

Comportamiento reproductivo de vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* bajo programas de inseminación artificial a estro sincronizado y natural en condiciones del trópico seco de Costa Rica

José Roberto Baca Fuentes*
Enrique Pérez Gutiérrez *
Carlos S. Galina Hidalgo**

Abstract

To evaluate the reproductive performance of beef cows artificially inseminated in dry tropical conditions in Costa Rica, 3080 records were used related to 8 programs of artificial insemination (AI) of cows of five or more years of age. Of these records, 28 were eliminated due to inconsistent data, so in the end only 3052 records were taken into account to be analyzed. Percentage of synchronized and pregnant cows were calculated. Gestation length was calculated (2367 records) on animals which had insemination and calving dates. Almost 20% (605/3052) of the cows were treated with prostaglandin F_{2α}; out of them, 61% (371/605) was detected in heat between 72 and 168 h post-treatment. Seventy seven percent (101/131) of the treated cows that failed to hold service showed estrus again after 17 and 23 days. Seventy seven point three percent (686/888) prostaglandin F_{2α} non treated cows, that failed to hold service, also showed estrus after 17 and 23 days. Overall conception rate was 80.2% (2448/3052), whereas at first and second services, figures were 60.5% and 67.1%, respectively. In the treated cows that were detected in heat between 3 to 7 days post-treatment, the conception rate was 87% (324/371). In the rest of the group, including treated and non treated cows outside the period of 3 to 7 days, the conception rate was about 81%. The overall number of services per conception was 1.6. Nevertheless, only 77% of the gestations were found to be between 261 and 290 days suggesting that the high conception rates observed in this experiment were not necessarily a consequence of the AI program.

Key words: REPRODUCTIVE PERFORMANCE, PROSTAGLANDIN F_{2α}, ESTRUS SYNCHRONIZATION, ESTRUS RESPONSE.

Resumen

Para evaluar el comportamiento reproductivo de vacas cebuinas bajo programas de inseminación artificial (IA) en el trópico seco de Costa Rica, se utilizaron 3052 registros correspondientes a ocho programas de inseminación artificial de vacas adultas de 5 o más años de edad y se calcularon los porcentajes de animales sincronizados y gestantes. Asimismo, la duración de la gestación fue calculada de 2367 registros que contaban con fecha de inseminación y parto, respectivamente. El 19.8% (605/3052) de las vacas fueron sincronizadas con prostaglandina F_{2α}, 61% (371/605) fueron detectadas en celo entre las 72 y 168 horas postratamiento. El 77% (101/131) de vacas sincronizadas que

Recibido el 15 de agosto de 1997 y aceptado el 11 de diciembre de 1997.

* Posgrado Regional en Ciencias Veterinarias Tropicales. Universidad Nacional. Apartado 304-3000, Heredia, Costa Rica.

** Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 04510, México, D.F.

repetieron celo fueron registradas entre 17 y 23 días. El 77.3% (686/888) de vacas no tratadas y que repetieron celo, fueron registradas entre 17 y 23 días. El porcentaje de concepción general fue de 80.2 (2448/3052), al primero y segundo servicios fue de 60.5 y 67.1, respectivamente. En las vacas tratadas que presentaron celo en el periodo de 3 a 7 días postratamiento, el porcentaje de concepción fue de 87 (324/371), y el grupo restante, que incluye hembras que mostraron celo fuera del periodo de 3 a 7 días incluyendo vacas tratadas y no tratadas, fue de 81 (2111/2619). El número de servicios por concepción general fue de 1.6. Sin embargo, solamente 77% de las vacas tuvieron una duración de la gestación entre 261 y 290 días, sugiriendo que altas tasas de concepción posiblemente no sean producto directo de la I A.

Palabras clave: COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO, PROSTAGLANDINA F2 α , SINCRONIZACIÓN DE ESTRO, RESPUESTA ESTRAL.

Introducción

La inseminación artificial, como una técnica de reproducción, se ha usado poco en la ganadería de carne de América Latina.¹ Actualmente ya existe una considerable cantidad de conocimientos sobre las peculiaridades del ganado Cebú^{2,3,4,5} que arrojan luz sobre los posibles factores que han obstaculizado la difusión de esta técnica en la ganadería de carne. Sin embargo, varios autores coinciden en que uno de los mayores limitantes es la detección de estros^{6,7,8} debido a que en los animales *Bos indicus* el estro es significativamente más corto^{9,10} y la manifestación es menos intensa.^{2,11} Además, las hembras en celo no permiten ser montadas repetidamente, sino que en promedio aceptan una monta por cada hora de celo.² Adicionalmente, dicha actividad se circunscribe, en parte, sólo a vacas en estro, lo cual ocurre con mayor frecuencia durante la noche,^{11,12} revelando que éste es uno de los mayores problemas que contribuyen al fracaso de la detección del estro cuando se utilizan solamente dos observaciones diarias sin la utilización de métodos complementarios.

No obstante lo anterior, la sincronización de estros en el ganado productor de carne del tipo cebuino, constituye una medida de manejo de gran importancia económica, debido a que permite administrar grupos compactos, facilita la inseminación artificial mediante la reducción de los costos asociados con la detección de estros,¹³ así como la disminución de la temporada de servicios y del periodo de partos, con el fin de optimizar la mano de obra y el cuidado de las madres y crías.¹⁴ Por otro lado, la sincronización de estros incrementa la proporción de vacas y vaquillas que exhiben estro y quedan gestantes en los primeros 5 días de la temporada de servicios.^{15,16}

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar a través de un estudio retrospectivo en 3052 registros de un programa de inseminación artificial, la presentación de celos tanto en las vacas tratadas con prostaglandina F2 α como en las no tratadas, y comparar los índices reproductivos de vacas cebuinas bajo programas de inseminación artificial a estro sincronizado y natural.

Material y Métodos

Localización

Para realizar el presente estudio, se utilizaron los registros reproductivos del hato de cría, de una finca ubicada en el distrito primero del cantón de Liberia, provincia de Guanacaste, en la zona noroeste, que corresponde al trópico seco de Costa Rica, a 10° 37' 54" latitud norte; 85° 26' 18" longitud oeste y a 140 msnm. La precipitación anual media es de 1581.9 mm, con una humedad relativa de 77% y temperatura anual media de 27°C. En el curso del año se presentan dos épocas definidas: la seca, que se prolonga de noviembre a mayo, con escasa o ninguna precipitación y la lluviosa que da inicio en junio y termina en octubre, con una precipitación que representa 93.5% de la lluvia anual y que fluctúa entre 1400 a 2500 mm.¹⁷

Animales

El hato estudiado estaba constituido por cruces de la raza Brahman con razas europeas de carne, como la Simmental, Hereford y Angus.

Manejo

El manejo del hato depende fundamentalmente del pastoreo en potreros cuya cubierta de pastos está formada casi en su totalidad por gramíneas, entre las cuales se destacan: el Pangola (*Digitaria decumbens*), Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Braquiaria (*Brachiaria decumbens*), Andropogon (*Andropogon gayanus*) y natural (*Paspalum notatum*). Además del pasto, reciben un suplemento de gallinaza con melaza y sal común y otros minerales.

Las vacas asignadas a los programas reproductivos son divididas en dos grupos: En uno se utiliza monta natural y en el otro, inseminación artificial. Los criterios de selección son: buena condición corporal, periodo posparto de 60 a 180 días, temperamento tranquilo, conformación adecuada del cérvix y ausencia de patologías de los demás órganos de la reproducción.

Durante cada programa los animales con la presencia de cuerpo lúteo, determinado por palpación rectal, recibieron una dosis intramuscular de 12 o 25 mg de prostaglandina F2 α . El periodo de servicios se prolonga de dos a tres meses, durante los cuales todas las hembras tienen la oportunidad de recibir dos inseminaciones correspondientes a dos celos consecutivos, después de éstos si no quedan gestantes, tienen una tercera oportunidad de ser servidas mediante monta natural y si fracasan nuevamente, son descartadas. Las vacas de los lotes de monta natural permanecen con el toro por periodos de tres meses.

La detección de celos es realizada por el inseminador y su respectivo ayudante, quienes cuentan con el auxilio de toros con pene desviado equipados con marcador de barbilla. Los animales son observados 2 veces diarias (6:30 a 7:30 a.m. y 4:00 a 5:00 p.m.). Se utiliza la inmovilidad de las hembras ante la monta como el criterio para considerarlas en celo y, en el caso del presente estudio, tanto las que recibieron el agente sincronizador como las que no lo recibieron, fueron inseminadas con semen de calidad probada, de 8 a 12 horas después de la detección.

El diagnóstico de gestación se realizó por palpación rectal generalmente dos meses después de haber finalizado los programas de inseminación artificial o monta natural.

Registros

Se utilizó la información disponible de ocho programas de inseminación artificial realizados entre 1986 y 1992 que generaron 3080 registros, de estos últimos, sólo quedaron 3052 disponibles para ser analizados, ya que fueron excluidas aquellas vacas que no contaban con la fecha de servicio ni de parto. En total se elimi-

naron 28 registros que corresponden al 0.9%. Los registros incluyen: Identificación de la vaca, sincronización, fecha de sincronización, fecha de primer servicio (día, mes y año), fecha de segundo servicio (día, mes y año), diagnóstico de gestación, fecha de parto (día, mes y año), programa.

A partir de esta información se generaron las siguientes variables: número de animales inseminados en cada programa, número de animales sincronizados por programa, fertilidad a primero y segundo servicios, determinada por el número de animales gestantes de todos los inseminados con uno y dos servicios, respectivamente; intervalo entre fecha de sincronización y de primer servicio de las vacas tratadas con prostaglandina F2 α , intervalo entre servicios en las que mostraron celo natural y de las que fueron tratadas con PF2 α , así como el número de servicios por concepción de las vacas gestantes en general.

Procedimientos analíticos

Número de animales asignados a cada programa y sincronizados por programa

Los cálculos para determinar el número de animales asignados a cada programa y los tratados con prostaglandina F2 α por programa de inseminación, se hicieron con el programa Dbase III Plus.

Intervalo de sincronización primer servicio

Para este análisis se tomaron en cuenta cuatro categorías: 0 a 2 días; 3 a 7 días; de 8 a 21 días; y >22 días. Las vacas que fueron servidas entre los 3 y 7 días postratamiento se consideraron en celo producto de la sincronización.

Cuadro 1
DISTRIBUCIÓN DE LAS VACAS SINCRONIZADAS Y NO SINCRONIZADAS POR PROGRAMA

Programa	Duración programa días	Número de vacas inseminadas	Número de vacas sincronizadas	Porcentaje sincronizado del total inseminado
1	73	310	31	10.0
2	80	529	152	28.0
3	70	578	73	12.6
4	142	78	26	33.3
5	77	259	26	10.0
6	108	229	45	19.7
7	87	599	175	29.2
8	71	470	77	16.3
Total		3052	605	19.8

Cuadro 2
VACAS DETECTADAS EN CELO DE LA SINCRONIZACIÓN AL PRIMER SERVICIO
SEGÚN PROGRAMAS Y CATEGORÍAS

Programa	Número de vacas sincronizadas	Categorías (días)			
		0 - 2	3 - 7	8 - 21	> 22
1	31	6	23	2	0
2	152	17	70	35	30
3	26	2	15	9	0
4	73	2	54	12	5
5	26	4	19	0	13
6	45	4	26	7	8
7	175	15	122	22	16
8	77	26	42	9	0
Total	605	76	371	96	62

Intervalo entre servicios

Se crearon tres categorías tanto para las que recibieron el tratamiento con prostaglandina como para las que no lo recibieron: 0 a 16 días; 17 a 23 días; > 24 días.

Fertilidad a primero y segundo servicios

El cálculo de la fertilidad al primero y segundo servicios según periodo de inseminación, se hizo con el programa SAS. El cálculo se realizó del total de vacas inseminadas una o dos veces, independientemente del intervalo entre una y otra inseminación.

En vista de que al introducir la información se notó que en algunos animales la duración de la gestación no correspondía al periodo normal, para evaluar esta característica se tuvieron en cuenta tres categorías: < 260 días, 261-290 días, y > 291 días.

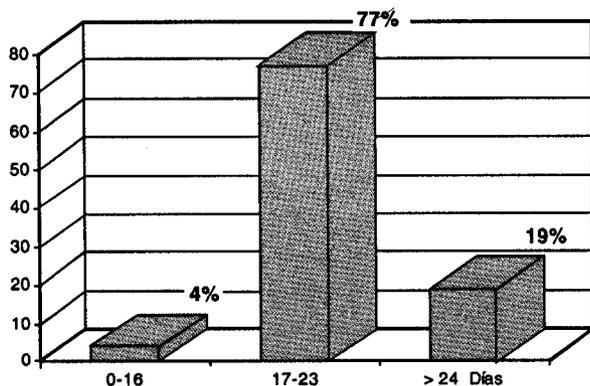


Figura 1. Intervalo entre servicio en las vacas tratadas con PGF2α.

Se consideraron como aborto las vacas que resultaron preñadas mediante el examen rectal, pero cuya gestación no concluyó en un parto.

Resultados

Distribución de las vacas tratadas con PGF2α y las no tratadas según periodos y categorías

La distribución de las vacas tratadas con PGF2α y no tratadas por programa se presenta en el Cuadro 1. En general fueron tratadas 19.8% de las vacas inseminadas. El menor porcentaje de vacas tratadas (10%) corresponde a los periodos 1 y 5, respectivamente.

Detección de celos y periodo entre servicios

El número de vacas detectadas en celo en el periodo comprendido desde la aplicación de la prostaglandina hasta la realización del primer servicio según programa y categorías fue irregular (Cuadro 2). El 61% (371/605) de las vacas tratadas en el desarrollo de los ocho programas fue detectado en celo entre los tres y siete días postratamiento.

Sin embargo, 13% fue detectado antes de las 72 horas y 26% después de los 7 días (Cuadro 2), lo cual significa que 39% de las vacas fue detectado en celo fuera del tiempo definido en el presente estudio como resultado del efecto del fármaco sincronizador.

La distribución de las vacas tratadas en los ocho programas y categorías del intervalo entre dos servicios consecutivos se muestra en la Figura 1. Un 77% (101/131) de las vacas fueron detectadas entre 17-23 días. Sin embargo, 4% y 19% fueron detectados antes de los 17 y después de los 23 días, respectivamente.

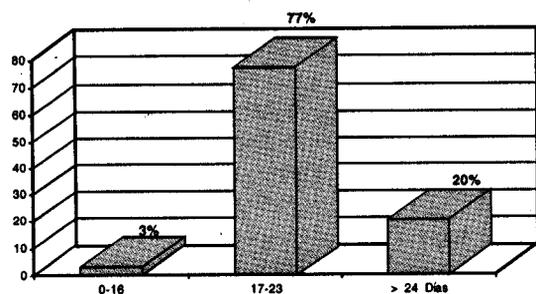


Figura 2. Vacas en celo natural, según la categoría entre dos servicios consecutivos.

Estos porcentajes son similares a los observados en las vacas no tratadas según las mismas categorías del intervalo entre dos servicios consecutivos (Figura 2).

Servicios por concepción

El número de servicios por concepción general de las vacas gestantes fue de 1.6, el cual es similar al número de servicios por concepción de cada programa en particular.

Porcentaje de concepción

El porcentaje de concepción al primero y segundo servicios se presenta en el Cuadro 3. El porcentaje general de concepción fue de 80. 2 % (2448/3052), que es similar al porcentaje de concepción de cada uno de los programas ($P > 0.05$), por tal razón, tampoco se encontró diferencia en cuanto al porcentaje de concepción entre los programas 1/2/3/6/7 y 8 que fueron realizados durante la época lluviosa, y los programas 4

y 5 que fueron realizados durante la época de sequía ($P > 0.05$). Al primero y segundo servicios en todos los programas conjuntamente, el porcentaje de concepción fue de 60.5% (1849/3052) y 67.1% (599/892), respectivamente.

El porcentaje de concepción de las vacas que presentaron celo en la categoría de 3-7 días posteriores a la aplicación de la PGF2 α fue de 87 % (337/371), mientras que en el grupo restante fue de 81% (2111/2619), ($P < 0.05$).

Categorías de la duración de la gestación

De los 3052 registros hubo 77.5% (2367/3052) gestaciones con fecha de servicio y de parto, 3.3% (81/3052) con fecha de servicio y diagnóstico de gestación positivo pero sin fecha de parto; ya que aparecen consignados como abortos y, además, 19.7% (604/3052) que tenían fecha de servicio pero con diagnóstico de gestación negativo.

La distribución al primero y al segundo servicios según categorías de la duración de la gestación, se presenta en la Figura 3. Tanto al primero como al segundo servicios, el mayor porcentaje de gestaciones se registró en la categoría de 261 a 290 días (78% y 74.5%, respectivamente). Sin embargo, al hacer el cálculo del porcentaje de concepción, se encontró que fue de solamente 60% en las vacas que tuvieron una duración de la gestación entre 261-290 días.

Discusión

El número de vacas sincronizadas 605 (19.8%) durante todos los ocho periodos representa una cantidad reducida, posiblemente relacionado con el hecho de

Cuadro 3
VACAS INSEMINADAS Y GESTANTES AL PRIMERO Y SEGUNDO SERVICIOS POR PROGRAMA

Programa	Inseminadas y gestantes a primer servicio	Inseminadas y gestantes a segundo servicio a primer servicio	Porcentaje de gestación a segundo servicio	Porcentaje de gestación
1	310/172	86/60	55.4	69.8
2	529/306	171/96	57.8	56.1
3	578/356	170/115	61.5	67.6
4	78/41	27/18	52.5	66.6
5	259/171	60/41	66.0	68.3
6	229/135	73/54	59.0	74.0
7	599/386	159/108	64.4	67.9
8	470/282	146/107	60.0	73.3
Total	3052/1849	892/599	60.5	67.1

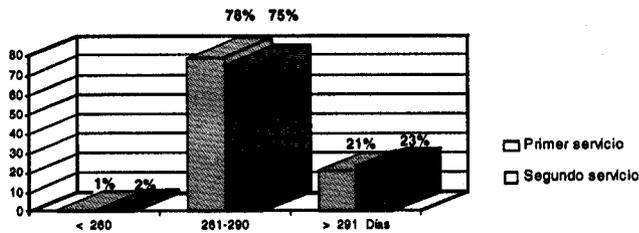


Figura 3. Distribución porcentual de la preñez al primero y segundo servicios, según la categoría sobre la duración de la gestación.

que las vacas asignadas a los programas de inseminación artificial constituyen una muestra selectiva del hato total y, por lo tanto, los inseminadores comúnmente detectan suficientes animales en celo para inseminar durante cada día de la realización de la temporada de servicios. El 71.6% de las vacas fueron detectadas en celo entre las 72 y 168 horas, dicho intervalo que fue considerado en este estudio como el periodo de respuesta a la acción de la prostaglandina F 2α , lo cual concuerda con lo encontrado por varios autores.^{12, 18, 19}

Infortunadamente varios estudios consultados generalmente sólo consignan el porcentaje de las vacas que presentan conducta de celo, sin separar el porcentaje que muestra celo fuera de la hora promedio (72-168 horas).

En el presente estudio 2.3% de las vacas presentaron celo antes de las 72 horas, mientras que 26% después de las 168 horas, lo cual sugiere que estos animales presentaron un celo natural y no inducido por la acción de la prostaglandina F 2α . Se ha comunicado que la precisión en el diagnóstico de un cuerpo lúteo por palpación rectal en el ganado Cebú es de 71%.²⁰ De manera que tanto la respuesta estral temprana como la tardía pudo deberse a fallas en la detección del cuerpo lúteo, previa al tratamiento en estos animales. El grado de sincronización de los estros puede modificarse por la etapa del diestro y en particular como consecuencia de las características foliculares de las hembras al momento del tratamiento.²¹

Este aspecto ha afectado los programas de inseminación artificial a tiempo fijo después de la inducción de estros, ya que algunas vacas son servidas temprano o tarde en relación con el momento de la ovulación. En el presente estudio, 2.3% de las vacas mostraron el estro antes de las 72 horas postratamiento; en consecuencia, algunas de ellas con un esquema de inseminación a tiempo fijo (80 h o 72 y 96 h después del tratamiento) hubieran sido inseminadas tarde en relación con el momento de la ovulación, mientras que 26% de las vacas hubieran sido inseminadas antes, ya que presentaron celo después de las 168 horas, lo cual en ambos casos repercute negativamente en la fertilidad.²² En el presente estudio las inseminaciones fueron hechas a estro observado.

El alto porcentaje de vacas con celo natural y sincronizado que tuvieron intervalos regulares del ciclo estral

sugiere que la detección de estros es satisfactoria. Sin embargo, 3.8% y 3.3% de las vacas en celo sincronizado y natural, respectivamente, tuvieron un ciclo estral menor a 17 días, lo cual posiblemente se deba en efecto a ciclos de corta duración relacionados con problemas nutricionales como sugieren Talavera *et al.*²³ Por el contrario, 19% y 19.4% de las vacas en celo sincronizado y natural, respectivamente, que tuvieron un ciclo estral mayor a 23 días, pudo ser causado por un celo no observado o por muerte embrionaria.

El número general de servicios por concepción (1.6) de las vacas inseminadas, Fetrow *et al.*²⁴ sugiere una importante efectividad de los técnicos inseminadores y concuerdan con los resultados obtenidos por otros autores en el ganado Cebú.^{25, 26, 27} Tanto el porcentaje general de concepción como el correspondiente al primer servicio son superiores a los comunicados por otros autores,^{18, 26, 28} quienes consignan de 48.5% a 54.6% para concepción total y de 29% a 51.6% para el primer servicio.

El porcentaje de concepción de las vacas que presentaron celo en el periodo considerado en este estudio como resultado de la acción de la PGF 2α es superior a lo comunicado por otros autores,^{18, 29} pero es similar a lo comunicado por Plata *et al.*,³⁰ quienes encontraron un 75% en vacas de carne tratadas con un análogo de la PGF 2α .

El alto porcentaje de concepción de las vacas tratadas, posiblemente se deba a que fueron inseminadas a estro observado y a la influencia de los criterios de selección que se utilizan para asignar las vacas a los programas de inseminación. La diferencia encontrada en el presente estudio tanto en las vacas que presentaron celo como resultado de la acción de la prostaglandina F 2α , al igual que en aquellas que presentaron celo natural, posiblemente sea debido al hecho de que las vacas asignadas a los programas de inseminación artificial son seleccionadas cuidadosamente; además, la alimentación en general es abundante tanto en los meses de lluvia como en los meses de sequía, lo cual pudo ser un factor determinante para que no se haya encontrado diferencia entre programas, en lo que se refiere a porcentajes de concepción, por la época del año en que fueron realizados. El 77% de las gestaciones, independientemente de si la concepción fue el resultado de la primera o segunda inseminación, ocurren entre 261 y 290 días; es decir, en la categoría definida en el presente estudio como una gestación normal.

Es interesante destacar: a) que 1.4 % de las gestaciones tuvieron una duración menor o igual que 260 días, tal situación pudo deberse a fechas de servicios o de partos no anotados en el día correspondiente o en algunos casos a un mal cálculo de la fecha del servicio, al momento de realizar el diagnóstico de gestación, y b) que 22.2% de las gestaciones tuvieron una duración mayor o igual que 291 días, esto pudo ser causado por un segundo servicio efectivo no consignado o por muertes embrionarias y servicios posteriores no anota-

dos. Sin embargo, cabe la posibilidad de que ya que en estos programas se utiliza como estrategia reproductiva la monta natural después de finalizar la temporada de inseminación artificial, es muy posible que algunas de estas gestaciones sean resultado de la monta natural.

En relación con la posibilidad antes citada, la idea adquiere respaldo en el hecho de que el porcentaje de concepción de las vacas que tuvieron una duración de la preñez entre 261-290 días fue de 60%, y de 17% en aquellas cuya duración de la preñez fue > 291 días. De manera que el porcentaje de concepción general posiblemente esté afectado por haber incluido en su cálculo las gestaciones que fueron resultado de la monta natural. Esta hipótesis tendrá que ser contestada con experimentos que permitan definir con toda precisión, si la gestación es producto de la inseminación artificial o de la utilización de los llamados toros de repaso.

Referencias

- Plasse D. Uso estratégico de la inseminación artificial en programas genéticos de bovinos de carne en Venezuela. Manual de mejoramiento genético del ganado de carne en los trópicos. Convenio Costarricense-Alemán. San José de Costa Rica: Ed. Heredia, 1992:191-193.
- Galina CS, Calderón A, McCloskey M. Detection of signs of estrus in the Charolais cows and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology* 1982; 17:485-498.
- Peters AR, Riley GM. Milk progesterone profiles and factors affecting post-partum ovarian activity in beef cows. *Anim Prod* 1982;34:145-153.
- Randel R. Seasonal effect on female reproductive function in the bovine. *Theriogenology* 1984;21:170-185.
- Vaca LA, Galina CS, Fernandez-Baca S, Escobar FJ, Ramirez B. Oestrous cycles, oestrus and ovulation of the Zebu in the Mexican tropics. *Vet Rec* 1985;117:434-437.
- Llewelyn CA, Munro CD, Luckins AG, Jordt T, Murray M, Lorenzini E. Behavioural and ovarian changes during the oestrous cycle in the Boran (*Bos indicus*). *Br Vet J* 1987;143:75-82
- Mattoni M, Mukasa-Mugerwa E, Cecchini G, Sovani S. The reproductive performance of East African Zebu (*Bos indicus*) cattle in Ethiopia. 1. Estrous cycle length, duration, behaviour and ovulation. *Theriogenology* 1988;30:961-970.
- Galina CS, Arthur GH. Review of cattle reproduction in the tropic. Part 4. Oestrous cycles. *Anim Breed Abstr* 1990; 58:697-707.
- Plasse D, Warnick AC, Koger M. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of estrus cycle, duration of estrus, time of ovulation fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. *J Anim Sci* 1970;30:63-72.
- Alberro M. Comparative performance of F₁ Friesian × Zebu heifers in Ethiopia. *Anim Prod* 1983;37:247-252.
- Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ, Riquelme E. Estrous behaviour following prostaglandin F_{2α} injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology* 1983;19:795-809.
- Voh A, Odeyipe EO, Buvanendran V, Kumi-Diaka J. Estrus response of indigenous Nigerian Zebu cows after prostaglandin F₂ alpha analogue treatment under continuous observations for two seasons. *Theriogenology* 1987;28:77-99.
- Donaldson LE. The development and marketing of estrus synchronization in cattle in Australia using prostaglandins. *Theriogenology* 1980;14:391-401.
- Román-Ponce H. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Vet* 1981;3:393-431.
- Spitzer JC, Wiltbank JN, Lefever DG. Increase beef cow productivity by increasing reproductive performance. Colorado State University Experiment Station Bulletin. General Series. Fort Collins (Col): Universidad de Colorado, 1975:949.
- Gonzalez LV, Fuquay JM, Bearden HJ. Insemination management for one-injection prostaglandin F_{2α} synchronization regimen. I. One daily insemination period versus use of the AM/PM rule. *Theriogenology* 1985;24:495-500.
- Barrantes J, Liao A, Rosales A. Atlas climatológico de Costa Rica. San José de Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1985:15-21.
- Landivar C, Galina CS, Duchateau A, Navarro-Fierro R. Fertility trial in Zebu cattle after a natural or controlled estrus with prostaglandin F₂ alpha, comparing natural mating with artificial insemination. *Theriogenology* 1985;23:421-429.
- Kiracofe GH, Keay LE, Odde KG. Synchronization of estrus in cyclic beef heifers with the prostaglandin analog alfaprostol. *Theriogenology* 1985;24:737-745.
- Vaca LA, Galina CS, Fernandez-Baca S, Escobar FJ, Ramirez B. Progesterone levels and relationship with the diagnosis of a *corpus luteum* by rectal palpation during the oestrous cycle in Zebu cows. *Theriogenology* 1983;10:67-76.
- Scaramuzzi RJ, Turnbull KE, Nancarrow CD. Growth of Graaf follicles in cows following luteolysis induced by the prostaglandin F₂-alpha analogue, Cloprostenol. *Austr J Biol Sci* 1980;33:63-69.
- Hunter RHF. Fertility in cattle: basic reasons why late insemination must be avoided. *Anim Breed Abstr* 1985; 53:83-87.
- Talavera F, Park CS, Williams GL. Relationships among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in Holstein heifers. *J Anim Sci* 1985;60:1045-1051.
- Fetrow J. Calculating selected reproductive indices: recommendations of the American Association of Bovine Practitioners. *J Dairy Sci* 1990;3:78-90.
- Plasse D, Bauer B, Verde O, Aragunde M. Influencias genéticas y ambientales sobre la eficiencia reproductiva de vacas criollas Cebú y sus cruzas. ALPA Memorias 1975 s/f; México (DF). México (DF): Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 1975;10:57-73.
- García M, Huanca W, Echevarria L. Reproductive performance of pure bred and crossbred Zebu cattle under artificial insemination in the Amazon Tropic. In: García M., editor. On the reproductive efficiency of pure and crossbred Zebu cattle in the Amazon Basin in Peru. Upsala (Sweden): University of Agricultural Sciences, 1988;1-20.
- Anta E, Rivera JA, Galina C, Porras A, Zarco L. Análisis de la información publicada en México sobre eficiencia reproductiva de los bovinos. II. Parámetros reproductivos. *Vet Méx* 1989;20:11-18.
- Segura V, Rodríguez O, Segura J. Factores que modifican la fertilidad en hembras Cebú y encastadas con Europeo, bajo un programa de inseminación en el trópico. *Téc Pecu Méx* 1989;27:129-136.
- Tegegne A, Warnick AC, Mukasa-Mugerwa E, Ketema H. Fertility of *Bos indicus* × *Bos taurus* crossbreed cattle after estrus synchronization. *Theriogenology* 1989;31:361-370.
- Plata NI, Spitzer JC, Henricks DM, Thompson CE, Plyler BB, Newby TJ. Endocrine, estrous and pregnancy response to varying dosages of luprostiol in beef cows. *Theriogenology* 1989;31:801-812.