

SYNCHRONIZATION OF ESTRUS IN COWS WITH TWO NORGESTOMET LEVELS IN TWO CLASSES OF BODY CONDITION

SINCRONIZACIÓN DE ESTRO EN VACAS CON DOS NIVELES DE NORGESTOMET EN DOS CLASES DE CONDICIÓN CORPORAL

Avila-Castillo B. R.¹; Molina-Mendoza P.²; Peralta-Ortiz J. G.¹; García-Flores E. O.³; Cordero-Mora J. L.⁴ y Sánchez-Torres-Esqueda T.^{4*}

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Rancho Universitario. Av. Universidad, Km. 1, Ex-Hda. de Aqueztalpa, AP 32. Tulancingo, Hidalgo, México. ²Universidad Intercultural del Estado de Puebla División de Ciencias Naturales, Ingeniería Forestal Comunitaria. Calle Principal a Lipuntuahuaca S/N, Lipuntuahuaca, Huehuetla, Puebla. ³Universidad de Guadalajara, Centro de Investigaciones Pecuarias, Dpto. de Producción Agrícola CUCSUR, Autlán, Jalisco, México. ⁴Colegio de Postgraduados Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. carretera México-Texcoco. Km. 63.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230.

*Autor de correspondencia. teresa@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: To determine the effect of two doses of norgestomet in the presentation of estrus in cows with two levels of BC.

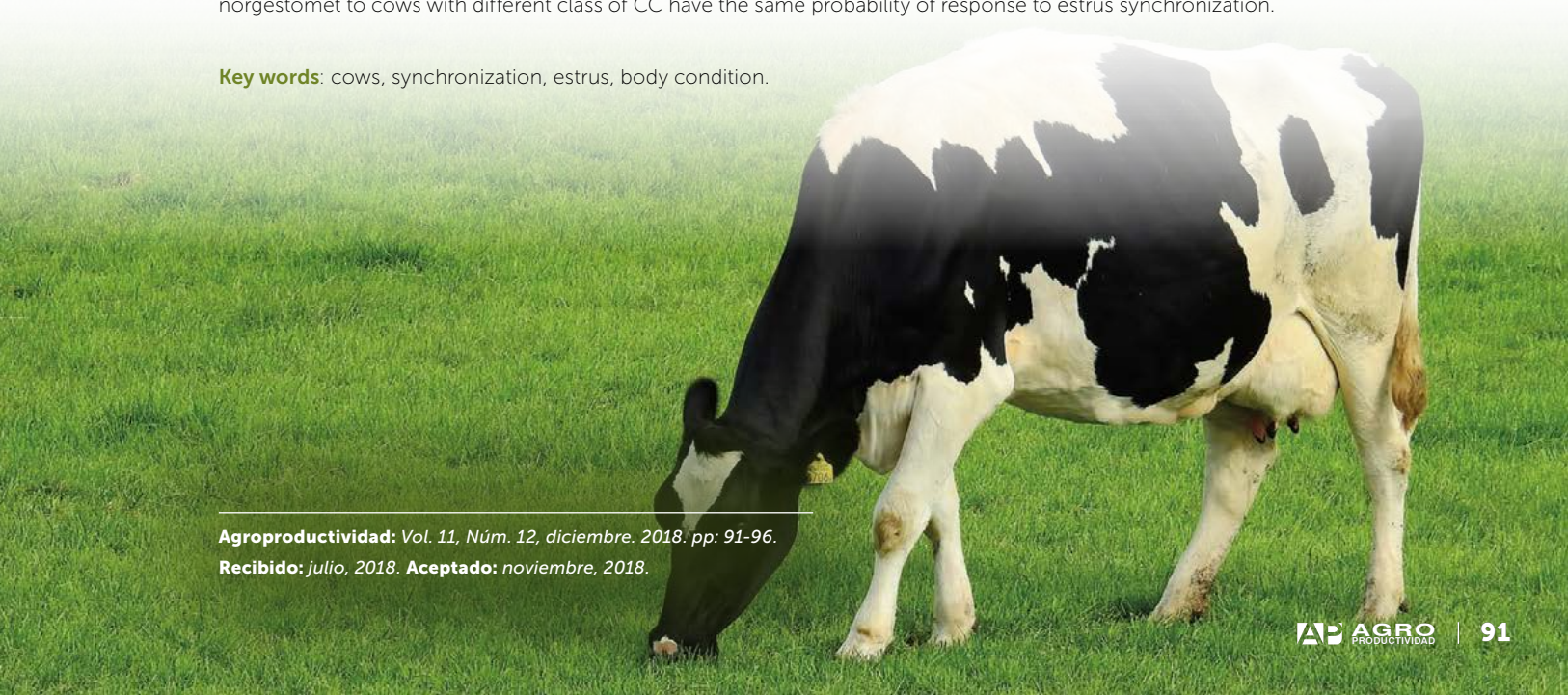
Design/methodology/approximation: Twenty-four Holstein cows were evaluated by BC to create two groups, cows with normal BC (normalBC) and cows in low BC (lowBC). The treatments to be evaluated resulted from the combination of the two levels of BC with the two doses of norgestomet: 1) cows in normal BC received 1 norgestomet implant; 2) cows in normal BC received 1.5 norgestomet implants; 3) cows in low BC with 1 norgestomet implant; 4) cows in low BC with 1.5 norgestomet implants.

Results: Estrous presentation was 50% for the normalBC 1N and normalBC 1.5N groups and 66.6% for the lowBC 1N and lowBC 1.5N groups, without differences between treatments.

Limitations/implications: The use of progestogens allows to imitate the function of the corpus luteum, which is the basis for estrus synchronization.

Findings/conclusions: Under the conditions of this study it is concluded that the application of 1 or 1.5 implants of norgestomet to cows with different class of CC have the same probability of response to estrus synchronization.

Key words: cows, synchronization, estrus, body condition.



RESUMEN

Objetivo: Determinar el efecto de utilizar dos dosis de norgestomet en la presentación de estro en vacas con dos niveles de CC.

Diseño/metodología/aproximación: Veinticuatro vacas Holstein fueron evaluadas por CC para tener dos grupos, vacas en CC normal (CCnormal) y vacas en CC baja (CCbaja). Los tratamientos a evaluar resultaron de la combinación de dos niveles de CC con dos dosis de norgestomet: 1) vacas en CC normal recibieron 1 implante de norgestomet; 2) vacas en CC normal recibieron 1.5 implantes de norgestomet; 3) vacas en CC baja con 1 implante de norgestomet; 4) vacas en CC baja con 1.5 implantes de norgestomet.

Resultados: La presentación de estro fue de 50% para los grupos CCnormal 1N y CCnormal 1.5N y de 66.6% para los grupos de CCbaja 1N y CCbaja 1.5N, sin diferencias entre tratamientos.

Limitaciones del estudio/implicaciones: El uso de progestágenos permite imitar la funcionalidad del cuerpo luteo, lo cual es la base para la sincronización del estro.

Hallazgos/conclusiones: Bajo las condiciones del presente trabajo se concluye que la aplicación de 1 o 1.5 implantes de norgestomet a vacas con diferente nivel de CC tienen la misma probabilidad de respuesta a la sincronización del estro.

Palabras clave: vacas, sincronización, estro, condición corporal.

objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la utilización de dos dosis de norgestomet en la presentación de estro de vacas Holstein con dos clases de CC, siendo la hipótesis que la CC de las vacas influye en la respuesta a estro sincronizado con diferentes dosis norgestomet.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la unidad de bovinos de la granja experimental del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, ubicada en Montecillo, Municipio de Texcoco, al oriente del Estado de México (98° 48' 27" O, y 19° 48' 23" N, a 2241 m de altitud). Se utilizaron 34 vacas Holstein, de entre 60 y 90 d posparto (para evitar efectos sobre la reproducción derivado del balance energético negativo del posparto temprano (Karslioğlu y Koyuncu, 2017), con dos o más partos y ciclos estrales normales, que fueron presincronizadas mediante la administración de dos inyecciones de PGF_{2α} (25 mg de dinoprost por vaca en cada aplicación; Lutalyse-Upjohn, México), aplicadas con once días de separación (Figura 1). Siete días después de la segunda aplicación de PGF_{2α} las vacas fueron evaluadas por CC (1 al 5 en la escala de Ferguson *et al.*, 1994; Mishra *et al.*, 2016), realizada por dos evaluadores distintos para reducir la variación en la evaluación, solo las hembras en CC de 2 y 3 fueron incluidas en el experimento. Se formaron dos clases por CC: clase 1, vacas en CC normal (normal=3; 12 hembras) y clase 2, vacas en CC baja (baja=2; 12 hembras). En cada clase se aleatorizaron las dos dosis de norgestomet, 1 implante (3 mg de norgestomet; Crestar, Intervet) o 1.5 implantes (4.5 mg de norgestomet) resultando en 4 tratamientos

INTRODUCCIÓN

La infertilidad afecta el rendimiento reproductivo del ganado, lo que influye negativamente en la productividad y el rendimiento de la inversión del negocio agropecuario. El manejo de la reproducción es un componente importante en ganado lechero (Ayad *et al.*, 2015). En ganado Holstein se tienen bajos porcentajes de detección de estros de entre 50 y 59% (López *et al.*, 2004), lo que finalmente resulta en disminución del porcentaje de preñez (Yamada, 2005). Los métodos para mejorar la detección de estros incluyen la sincronización de estro usando progesterona (Yamada, 2005) o progestágenos como el norgestomet (Ayad *et al.*, 2015) en tratamientos de largo tiempo con lo que se esperan altos porcentajes de estro pero con baja tasa de fertilidad, debido a esto se ha buscado elevar la tasa de fertilidad a través de utilizar la combinación entre P₄ y prostaglandina F_{2α} (PGF_{2α}; Yamada, 2005) o P₄ más PGF_{2α} y hormona liberadora de gonadotropinas (Harms *et al.*, 2014). A su vez, el estro y la ovulación en el ganado son inhibidos por el sistema de retroalimentación negativa de la P₄ sobre la hormona luteinizante (Andringa *et al.*, 2013). El uso de progestágenos permite el control de este mecanismo de retroalimentación, el cual es la base para esta técnica de sincronización del estro (Twagiramungu *et al.*, 1992).

Existe evidencia de que la fertilidad puede ser afectada por la condición corporal (CC). En una inspección de 3000 vacas, el incremento en la fertilidad fue asociado a una CC de 3.5 (Broster y Broster, 1998). Por lo que para obtener mejores beneficios en el rendimiento reproductivo es necesario llevar un control de la CC durante la lactancia (Karslioğlu y Koyuncu, 2017). El

(n=6): 1) vacas en CC normal que recibieron un implante de norgestomet (CCnormal 1N; grupo testigo); 2) vacas en CC normal con aplicación de 1.5 implantes de norgestomet (CCnormal 1.5N); 3) vacas en CC baja con 1 implante de norgestomet (CCbaja 1N); 4) vacas en CC baja con 1.5 implantes de norgestomet (CCbaja 1.5N). El implante de progestágeno fue colocado en la base de la oreja por vía subcutánea y permaneció in situ por nueve días.

Detección de estro

Un día después de que se retiraron los implantes y hasta seis días después, todas las vacas fueron observadas durante 30 min en la mañana y 30 min en la tarde (8:00 am y 16:00 pm respectivamente) con la finalidad de detectar conducta de estro.

Toma de muestras sanguíneas

Para determinar concentraciones de P_4 , se recolectaron muestras sanguíneas de 5 ml por venopunción de la vena yugular cada tercer día, desde el día experimental -17 hasta el día 21 después de retirados los implantes. Posteriormente todas las muestras sanguíneas fueron centrifugadas a 1500 g durante 15 min, el suero fue separado por decantación para ser congelado y almacenado a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

Análisis hormonales

La determinación de las concentraciones de P_4 se realizó por medio del método inmunoenzimático, la sensibilidad del análisis fue de 0.12 ng ml^{-1} con un coeficiente de variación intra e interensayo de 8.2 y 10.18%, respectivamente (Immunometrics UK Ltd, 280 Munster Road, London SW6 6BQ) validado por Darwash et al., (1999).

Análisis estadístico

Se utilizó un arreglo factorial con dos factores (CC) y dos niveles (1 a 1.5 implantes) en un diseño completamente al azar. Los porcentajes de presentación de estros se analizaron mediante la prueba exacta de Fisher, a través del PROC FREQ (SAS, 2008). Las diferencias entre las medias de los tratamientos ($P < 0.05$) se analizaron mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. Las concentraciones P_4 corresponden a valores promedio \pm error estándar de la media (EEM) utilizando PROC GLM (SAS, 2008). Las diferencias entre las medias de tratamiento ($P < 0.05$) se analizaron mediante la prueba de comparación de medias de Tukey. Las concentraciones de P_4 del periodo tres fueron analizadas mediante el análisis de mediciones repetidas a través del tiempo con

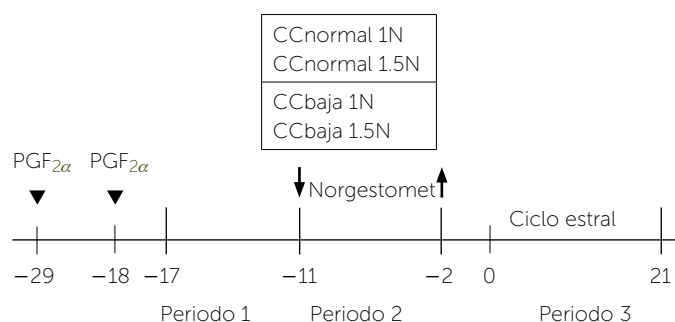


Figura 1. Diagrama esquemático de los tratamientos. Aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ ▼; Aplicación de implante ↓; Retiro de implante ↑. El día 0 se considera como día de estro en las vacas. Periodo 1, corresponde al día -17 hasta el día -11; Periodo 2, tiempo de permanencia del implante de norgestomet (día -11 hasta el día -2); Periodo 3, tiempo desde el retiro del implante hasta un ciclo estral normal (día -2 hasta el día 21).

el PROC MIXED (SAS, 2008) para un diseño completamente al azar (Littell et al., 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Presentación e inicio de estro

Los resultados de presentación e inicio de estro se muestran en el Cuadro 1, sin diferencias entre grupos ($P > 0.05$).

Concentraciones de P_4

Las concentraciones promedio de P_4 del periodo 1 y 2 (Cuadro 2) no mostraron diferencias ($P > 0.05$). En el periodo 3, correspondiente al momento del retiro del implante hasta un ciclo estral normal, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.001$) por CC en las concentraciones de P_4 , para los grupos de CCbaja en comparación a los grupos de CCnormal.

Las concentraciones promedio de P_4 del periodo 3 (Cuadro 3), fueron menores ($P < 0.05$) en los días experimentales 7, 9, 11, 13 y 15 del grupo de CCnormal 1N, en comparación con el grupo de CCbaja 1.5N. Para el

Cuadro 1. Presentación e inicio del estro después de retirados los implantes.

Grupo*	Presentación de estro (%)	Inicio de estro (h)
CCnormal 1N	50 (3/6)	120
CCnormal 1.5N	50 (3/6)	72
CCbaja 1N	66.6 (4/6)	84
CCbaja 1.5N	66.6 (4/6)	66

* CCnormal 1N, condición corporal normal (normal=3) con 1 implante de norgestomet; CCnormal 1.5N, condición corporal normal con 1.5 implantes de norgestomet; CCbaja 1N, condición corporal baja (baja=3) con 1 norgestomet; CCbaja 1.5N, condición corporal baja con 1.5 norgestomet.

riza por la permanencia in situ de los implantes de norgestomet durante la fase lútea media, estas concentraciones de P₄ son similares a las reportadas por Garverick *et al.* (1992) y Evans *et al.* (1997) durante este periodo de fase lútea. En el periodo tres, se observó mayor concentración de P₄, para las vacas en CCbaja en comparación con los grupos de CCnormal. En este sentido, Burke *et al.* (1998) mencionan que la disminución en concentración de P₄ en vacas con CC alta, puede ser debido a una mayor tasa de metabolismo de la P₄ en el hígado.

En el periodo tres, correspondiente al momento del retiro del implante hasta un ciclo estral normal, se encontraron diferencias significativas (P<0.001) por condición corporal en las concentraciones de P₄ (Cuadro 2), obteniéndose mayor concentración de P₄ (7.31 ng ml⁻¹) para los grupos de CCbaja en comparación a los grupos de CCnormal (4.60 ng ml⁻¹). Las concentraciones promedio de P₄ del periodo 3 (Cuadro 3), fueron menores (P<0.05) en los días experimentales 7, 9, 11, 13 y 15 del grupo de CCnormal 1N, en comparación con el grupo de CCbaja 1.5N. Para el grupo de CCnormal 1.5N, las concentraciones promedio de P₄ en los días experimentales 7, 9 y 13 fueron menores

Cuadro 2. Concentraciones promedio de P₄ (ng ml⁻¹) después de retirados los implantes.

Grupo*	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
CCnormal	1.34	6.70	4.60 ^a
CCbaja	1.77	5.49	7.31 ^b

*Grupos de condición corporal normal (normal=3) con un implante de norgestomet (CCnormal 1N) y condición corporal normal con 1.5 implantes de norgestomet (CCnormal 1.5N). Grupos de condición corporal baja (baja=2) con un norgestomet (CCbaja 1N) y condición corporal baja 1.5 norgestomet (CCbaja 1.5N).

^{ab} Literales distintas en la misma columna indican diferencias (P<0.001).

grupo de CCnormal 1.5N, las concentraciones promedio de P₄ en los días experimentales 7, 9 y 13 fueron menores (P<0.05) en relación con grupo de CCbaja 1.5N. En el grupo de CCbaja 1N, las muestras 7 y 9 fueron menores (P<0.05) en concentración de P₄ en comparación al grupo de CCbaja 1.5N.

En presentación e inicio de estro no se encontraron diferencias (P>0.05) entre todos los grupos. Resultados similares a los grupos de CCbaja 1N y CCbaja 1.5N (66.6% en presentación de estro en ambos grupos, 84 h y 66 h para inicio de estro, respectivamente), fueron obtenidos por Smith y Stevenson (1995) quienes reportaron 64 y 67% de presentación de estro, y un intervalo al estro de 76 y 61 h en la sincronización de estro con norgestomet más cuerpo lúteo (CL) y norgestomet sin CL, respectivamente. Autores como, Sánchez *et al.* (1993) reportaron un intervalo al estro sincronizado de 70 y 52 h, después del retiro de los implantes en dos diferentes réplicas de vacas tratadas con norgestomet en presencia del CL. En el presente experimento no se determinó la presencia del cuerpo lúteo; sin embargo, el diseño de los tratamientos estuvo encaminado para que existiera un CL al momento de la inserción de los implantes de norgestomet. Otros como, Martínez *et al.* (2015) obtuvieron 55% de estros, que se presentaron 48 h después de finalizados los tratamientos, utilizando un dispositivo intravaginal impregnado con P₄ en vacas con una CC normal.

Las concentraciones promedio de P₄ del periodo uno, fueron menores a 2 ng ml⁻¹, debido a la aplicación de PGF_{2α}, para todos los grupos. Estas concentraciones de P₄ corresponden a una fase de poca actividad lútea (Custer *et al.*, 1994). Durante el periodo dos, las concentraciones promedio de P₄ fueron mayores a 5 ng ml⁻¹, para todos los grupos. Este periodo se caracte-

Cuadro 3. Concentraciones plasmáticas promedio de progesterona (ng ml⁻¹) durante el periodo 3.

Grupo*	Días experimentales después de retirados los implantes											
	-1	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
CCnormal 1N	3.44c	3.10	4.31	3.93	1.77c	1.88c	1.33c	2.92c	4.16c	5.73	6.53cd	8.42
CCnormal 1.5N	6.23	6.67	4.36	3.02	3.06c	3.61c	6.02cd	5.34c	5.58cd	5.78	6.61cd	6.77
CCbaja 1N	10ad	4.71b	4.28	4.12	3.14c	4.46c	5.93cd	7.61cd	10.87d	9.16	11.48c	7.20
CCbaja 1.5N	5.91	4.42	3.57	5.54	9.27d	11.09d	10.35d	11.09d	10.67d	8.79	5.71d	6.24

a, b Literales distintas en la misma línea indican diferencias (P<0.05).

c, d Literales distintas en la misma columna indican diferencias (P<0.05).

*CCnormal 1N: condición corporal normal (normal=3) con 1 implante de norgestomet; CCnormal 1.5N: condición corporal normal con 1.5 implantes de norgestomet; CCbaja 1N: condición corporal baja (baja=2) con 1 norgestomet; CCbaja 1.5N: condición corporal baja con 1.5 norgestomet.

($P < 0.05$) en relación con grupo de CCbaja 1.5N. En el grupo de CCbaja 1N, las concentraciones de P_4 de los días 7 y 9 fueron menores ($P < 0.05$) en comparación al grupo de CCbaja 1.5N. Resultados similares fueron reportados por Burke *et al.* (1998) quienes mencionan que la disminución en concentración de P_4 en vacas con CC alta, puede ser debido a una mayor tasa de metabolismo de la P_4 en el hígado.

Después de retirar los implantes (Periodo tres), todos los grupos tuvieron concentraciones elevadas de P_4 (mayores a 3 ng ml^{-1}), esto pudo evitar que se obtuviera uniformidad al estro sincronizado. Hampton *et al.* (1999) reportaron que la aplicación de un implante de 6 mg de norgestomet en el día tres del ciclo estral resulta en mantenimiento de un CL funcional y elevadas concentraciones de P_4 ($> 1 \text{ ng ml}^{-1}$) hasta dos días después de retirados los implantes (Hampton *et al.*, 1999) y las hembras no exhiben estro sincronizado (Pratt *et al.*, 1991).

La secreción pulsátil de LH está involucrada en el desarrollo y función normal del CL bovino. El soporte pulsátil de LH en el periodo del día 2 al 12 del ciclo estral, es necesario para el desarrollo del CL y una adecuada producción de P_4 (Peters *et al.*, 1994). La administración de 6 mg de norgestomet durante el metaestro (día tres del ciclo estral) resulta en disminución de pulsos de LH con desarrollo de un CL funcional en algunas vacas o con un subsiguiente CL no funcional en otras vacas (Burns *et al.*, 1993). En el presente experimento no se determinaron concentraciones de LH durante el periodo de permanencia del implante de 3 mg de norgestomet, pero los datos obtenidos en los estudios señalados permiten sugerir que hubo vacas con desarrollo de CL funcional y otras vacas sin desarrollo de un CL funcional.

En este contexto las vacas que no formaron CL funcional, probablemente desarrollaron un folículo ovárico persistente. Lugo *et al.* (1999), mencionan que el uso de CIDR-B y la aplicación de $\text{PGF}_{2\alpha}$ al inicio del tratamiento, aumenta hasta 66.6% el número de animales que ovulan un folículo persistente, después de retirar el implante.

El desarrollo de folículos persistentes sólo ocurre si el CL no está presente durante el periodo de tratamiento con progestágenos (Kinder *et al.*, 1996). El aumento de frecuencia pulsátil de LH en el periodo de tratamiento con norgestomet sugiere que la retroalimentación del progestágeno sobre la LH está disminuida, lo que a su

vez altera el desarrollo folicular produciendo aumento de diámetro del folículo dominante (Savio *et al.*, 1993).

En el periodo tres se observó una disminución en las concentraciones de P_4 y posteriormente una consecuente elevación de la misma, por un periodo aproximado de 8 a 10 d en todos los grupos, a este respecto Garverick *et al.* (1992) mencionan que vacas con fases lúteas subnormales tienen ciclos estrales de corta duración (7-10 d) con disminución en las concentraciones de P_4 , comparados con vacas con fases lúteas normales. Por lo que, la aplicación del implante no tuvo efecto sobre la vida media del CL o sobre la secreción de P_4 . Datos similares fueron reportados por Darwash *et al.* (1999) quienes mencionan que la aplicación de CIDR no afecta significativamente el intervalo de máxima actividad lútea o el número de días de la fase lútea.

CONCLUSIONES

La dosis de norgestomet y la condición corporal tiene efecto sobre las concentraciones de progesterona del ciclo estral subsecuente a los tratamientos; sin embargo, no se observan diferencias sobre el porcentaje de presentación de estros, por lo que bajo las condiciones del presente estudio, la aplicación de 1 o 1.5 implantes de norgestomet en vacas con diferente clase de condición corporal tienen la misma probabilidad de respuesta a la sincronización de estro.

LITERATURA CITADA

- Andringa M.F.A., Cavestany D., van Eerdenburg F.J.C.M. 2013. Relaciones entre la expresión de celo, tamaño del folículo y la ovulación en vacas de leche en pastoreo. *Veterinaria (Montevideo)* 49(1): 4-15.
- Ayad A., Mourad S., Touati K., Iguer-Ouada M., Benbarek H. 2015. Evaluation of norgestomet Crestar® on oestrus synchronization and reproductive performance of dairy cows in Algeria. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 4(1): 54-60.
- Broster W.H., Broster V.J. 1998. Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 65(1): 155-173.
- Burke J.M., Hampton J.H., Staples C.R., Thatcher W.W. 1998. Body condition influences maintenance of a persistent first wave dominant follicle in dairy cattle. *Theriogenology*. 49(4): 751-760.
- Burns P.D., Spitzer J.C., Bridges W.C. Jr., Henricks D.M., Plyler B.B. 1993. Effects of metestrous administration of a norgestomet implant and injection of norgestomet and estradiol valerate on luteinizing hormone release and development and function of corpora lutea in suckled beef cows. *Journal of Animal Science*. 71(4): 983-988.
- Custer E.E., Beal W.E., Wilson S.J., Meadows A.W., Berardinelli J.G., Adair R. 1994. Effect of melengestrol acetate (MGA) or progesterone-releasing intravaginal device (PRID) on follicular development,



- concentrations of estradiol-17 β and progesterone, and luteinizing hormone release during an artificially lengthened bovine estrous cycle. *Journal of Animal Science*. 72(5): 1282-1289.
- Darwash A.O., Ward G.L., Lamming G.E., Woolliams J.A. 1999. The effects of raising post-oestrus progesterone concentrations on luteal activity in post-partum dairy cows. *Animal Science* 68(3): 527-532.
- Evans A.C., Komar C.M., Wandji S.A., Fortune J.E. 1997. Changes in androgen secretion and luteinizing hormone pulse amplitude are associated with the recruitment and growth of ovarian follicles during the luteal phase of the bovine estrous cycle. *Biology of Reproduction*. 57(2): 394-401.
- Ferguson J.D., Galligan D.T., Thomsen N. 1994. Principal descriptors of body condition score in Holstein cows. 77(9): 2695-2703.
- Garverick H.A., Zollers Jr. W.G., Smith M.F. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or subnormal luteal function. *Animal Reproduction Science*. 28(1-4): 111-124.
- Hampton J.H., Spitzer J.C., Henricks D.M., Hix B.S., Higdon H.L. 1999. Retention of a functional corpus luteum and peripheral concentrations of 13, 14-dihydro-15keto-prostaglandin F_{2 α} following metestrus administration of Syncro-Mate-B. *J. Anim. Sci*. 77(4): 948-953.
- Harms J.D., Summers A.F., Funston R.N. 2014. Effect of 2 ovulation synchronization protocols on reproductive performance of May-calving cows. *The Professional Animal Scientist*. 30(5): 497-501.
- Karslıoğlu K.N., Koyuncu M. 2017. Relationships between body condition score in dry-off, calving or different lactation days and selected reproductive parameters in dairy cows. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 11(33): 143-148.
- Kinder J.E., Kojima F.N., Bergfeld E.G.M., Wehrman M.E., Fike K.E. 1996. Progesterin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *Journal of Animal Science*. 74(6): 1424-1440.
- Kojima N., Stumpf T.T., Cupp A.S., Werth L.A., Roberson M.S., Wolfe M.W., Kittok R.J., Kinder J.E. 1992. Exogenous progesterone and progestins as used in estrous synchrony regimens do not mimic the corpus luteum in regulation of luteinizing hormone and 17 beta-estradiol in circulation of cows. *Biology of Reproduction*. 47(6): 1009-1017.
- Littell R.C., Henry P.R., Ammerman C.B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*. 76(4): 1216-1231.
- López H., Satter L.D., Wiltbank M.C. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 81(3-4): 209-223.
- Lugo L.S., Hernández C.J., López L.L. 1999. Función del cuerpo lúteo formado a partir de la ovulación de un folículo dominante persistente, en vaquillas Holstein tratadas con un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona (CIDR-B), en ausencia de un cuerpo lúteo. *Veterinaria México*. 30(1): 95-98.
- Martínez B.M., Gil J., Costa G., Pombo I., Peñagaricano J., Lutz M., Freire A., Cavestany D. 2015. Evaluación de dos formulaciones de progesterona en protocolos HeatSynch en vacas Holando lactando en sistemas pastoriles. *Veterinaria (Montevideo)*. 51(200): 26-35.
- Mishra S., Kiran K., Dubey A. 2016. Body condition scoring of dairy cattle: A review. *Research and Reviews: Journal of Veterinary Sciences*. 2(1): 58-65.
- Peters K.E., Bergfeld E.G., Cupp A.S., Kojima F.N., Mariscal V., Sánchez T., Wehrman M.E., Grotjan H.E., Hamernik D.L., Kittok R.J., Kinder J.E. 1994. Luteinizing hormone has a role in development of fully functional corpora lutea (CL) but is not required to maintain CL function in heifers. *Biology of Reproduction*. 51(6): 1248-1254.
- Pratt S.L., Spitzer J.C., Burns G.L., Plyler B.B. 1991. Luteal function, estrous response, and pregnancy rate after treatment with norgestomet and various dosages of estradiol valerate in suckled cows. *Journal of Animal Science*. 69(7): 2721-2726.
- Sánchez T., Wehrman M.E., Bergfeld E.G., Peters K.E., Kojima F.N., Cupp A.S., Mariscal V., Kittok R.J., Rasby R.J., Kinder J.E. 1993. Pregnancy rate is greater when the corpus luteum is present during the period of progestin treatment to synchronize time of estrus in cows and heifers. *Biology of Reproduction*. 49(5): 1102-1107.
- SAS. 2008. System Analysis Statistical, Institute Inc. SAS/STAT[®] 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. [En línea]. <https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statugstatmodel/61751/PDF/default/statugstatmodel.pdf>. Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2017.
- Savio J.D., Thatcher W.W., Morris G.R., Entwistle K., Drost M., Mattiacci M.R. 1993. Effects of induction of low plasma progesterone concentrations with a progesterone-releasing intravaginal device on follicular turnover and fertility in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility*. 98(1): 77-84.
- Smith M.W., Stevenson J.S. 1995. Fate of the dominant follicle, embryonal survival, and pregnancy rates in dairy cattle treated with prostaglandin F₂ alpha and progestins in the absence or presence of a functional corpus luteum. *Journal of Animal Science*. 73(12): 3743-3751.
- Twagiramungu H., Dufour J.J., Guilbault L.A., Proulx J. 1992. Effects of Synchro-Mate B and prostaglandin F_{2 α} on estrus synchronization and fertility in beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*. 72(1): 31-39.
- Van Eerdenburg F.J.C.M. 2008. Possible causes for the diminished expression of estrus behaviour. *Veterinary Quarterly*. 30: 79-100.
- Yamada K. 2005. Development of ovulation synchronization and fixed time artificial insemination in dairy cows. *Journal of Reproduction and Development*. 51(2): 177-186.