (2015). *Segundo informe sobre la situación de los recursos zogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura*. Roma, Italia: FAO.
- FORDE, N.; BAZER, F. W.; SPENCER, T. E. y LONERGAN, P. (2015). Conceptualizing the Endometrium: Identification of Conceptus-Derived Proteins During Early Pregnancy in Cattle 1. *Biology of Reproduction*, 92 (6), 152-156.
- FORDE, N.; BAZER, F. W.; SPENCER, T. E. y LONERGAN, P. (2015). Conceptualizing the Endometrium: Identification of Conceptus-Derived Proteins During Early Pregnancy in Cattle. *Biology of reproduction*, 92 (6), 156-160.

## Tamaño del folículo ovulatorio, cuerpo lúteo y progesterona sanguínea en vaquillas receptoras de embriones de tres razas en pastoreo en Ecuador

- GINTHER, O. J.; BEG, M. A.; BERGFELT, D. R.; DONADEU, F. X. y KOT, K. (2001). Follicle Selection in Monovular Species. *Biology of Reproduction*, 65 (3), 638-647.
- GONELLA, A. G. (2010). Ambiente receptivo uterino: control materno, control embrionario, muerte embrionaria. *Rev. MVZ Córdoba*, 15 (1), 1976-1984.
- HERZOG, K.; BROCKHAN-LÜDEMANN, M.; KASKE, M.; BEINDORFF, N.; PAUL, V.; NIEMANN, H. y BOLLWEIN, H. (2010). Luteal Blood Flow is a More Appropriate Indicator for Luteal Function During the Bovine Estrous Cycle than Luteal Size. *Theriogenology*, 73 (5), 691-697.
- IRELAND, J. J.; MIHM, M.; AUSTIN, E.; DISKIN, M. G. y ROCHE, J. F. (2000). Historical Perspective of Turnover of Dominant Follicles during the Bovine Estrous Cycle: Key Concepts, Studies, Advancements and Terms. *Journal Dairy Science*, 83 (7), 1648-1658.
- KENYON, A. G.; MENDONÇA, L. G. D.; LOPES, G.; LIMA, J. R.; SANTOS, J. E. P. y CHEBEL, R. C. (2013). Minimal Progesterone Concentration Required for Embryo Survival after Embryo Transfer in Lactating Holstein Cows. *Animal reproduction science*, 136 (4), 223-230.
- LONERGAN, P.; FAIR, T.; FORDE, N. y RIZOS, D. (2016). Embryo Development in Dairy Cattle. *Theriogenology*, 86 (1), 270-277.
- MANN, G. E. (2009). Corpus Luteum Size and Plasma Progesterone Concentration in Cows. *Animal reproduction science*, 115 (1), 296-299.
- MCNEILL, R. E.; DISKIN, M. G.; SREENAN, J. M. y MORRIS, D. G. (2006). Associations Between Milk Progesterone Concentration on Different Days and with Embryo Survival During the Early Luteal Phase in Dairy Cows. *Theriogenology*, 65 (7), 1435-1441.
- OIE (2016). *Código sanitario para los animales terrestres*. Recuperado el 21 de enero de 2016, de <http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-terrestre>.
- PEREA, F.; GONZÁLEZ, R.; CRUZ, R.; SOTO, E.; RINCÓN, E.; GONZÁLEZ, C. y VILLAMEDIANA, P. (1998). Evaluación ultrasonográfica de la dinámica folicular en vacas y en novillas mestizas. *Revista Científica FCV-LUZ*, 8 (1), 14-24.
- PERRY, G. A.; SMITH, M. F.; LUCY, M. C.; GREEN, J. A.; PARKS, T. E.; MACNEIL, M. D. y GEARY, T. W. (2005). *Relationship Between Follicle Size at Insemination and Pregnancy Success*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102 (14), 5268-5273.
- PIERSON, R. A. y GINTHER, O. J. (1984). Ultrasonography of the Bovine Ovary. *Theriogenology*, 21 (3), 495-504.
- PRIMO, A. T. (1992). El ganado bovino ibérico en las Américas: 500 años después. *Archivos de zootecnia*, 41 (154), 421-432.
- QUEZADA-CASASOLA, A., AVENDAÑO-REYES, L., RAMÍREZ-GODÍNEZ, J. A., MACÍAS-CRUZ, U. y CORREA-CALDERÓN, A. (2014). Behavioural, Follicular and Hormonal Characteristics of the Oestrous Cycle of Mexican Criollo Cattle. *Animal Production Science*, 54 (3), 277-284.
- ROELOFS, J.; LÓPEZ-GATIUS, F.; HUNTER, R. H. F.; VAN EERDENBURG, C. M. y HANZEN, C. (2010). When is a Cow in Estrus? Clinical and Practical Aspects. *Theriogenology*, 74 (3), 327-344.
- SARTORI, R.; HAUGHIAN, J. M.; SHAVER, R. D.; ROSA, G. J. M. y WILTBANK, M. C. (2004). Comparison of Ovarian Function and Circulating Steroids in Estrous Cycles of Holstein Heifers and Lactating Cows. *Journal of dairy science*, 87 (4), 905-920.
- SAVIO, J. D.; BOLAND, M. P. y ROCHE, J. F. (1990). Development of Dominant Follicles and Length of Ovarian Cycles in Post-partum Dairy Cows. *Journal of Reproduction and Fertility*, 88 (2), 581-591.
- THATCHER, W. S. D. (1994). Embryo Health and Mortality in Sheep and Cattle. *Journal Animal Science*, 72 (3), 16-30.
- SIROIS, J. y FORTUNE, J. E. (1988). Ovarian Follicular Dynamics During the Estrous Cycle in Heifers Monitored by Real-time Ultrasonography. *Biology of reproduction*, 39 (2), 308-317.
- VASCONCELOS, J. L. M.; SARTORI, R.; OLIVEIRA, H. N.; GUENTHER, J. G. y WILTBANK, M. C. (2001). Reduction in Size of the Ovulatory Follicle Reduces Subsequent Luteal Size and Pregnancy Rate. *Theriogenology*, 56 (2), 307-314.
- WALSH, S. W.; WILLIAMS, E. J. y EVANS, A. C. O. (2011). A Review of the Causes of Poor Fertility in High Milk Producing Dairy Cows. *Animal reproduction science*, 123 (3), 127-138.

Recibido: 12-1-2017

Aceptado: 20-1-2017

**Tabla 1. Media ( $\pm$ SE) del tamaño del FPO (mm), CL (mm) y niveles sanguíneos de P4 (ng/ml) en vaquillas Holstein, Brown Swiss y Criollas**

	Razas			
	Criolla	Brown Swiss	Holstein	P
Folículo preovulatorio (FPO)	14,6 $\pm$ 0,41 <sup>b</sup>	12,7 $\pm$ 0,65 <sup>a</sup>	12,7 $\pm$ 0,47 <sup>a</sup>	0,02
Cuerpo lúteo día 6 (CL)	18,3 $\pm$ 0,79	17,2 $\pm$ 1,41	16,9 $\pm$ 0,98	0,67
Progesterona día 6 (P4)	11,0 $\pm$ 1,68 <sup>b</sup>	3,2 $\pm$ 1,44 <sup>a</sup>	3,1 $\pm$ 0,93 <sup>a</sup>	0,00
Cuerpo lúteo día 12 (CL)	22,8 $\pm$ 0,74	22,1 $\pm$ 0,91	24,2 $\pm$ 1,15	0,30
Progesterona día 12 (P4)	18,4 $\pm$ 2,04 <sup>b</sup>	9,2 $\pm$ 1,71 <sup>a</sup>	7,2 $\pm$ 0,85 <sup>a</sup>	0,00

Letras diferentes <sup>a,b</sup> denotan diferencia significativa con prueba de Tukey al 5%; FPO (mm); CL (mm); P4 (ng/ml); \*Resultados correspondientes al análisis de varianza (ANOVA)

**Tabla 2. Valores de correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles sanguíneos de progesterona del día 6 y 12 post-ovulación de todas las vaquillas del estudio (agrupadas)**

	Diámetro CL día 6 (mm)	Niveles de P4 día 6 (ng/ml)	Diámetro CL día 12 (mm)	Niveles de P4 día 12 (ng/ml)
Tamaño del FPO (mm)	0,61**	0,65**	0,38 <sup>ns</sup>	0,67**
Diámetro CL día 6 (mm)	-----	0,58**	0,53**	0,50**
Niveles de P4 día 6 (ng/ml)	-----	-----	0,38 <sup>ns</sup>	0,89**
Diámetro CL día 12 (mm)	-----	-----	-----	0,17 <sup>ns</sup>

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05; \*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01; Prueba de correlación de Pearson

**Tabla 3. Valores de correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles sanguíneos de progesterona del día 6 y 12 post-ovulación de las razas Holstein y Brown Swiss (foráneas)**

	Diámetro CL día 6 (mm)	Niveles de P4 día 6 (ng/ml)	Diámetro CL día 12 (mm)	Niveles de P4 día 12 (ng/ml)
Tamaño del FPO (mm)	0,66**	0,60**	0,48*	0,59*
Diámetro CL día 6 (mm)	-----	0,64**	0,51*	0,58*
Niveles de P4 día 6 (ng/ml)	-----	-----	0,53*	0,87**
Diámetro CL día 12 (mm)	-----	-----	-----	0,29 <sup>ns</sup>

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05; \*\*La correlación es significativa en el nivel 0,01; Prueba de correlación de Pearson



**Tabla 4. Valores de correlación entre el tamaño del folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles sanguíneos de progesterona del día 6 y 12 post-ovulación de la de raza Criolla**

	Diámetro CL día 6 (mm)	Niveles de P4 día 6 (ng/ml)	Diámetro CL día 12 (mm)	Niveles de P4 día 12 (ng/ml)
Tamaño del FPO (mm)	0,35 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
Diámetro CL día 6 (mm)	-----	0,79*	0,72*	0,62 <sup>ns</sup>
Niveles de P4 día 6 (ng/ml)	-----	-----	0,78*	0,71*
Diámetro CL día 12 (mm)	-----	-----	-----	0,39 <sup>ns</sup>

\*La correlación es significativa en el nivel 0,05

**Tabla 5. Análisis de regresión lineal simple entre las variables: tamaño del folículo preovulatorio, cuerpo lúteo y niveles de progesterona de los días 6 y 12 en los grupos Criolla, foráneas y agrupada**

	Razas					
	Agrupadas		Foráneas		Criolla	
	R <sup>2</sup>	b	R <sup>2</sup>	b	R <sup>2</sup>	b
Folículo preovulatorio y Cuerpo Lúteo del día 6	0,37	1,11**	0,46	1,46**	0,12	0,66 <sup>ns</sup>
Cuerpo Lúteo y Progesterona del día 6	0,34	1,00**	0,41	0,63**	0,62	1,67*
Progesterona días 6 y día 12	0,8	1,11**	0,75	1,00**	0,51	0,87*
Cuerpo Lúteo días 6 y día 12	0,28	0,47**	0,26	0,46*	0,52	0,67*

\*\*Significancia al nivel 0,01; \*Significancia al nivel 0,05