

## Actividad del cuerpo lúteo y fertilidad en vacas Carora

Activity of the corpus luteum and fertility in Carora cows

H. Leyva-Ocariz<sup>1</sup>

### Resumen

Se evaluaron los efectos de las estaciones de sequía (S) y de lluvias (LL) sobre las relaciones entre la la fertilidad, y la actividad del cuerpo lúteo después del primer servicio ( $49 \pm 6$  d posparto) en vacas tipo Carora en el estado Lara, Venezuela. Las vacas fueron agrupadas retrospectivamente de acuerdo a su estado de preñez. Se utilizó un modelo de parcelas divididas con medidas repetidas sobre los días 5, 7, 10, 14 y 15 después de la in-seminación, para analizar los efectos de la estación, estado de preñez y sus interacciones involucrando el día sobre : 1) concentraciones séricas de progesterona en 4 tratamientos: vacas preñadas LL (n =26), no preñadas LL (n=24), preñadas S (n=24) y no preñadas S (n= 20); La fertilidad durante la estación de sequía disminuyó Rata de concepción al primer servicio disminuyó (  $P < 0,05$  y aumentó los días en servicio ( $P < 0,01$ ). Además, la estación de sequía disminuyó ( $P < 0,05$ ) los porcentajes de vacas con intervalos interestruales normales (20-22 d), expresión del estro, y ( $P < 0,01$ ) progesterona de la fase luteal; pero S aumentó ( $P < 0,05$ ) los porcentajes de ciclos estruales cortos y largos, estros anovulatorios y de vacas repetidoras. La concentración sérica promedio de progesterona fue más baja ( $P < 0,05$ ) en los días 10, 14, y 15 en las vacas no preñadas S y preñadas S, y más bajas durante la la fase luteal ( $P < 0,05$ ) en las vacas no preñadas S que en las vacas no preñadas LL. Las concentraciones séricas de cortisol fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en los días 10,14 y 16 en las vacas no preñadas S que en las vacas preñadas S. Se encontró una correlación negativa ( $r = -0,78$ ) significativa ( $P < 0,05$ ) entre las concentraciones séricas de progesterona y cortisol dentro de las vacas no preñadas S. Los resultados indican que las concentraciones elevadas de cortisol asociadas con la estación de sequía pudieran disminuir la progesterona secretada por el cuerpo lúteo y por consiguiente mediar el efecto negativo de la estación de sequía sobre la fertilidad. Se presentan y discuten otros resultados de distintos experimentos.

**Palabras clave:** cuerpo lúteo, época seca, fertilidad, vacas lecheras.

Recibido el 18-06-1997 ● Aceptado el 15-09-1997

1. Decanato de Ciencias Veterinarias, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado "UCLA". Apartado 846. Barquisimeto. Venezuela.

## Abstract

Effects of dry (S) and rainy (LL) seasons on the relationship between fertility and luteal mass activity after the first service (49+/- 6 days after birth) were evaluated in Carora cows in Venezuela. The cows were grouped retrospectively according to their state of pregnancy. A split-plot model was used with replicated measurements during 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> day after insemination in order to analyze the effects of season, state of pregnancy, and their interactions each day on :1) serum concentrations of progesterona in four treatments: pregnant cows LL (n=26), non -pregnant LL (n=24), pregnant cows S (n=24) and non-pregnant S (n=20); fertility during the dry season diminished. The conception rate during first service diminished ( $P<0.05$ ) and service days increased ( $P<0.01$ ). Furthermore, the effect of dry season diminished ( $P<0.05$ ) the percentage of cows with normal estrous intervals (20-22 days), the expression of estro, and ( $P<0.01$ ) progesterona in the luteal phase; but S increased ( $P<0.05$ ) the percentages of short and long estral cycles anovulatory estrus and repeating cows. The average serum concentration of progesteron was lower ( $P<0.05$ ) on the 10<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> days in non-pregnant S cows than in pregnant S cows, and lower during the luteal phase in non-pregnant S cows than in non-pregnant LL cows. The serum concentrations of cortisol were greater ( $P<0.05$ ) on the 10<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> days in non-pregnant S cows than in pregnant S cows. A significant negative correlation ( $r = -0.78$ ) ( $P<0.05$ ) was found between the serum concentrations of progesterona and cortisol in non-pregnant cows. The results indicated that elevated concentrations of cortisol associated with dry season could reduce the secretion of progesterona in the corpus luteum and consequently mediate the negative effect of the dry season on fertility. Results from other experiments are also discussed.

**Key words:** corpus luteum, dry season, fertility, cows.

## Introducción

El ganado lechero Carora, originado en una cálida región centroccidental de Venezuela con bajo régimen de lluvias, como resultado del cruzamiento del Pardo Suizo con vacas nativas, ha registrado muy satisfactoria productividad (1). Puesto que el estrés ambiental afecta la función reproductiva en vacas (8), este concepto requiere investigación en las vacas Carora porque algunas razas se adaptan mejor que otras a las condiciones tropicales (10).

El estrés puede actuar a través del eje hipotálamo-pituitario-adrenal-ovárico (25, 27). El cortisol es un componente importante en las situaciones de estrés, y su secreción es aumentada por las interacciones entre los animales y su ambiente (27), lo cual pudiera afectar los ritmos del cortisol en el ganado lechero (24, 26, 37).

Los perfiles de progesterona durante el ciclo estrual y la preñez temprana han sido determinados en

vacas lecheras bajo condiciones tropicales, pero los resultados han sido controversiales con respecto a las concentraciones de progesterona en las vacas preñadas y no preñadas (11, 18). En regiones templadas, los niveles de progesterona en el día 6 post-ovulación fueron más altas en vacas no repetidoras que en las vacas repetidoras de servicio (16) y los niveles de progesterona plasmáticos se correlacionaron positivamente con la preñez antes de efectuarse el reconocimiento maternal de la preñez (28). En otras especies, se han reportado relaciones entre el cortisol y la actividad luteal. En perras, la alta producción endógena de cortisol disminuye con la secreción de

progesterona durante la fase luteal temprana (22). No hay información disponible que compare las concentraciones séricas de cortisol y de progesterona, fertilidad y actividad ovárica entre las estaciones tropicales LL y S en vacas lecheras. Por consiguiente, los objetivos de este estudio fueron analizar la influencia de las estaciones LL y S sobre: 1) fertilidad; 2) actividad ovárica y secreción de progesterona hasta 45 días postinseminación; y 3) la secreción de cortisol alrededor del día cuando se establece el reconocimiento maternal de la preñez (13), en vacas Carora inseminadas con éxito y sin éxito (no preñadas), bajo condiciones de trópico.

## Materiales y métodos

Estos experimentos fueron conducidos en la Hacienda Montevideo situada en el Estado Lara, Venezuela. La región está clasificada como una área tropical seca caracterizada por precipitación anual y temperatura promedio  $< 750$  mm y  $27$  C°, respectivamente. Las vacas estuvieron semiestabuladas y pastoreando *Panicum maximum* 5 h/d. Durante los períodos de estabulación y de ordeño matutino y vespertino, las vacas recibieron 2.5 kg/d de un concentrado comercial conteniendo 18% de proteína cruda y silage de sorgo para cubrir los requerimientos de la National Research Council (9). La tasa de conversión del concentrado fue 540 g/kg de leche. Se suministró NaCl *ad libitum* y las vacas recibieron una inyección de Vitamina A, D3 y E en el día 30 postparto.

**Experimento 1: Actividad Ovárica y Fertilidad.** El efecto de la estación sobre la función reproductiva fue evaluado seleccionando 84 vacas durante la LL (Abril-Junio) y 98 vacas durante la S (Julio-Septiembre). Estas vacas fueron inseminadas por primera vez después del parto, el cual fue observado durante las primeras dos semanas de Abril y Julio.

Los requerimientos para seleccionar las vacas tanto en las estaciones LL o la S se basaron en los siguientes criterios: último parto normal; un intervalo parto-primer servicio similar ( $49 \pm 6$  d); dos o tres partos, similar buena condición corporal (3,5 sobre la escala de 5 puntos); peso corporal de  $426 \pm 31$  kg; y similar producción de leche ( $2450 \pm 560$  kg de leche durante la lactancia anterior).

El intervalo parto-primer estro

fue  $30 \pm 5$  d. Se realizaron dos inspecciones visuales diarias para detectar el comportamiento de estro en el área de espera antes del ordeño. La inseminación artificial se efectuó 12h después de observarse la aceptación de la vaca por dejarse montar y todos los animales fueron palpados rectalmente al momento del servicio para verificar el folículo preovulatorio. Las muestras sanguíneas fueron obtenidas para medir progesterona en los días 0 (se requirieron concentraciones por debajo de 0,5 ng/mL para confirmar el estro (5, 27, 26, 18, 13, 29) (para comparar con las concentraciones de progesterona reportadas como controversiales previamente (11, 18, 16, 28) en las vacas preñadas y no preñadas), y luego diariamente desde los días 16 al 22 y en el día 27 (para definir el intervalo interestruaI mediante el comportamiento de estro y el perfil de la progesterona), y en los días 35 y 45 para detectar la muerte embrionaria (5) cuando la preñez había sido confirmada. Las vacas fueron agrupadas retrospectivamente en vacas preñadas LL (n=26), no preñadas LL (n=24), preñadas S (n=24) y no preñadas S (n=20) después de determinar los perfiles de progesterona (figura 1). A las vacas no preñadas se les exigió registrar un ciclo estreaI de 22 días para ser incluidas en los grupos experimentales.

Las muestras fueron colectadas entre 0800 y 0900 horas mediante punción de la vena yugular, usando tubos al vacío sin anticoagulante. La sangre se centrifugó dentro de las dos horas siguientes a  $2,000 \times g$  durante 15 min y el suero fue congelado a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta ser sometido al RIA. La

progesterona fue medida mediante radioinmunoanálisis (RIA) de fase sólida sin extracción, previamente validado (34) usando kits suministrados por la Agencia Internacional de Energía Atómica de Viena. El coeficiente de variación interensayo fue 12,4%.

La fertilidad fue evaluada usando 5 variables reproductivas (18) señaladas a continuación: 1) Tasa de concepción al primer, segundo y tercer servicio; 2) Intervalo desde el primer servicio hasta la concepción (días en servicio); 3) Número de servicios por concepción; 4) tasa de preñez al final del estudio; 5) Porcentaje de vacas repetidoras de servicio (vacas mostrando al menos 3 servicios infértiles) (5).

Usando una modificación del método reportado por Waterman y col., 1993 (19), se evaluó la actividad ovárica de las vacas no preñadas LL y S durante 45 días después de la primera inseminación, utilizando las siguientes variables: 1) Intervalo interestreaI; 2) Expresión del estro; 3) Concentraciones de progesterona de la fase luteal; 4) Anestro y 5) Porcentaje de estros anovulatorios.

**Experimento 2: Secreción de Cortisol.** Después de determinados los perfiles de progesterona las vacas se agruparon también en 4 grupos: preñadas LL (n=9), preñadas S (n=6), no preñadas LL (n=7) y no preñadas S (n=8). El cortisol se determinó en los días 0, 10, 14, 15 y 16 en las muestras tomadas en el experimento 1. El cortisol se midió mediante RIA usando un método sin extracción de fase sólida (Diagnostic Products Co.), validado previamente (4), pero las soluciones

estandar (50  $\mu$ L) de hidrocortisona (cat.# H-2755, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) fueron preparadas en PBS y sus concentraciones fueron 0,1, 0,4, 0,8, 1,5, 3,0, 6,0 y 8,0  $\mu$ g/dL, sobre la base de las concentraciones de cortisol reportadas por otros autores (24).

**Análisis Estadísticos:** Los datos proporcionales (tasa de concepción, tasa de preñez, vacas repetidoras, expresión del estro, etc) se analizaron mediante la prueba del Chi-cuadrado comparando las respuestas de las vacas LL y S. Las variables reproductivas continuas (servicios/ concepción, días en servicio y el promedio de la progesterona luteal) se analizaron mediante un análisis simple de varianza utilizando la estación como

la variable independiente. Las diferencias en las concentraciones séricas de progesterona y cortisol fueron analizadas en un modelo de parcelas divididas para medidas repetidas (14) con la parcela principal de la estación, estado de preñez y la interacción estado de preñez  $\times$  estación, utilizando como el término de error la variación de la vaca dentro de la interacción estado de preñez  $\times$  estación. Cuando se observaron interacciones significativas involucrando el día del ciclo estrual, las diferencias dentro del mismo día se analizaron usando la prueba de Bonferroni (15). También se calcularon las correlaciones entre las concentraciones de progesterona y cortisol en los días del ciclo analizados.

## Resultados y discusión

En general, la fertilidad fue mayor en las vacas de la estación LL que en la S, como se demuestra en las variables reproductivas presentadas en el cuadro 1. Igualmente, las variables reproductivas mostradas en la tabla 2 indican que el comportamiento reproductivo, mediante la evaluación de la actividad ovárica durante los primeros 45 días posteriores a la primera inseminación, de las vacas no preñadas fue mejor durante la estación LL que durante la S.

Interacciones significativas ( $P < 0,01$ ) entre la estación y el estado de preñez se detectaron en las concentraciones séricas de progesterona. Durante la estación LL (figura 1A), la progesterona fue mayor ( $P < 0,05$ ) en los días 14 y 17 del ciclo en las vacas preñadas que en las no preñadas. Las concentraciones séricas

promedio de progesterona en las vacas no preñadas (cuadro 2) fue mayor ( $P < 0,01$ ) durante las LL que durante la S.

Interacciones significativas ( $P < 0,01$ ) entre la estación y el estado de preñez se detectaron en las concentraciones séricas de cortisol. Durante la S (figura 1B), el cortisol fue mayor ( $P < 0,05$ ) en los días 10, 14 y 16 postinseminación en las vacas no preñadas que en las preñadas. Se encontró una correlación negativa ( $r = -0,78$ ) significativa ( $P < 0,05$ ) entre las concentraciones séricas de progesterona y cortisol en las vacas no preñadas de la estación S.

El presente estudio es el primero sobre la relación entre la respuesta de la secreción de cortisol y la actividad del cuerpo lúteo en vacas en lactación (raza Carora de Venezuela), durante

**Cuadro 1. Efecto de la estación sobre la fertilidad en vacas caroreñas.**

Variable	Estación	
	Lluvias (n=84)	Sequía (n=98)
Tasa de concepción al		
1er. servicio (%)	43 <sup>a</sup> (36/84)	26,5 <sup>b</sup> (26/98)
2do. serv (%)	58 <sup>a</sup> (28/48)	37,5 <sup>b</sup> (27/72)
3er. serv (%)	100 <sup>a</sup> (20/20)	31,0 <sup>b</sup> (14/45)
Número servicios /concepción	1,8 ± 0,2 <sup>a</sup>	3,2 ± 0,5 <sup>b</sup>
Intervalo primer servicio - concepción (días en servicio)	31 ± 5 <sup>c</sup>	58 ± 6 <sup>d</sup>
Tasa de Preñez <sup>e</sup> (%)	71 <sup>c</sup> (60/84)	42 <sup>d</sup> (41/98)
Vacas repetidoras de servicio(%)	0 <sup>c</sup>	32 <sup>d</sup> (31/98)

Valores con diferentes superíndices dentro de líneas difieren significativamente. <sup>a,b</sup> P < 0,05; <sup>c,d</sup> (P < 0,01). <sup>e</sup> Calculado al final del estudio (45 d después del primer servicio).

una estación LL y S en el trópico. Debe enfatizarse que todas las vacas presentaron condición corporal similar (3,5 sobre una escala de 5) durante las dos estaciones, habían sido detectadas en estro al menos una vez (intervalo parto-primer estro fue de 30 ± 5 d), lo cual fue contrastante con la tendencia a presentar ciclicidad silente postparto en razas cruzadas con Holstein en condiciones tropicales (24), y la precisión de la detección del estro fue 100%, basada en el análisis de progesterona.

Aun cuando las vacas estudiadas aquí estuvieron semiestabuladas, se evidenció que la fertilidad fue afectada por la estación S (seca) no obstante ser la raza Carora originada en la región donde este estudio se efectuó. Creemos que este efecto sobre la fertilidad fue producido por el estrés ambiental, no necesariamente por el calor puesto que la temperatura promedio fue solamente 1,5°C más alta en la

estación S que en la estación lluviosa (LL). En el ganado lechero, varios autores han mostrado que el cortisol es capaz de disminuir la secreción de LH (6, 9, 25, 30), lo cual pudiera ocurrir durante la estación S en este estudio, quizás produciendo la incidencia más alta de estros anovulatorios en la estación S. Es posible que en las vacas Carora la secreción de LH aumenta y la de cortisol disminuya a medida que el intervalo postparto progresa, como ha sido demostrado en vacas de carne durante el amamantamiento (33) y que pudieran haber diferencias en esta relación entre la LH y el cortisol entre vacas Carora durante las estaciones S y LL. Benmrad y Stevenson (3) reportaron una tasa de concepción al primer servicio (42%) y número de servicios/concepción (1,8) similares a los encontrados en la estación LL en este estudio. Los resultados inusuales que 20 de 20 vacas concibieron al ter-

**Cuadro 2. Actividad ovárica durante 45 días después del servicio en vacas caroreñas no preñadas. Efecto de la estación.**

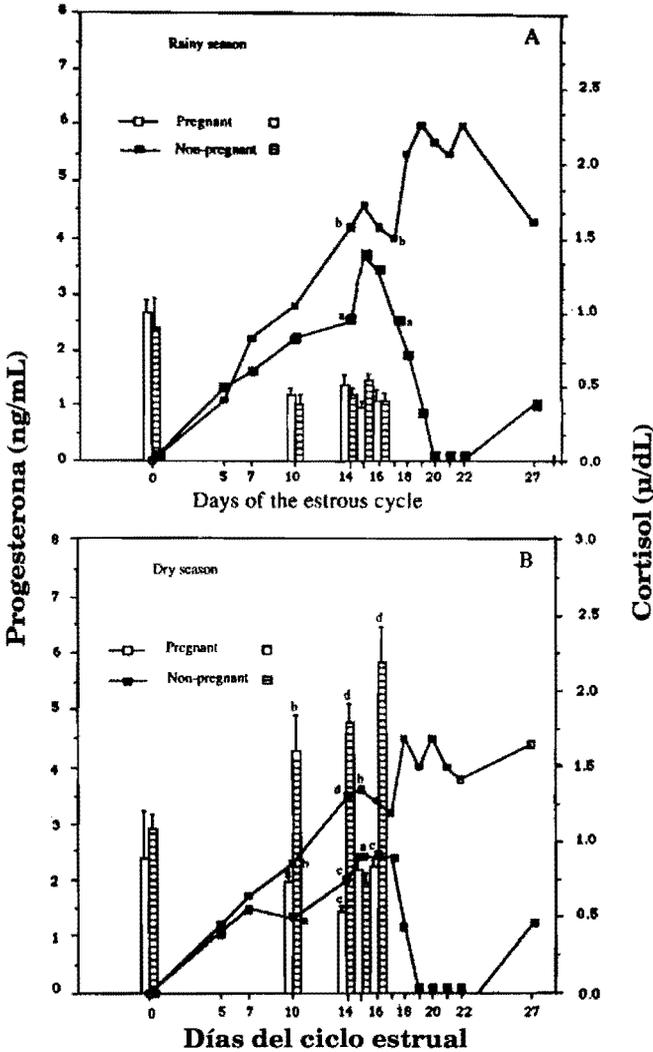
Variable	Estación			
	Lluvias (n=48)		Sequía (n= 72)	
Intervalo Interestrua <sup>o</sup> (d)		(n)		(n)
a) 10-14 (%)	4 <sup>a</sup>	(2)	11 <sup>b</sup>	(8)
b) 15-19 (%)	17	(8)	14	(10)
c) 20-22 (%)	75 <sup>a</sup>	(36)	56 <sup>b</sup>	(40)
d) 23-27 (%)	4 <sup>c</sup>	(2)	19 <sup>d</sup>	(14)
Expresión del Estro (%)	95 <sup>a</sup>	82 <sup>b</sup>		
Progesterona de la fase luteal <sup>f</sup> (ng/mL)	5,2 ± 1,2 <sup>c</sup>		2,7 ± 0,7 <sup>d</sup>	
Anestro (%)	4		6	
Estro anovulatorio (%)	4 <sup>a</sup>		11 <sup>b</sup>	

Valores con diferente superíndice dentro de líneas, difieren significativamente. <sup>a,b</sup> P (<0,05). <sup>c,d</sup> P (<0,01). <sup>e</sup> Análisis de Chi-cuadrado incluyó los 4 intervalos interestruales y las dos estaciones usando 3 grados de libertad. Las otras variables usaron 1 grado de libertad. <sup>f</sup>Progesterona promedia entre los días 5 al 15 post-inseminación.

cer servicio y que la tasa de concepción en este servicio fue mayor que la registrada en el primer y segundo servicio en las vacas LL, indican que en las vacas Carora la tasa de concepción es mayor a medida que el período postparto es más largo, lo cual puede ser influido por el decremento en el pico de producción de leche puesto que el balance energético negativo está siendo inhibido durante la estación LL. Las variables empleadas en este estudio para medir la fertilidad (cuadro 1) pudieran servir para evaluar el comportamiento reproductivo del ganado explotado bajo condiciones tropicales.

Este estudio reporta un porcentaje mayor de intervalos interestruales regulares(20-22 d) y de expresión del estro en la estación LL que en la S, indicando que quizás el

eje hipotálamo-pituitario-ovárico fue menos inhibido por la retroalimentación negativa inducida por el cortisol (27) en la estación LL. La expresión de estro más baja en la estación S, muestra que la incidencia de ovulación sin estro en esta estación podría ser un factor importante en disminuir la eficiencia reproductiva. La detección de estro más baja podría ser causada por duración corta del estro o por procedimientos deficientes en su detección, así como también la falla presentada por la vaca en exhibir el comportamiento de estro. La eficiencia en la detección del estro en el hatillo utilizado en este estudio, puede ser criticado como una debilidad potencial, pero no la precisión en la detección del estro, como fue anotado previamente. Adicionalmente, durante la estación S hubo más ciclos estruales largos (23-



**Figura 1. Concentraciones séricas promedio de progesterona (curvas) hasta el día 27 después de la primera inseminación en vacas Carora preñadas (n = 26 vs 24) y no preñadas (n= 24 vs 20), y de cortisol en los días 0, 10, 14, 15 y 16 en vacas Carora preñadas (n = 9 vs 6) y no preñadas (n= 7 vs 8) durante las estaciones lluviosa (A) y seca (B), respectivamente. Todas las vacas no preñadas incluidas presentaron un ciclo estroal de 22 días, lo cual fue determinado retrospectivamente. Medias con superíndices diferentes difieren significativamente: <sup>a,b</sup> P<0,05; <sup>c,d</sup> P<0,01. Día 0 = día de la inseminación.**

27 d), quizás como evidencia indirecta de la presencia de un embrión, pero estos ciclos largos pudieran también ser debidos a cuerpos lúteos con duración más larga que el promedio sin la presencia de un embrión (5).

En la presente investigación, el porcentaje de vacas repetidoras fue mayor en la estación S. Las causas de vacas repetidoras en este trabajo podrían ser: 1) ciclos estruales cortos (10-14d); 2) secreción de progesterona más baja encontrada en las vacas no preñadas de la estación S en los días 10, 14 y 15, lo cual está de acuerdo con los niveles de progesterona plasmáticos correlacionados con la preñez antes del reconocimiento maternal de la preñez (28); y 3) una incidencia más alta de estros anovulatorios, aunque no tan alta (33%) como la encontrada en una región tropical del Perú (11). En efecto, nosotros reportamos recientemente una incidencia importante de ciclos estruales anovulatorios en cabras mestizas que registraron niveles bajos de LH, bajo las mismas condiciones tropicales estudiadas aquí (23). Hubiera sido interesante medir estradiol en este estudio, puesto que si el estrés ambiental durante la estación S aumentó el estradiol durante el reconocimiento maternal, esto pudiera jugar un rol en la baja fertilidad encontrada en este estudio (35). Además, concentraciones altas de cortisol secretado durante la estación S pudieran inhibir directamente los receptores de LH en las células granulosas de la vaca (20).

El hallazgo más importante de este estudio consistió en las concentraciones séricas de cortisol

mayores en las vacas no preñadas que en las preñadas durante la estación S en los días 10, 14 y 16 (figura 1B). Esto sugiere que la corteza adrenal en las vacas Carora es más sensible a secretar cortisol durante la estación S, lo cual podría afectar la la preñez temprana mediante mecanismos que inducen la luteólisis temprana (12, 21). Además, factores ambientales de la estación S pueden haber perturbado la producción de progesterona en las células luteales, quizás a través de una interacción entre la duración de la secreción de prostaglandina  $F_{2a}$  y la liberación de cortisol, como fue sugerido en vacas de carne (33), afectando la actividad del cuerpo lúteo mediante péptidos opiodes endógenos (7). Nosotros enfatizamos que los incrementos en las concentraciones séricas de cortisol encontrados durante la estación S en este estudio, podrían ser la causa de la disminución en la secreción de progesterona y de la incidencia mayor de intervalos interestruales cortos (10-14 d) (cuadro 2) en las vacas no preñadas de la estación S, lo cual es indicativo de la presencia de un cuerpo lúteo subfuncional (12).

Finalmente, el hallazgo en este estudio es que el cortisol está asociado con niveles bajos de progesterona, coincidiendo en primer lugar con el uso de glucocorticoides sintéticos para inducir el parto en varias especies incluyendo las vacas (19); en segundo lugar con el reciente reporte de que dosis luteolíticas de prostaglandina  $F_{2a}$  incrementaron las concentraciones plasmáticas de cortisol en vacas en lactación (2); y finalmente con nuestro

trabajo sobre hipercortisolemia crónica la cual pudiera disminuir la secreción de progesterona por el cuerpo lúteo en la perra (22).

La secreción de cortisol incrementada en la estación S encontrada en este estudio, puede indicar no necesariamente que un estado patológico se ha desarrollado, como fue anotado por Moberg (27), sino que las vacas Carora tienen la habilidad para regular la secreción de cortisol y así realizar los cambios fisiológicos apropiados y asociados con la estación S, como fue postulado cuando los toros fueron reubicados a diferentes condiciones ambientales (4). En este sentido, fue interesante en este estudio que las concentraciones de cortisol sérico estuvieron alrededor de 1 mg/dL en el día 0 durante las dos estaciones, es decir, doblando el cortisol de los días 10, 14, 15 y 16 de la estación lluviosa, lo cual indica que la

secreción de cortisol es incrementada por efecto de una situación fisiológica, en este caso, el estro (2).

En resumen, así parece que en las vacas Carora la corteza adrenal es más susceptible a secretar cortisol durante la estación seca que durante la estación lluviosa bajo las condiciones tropicales estudiadas aquí. El incremento en la secreción de cortisol sería capaz de comenzar varios mecanismos relacionados con el eje hipotálamo-pituitario-ovárico que afectarían la función del cuerpo lúteo en la producción de progesterona, lo cual causaría fases luteales cortas o disminución en la secreción de progesterona, los cuales fueron encontrados en este estudio. Se recomienda comparar estos resultados en vacas Carora con vacas no nativas, por ejemplo, Holstein, explotadas bajo las condiciones tropicales estudiadas.

## Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el CDCHT de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) de Barquisimeto, Venezuela y por el Departamento de Salud y Producción Animal del Organismo

Internacional de Energía Atómica de Viena (FAO/IAEA). También agradecemos al personal de la Hacienda Montevideo y al MV. S. Puzzar y a la Br. M. Arteaga por su ayuda en el centro de computación.

## Literatura citada

1. Albiñ A, Gustafsson H, Hurst M, Rodríguez-Martínez. Embryonic ability to prolong the interoestrous interval in virgin and repeat breeder heifers. *Anim Reprod Sci* 26:193-210, 1991.
2. Baishya N, Cooper MJ, Hart IC, Jackson PS, Furr BJA, Jenkin G, Pope GS. Effects of luteolytic doses of prostag-

landin F2a and cloprostenol on concentrations of progesterone, luteinizing hormone, folliclestimulating hormone, glucose, insulin, growth hormone, thyroxine, prolactin and cortisol in jugular plasma of lactating dairy cows. *Br Vet J* 150:569-582, 1994.

3. Benmrad M, Stevenson JS. Gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F<sub>2</sub> alfa for postpartum dairy cows: Estrous, ovulation and fertility traits. *J Dairy Sci* 69:800-811, 1986.
4. Berardinelli JG, Godfrey RW, Adair R, Lunstra DD, Byerley DJ, Cardenas H, Randel RD. Cortisol and prolactin concentrations during three different seasons in relocated Brahman and Hereford bulls. *Theriogenology* 37:641-654, 1992.
5. Bloomfield GA, Morant SV, Ducker MJ. A survey of reproductive performance in dairy herds. Characteristics of the patterns of progesterone concentrations in milk. *Anim Prod* 42:1-10, 1986.
6. Carruthers TD, Hafs HD. Suckling and four-times daily milking: Influence on ovulation, estrus and serum luteinizing hormone, glucocorticoids and prolactin in postpartum Holsteins. *J Anim Sci* 50:919-925, 1980.
7. Clarke IJ, Tilbrook AJ. Influence of nonphotoperiod environmental factors on reproduction in domestic animals. *Anim Reprod Sci* 28:219-228, 1992.
8. Cosgrove JR, de Rensis F, Foxcroft GR. Opioidergic pathways in animal reproduction: Their role and effects of their pharmacological control. *Anim Reprod Sci* 33:373-392, 1993.
9. Edgerton LA, Hafs HD. Serum luteinizing hormone, prolactin, glucocorticoids and progesterone in dairy cows from calving to gestation. *J Dairy Sci* 56:451-457, 1973.
10. Galina CS, Arthur GH. Review of cattle reproduction in the tropics 4. Oestrous cycles. *Anim Breed Abs* 58:697-707, 1990.
11. García M. Milk progesterone profiles in crossbred Brown Swiss x Nellore cattle following natural service. *Theriogenology* 33: 1105-1111, 1990.
12. Garverick HA, Zollers WG Jr, Smith MF. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having normal or sub-normal luteal function. *Anim Reprod Sci.* 28:111-124, 1992.
13. Geisert RD, Short EC, Zavy MT. Maternal recognition of pregnancy. *Anim Reprod Sci* 28:287-298, 1992.
14. Gill JL, Design and Analysis of Experiments in the Medical and Animal Sciences. Iowa State University Press, Ames, IA, 1978.
15. Gill JL, Hafs HD. Analysis of repeated measurements of animals. *J Anim Sci* 33: 331-336, 1.971.
16. Gustafsson H, Larsson K, Kindahl H, Majed A. Sequential endocrine changes and behavior during oestrus and metoestrus in repeat breeder and virgin heifers. *Anim Reprod Sci* 10:261- 273, 1986.
17. Gwazdauskas FC, Keys, Jr JE, McGilliard ML. Adrenal response during periparturient period to adrenocorticotropin in dairy cattle fed corn silage and grass legume silage. *J Dairy Sci* 69:2134-2139, 1986.
18. Jiménez F, Galina CS, Duchateau A, Navarro-Fierro R. Levels of LH, progesterone and estradiol-17 $\beta$  during natural and PGF<sub>2a</sub>- induced estrus in Indobrazil and Brown Swiss cows in the tropics. *Anim Reprod Sci* 16:199-206, 1988.
19. Jöchle W. Corticosteroid-induced parturition in domestic animals. *Ann Rev Pharmacol* 13:33-65, 1973.
20. Kawate N, Inaba T, Mori J. Effects of cortisol on the amounts of estradiol-17 $\beta$  and progesterone secreted and the number of luteinizing hormone receptors in cultured bovine granulosa cells. *Anim Reprod Sci* 32:15-25, 1993.
21. Kindahl H, Edqvist LE, Bane A, Granström, E. Blood levels of progesterone and 15-keto-13,14- dihydroprostaglandin F<sub>2a</sub> during the normal oestrous cycle and early pregnancy in heifers. *Acta Endocrinol.* 82:134-149, 1976.
22. Lefcourt AM, Bitman J, Kahl S, Wood DL. Circadian and ultradian rhythms of peripheral cortisol concentrations in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 76:2607-2612, 1993.

23. Leyva-Ocariz H, Munro C, Stabenfeldt GH, Serum LH, FSH, estradiol-17 $\beta$  and progesterone profiles of native and crossbred goats in a tropical semi-arid zone of Venezuela during the estrous cycle. *Anim Reprod Sci* 39:49-58, 1995.
24. Leyva-Ocariz H. Effect of Hyperadrenocorticism and diabetes mellitus on serum progesterone concentrations during early metoestrus of pregnant and non-pregnant cycles induced by pregnant mares' serum gonadotrophin in domestic dogs. *J Reprod Fert [Suppl 47]:371-377*, 1993.
25. Li PS, Wagner WC. In vivo and in vitro studies on the effect of adrenocorticotrophic hormone or cortisol on the pituitary response to gonadotropin releasing-hormone. *Biol Reprod* 29:25-37, 1983.
26. Macadam WR, Eberhart RJ. Diurnal variation in plasma corticosteroid concentration in dairy cattle. *J Dairy Sci* 55:1792-1798, 1972.
27. Moberg GP. A model for assessing the impact of behavioral stress on domestic animals. *J Anim Sci* 65:1228-1235, 1987.
28. Morales F, Blake RW, Stanton TL, Hahn MV. Effects of age, parity, season of calving and sire on milk yield of Carora cows in Venezuela. *J Dairy Sci* 72:2161-2169, 1989.
29. Nanda AS, Dobson H, Ward WR. Relationship between an increase in plasma cortisol during transport-induced stress and failure of oestradiol to induce a luteinizing hormone surge in dairy cows. *Res Vet Sci* 49:25-28, 1990.
30. National Research Council. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* 5th ed. Natl Acad Sci, Washington DC, 1989.
31. Ramírez IL, Soto BE, Gonzalez SC, Soto CG, Rincón UE. Factors affecting postpartum ovarian activity in cross-bred primiparous tropical heifers. *Theriogenology* 38:449-460, 1992.
32. Revah I, Lomas R, Zarco L, Galina C. Evaluación del tratamiento rutinario con prostaglandina F2a en el día 30 ó 40 posparto sobre la actividad ovárica y la eficiencia reproductiva de vacas Holstein. *Vet Méx* 20:135-143, 1989.
33. Srikandakumar A, Ingraham RH, Ellsworth M, Archbald LF, Liao A, Godke RA. Comparison of a solid phase, no extraction radioimmunoassay for progesterone with an extraction assay for monitoring luteal function in the mare, bitch and cow. *Theriogenology* 26:779-793, 1986.
34. Stahringer RC, Byerley DJ, Kiset TE, Randel RD. Serum luteinizing hormone, 13, 14 dihidro-15-keto-prostaglandin F2a and cortisol profiles during postpartum anestrus in Brahman and Angus cows. *Theriogenology* 41:1069-1080, 1994.
35. Thatcher WW, Macmillan KL, Hansen PJ, Drost M. Concepts for regulation of corpus luteum function by the conceptus and ovarian follicles to improve fertility. *Theriogenology* 31:149-164, 1989.
36. Verkerk GA, Macmillan KL, Mcleay LM. Adrenal cortex response to adrenocorticotrophic hormone in dairy cattle. *Domestic Anim Endocrinol* 11: 115-123, 1994.
37. Wagner WC, Oxenreider SL. Adrenal function in the cow. Diurnal changes and the effects of lactation and neurohypophyseal hormones. *J Anim Sci* 34:630-636, 1972.
38. Waterman DF, Silvia WJ, Hemken RW, Heersche GJr, Swenson TS, Eggert RG. Effect of bovine somatotropin on reproductive function in lactating dairy cows. *Theriogenology* 40:1015-1028, 1993.