

Capítulo LV

Bioestimulación o efecto macho

Antonio Landaeta-Hernández
Peter Chenoweth

Bioestimulación se define como el efecto estimulador de la presencia del macho sobre el estado sexual de la hembra expuesta (Chenoweth, 1983). Aunque con repercusiones neuroendocrinas, el fenómeno bioestimulador puede ser considerado un factor social. El presente Capítulo tiene por objetivo ilustrar de manera actualizada sobre el fenómeno bioestimulador, una herramienta de bajo costo capaz de producir efectos positivos dramáticos en la eficiencia reproductiva.

Especulaciones acerca del efecto bioestimulante de la presencia del toro sobre la actividad sexual de las vacas aparecen en la literatura a principios de los años 70 (Galina & Arthur, 1989). En trabajo previo, Macmillan *et al.* (1979) reportan el efecto de la presencia del macho en vacas lecheras con posibles efectos confundidos de tipo nutricional. Aunque algunos estudios han mostrado resultados no concluyentes, las evidencias del efecto de la presencia del toro sobre el estado sexual de las vacas son crecientes tanto en razas cárnicas *Bos taurus* como en *Bos indicus*, no así en las razas lecheras. En menor cuantía, también hay evidencias que sugieren que las interacciones entre hembras pueden jugar un rol importante en la fisiología reproductiva de la hembra bovina. En la actualidad, y bajo de la luz de nuevos desarrollo tecnológicos, los estudios sobre el efecto bioestimulador de la presencia del macho se vienen concentrando en discernir posibles mecanismos de acción, más que en la verificación del efecto.

PRESENCIA DEL TORO EN EL GANADO VACUNO

Presencia del toro en novillas

Aunque controversial, se ha reportado el efecto de la presencia del macho en el estatus reproductivo de las novillas. Sin embargo, la mayoría de los estudios disponibles señalan la confluencia de varios factores como nutrición, diferencias raciales y duración de la exposición. El efecto bioestimulador en novillas pre-puberales ha sido reportado en relación a la edad a la pubertad, actividad folicular post-puberal y tasa de preñez.

Izard & Vandenberg (1982) demostraron que la exposición de novillas taurinas de razas cárnicas en edad pre-puberal a la orina de toros puede acelerar la llegada de la pubertad. Sin embargo, un peso adecuado, el cual está influenciado por la raza, pareció ser un pre-requisito para que ocurriera la respuesta a la exposición a la orina. Makarechian *et al.* (1985), trabajando con novillas de diferentes genotipos encontró que la exposición a toros antes de la estación de monta no influenció la tasa de preñez; sin embargo, los partos de las novillas expuestas se concentraron en el principio de la temporada de partos. En ese estudio el efecto del peso corporal pareció ser un condicionante. Las diferencias observadas en peso corporal al momento de iniciarse la temporada de monta sugieren que existe un peso corporal óptimo para el inicio al servicio en cada raza.

Roberson *et al.* (1991), usando novillas pre-puberales cruzadas de razas cárnicas taurinas encontraron que la edad a la pubertad fue influenciada por la interacción tasa de crecimiento x exposición al toro. Karavaeva *et al.* (1996) en novillas Black Pied no hallaron diferencias en la edad a la concepción pero si en la tasa de preñez al evaluar el efecto de rociar un preparado feromonal cada día en el morro de las novillas por 7 días. Bastidas *et al.* (1997) con novillas Brahman a pastoreo expuestas a toros por 4 meses, hallaron mayor progesterona acumulada y mayor actividad folicular, aunque sin diferencias en la edad a la pubertad entre expuestas y no expuestas. Rekwot *et al.* (2000a), al ilustrar el efecto del peso según la raza, observaron una reducción de tres meses en edad a la pubertad de novillas Bunaji y Bunaji x Friesian expuestas a toros durante 15 meses. Trabajos recientes de Oliveira *et al.* (2009) mostraron una reducción en la edad a la pubertad, edad a la primera temporada de monta, edad a la preñez y mayor tasa de preñez en novillas Nelore suplementadas y no suplementadas expuestas al toro en fase prepuberal.

Contrario a estos reportes, otros estudios fallaron en demostrar el efecto de la exposición al macho sobre el estado reproductivo en novillas pre-puberales de razas taurinas cárnicas (Berardinelli *et al.*, 1979; Roberson *et al.*, 1987; Wehrman *et al.*, 1996), taurinas y cebuínas (Nelsen *et al.*, 1985) y lecheras (Macmillan *et al.*, 1979). No obstante, en todos estos estudios existen efectos confundidos entre factores nutricionales, genéticos y de manejo.

Presencia del toro en las vacas

Un número creciente de estudios han reportado el efecto de la presencia del toro sobre la proporción de vacas ciclando, intervalo parto-ciclicidad, intervalo parto-celo, longitud del primer ciclo estral postparto, intervalo parto-involución uterina y sobre la expresión del celo natural o sincronizado. También existen reportes fallidos y no concluyentes pero en su mayoría revelan interacciones de factores, efectos confundidos y algún problema de diseño. No obstante, para el caso de ganado lechero especializado el efecto de la presencia del toro no ha podido ser demostrado con contundencia.

En ganado cárnico Bos taurus

Zalesky *et al.* (1984) en dos experimentos, hallaron una mayor proporción de vacas expuestas a toro ciclando a los 53 d postparto (89% y 83% vs 18% y 28%) con inter-

valo parto-reinicio de la ciclicidad más corto que en las no expuestas ($43 \pm 2d$ y $39 \pm 2d$ vs $63 \pm 2d$ y $61 \pm 3d$, respectivamente). Una mayor proporción de vacas expuestas a toro mostraron celo entre 60-90 días postparto (Custer *et al.*, 1990), a la vez que su intervalo parto-primer celo fue más corto que las no expuestas, mientras que la exposición a toros redujo el intervalo parto-ciclicidad, a la vez que la proporción de vacas en celo fue mayor en las expuestas que en las no expuestas entre las semanas 7 y 8 postparto (Cupp *et al.* 1993). Landaeta-Hernández *et al.* (2008) observaron que la exposición a toros desde el día 8 hasta 90 días posparto provocó una reducción en los intervalos parto-reanudación de la ciclicidad ovárica y parto-primer celo entre vacas expuestas; un mayor porcentaje de vacas expuestas reanudó la ciclicidad ovárica durante los primeros 90 días posparto, con ciclos de longitud normal entre 18-24 d al ser comparados con las vacas no expuestas; además, más vacas expuestas al toro mostraron celo y una mayor proporción de ellas mostró tres celos en comparación a las no expuestas a toro. Una similar reducción del intervalo parto-ciclicidad fue confirmada en vacas primíparas, sin diferencias entre las expuestas a toros conocidos o desconocidos (Berardinelli *et al.*, (2005) No obstante, la intensidad del estímulo parece tener importancia, cuando en otro estudio se comprobó que el intervalo parto-ciclicidad difirió en orden decreciente entre primíparas no expuestas a toro, expuestas a toro a través de la cerca y expuestas directamente (Berardinelli & Tauck, 2007).

En ganado lechero

Como se mencionó anteriormente, el efecto bioestimulador de la presencia del toro no ha podido ser demostrado en ganado lechero especializado. Es probable que las demandas nutricionales asociadas a la elevada producción de leche representen un serio obstáculo. Sin embargo, hasta el momento resulta complicado esgrimir conclusiones dado que los estudios al respecto son muy escasos. Fulkerson (1984) encontró en vacas lecheras que la exposición a novillos estrogenizados no incrementó el número de vacas detectadas en celo. Asimismo, no se hallaron diferencias en la tasa de no retorno ni de preñez entre vacas expuestas a novillos estrogenizados y no expuestas. El problema con este experimento es estar seguro de que un novillo estrogenizado pudiese no ser tan efectivo como un toro entero en términos de emisión de señales feromonales.

Trabajando con vacas lecheras maduras de alta producción, Shipka & Ellis (1998) encontraron que la exposición a toros través de la cerca en forma permanente o dos veces por día no redujo el intervalo parto-primer celo; más tarde, los mismos investigadores reportaron pequeñas diferencias en el intervalo parto-primer pico de progesterona entre vacas no expuestas ($22 \pm 3 d$), expuestas al toro a través de la cerca dos veces al día ($30 \pm 3 d$) y continuamente expuestas ($32 \pm 4 d$) (Shipka & Ellis, 1999); además observaron que el primer ciclo estral fue corto en todos los grupos, sin diferencias en el intervalo parto-primer servicio, fertilidad al primer servicio ni en los días vacíos. En contraste, Izaguirre-Flores *et al.* (2007) en México, reportaron la reducción del intervalo parto-concepción en vacas multíparas Pardo Suizo sujetas a amamantamiento restringido y exposición a toro; no obstante, en este estudio llama la atención el bajo nivel de producción de leche, entre 4-6 kg/d). Además de las implicaciones nutricionales de la alta producción lechera, es posible que ni la distancia prevista para las interacciones vacas-toros ni el tamaño de la muestra hayan sido los ade-

cuados (15 vacas/grupo) en este estudio; por esta razón, el tamaño de la muestra suele ser mayor cuando se debe comparar estadísticamente los intervalos parto-primer celo, parto-primer servicio y la fertilidad de los grupos.

En ganado Bos indicus y doble propósito tropical

La exposición al toro dentro de las primeras dos semanas postparto redujo los intervalos parto-primer celo y parto-concepción en mestizas Brahman primíparas y multíparas ordeñadas con becerro al pié y en buena condición corporal (Soto-Belloso *et al.* 1997). Rekwot *et al.* (2000b) trabajando con vacas cebuinas suplementadas y amamantando, encontraron una reducción del intervalo parto-ciclicidad y una mayor proporción de vacas expuestas a toro (79 vs 50%) ciclando entre 40-80 días postparto. Trabajo más reciente de Pérez-Hernández *et al.* (2002) en el trópico mexicano con vacas mestizas *tauro-indicus* manejadas en un sistema doble propósito, mostró una reducción del intervalo parto-ciclicidad luego de un ordeño al día, amamantamiento del becerro en la tarde y exposición al toro a partir de 7 días postparto.

El efecto bioestimulante de la presencia del toro sobre la involución uterina no fue evidente al no encontrarse diferencias en el intervalo parto-involución uterina medio de 33 ± 3 d en dos experimentos realizados (Custer *et al.*, 1990). Otro estudio (Rekwot *et al.*, 2000b) tampoco mostró diferencias en la proporción de vacas con involución uterina completa a los 30 días postparto. Trabajo más reciente, monitoreando el proceso de involución uterina mediante ultrasonografía y palpación rectal no mostró diferencias en el intervalo parto-involución medio de $17,1 \pm 1,1$ d vs $20,1 \pm 1,6$ d) entre vacas Angus expuestas y no expuestas a toro (Landaeta-Hernández *et al.*, 2004).

De acuerdo a la información disponible, la funcionalidad del tejido luteal en términos de progesterona acumulada parece ser beneficiada por la presencia del toro. Hornbuckle *et al.* (1995) hallaron mayores valores diferentes en la progesterona acumulada al comparar en dos experimentos vacas expuestas y no expuestas al toro, lo cual fue confirmado al reportarse resultados similares en vacas Angus durante el postparto temprano (Landaeta-Hernández *et al.*, 2004).

Aunque con menor frecuencia, el efecto de la presencia del toro sobre la expresión del celo también ha sido investigado. Según la limitada información científica disponible, la presencia del toro podría no ser tan beneficiosa para la detección de celo por medios visuales como definitivamente lo es para inducir a la reanudación de la actividad ovárica. En un estudio precursor en Neozelandia, Kilgour *et al.* (1977) observaron que la presencia del toro inhibió las actividades de montas vaca-vaca; similar observación fue reportada en *Bos indicus* en México (Orihuela *et al.*, 1983). En otro estudio con vacas lecheras de alta producción (Shipka & Ellis, 1998), la presencia del toro no influenció la expresión del celo. Tampoco, Landaeta-Hernández *et al.* (2006) observaron que la presencia del toro no afectó la expresión del celo en vacas Angus en términos de duración y número de montas; sin embargo, las montas en las vacas expuestas se concentraron en las tres primeras horas del celo, mientras que las no expuestas desplegaron más montas en las nueve primeras horas del celo. En un estudio más reciente en vacas lecheras con podómetros (Roelofs *et al.*, 2008), la exposición al toro a través de la cerca no afectó la expresión del celo, aunque las vacas expuestas tuvieron una leve tendencia a estar más activas. En vacas Criollas mexicanas se estudió

el efecto de la presencia del toro sobre la respuesta a la sincronización del celo, hallando su presencia concentró la aparición de celos, aunque una mayor proporción de vacas redujo la duración del celo a menos de 8 horas (Espinoza-Villavicencio *et al.*, 2007).

Otro aspecto interesante, al menos para la ganadería tropical, reside en la posibilidad de diferencias en el efecto bioestimulador entre machos jóvenes y adultos. En ganado de carne *Bos taurus*, Cupp *et al.* (1993) no encontraron diferencias en el intervalo parto-ciclicidad de las vacas expuestas a toros jóvenes ($61,8 \pm 1,7$ d) o adultos ($59,5 \pm 1,7$ d); no obstante, el intervalo fue menor que el observado en vacas no expuestas a toros ($72,3 \pm 1,7$ d), siendo la proporción de vacas en celo mayor en las vacas expuestas que en las no expuestas, entre las semanas 7 y 8 postparto. En otro estudio, también con ganado cárnico *Bos taurus*, Berardinelli *et al.* (2005) no observaron diferencias en la reducción del intervalo parto-ciclicidad entre vacas primíparas expuestas a toros conocidos y desconocidos. En contraste con estos reportes, estudios recientes en la Unidad de Investigaciones Zootécnicas (Castellanos *et al.*, 2011. Datos no publicados) sugieren que las hembras de componente *Bos indicus* son más receptivas al efecto bioestimulante de machos de mayor desarrollo. En estos estudios, el número de vacas servidas o preñadas luego de 90 días de exposición a machos mayores de 400 kgs fue más elevado en las vacas expuestas que en las no expuestas. Asimismo, el número de vacas remitidas a tratamientos hormonales fue mayor en las vacas expuestas a machos jóvenes que en las expuestas a machos de mayor desarrollo.

La asociación entre factores nutricionales (condición corporal, calidad de pasto) y el efecto bioestimulante de la presencia del macho fue examinada en varios estudios (Monje *et al.*, 1992; Stumpf *et al.*, 1992; Hornbuckle *et al.*, 1995; Bolaños *et al.*, 1998), demostrando la existencia de una interacción limitada de tipo sinérgico; las mejores respuestas se observan en vacas con condición corporal aceptable, en tanto que las de excelente condición lo hacen de manera moderada, mientras que las de pobre condición no responden.

En otro estudio, Alberio *et al.* (1987) tuvieron discrepancias en 2 experimentos usando vacas Angus, Angus \times Charolais y Angus \times Hereford de 58 días postparto, al estudiar el efecto de la presencia del toro sobre los intervalos parto-primer celo y parto-reanudación de la ciclicidad ovárica. Naasz & Miller (1990) fallaron en replicar los resultados obtenidos para el intervalo parto-primer celo; no obstante, en ambos experimentos, la proporción de vacas que mostraron celo fue mayor en las vacas expuestas a toro (78% y 75%) que las del grupo control (17% y 24%). La discrepancia entre experimentos pudo ocurrir debido al reducido tamaño de la muestra del segundo experimento; así como, a diferencias entre razas y número de partos, que al parecer fueron obviadas en el diseño. En referencia a estas discrepancias, algunos reportes (Gifford *et al.*, 1989; Azzam *et al.*, 1991; Fike *et al.*, 1996) sugieren que el número de partos, la raza y los días posparto en los que se inició la exposición al toro, pueden modificar la magnitud del efecto de la presencia del toro sobre el intervalo parto-ciclicidad ovárica. La exposición al toro entre 8-35 días posparto parece ofrecer los mejores resultados (Landaeta-Hernández *et al.*, 2004, 2008; Berardinelli & Joshi, 2005a).

INTERACCIONES ENTRE HEMBRAS

El efecto bioestimulador ha sido extendido a las interacciones entre hembras. Tales interacciones pueden incluir la presencia de hembras androgenizadas o de otras hembras en celo y su efecto sobre la función reproductiva de otras hembras co-específicas pareciera ser similar al de la presencia del toro. Sin embargo, en tres experimentos con vacas maduras Angus y Brangus en buena condición corporal, no se observaron diferencias al comparar las expuestas a toro y expuestas a vacas androgenizadas sobre el intervalo parto-primer celo, eficiencia en la detección de celos, proporción de vacas en celo entre los días 20, 40, 60 y 100 postparto ni en la tasa de preñez. Asimismo, para todos los casos, las vacas expuestas a toro o vaca androgenizada tuvieron mejores resultados que las vacas no expuestas (Burns & Spitzer, 1992).

En otro estudio con vacas cárnicas taurinas, Wright *et al.* (1994) hallaron que la exposición a otra vaca en celo dos veces por semana, produjo en el grupo expuesto una mayor proporción de vacas ciclando para el día 91 postparto en comparación a las no expuestas (89% vs 58%). Así mismo, el grupo expuesto a moco cervical de vacas en celo tuvo una mayor proporción de vacas ciclando para el día 130 postparto en comparación al control (86% vs 58%). Sin embargo, en este estudio no hubo diferencia en la proporción de vacas ciclando entre los días 50 y 70 postparto y la LH no fue influenciada por ningún tratamiento. En referencia a este estudio, la preservación de feromonas del moco cervical no es un tópico descrito comúnmente, por tanto, fallas en este aspecto pudieron ocurrir; de allí que las diferencias a los 130 días pudieron deberse a otros factores.

PROBABLE MECANISMO DE ACCIÓN

Tratando de proveer una explicación mecánica del efecto bioestimulante en vacas, algunos investigadores han examinado la señal feromonal y su ruta de emisión, la captación y transducción de la señal feromonal, y los posibles aspectos hormonales involucrados. No obstante, la información disponible es aun incompleta.

Parece obvio que la señal responsable del efecto bioestimulador es una feromona que emerge asociada a descargas corporales (ej. orina, olores, secreciones perineales y cervicales). Las feromonas han sido definidas como "olores sociales" que representan una comunicación química entre coespecíficos (Hart, 1987). La evidencia conocida, sugiere que las señales feromonales incluyen aspectos de reconocimiento individual, de parentesco, de especie y estatus sexual que parecen estar bajo controles genéticos, ambientales y hormonales y que varían entre especies.

Varios compuestos con propiedades de feromonas sexuales fueron detectados por Kononov *et al.* (1993) en orina de toros. Una reducción de los intervalos parto-primer celo y parto-primer servicio fue reportada por Sokolov *et al.* (1989) en 3 experimentos con vacas primíparas y multíparas expuestas a orina de toro y a un tipo de preparación feromonal (FKR-2). En estudios más recientes, Berardinelli & Joshi (2005b) determinaron que la señal feromonal de los toros es emitida a través de sus excreciones, luego de observar que el intervalo parto-ciclicidad fue más corto en vacas primíparas expuestas a toros o a sus excreciones que en las expuestas a excreciones de vacas y controles no expuestas, no existiendo diferencia entre la exposición a toros y a sus

excretas. Sin embargo, Tauck *et al.* (2006) no pudieron confirmar que la exposición continua a orina de toros tuviese alguna influencia sobre el intervalo parto-ciclicidad. En ambos estudios, el reducido tamaño de la muestra es criticable, y para éste último caso, a pesar que sugieren un efecto negativo por la sobre-exposición a la orina, no hay evidencias en el reporte de una estrategia que permitiera contrarrestar el carácter volátil de las señales feromonales.

Estudios en ratones han sugerido que los olores que representan señales olfatorias pudieran estar asociados con moléculas solubles del complejo de histocompatibilidad mayor (CHM) (Singh *et al.*, 1987; Singh, 2001). Esas moléculas transportadoras del CHM pueden transportar moléculas odoríferas alelo-específicas más pequeñas desde la sangre a la orina. Las moléculas transportadoras son degradadas en la orina lo que causa una liberación sostenida de moléculas volátiles más pequeñas que a su vez liberan olores específicos del CHM que serán detectadas por el sistema olfatorio para desencadenar respuestas neuroendocrinas en las hembras que las perciben (Singh, 2001).

En referencia a los olores sexuales de la vaca, la emisión de olores relacionados al celo ha sido detectada en hisopados de vulva, moco cervical, fluido vaginal, orina, leche y plasma sanguíneo (Kiddy *et al.*, 1978; Wright *et al.*, 1994; Lane & Wathes, 1998), así como en la zona perineal y genital (Blázquez *et al.*, 1988; Umemura *et al.*, 1988). Kumar *et al.* (2000), analizaron orina de vacas Jersey durante todo el ciclo estral, encontrando picos de dos compuestos (2-N-propyl phthalato y 1-yodo-undecano) con valor potencial para comunicación olfativa. Estos compuestos no estuvieron presentes en las vacas fuera del estro.

La recepción de la señal incluye un estímulo olfativo, ya que tanto los toros como las vacas poseen el órgano vomeronasal y hacen flehmen (Hurnick *et al.*, 1975; Esslemont *et al.*, 1980; Hart, 1987). Mediante el flehmen, la señal feromonal llega al órgano vomeronasal por las vías nasal y oral usando el canal nasopalatino (Estes, 1972; Hart, 1987), y es disuelta en la mucosidad del órgano, para ser reconocida por neuronas y receptores específicos del órgano vomeronasal (receptores V1r de zona apical y V2r en capa basal del neuroepitelio del órgano vomeronasal, respectivamente) (Dulac & Axel, 1995; Rodríguez, 2004). La conexión entre el sistema olfatorio y las regiones hipotalámicas ocurre mediante células secretoras de GnRH esparcidas en hipotálamo, amígdala y cerebro medio las que reaccionan a las señales bioestimuladoras (Hurnick, 1987; Hart, 1987; Rissman, 1996).

De ahí en adelante, se inicia una cascada de transducción de la señal poco comprendida hasta hoy y que prosigue con envío de la señal al sistema límbico, amígdala e hipocampo (Hart, 1987; Rodríguez, 2004); el resultado final será la alteración del estatus endocrino, usualmente a través de la modulación de LH o prolactina (Halpern, 1987; Fernández *et al.*, 1996), funcionabilidad del tejido luteal (Landaeta-Hernández *et al.*, 2004) con la posible mediación de cortisol y tejido adiposo (Landaeta-Hernández *et al.*, 2004; Tauck *et al.*, 2007). La amígdala también contiene receptores para esteroides gonadales y adrenales, que pueden estar involucrados con procesos de conducta y efectos de retroalimentación (feedback) con la adenohipófisis para liberar ACTH y LH (Malven, 1993). También se ha sugerido que las señales feromonales del macho pueden mejorar la proporción de células secretoras de GnRH que co-expresan FOS luego de la estimulación (Pfaus *et al.*, 1994).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberio RH, Schiersmann GS, Carou N, Mestre J. 1987. Effect of a teaser bull on ovarian and behavioral activity of suckling beef cows. *Anim Reprod Sci* 14:263-272.
- Azzam SM, Werth LA, Kinder JE, Nielsen MK. 1991. Distribution of time to first postpartum estrus in beef cattle. *J Anim Sci* 69:2563-2570.
- Bastidas P, Ruiz J, Manzo M, Silva O, Guerrero N, Trocóniz J. 1997. Effect of bulls exposure on corpus luteum function and ovarian activity in prepuberal Brahman heifers. *Arch Latinoam. Prod Anim* 5 (Suppl 1): 390-392.
- Berardinelli JG, Dailey RA, Butcher RL, Inskeep EK. 1979. Source of progesterone prior to puberty in beef heifers. *J Anim Sci* 49: 1276-1280.
- Berardinelli JG, Joshi PS, Tauck SA. 2005. Postpartum resumption of ovarian cycling activity in first-calf suckled beef cows exposed to familiar or unfamiliar bulls. *Anim Reprod Sci* 90: 201-209.
- Berardinelli JG, Joshi PS. 2005a. Introduction of bulls at different days postpartum or resumption of ovarian cycling activity in primiparous beef cows. *J Anim Sci* 83: 2106-2110.
- Berardinelli JG, Joshi PS. 2005b. Initiation of postpartum luteal function in primiparous restricted-suckled beef cows exposed to a bull or excretory products of bulls or cows. *J Anim Sci* 83: 2495-2500.
- Berardinelli JG, Tauck SA. 2007. Intensity of the biostimulatory effect of bulls on resumption of ovulatory activity in primiparous, suckled, beef cows. *Anim Reprod Sci* 95: 24-33.
- Blazquez NB, French J, Long SE, Perry GC, Stevens K. 1988. Bovine oestrus odours: behavioural and histological investigations. *Proc. 11th Int Congress Anim Reprod and AI*. Dublin, Ireland 4:550.
- Bolaños JM, Forsberg M, Kindahl H, Rodriguez-Martinez H. 1998. Biostimulatory effects of estrous cows and bulls on resumption of ovarian activity in postpartum anestrus zebu (*Bos indicus*) cows in the humid tropics. *Theriogenology* 49: 629-636.
- Burns PD, Spitzer JC. 1992. Influence of biostimulation on reproduction in postpartum beef cows. *J Anim Sci* 70: 358-362.
- Chenoweth PJ. 1983. Reproductive management procedures in control of breeding. *Anim Prod Aust* 15: 28.
- Cupp AS, Roberson MS, Stumpf TT, Wolfe MW, Werth LA, Kojima N, Kittok RJ, Kinder JE. 1993. Yearling bulls shorten the duration of postpartum anestrus in beef cows to the same extent as do mature bulls. *J Anim Sci* 71: 306-309.
- Custer EE, Berardinelli JG, Short RE, Wehrman M, Adair R. 1990. Postpartum interval to estrus and patterns of LH and progesterone in first-calf suckled beef cows exposed to mature bulls. *J Anim Sci* 68: 1370-1377.
- Dulac C, Axel R. 1995. A novel family of genes encoding putative pheromone receptors in mammals. *Cell* 83: 195-206.
- Espinoza-Villavicencio JL, López-Amador R, Palacios-Espinosa A, Ortega-Pérez R, Avila-Serrano N, Murillo-Amador B. 2007. Efecto del toro sobre el comportamiento estral de vacas Chinampas (*Bos taurus*) en una región tropical seca. *Zoot Tropical* 25:19-28.
- Esslemont RJ, Glencross RG, Bryant MJ. 1980. A quantitative study of preovulatory behavior in cattle (British Friesian heifers). *Appl Anim Ethol* 6:1-17.

- Estes, R.D. 1972. The role of the vomeronasal organ in mammalian reproduction. *Mammalia* 36:315-318.
- Fernández DL, Berardinelli JG, Short RE, Adair R. 1996. Acute and chronic changes in luteinizing hormone secretion and postpartum interval to estrus in first-calf suckled beef cows exposed continuously or intermittently to mature bulls. *J Anim Sci* 74: 1098-1103.
- Fike KE, Bergfeld EG, Cupp AS, Kojima FN, Mariscal V, Sanchez TS, Werhman ME, Kinder JE. 1996. Influence of fenceline bull exposure on duration of postpartum anoestrus and pregnancy rate in beef cows. *Anim Reprod Sci* 41: 161-167.
- Fulkerson WJ. 1984. Reproduction in dairy cattle: Effect of age, cow condition, production level, calving to first service interval and the male. *Anim Reprod Sci* 7: 305-314.
- Galina CS, Arthur GH. 1989. Review on cattle reproduction in the tropics. 2. Parturition and calving intervals. *Anim Breed Abstr* 57: 679-707.
- Gifford DR, D'Occhio MJ, Sharpe PH, Weatherly T, Pittar RY, Reeve DV. 1989. Return to cyclic ovarian activity following parturition in mature cows and first-calf beef heifers exposed to bulls. *Anim Reprod Sci* 19: 209-216.
- Halpern M. 1987. The organization and function of the vomeronasal system. *Ann Rev Neuroscience* 10: 325-362.
- Hart BL. 1987. Roles of the olfactory and vomeronasal systems in behavior. *Vet Clin NA: Food Animal Practice* 3: 463-475.
- Hornbuckle II T, Ott RS, Ohl MW, Zinn GM, Weston PG, Hixon JE. 1995. Effects of bull exposure on the cyclic activity of beef cows. *Theriogenology* 43: 411-418.
- Hurnick JF, King GJ, Robertson HA. 1975. Estrous and related behaviour in postpartum Holstein cows. *Appl Anim Ethol* 2: 55-68.
- Hurnick JF. 1987. Sexual behavior of female domestic mammals. *Vet Clin NA: Food Animal Practice* 3: 423-461.
- Izard MK, Vandenberg JG. 1982. The effects of bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers. *J Anim Sci* 55: 1160-1169.
- Karavaeva EA, Belaya ZA, Paramonov DV, Zinkevich EN, Petrusha EZ. 1996. The effect of a synthetic pheromone on the reproductive ability of Black Pied heifers. *Sel'skokhozyaistvennaya-Biologiya*. 2: 67-71.
- Kiddy CA, Mitchell DS, Bolt DJ, Hawk HW. 1978. Detection of estrus-related odors in cows by trained dogs. *Biol Reprod* 19: 389-395.
- Kilgour MA. 1972. Animal behaviour in intensive systems and its relationship to disease and production. *Aust Vet J* 48: 94-98.
- Kononov VP, Nurakhmetov Zh. 1993. Physical and chemical properties of bull sex pheromones. *Soviet Agric Sci* 3: 58-61.
- Kumar KR, Archunan G, Jeyaram R, Narasimhan S. 2000. Chemical characterization of bovine urine with special reference to oestrus. *Vet Res Commun*. 24: 445-454.
- Landaeta-Hernández AJ, Giangreco MA, Meléndez P, Bartolomé J, Bennet F, Rae DO, Hernández J, Archbald LF. 2004. Effect of Biostimulation on Uterine Involution, Early Ovarian Activity and First Postpartum Estrous Cycle in Beef Cows. *Theriogenology* 61: 1521-1532.
- Landaeta-Hernández AJ, Meléndez P, Bartolomé J, Rae DO, Archbald LF. 2006. Effect of Biostimulation on the Expression of Estrus in Postpartum Angus Cows. *Theriogenology* 66: 710-716.

- Landaeta-Hernández AJ, Meléndez P, Bartolomé J, Rae DO, Archbald LF. 2008. The effect of bull exposure on the early postpartum reproductive performance of suckling Angus cows. *Rev Científica FCV-LUZ*. IXI (6): 682-691.
- Lane AJP, Wathes DC. 1998. An electronic nose to detect changes in perineal odors associated with estrus in the cow. *J Dairy Sci* 81: 2145-2150.
- Macmillan KL, Allison AJ, Struthers GA. 1979. Some effects of running bulls with suckling cows or heifers during pre-mating period. *N Zealand J Exp Agr* 7: 121-124.
- Makarechian M, Farid A, Berg RT. 1985. Effects of exposure to bulls and body weight on reproductive performance in beef heifers. *Can J Anim Sci* 65: 31-36.
- Malven PV. 1993. Neuroendocrine morphology. Neural control of adenohypophysis. Chapters 2 and 4. In: Malven PV. (Ed). *Mammalian Neuroendocrinology*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Monje AR, Alberio R, Schiersmann G, Chedrese J, Carou N, Callejas SS. 1992. Male effect on the postpartum sexual activity of cows maintained on two nutritional levels. *Anim Reprod Sci* 29: 145-156.
- Naaz CD, Miller HL. 1990. Effects of bull exposure on postpartum interval and reproductive performance in beef cows. 1990. *Can J Anim Sci* 70: 537-542.
- Nelsen TC, Short RE, Phelps DA, Staigmiller RB. 1985. Nonpuberal estrus and mature cow influences on growth and puberty in heifers. *J Anim Sci* 61: 470-473.
- Oliveira CM, Oliveira-Filho BD, Gambarini ML, Viu MA, Lopes DT, Sousa AP. 2009. Effects of biostimulation and nutritional supplementation on pubertal age and pregnancy rates of Nelore heifers (*Bos indicus*) in a tropical environment. *Anim Reprod Sci* 113: 38-43.
- Orihuela A, Galina CS, Escobar FJ, Riquelme E. 1983. Oestrous behavior following prostaglandin F2 injection in zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology* 19: 795-809.
- Pérez-Hernández P, García-Winder M, Gallegos-Sánchez J. 2002. Bull exposure and an increased within-day milking to suckling interval reduced postpartum anoestrus in dual purpose cows. *Anim Reprod Sci* 74:111-119.
- Pfaus JG, Jakob A, Kleopoulus SP, Gibbs RB, Pfaff DW. 1994. Sexual stimulation induces Fos immunoreactivity within GnRH neurons of the female rat preoptic area: interaction with steroid hormones. *Neuroendocrinology* 60: 283-290.
- Preti G, Wysocki CJ, Barnhart KT, Sondheimer SJ, Leyden JJ. 2003. Male axillary extracts contain pheromones that affect pulsatile secretion of luteinizing hormone and mood in women recipients. *Biol Reprod* 68: 2107-2113.
- Rekwot P, Ogwu D, Oyedipe E, Sekoni V. 2000a. Effects of bull exposure and body growth on onset of puberty in Bunaji and Friesian x Bunaji heifers. *Reprod Nutr Dev* 40: 359-367.
- Rekwot PI, Ogwu D, Oyedipe EO. 2000b. Influence of bull biostimulation, season and parity on resumption of ovarian activity of zebu (*Bos indicus*) cattle following parturition. *Anim Reprod Sci* 63: 1-11.
- Rissman EF. 1996. Mini-Review. Behavioral regulation of gonadotropin-releasing hormone. *Biol Reprod* 54: 413-419.
- Roberson MS, Ansotegui RP, Berardinelli JG, Whirman RW, McInerney MJ. 1987. 1987. Influence of biostimulation by mature bulls on occurrence of puberty in beef heifers. *J Anim Sci* 64: 1601-1605.

- Roberson MS, Wolfe MW, Stumpf TT, Werth LA, Cupp AS, Kojima N, Wolfe PL, Kittok RJ, Kinder JE. 1991. Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers. *J Anim Sci* 69: 2092-2098.
- Rodríguez I. 2004. Pheromone receptors in mammals. *Horm Behav* 46: 219-230.
- Shipka MP, Ellis LC. 1998. No effects of bull exposure on expression of estrous behavior in high-producing dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 57: 1-7.
- Shipka MP, Ellis LC. 1999. Effects of bull exposure on postpartum ovarian activity of dairy cows. *Anim Reprod Science* 54: 237-244.
- Singh PB. 2001. Chemosensation and genetic individuality. *Reproduction* 121: 529-539.
- Singh PB, Brown RE, Roser B. 1987. MHC antigens in urine as olfactory recognition cues. *Nature* 327: 161-164.
- Skinner DC, Cilliers SD, Skinner JD. 2002. Effect of ram introduction on the oestrus cycle of springbok ewes (*Antidorcas marsupialis*). *Reproduction* 124: 509-513.
- Sokolov VE, Karavaeva EA, Zinkevich EP. 1989. Effect of sex pheromones on reproduction in cows. *Sel'skokhozyaistvennaya-Biologiya* 4: 132-134.
- Soto-Bellosio E, Ramírez-Iglesias L, Guevara L, Soto-Castillo G. 1997. Bull effect on the reproductive performance of mature and first calf-suckled zebu cows in the tropics. *The-riogenology* 48: 1185-1190.
- Stumpf TT, Wolfe MW, Wolfe PL, Day ML, Kittok RJ, Kinder JE. 1992. Weight changes prepartum and presence of bulls postpartum interact to affect duration of postpartum anestrus in cows. *J Anim Sci* 70: 3133-3137.
- Tauk SA, Berardinelli JG, Geary TW, Johnson NJ. 2006. Resumption of postpartum luteal function of primiparous, suckled beef cows exposed continuously to bull urine. *J Anim Sci* 84: 2708-2713.
- Tauk SA, Olsen JR, Berardinelli JG. 2007. Adrenal involvement in the biostimulatory effect of bulls. *Reprod Biol Endocrinol* 5: 33 doi:10.1186/1477-7827-5-33
- Umemura K, Sugawara K, Ito I. 1988. The source of odour emitted from oestrus cows. *Japanese J Zootech Sci* 59: 779-786.
- Wehrman ME, Kojima FN, Sanchez T, Mariscal DV, Kinder JE. 1996. Incidence of precocious puberty in developing beef heifers. *J Anim Sci* 74: 2462-2467.
- Wright IA, Rhind SM, Smith AJ, Whyte TK. 1994. Female-Female influences on the duration of the postpartum anoestrus period in beef cows. *Anim Prod* 59: 49-53.
- Zalesky DD, Day ML, Garcia-Winder M., Imakawa K, Kittok RJ, D'Occhio MJ, Kinder JE. 1984. Influence of exposure to bulls on resumption of estrous cycles following parturition in beef cows. *J Anim Sci* 59: 1135-1139.