

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS



EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SUPLEMENTO MINERAL INYECTABLE SOBRE
LA CONDICIÓN CORPORAL, DINÁMICA FOLICULAR Y TASA DE CONCEPCIÓN
EN NOVILLAS CEBÚ COMERCIAL EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ

Trabajo de Grado

ANDRÉS FELIPE VALENCIA HERNÁNDEZ

Trabajo de grado como requisito para optar el título de:

Magister en Ciencias Veterinarias

Bogotá, Colombia

2016

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS



EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE SUPLEMENTO MINERAL INYECTABLE SOBRE
LA CONDICIÓN CORPORAL, DINÁMICA FOLICULAR Y TASA DE CONCEPCIÓN
EN NOVILLAS CEBÚ COMERCIAL EN EL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ

Trabajo de Grado

ANDRÉS FELIPE VALENCIA HERNÁNDEZ

76072219

Directora

LILIANA CHACÓN JARAMILLO, M.V., M.Sc., Ph.D.

Bogotá, Colombia

2016

APROBACIÓN

DIRECTORA

Dra. Liliana Chacón Jaramillo

JURADO

Dr. Jair Pérez Osorio

JURADO

Dr Carlos M Jaramillo Jaramillo

JURADO

Dr. César Augusto Díaz Rojas

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Rector	Hno. Carlos Gabriel Gómez Restrepo
Vicerrector Académico	Hno. Carlos Enrique Carvajal Costa
Vicerrector De Investigación Y Transferencia	Dr. Luis Fernando Ramírez Hernández.
Vicerrector De Promoción Y Desarrollo Humano	Hno. Frank Leonardo Ramos Baquero
Vicerrector Administrativo	Dr. Eduardo Ángel Reyes
Decano Facultad de Ciencias Agropecuarias	Dr. Claudia Aixa Mutis Barreto
Secretario Académico	Dr. Alejandro Tobón González
Director De Posgrados	Dr. Ernesto Andrés Dalmau Barros

COMPROMISO

Los trabajos de grado no contienen ideas que sean contrarias a la doctrina católica en asuntos de dogma y moral.

Ni la Universidad, ni el director, ni el jurado calificador son responsables de las ideas expuestas por el graduando.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Dra Liliana Chacón Jaramillo por sus valiosos aportes y disposición para atender las inquietudes que tuve y sacar adelante este trabajo.

Quiero agradecer a mi familia, pues ellos siempre fueron motor para llevar a cabo este proceso y culminarlo.

Al Dr Ernesto Dalmau por su apoyo en los procesos académicos y administrativos en la finalización de mi maestría y al Dr César Díaz por sus valiosos aportes en la estadística.

RESUMEN

La ganadería actual requiere esfuerzos permanentes en el aumento de la productividad, para lo cual recurre a herramientas tales como las biotecnologías de la reproducción con el propósito de procurar un mejoramiento genético. Al respecto, la inseminación artificial es la técnica más utilizada por los ganaderos del departamento de Caquetá. Esta investigación evaluó las diferencias a nivel de índice de condición corporal (ICC), dinámica folicular (DF) y tasas de concepción (TC) en novillas cebú comerciales (*Bos indicus*), tratadas los días 32, 31 y 30 previos al inicio de la sincronización para Inseminación artificial a tiempo fijo - IATF (día cero), con Calfosvit Se[®] (Compañía California SA) en el grupo 1 (G1; n = 40) y un grupo placebo (G2; n = 40) que se le administró Cloruro de Sodio al 0,9% (Laboratorio Baxter). A todas las novillas se les realizaron ecografías los días 32, 15, 10, 8, 6, 4 y 2 previos al día cero, y 8 posterior, para evaluar dinámica folicular. El día cero se inició el protocolo de sincronización con aplicación de 2 mg de benzoato de estradiol e inserción de un dispositivo intravaginal de liberación de progesterona, el día 8 se aplicaron 0,15 mg de prostaglandina F2 α y se retiró el dispositivo, el día 9 se aplicó 1 mg de benzoato de estradiol y el día 10 la inseminación artificial. El diagnóstico de preñez se realizó mediante ecografía los días 38 y 45 post inseminación y los datos fueron analizados mediante el programa estadístico statistics 8.0. Durante todo el protocolo no se encontraron diferencias significativas entre G1 y G2 para ICC (3,27 Vs 3,23), para TC en los días 38 (62,5 Vs 57,5%) y 45 (50 Vs 47,5%) ni para DF. Se concluye que para las condiciones de este estudio, la suplementación mineral inyectable no mejora los parámetros evaluados.

Palabras clave: *suplemento mineral inyectable, índice de condición corporal, tasa de concepción, dinámica folicular, IATF*

ABSTRACT

The current livestock requires continuous efforts in increasing productivity, for which uses tools such as biotechnologies of reproduction in order to ensure genetic improvement. In this regard, artificial insemination is most often used by farmers in the department of Caqueta technique. This research evaluated the differences in terms of body condition score (ICC), follicular dynamics (DF) and conception rates (TC) in zebu heifers commercial (*Bos indicus*) treated the days 32, 31 and 30 before the start of the timing for fixed-time artificial insemination - IATF (zero day) with Calfosvit SE® (California Company SA) in group 1 (G1, n = 40) and placebo group (G2; n = 40) was administered chloride 0.9% Sodium (Baxter Laboratory). All heifers were performed ultrasound days 32, 15, 10, 8, 6, 4 and 2 before the zero-day, and 8 back to evaluate follicular dynamics. Day zero synchronization protocol started with application of 2 mg of estradiol benzoate and insertion of an intravaginal progesterone releasing device, on 8 0.15 mg prostaglandin F2 applied and the device is removed, the 9th 1 mg of estradiol benzoate was applied and the 10th artificial insemination. Pregnancy diagnosis was performed by ultrasonography on days 38 and 45 post insemination and the data were analyzed using statistical software statistics 8.0. Throughout the protocol no significant difference between G1 and G2 for ICC (3,27 vs. 3,23), TC on days 38 (62,5 vs 57,5%) and 45 (50 vs. 47,5%) or to DF. We conclude that for the conditions of this study, the injectable mineral supplementation does not improve outcome measures.

Key words: injectable mineral supplement, body condition, conception rate, follicular dynamics, FTAI

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Fisiología Reproductiva	4
2.2 Dinámica Folicular	8
2.3 Fisiología reproductiva en <i>Bos indicus</i> y <i>Bos taurus</i>	15
2.4 Minerales en la producción bovina	22
2.4.1 Fósforo (P)	23
2.4.2 Zinc (Zn)	24
2.4.3. Selenio (Se)	25
2.4.4. Yodo (I)	29
2.5 Farmacocinética del Calfosvit Se	31
2.6 Condición Corporal y Dinámica Folicular	34
3. METODOLOGÍA	36
3.1 Localización	36
3.2 Población y muestra	36
3.3 Métodos y procedimientos	37
3.4 Variables evaluadas	39
3.5 Diseño y análisis estadístico	39
4. RESULTADOS	41
5. DISCUSIÓN	46
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
7. LISTA DE REFERENCIAS	59
8. ANEXOS	77

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias fisiológicas entre hembras <i>Bos indicus</i> y <i>Bos taurus</i>	19
Tabla 2. Promedio de índice de condición corporal (ICC) en novillas Cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF.	42
Tabla 3. Diámetros (mm \pm SD) de folículos mayor y segundo mayor obtenidos en novillas cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF.	44
Tabla 4. Tasa de concepción (TC) de novillas Cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en los días 38 y 45 post-inseminación artificial.	45
Tabla 5. Requerimientos para cada mineral y su aporte en nivel de los alimentos ofrecidos en novillas cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable en un protocolo de IATF.	51
Tabla 6. Biodisponibilidad de las fuentes de P, Zn, I y Se.	53
Tabla 7. Resultados del análisis de suelo	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la metodología del trabajo de campo	38
Figura 2. Valores promedio de ICC en novillas Cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF.	42
Figura 3. Diámetros de folículos obtenidos en novillas Cebú comerciales con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF.	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Salidas de programas estadísticos

77

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería de carne y doble propósito es el principal renglón económico del departamento del Caquetá siendo una fuente importante de empleos y de obtención de productos tales como la carne y leche, la cual participa activamente en el desarrollo de la región ocupando el 11,5% del PIB departamental en donde se hace necesario incrementar su productividad y garantizar el retorno económico de las inversiones. Para esto, biotecnologías asociadas a la reproducción vienen siendo desarrolladas principalmente en la especie bovina (Dayan, 2001). Dentro de las biotecnologías aplicadas a la reproducción se encuentran la inseminación artificial (IA) convencional, la congelación de gametos y embriones, la superovulación (SO), la transferencia de embriones (TE) y la producción de embriones in vitro (PIV) las cuales facilitaron el incremento en la producción a través del mejoramiento genético, reducción del intervalo generacional, control de enfermedades, y reducción de costos de producción (Bertolini y Bertolini, 2009).

En el Departamento de Caquetá la IA es la técnica más utilizada por los ganaderos. No obstante, en muchas ocasiones los resultados no son los esperados o no satisfacen las necesidades del productor puesto que generan variaciones muy dispersas en los resultados en la tasa de concepción (TC), pues las características reproductivas, al ser de baja heredabilidad, son directamente influenciadas por el

medio ambiente, principalmente por el manejo nutricional en donde los macro y microminerales juegan un papel fundamental (Vasconcelos, 1999).

En la producción ganadera del Caquetá el uso de biotecnologías de la reproducción paralelamente con el uso de suplementos minerales inyectables ha venido tomando un especial interés por parte de algunos empresarios ganaderos los cuales han visto aumentadas sus producciones dentro del sistema de doble propósito, principal sistema productivo de la región, Torrijos (comunicación personal, 2 febrero, 2011). Esto conlleva y va de la mano con el desarrollo especializado de la región.

En otro sentido, el departamento del Caquetá contiene el 5,94% del inventario bovino nacional con 1.340.049 animales (FEDEGAN, 2016) y los índices de natalidad de la ganadería bovina entre el 33 y el 60%, Torrijos, (comunicación personal, 2 febrero, 2011) obliga a los empresarios ganaderos del departamento a utilizar estrategias para el mejoramiento de sus indicadores de producción y reproducción como por ejemplo la aplicación de suplementos minerales inyectables, Torrijos, (comunicación personal, 2 febrero, 2011), los cuales están indicados en casos de baja fertilidad, baja tasa de concepción, baja involución uterina y días abiertos prolongados. Ésta utilización de dichos productos farmacológicos iría en pro de los objetivos del Plan Estratégico de la Ganadería, PEGA 2019 (FEDEGAN, 2006), dentro de los cuales está el aumento de la tasa de natalidad al 70% y así mismo a aumentar el inventario ganadero a 48 millones de cabezas de ganado para el año 2019.

A pesar de lo anteriormente expuesto, no existen reportes en la región acerca de la efectividad de la utilización de suplementos minerales inyectables en el mejoramiento de los parámetros productivos y reproductivos como por ejemplo en el aumento de la tasa de concepción, sus repercusiones en la ciclicidad ovárica o en el mantenimiento o mejoramiento del índice de condición corporal en hembras aptas para la reproducción así como también se pretende aportar a la comunidad de productores del departamento si los minerales inyectables sirven para mejorar las tasas de concepción, pues su uso en el departamento es cada día mayor.

Esta investigación pretende evaluar el efecto de la utilización de un suplemento mineral inyectable respecto a la solución salina fisiológica sobre el índice condición corporal, dinámica folicular y tasa de concepción en novillas cebú comercial en el departamento del Caquetá.

2. MARCO TEÓRICO

El ciclo estral es el conjunto de acontecimientos fisiológicos que se producen en el ovario, a intervalos de tiempo cíclicos, como consecuencia de las variaciones en los niveles hormonales. En el bovino tiene una duración media de 21 días considerándose normal un intervalo entre los 18 y 24 días. En el transcurso del ciclo, los ovarios sufren una serie de cambios que finalizan con la ovulación y la expulsión de un oocito capacitado para ser fertilizado por un espermatozoide y soportar el desarrollo embrionario temprano. Estos cambios están regulados por hormonas provenientes del hipotálamo, hipófisis, ovarios y útero (Quintela et al., 2006).

2.1 Fisiología reproductiva

El ciclo estral consta de cuatro fases o periodos: diestro, proestro, estro y metaestro; el diestro es el periodo de reposo sexual, en el cual se produce la lisis del cuerpo lúteo; el proestro, donde por acción de las gonadotropinas, se inicia el desarrollo y rápido crecimiento de folículos ováricos destinados a madurar, un marcado incremento en la actividad de los órganos reproductivos; el estro o periodo de receptividad sexual o periodo de maduración y dehiscencia de los folículos; y el metaestro, periodo de ruptura del folículo y de la formación y permanencia del cuerpo lúteo (Arthur, 1975). Según Vatti (1962) y Roberts (1971a), en el ciclo estral ocurren modificaciones en el ovario que se cumplen en dos fases: una estrogénica o folicular, dominada por el proestro y el estro, y una progestacional o luteal, dominada por el

metaestro y por el diestro. Roberts (1971a) reporta que la ovulación ocurre durante el metaestro.

El ciclo estral es regulado por una serie de mecanismos endocrinos y neuroendocrinos involucrando hormonas hipotalámicas, como el Factor Liberador de Gonadotropinas (GnRH), hormonas hipofisarias, como la hormona folículo estimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH) y hormonas gonadales tales como los estrógenos (E_2), progesterona (P_4) y la inhibina (Ereno, 2002).

La GnRH es sintetizada por neuronas hipotalámicas (Brandan et al, 2011) en la parte media basal del hipotálamo (McDonald's, 2003) es liberada en forma de pulsos (Clarke, 1988) y llega a la hipófisis anterior o adenohipófisis a través del sistema porta hipotalámico hipofisario, el cual es un sistema de vasos sanguíneos conformado por un plexo vascular en los dos extremos del mismo: uno en la eminencia media para recoger las hormonas y el segundo en la adenohipófisis para permitir su transporte hasta las células diana (Dunlop y Malbert, 2004), en donde determina la secreción de FSH y LH (Brandan et al, 2011).

La diferencia de la producción de FSH o de LH podría deberse a la diferencia en los pulsos de producción de la GnRH y en los cambios de los perfiles esteroideos, pero también por la acción inhibitoria de la inhibina y estimulatoria de la activina (Ying, 1989; De Paolo et al., 1991). Halasz (1993), sugiere que la regulación central de la producción de GnRH puede ser debida a un mecanismo catecolaminérgico que podría ser modificado por los esteroides gonadales y las endorfinas pues los axones que contienen norepinefrina, dopamina, serotonina, ácido gama amino butírico (GABA), pro-opiomelanocortina (POMC), factor liberador de corticotropina (CRF), vasopresina, sustancia P, neurotensina, galanina y neuropéptido Y, acaban en la

neurona que sintetiza GnRH.

Los receptores para la FSH se localizan sólo en las células de la granulosa, tanto en las del cumulus como en las de la pared (Xu, Gaverick y Smith, 1995). La unión de la FSH con los receptores de la granulosa supone una estimulación de la aromatasa, que a su vez cataliza la conversión de andrógenos a estrógenos y la producción de receptores de LH en las células de la granulosa que les permite responder al pico preovulatorio de LH y estimula la mitosis de las células de la granulosa, lo que conlleva al crecimiento folicular (Palma, 2001).

La LH estimula a las células de la teca a que produzcan andrógenos a partir del acetato y del colesterol, además, también las estimula para que se diferencien por completo en el folículo en desarrollo. Las células de la granulosa y las de la teca, con sus receptores para la LH y FSH, se combinan para dar lugar a la producción de estrógenos (Gigli et al, 2006). Cuando la LH se une a las células de la teca, se estimula la producción de estrógenos, los andrógenos pasan a las células de la granulosa, las cuales en respuesta a la FSH y mediante la producción de citocromo P-450, aromatizan dichos andrógenos formando estrógenos (Dunlop y Malbert, 2004). Un nivel elevado de estrógenos y de FSH estimula la presencia de receptores para la LH en la capa externa de las células de la granulosa, lo cual es necesario para que los folículos alcancen su madurez y lleguen a ser folículos preovulatorios. Así mismo, el incremento de los niveles de estrógenos, activan por vía hipotalámica un doble efecto: el circuito nervioso en el cerebro intermedio quien contribuye al comportamiento de excitación y aceptación al macho durante el estro y liberación de LH de la pituitaria al inicio del estro. El pico de LH estimula el crecimiento folicular y del ovocito (Sartori y Barros, 2011).

Arthur (1975), sugiere que el incremento de LH en el plasma estimula el crecimiento de las células de la granulosa dentro del folículo y secreción de progesterona, al mismo tiempo que es liberada la enzima colagenolítica que actúa sobre la pared del folículo contribuyendo a la ruptura del mismo generado por el incremento de la presión ejercida por el fluido folicular. Posteriormente Tilly y Johnson (1990), reportaron que los niveles de LH y prostaglandinas aumentados estimulan la acción del activador del plasminógeno en las células de la teca. Posteriormente, Murdoch et al. (1999a, b) encontraron que la plasmina rompe el exodominio del factor de necrosis tumoral α (TNF – α) en el endotelio de las células de la teca provocando en la oveja la disolución del tejido posterior a la ovulación. Toda ésta interacción de eventos endocrinos resultan en la ovulación cerca de 12 horas después de finalizado el estro (Sartori y Barros, 2011). Sin embargo, Vatti (1962) sugiere que la ovulación se produce 14 horas después de finalizado el estro.

Posterior a la ovulación, el folículo colapsado se reorganiza y forma el cuerpo lúteo (CL). Las células de la teca se hipertrofian y se dispersan entre las células de la granulosa luteinizadas. Las células de la granulosa y de la teca, dan origen a las células luteales grandes y pequeñas respectivamente. Las células luteales grandes, son las responsables de la secreción basal de P_4 aunque no responden a la estimulación con LH, mientras que las células luteales pequeñas responden a dicha estimulación aumentando los niveles de P_4 (Dunlop y Malbert, 2004).

La función del cuerpo lúteo es la de secretar P_4 con el fin de preparar el útero para una gestación posterior (Rippe, 2009). Además, la P_4 también suprime la actividad sexual, inhibe posteriores ovulaciones a través de una inhibición de la producción de LH en el eje hipotalámico hipofisario, sin embargo puede producirse la

secreción de FSH y desarrollarse un crecimiento folicular.

2.2 Dinámica folicular

Rajakoski (1960) basado en estudios histológicos de ovarios, propuso la hipótesis que en los ovarios ocurren dos ondas de crecimiento folicular durante el ciclo estral de los bovinos, lo cual fue corroborado por Guilbault et al. (1991).

Usando la ultrasonografía, Pierson y Ginther (1987b) reportaron que en promedio durante el ciclo estral de un bovino ocurren 2 ondas de crecimiento folicular con folículos de varios diámetros. Concluyeron que cada onda involucra un proceso de selección, que un folículo crece hasta un diámetro pre-ovulatorio y que antes de la evidencia de dicho crecimiento los folículos de menor tamaño sufren una regresión de tamaño. Ireland y Roche (1987), encontraron ciclos con 3 ondas de desarrollo folicular que cada una arroja un folículo dominante (FD).

Ginther, Knopf y Kastelic, (1989a) encontraron la ocurrencia de 2 ondas de crecimiento folicular en el 81% de los animales, mientras otros (Savio et al. 1988; Sirois y Fortune, 1988) encontraron la incidencia de 3 ondas de desarrollo folicular en el 80% de los animales muestreados. Por su parte Stagg (2000), encontró que en el 95% de los ciclos estrales las vacas muestran 2 ó 3 ondas foliculares, el restante porcentaje tienen 4 ondas.

Algunos hatos tienen predominancia de 2 ó 3 ondas de crecimiento folicular (Ereno, 2002). En novillas de razas cebuínas, la dinámica folicular es caracterizada por la presencia de 2 ondas (33%) y 3 ondas (57.1%) (Rhodes et al, 1995b; Figueredo et al, 1997).

Rhodes, De'ath y Entwistle (1995a), después de evaluar 117 ciclos estrales de 17 novillas brahman, encontró que el 26.5%, 66.7% y 6.8% de los ciclos tenían dos,

tres o cuatro ondas de desarrollo folicular respectivamente y la duración del ciclo fue en promedio de 20.9 d. En 5 novillas brahman examinadas por mas de 12 ciclos estrales, éste autor también reportó que el mismo patrón de ondas foliculares se repetía en el 60 al 87.5% de las veces.

Otros estudios en novillas Nelore (Sartorelli et al., 2005; Mollo et al., 2007), en vacas gyr (Gambini et al., 1998; Viana et al., 2007), y vacas brahman (Zeitoun, Rodríguez y Randel, 1996), también reportaron una predominancia de ciclos estrales de tres ondas pero también observaron animales con dos, cuatro y unos pocos animales con cinco ondas de desarrollo folicular por ciclo.

Cada onda folicular tiene una vida media de 7 a 10 días mientras esta progresa a través de las etapas de desarrollo tales como reclutamiento, selección, dominancia y atresia u ovulación (Diskin, 2003).

El reclutamiento de ondas foliculares y la selección y dominancia del folículo esta basada en las respuestas diferenciales a la FSH y LH (Adams *et al.*, 1992a, b, 1993; Ginther *et al.*, 1996). Oleadas en las concentraciones de FSH plasmática son seguidas 1 a 2 días por la emergencia de una nueva onda de desarrollo folicular, mientras la FSH es subsecuentemente suprimida por los productos del folículo en crecimiento tales como el estradiol y la inhibina. En cada onda, el folículo dominante adquiere receptores para LH y continua su crecimiento mientras los subordinados (que continúan dependiendo de la FSH) sufren atresia (Ginther *et al.*, 2001). La supresión de la LH como una consecuencia de la secreción de progesterona por el cuerpo lúteo, causa que el folículo dominante cese sus funciones metabólicas y sufra regresión; esto lleva a una nueva oleada de FSH y la emergencia de una nueva onda folicular (Adams *et al.*, 1992b). La regresión del cuerpo lúteo permite que la

frecuencia de los pulsos de LH incrementa y el FD incrementa su crecimiento; elevadas concentraciones de estradiol resultan en un feedback positivo en el eje hipotálamo – hipófisis lo cual conlleva a un pico de LH y la ovulación.

En animales que presentan un ciclo estral con 2 ondas de desarrollo folicular, el reclutamiento de la primera onda coincide con el día de la ovulación o día cero, en el día 3 hay presencia del FD y éste alcanza el diámetro ovulatorio el día 6. Este folículo permanece estático por pocos días hasta que la segunda onda se inicia en el día 10. El FD de la segunda onda se convierte en el folículo ovulatorio del ciclo estral siguiente (Ereno, 2002). En un ciclo de 3 ondas de desarrollo folicular se evidencia una fase estática mas corta del FD de la primera onda y por una fase luteal mas larga. La tercera onda se inicia el día 16 y de ésta se origina el folículo ovulatorio (Sirois y Fortune, 1988; Savio et al, 1988).

Las ondas de desarrollo folicular no solamente se presentan en animales con actividad ovárica cíclica, ellas también se presentan durante el periodo prepuberal (Ereno, 2002), la gestación y el anestro postparto (Ereno, 2002; Henao, 2001).

La dieta puede afectar el perfil de ondas de crecimiento folicular, debido a que una dieta pobre está asociada a bajas concentraciones de factor de crecimiento semejante a insulina Tipo I (IGF-I) (Murphy, Boland y Roche, 1990), reducción del diámetro del folículo dominante de todas las ondas y también reducción del tiempo de persistencia de éste folículo durante la primera onda (Rhodes et al, 1995b).

Gong et al. (1991) y Singh et al. (1997), demostraron que el IGF-I y la folistatina pueden modular el proceso de reclutamiento pues administraron hormona de crecimiento (GH) y la concentración de IGF-I circulante fue mas alta, lo que conlleva a un aumento en el número de folículos reclutados por onda.

La emergencia de una onda folicular en bovinos se caracteriza por la presencia de un folículo de aproximadamente 4 ó 5 mm de diámetro y un grupo de folículos menores de 3 mm, en ese momento es cuando las concentraciones de FSH alcanzan su pico máximo (Ginther, 2000) el cual puede ser de 1 a 2 días (Stagg et al., 1998). Después de las concentraciones máximas de FSH, los niveles disminuyen durante varios días mientras que los que los folículos crecen desde los 4 a los 8,5 mm (Adams et al., 1992a; Ginther et al., 1997).

En ganado *Bos indicus*, un número alto de folículos pequeños se han registrado durante la emergencia de la primera onda de desarrollo folicular. Buratini et al. (2000) registraron aproximadamente 50 folículos pequeños en ovarios de novillas Nelore. Similarmente, cuando los datos fueron combinados con otros estudios en 115 novillas de la misma raza de las cuales se tenían registros de 190 ondas de desarrollo folicular que fueron sincronizadas con la ayuda de tratamientos hormonales, el número promedio de folículos $\geq 3\text{mm}$ al inicio de la onda fueron de 41.5 (Sartori y Barros, 2011). Mediante la evaluación de los ovarios de novillas en el día 17 del ciclo estral (día 0 = estro) provenientes de planta de sacrificio, Segerson et al. (1984) detectaron un mayor número de folículos pequeños en novillas Brahman que en Angus. Igualmente Álvarez et al. (2000) también observaron un mayor número de folículos en el momento de la emergencia de la onda en vacas lactantes multíparas Brahman (39 ± 4) comparadas con Senepol (33 ± 4) o Angus (21 ± 4). Carvalho et al. (2008) encontraron un mayor número ($33,4 \pm 3,2$ comparado con $25,4 \pm 2,5$) de folículos pequeños en la emergencia de la onda folicular en razas cebuínas (Nelore y Gyr) que en razas europeas (Angus y Holstein).

En promedio, los folículos crecen a una tasa similar y luego el grupo o cohorte de folículos en crecimiento hacen divergencia a un solo FD y a un grupo de folículos subordinados (Ginther, 2000). La tasa de crecimiento de los folículos de los que se produce la ovulación y otros folículos dominantes es menor en el ganado Nelore (0,9 mm/d; Figueiredo et al., 1997; Carvalho et al., 2008) que en las razas europeas (1,1–2,0 mm/d, Sirois & Fortune, 1988; Knopf et al., 1989; Sartori et al., 2004; Carvalho et al., 2008).

La divergencia folicular ha sido usada para referirse al tiempo en el cual las diferencias en la tasa de crecimiento entre el futuro FD y los futuros folículos subordinados llega a ser aparente (Ginther et al., 1996). Generalmente ocurre cuando el folículo mas grande alcanza un diámetro promedio de 8,5 mm (Ginther et al., 1997; Ginther et al., 1998; Ginther et al., 1999; Kulick et al., 1999; Ginther et al., 2001). Cerca del inicio de la divergencia de diámetro, el folículo mas grande se convierte en el folículo dominante, aparentemente antes que el folículo segundo mayor alcance un diámetro similar.

Después de esta etapa, el folículo dominante continua creciendo y los subordinados se someten a atresia. Teniendo en cuenta que el bovino es generalmente mono-ovulatorio, la presencia de un simple folículo dominante es el hallazgo mas común al momento de examinar por ultrasonografía los ovarios. Sin embargo, la codominancia se puede presentar en vacas de alta producción de leche (Sartori et al., 2002, 2004; López, Sartori, Wiltbank, 2005). Existen pocos reportes de codominancia en ganado cebú (Sartorelli et al., 2005).

El futuro FD emerge 6 horas antes que el folículo segundo mayor (subordinado) y sus medidas de crecimiento son iguales hasta el momento de hacer

la divergencia, las cuales en promedio son de 0,5 mm cada 8 horas (Ginther et al., 1999).

Ginther et al. (1996), analizando los datos obtenidos a partir del seguimiento a 33 ondas de desarrollo folicular cada 24 horas, observaron que el FD fue el mas grande en el 76% de las ondas, de igual tamaño en el 21% o menor en el 3% que el folículo segundo mayor, concluyeron que muchas veces el FD tiene una ventaja en tamaño respecto a los otros, por lo tanto, este folículo es el primero en tener un diámetro decisivo en el momento de la divergencia.

El dominio funcional es luego establecido y el folículo dominante continua creciendo mientras que los folículos restantes que han emergido como parte de la misma onda folicular cesan su crecimiento (Diskin, 2003). El folículo dominante se distingue de los folículos subordinados por su capacidad ampliada para producir estradiol (Ginther et al., 1997; Austin et al., 2001), por el mantenimiento de bajas concentraciones intrafoliculares de factor de crecimiento insulínico ligado a proteínas 2, 4 y 5 (IGFBPs) y folistatina (Austin et al., 2001), un incremento de las concentraciones libres de IGF-I (Ginther et al., 2001) y un incremento sustancial de tamaño (Diskin, 2003). Austin et al. (2001), sugieren que algunos de los cambios intrafoliculares también como las diferencias de tamaño, son evidentes dentro de las 33 horas siguientes al pico de FSH de la emergencia de la onda del pre-folículo y con suficiente antelación de la divergencia folicular y la adquisición de dominancia funcional. Así mismo, también Austin et al. (2001) refieren que los folículos destinados a convertirse en atrésicos son caracterizados por una baja capacidad de producir estradiol y una producción mayor de IGFBPs de bajo peso molecular. Estos dejan de crecer y eventualmente disminuyen de tamaño con una perdida asociada de

los receptores para las gonadotropinas (Ireland y Roche, 1983a, b) y el inicio de la apoptosis de las células de la granulosa (Diskin, 2003).

Las células de la teca ovárica expresan receptores de LH desde tamaños preantrales hasta preovulatorios (Xu et al. 1995). La selección del folículo dominante ocurre durante la disminución de las concentraciones de FSH y éste mantiene las concentraciones de FSH al máximo hasta que ovula o se atresia dependiendo del patrón de la secreción de la hormona luteinizante (LH) en ese momento (Diskin, 2003). Durante la etapa final del folículo dominante, parece suceder una transición de dependencia de FSH a dependencia a LH pero la causa de este cambio es desconocida (Diskin, 2003). Sin embargo, un folículo dominante seleccionado únicamente expresa mRNA para receptores de LH en las células de la granulosa (Bao et al., 1997) las cuales son la clave para permitir el crecimiento continuo bajo estimulación de la LH. Las consecuencias son que el crecimiento continuo y la producción de estradiol por cuenta del folículo dominante depende de la frecuencia pulsátil incrementada de LH la cual, si es prolongada, puede llevar a la persistencia del folículo dominante (Sirois y Fortune, 1990; Stock y Fortune, 1993). Aunque existe cierta controversia sobre el momento en que estas células comienzan a expresar receptores funcionales para LH y si son necesarias para apoyar el crecimiento del folículo dominante en el momento de desviación cuando los niveles de FSH están disminuyendo o bajos. La cantidad de mRNA de los receptores de LH fue medida por PCR en tiempo real, fue mas alta en células de la granulosa del folículo mas grande de la onda comparada con el folículo segundo mayor antes de la desviación morfológica, sugiriendo que la adquisición de respuesta a la LH por las células de la granulosa es parte del proceso de la desviación (Beg et al. 2001).

2.3 Fisiología reproductiva en *Bos indicus* y *Bos taurus*

Existen diferencias importantes en la fisiología y en el comportamiento reproductivo entre *Bos taurus* y *Bos indicus*, las cuales pueden influenciar la respuesta a los protocolos de sincronización del estro y de la ovulación para cumplir con el objetivo de una inseminación artificial a tiempo fijo (Baruselli et al., 2000).

La duración del estro es más corta en ganado *B. indicus* que en *B. taurus* (Randel, 1976; Galina y Arthur, 1990). La duración promedio del estro ha sido reportada de 10 horas con variaciones que oscilan entre 1,3 y 20 horas (Galina y Arthur, 1990; Barros et al., 1995; Pinheiro et al., 1998). Aunque los informes con más tiempo de publicados y más recientes están de acuerdo en la duración del estro, los datos sobre el intervalo desde el comienzo del estro a la ovulación difieren entre los primeros informes y los recientes. Mientras Randel (1976) informó de un intervalo de aproximadamente 19 h entre el inicio del estro a la ovulación en vacas Brahman, publicaciones posteriores han mostrado un intervalo más largo de alrededor de 25-29 h (Barros et al, 1994;. Cavalieri et al, 1997; Pinheiro et al, 1998).

Respecto a la duración del estro, estudios realizados con el sistema Heat-Watch® en novillas *B. taurus* X *B. Indicus* el promedio de duración del estro fue de $10,4 \pm 5,7$ horas (Membrive, 2000) y $10,8 \pm 5,1$ horas (Rocha, 2000) y el intervalo desde el inicio del estro a la ovulación fue de $27,6 \pm 5,1$ horas (Rocha, 2000).

Se han realizado muchos estudios comparando el pico preovulatorio de la LH en hembras de la raza Brahman con respecto a las razas británicas; con pico de LH natural (Randel, 1976; Randel y Moseley 1977), inducido con estradiol (Rhodes et al.

1978) e inducido con GnRH (Griffin y Randel 1978) y se encontró que el pico de LH era mas bajo en Brahman que en las otras razas.

La estacionalidad afecta la ciclicidad en ganado *Bos indicus*. Randel (1984) informó que las vacas *B. indicus* tuvieron una disminución de la incidencia de la oleada preovulatoria de LH y sus células luteales son menos sensibles a la LH in vitro durante el invierno. Por otra parte, las tasas de concepción de ganado Brahman fueron mayores en el verano (61%) respecto al otoño (36%; Randel, 1994). Stahringer et al. (1990), Mezzadra et al. (1993) y McGowan (1999) también informaron de la ocurrencia de estros anovulatorios y anestros en hembras Brahman durante el invierno.

El ganado *B. indicus* tiene dentro de su patrón de comportamiento, la manifestación de celos “silentes” lo cual hace la detección visual del mismo, una tarea difícil de ejecutar (Galina y Arthur, 1990). Las hembras *B. indicus* también tienden a mostrar signos de comportamiento estral durante la noche (Chenoweth, 1994; Galina y Arthur, 1990). Pinheiro et al. (1998) reportaron que en el 53,8% de las vacas Nelore, el estro comenzó por la noche (6 pm a 6 am), con un 30% de éstos que empezaban y terminaban en la noche. Membrive (2000) informó que la actividad de montas de novillas *B. indicus* x *B. taurus* fue de $23,0 \pm 16,9$ montas por celo, que se distribuyeron en $10,0 \pm 9,7$ montas (43,5%) entre las 7 a.m y 7 p.m. y $13,0 \pm 12,4$ montas (56,5%) entre las 7 p.m. y 7 a.m. Landaeta-Hernández et al. (2002) encontraron también más vacas que muestran estros espontáneos durante la noche que durante el día, pero la expresión del estro fue más intensa e igualmente distribuida durante el día, que cuando las mismas vacas fueron sincronizadas con prostaglandinas. Sin embargo, sus resultados fueron influenciados por un índice de

temperatura-humedad alta (ITH) durante el estro espontáneo, lo que sugiere que el calor ambiental también afecta a la expresión del celo en el ganado Brahman adaptado al trópico.

Otros factores climáticos como lluvia, viento fuerte, el movimiento de los animales de un potrero a otro o mantener a los animales en un corral también tienden a suprimir las montas y las actividades relacionadas con el estro (Galina et al., 1996). A este respecto, Dobson y Smith (2000) sugirieron que la exposición a factores de estrés (medioambiental, manejo o derivado de los mismos animales) afecta a la frecuencia y la amplitud de la GnRH y los pulsos de LH y retrasa la oleada preovulatoria de la LH lo que conlleva a una disminución posterior en la expresión el estro e incidencia en la ovulación. Todos estos hallazgos ayudan a explicar la baja eficiencia de detección del estro y la fertilidad reportada después de los programas de IA en hatos *B. indicus* (Galina y Arthur, 1990 y Galina et al., 1996).

En ganado *Bos indicus* aunque hay diferencias significativas en cuanto a tamaño de los folículos en desviación en comparación con el ganado *Bos taurus*, el proceso de selección parece ser similar (Sartori y Barros, 2011). En razas europeas, la desviación folicular generalmente ocurre cuando el folículo mas grande desarrollado alcanza los 8,5 – 9,0 mm de diámetro y el subordinado mas grande alcanza los 7,5 – 8,0 mm (Ginther et al., 1996; Sartori et al., 2001). En contraste, en las novillas y vacas *Bos indicus* la desviación ocurre cuando el folículo mas grande alcanza los 5 – 6 mm de diámetro. Igualmente, Bastos et al. (2010) detectaron que la desviación folicular ocurre cuando el folículo mas grande alcanza los $7,0 \pm 0,2$ y $8,9 \pm 0,4$ mm en vacas Nelore no lactantes y vacas Holstein respectivamente ($P < 0.05$).

Varios estudios (Sartorelli et al., 2005; Castilho et al., 2007; Gimenes et al., 2008) informaron de que la desviación de diámetro folicular ocurrió 2,3 – 2,8 d después de la ovulación cuando el folículo de mayor crecimiento había alcanzado un diámetro de entre 5,3 y 6,2 mm. Aunque el tamaño del folículo en desviación difiere sustancialmente entre los grupos genéticos, el tiempo de desviación en *Bos indicus* en relación a la ovulación es similar a los reportados en ganado Holstein (Ginther et al., 1996; Sartori et al., 2001).

Similar al estudio realizado en vacas Holstein (Sartori et al., 2001), Gimenes et al. (2008) diseñaron un experimento para determinar el tamaño al cual el folículo dominante adquiere capacidad ovulatoria en novillas nelore. Veinte nueve novillas se monitorearon cada 24 horas por ultrasonografía desde la ovulación hasta que el folículo mas grande alcanzo diámetros entre los 7,0 y los 8,4 mm (G1; n = 9) entre 8,5 y 10 mm (G2; n = 10) o > 10 mm (G3; n = 10). En ese momento, las novillas fueron tratadas con 25 mg IM de LH y monitoreadas por ultrasonografía cada 12 h durante otras 48 h. A diferencia de las vacas Holstein, en la que sólo había ovulaciones de folículos ≥ 10 mm en respuesta a la LH, la ovulación ocurrió en 3 de 9, 8 de 10, y 9 de 10 novillas Nelore en los tres grupos, respectivamente. Esto sugiere que las células de la granulosa en el folículo dominante de novillas Nelore adquiere receptores para LH en un diámetro mas pequeño cuando se comparan con ganado Holstein. Esto mismo fue confirmado por Nogueira et al. (2007) y Barros et al. (2009).

Tabla 1. Diferencias fisiológicas entre hembras *Bos indicus* y *Bos taurus*

Parámetro	<i>Bos indicus</i>	Referencias	<i>Bos taurus</i>	Referencias
Edad a la pubertad (meses)	16 a 40	Abeygunawardena & Dematawewa (2004) Nogueira (2004)	9 a 12	Fajersson et al. (1991)
Duración del estro (horas)	10,9 a 12,9	Pinheiro et al. (1998) Mizuta (2003)	16,3	Mizuta (2003)
Numero de folículos pequeños	30 a 60	Alvarez et al. (2000) Buratini Jr. et al. (2000) Carvalho et al. (2008) Gimenes et al. (2009) Bastos et al. (2010)	15 a 33	Ginther et al. (1996) Alvarez et al. (2000) Carvalho et al. (2008) Gimenes et al. (2009) Bastos et al. (2010)
Diámetro del folículo dominante a la desviación (mm)	5,4 a 7	Sartorelli et al. (2005) Castilho et al. (2007) Ereno et al. (2008) Gimenes et al. (2008) Bastos et al. (2010)	8,3 a 9,8	Ginther et al. (1996) Sartori et al. (2001) Sartori et al. (2004) Bastos et al. (2010)
Diámetro del folículo subordinado mas grande a la desviación (mm)	5,3 a 5,9	Sartorelli et al. (2005) Castilho et al. (2007) Gimenes et al. (2008)	7,2	Ginther et al. (1996)
Diámetro relacionado con la adquisición de la capacidad ovulatoria (mm)	7 a 8,5	Gimenes et al. (2008)	10	Sartori et al. (2001)
	11,3 a 14	Figueiredo et al. (1997) Sartorelli et al. (2005) Mollo et al. (2007)	13,9 a 17,1	Ginther et al. (1989) Sartori et al. (2004)

Diámetro del folículo ovulatorio (mm)	10 – 13 (Nelore - Brahman)	Figueiredo et al. (1997) Sartorelli et al. (2005) Carvalho et al. 2008 Machado et al. 2008 Rhodes et al. 1995	12 – 22 (Holstein)	Savio et al. 1988 Ginther et al. 1989c Sartori et al. 2006 Carvalho et al. 2008
	15,6 ± 0,5 (Brahman)	Álvarez et al. 2000	12,8 ± 0,4 (Angus)	Álvarez et al. 2000
			13,6 ± 0,4 (Senepol)	
Diámetro del folículo dominante (mm)	10 - 12	Bó et al. 1993a, b Figueiredo et al. (1997) Rhodes et al. (1995)	14 - 20	Ginther et al. (1989b) Kastelic et al. 1990 Bó et al. 1993b
	11,2 ± 1,2 (Brahman Lactante) 10,9 ± 1,6 (Brahman No Lactante)	Henao, Olivera y Maldonado (2000)		
Diámetro del cuerpo lúteo (mm)	17 a 21	Segerson et al. (1984) Rhodes et al. (1995) Figueiredo et al. (1997) Bastos et al. (2010) Bó et al. 1993a, b	20 a 30	Ginther et al. (1989b) Bastos et al. (2010) Kastelic et al. 1990 Bó et al. 1993b

Ginther et al. (1989c), trabajando con hembras Holstein, observó que las novillas con dos ondas de desarrollo folicular tenían folículos dominantes con diámetros máximos de 17,1 y 16,5 mm para la primera y segunda onda respectivamente. En contraste, en hembras *Bos indicus* los diámetros reportados fueron de 11,3 y 12,3 mm respectivamente (Figueiredo et al. 1997; Sartorelli et al. 2005).

Debido a la correlación positiva entre el tamaño del folículo ovulatorio y el tamaño del cuerpo lúteo (Sartori et al., 2002), es de esperarse que el volumen del cuerpo lúteo en razas cebuínas sea más pequeño que en razas europeas. Mientras estudios reportan que el promedio máximo del volumen luteal es de 7303 mm³ (24,1 mm de diámetro) para novillas Holstein y 11248 mm³ (27,8 mm de diámetro) para vacas Holstein lactantes (Sartori et al., 2004), los volúmenes de cuerpo lúteo reportados para ganado Nelore están en un rango de 1987mm³ (15,6 mm de diámetro) hasta 5199 mm³ (21,5 mm de diámetro; Figueiredo et al., 1997; Mollo et al., 2007; Machado et al., 2008). En el estudio de Carvalho et al. (2008), en alrededor de 10 días después de la ovulación, el cuerpo lúteo fue más pequeño en ganado *Bos indicus* que en ganado *Bos taurus* (15,3 comparado con 18,4mm de diámetro). En novillas Brahman, el diámetro máximo del cuerpo lúteo fue de 18,9 mm (Rhodes et al., 1995).

En ganado Nelore se verificó que los diámetros del folículo dominante y del cuerpo lúteo son menores en relación con los *Bos taurus* (Figueiredo et al., 1997 y Pinheiro et al., 1998). Con respecto a las poblaciones foliculares, se demostró que los ovarios de las novillas *Bos indicus* presentan un mayor número de folículos < 5 mm y un menor número de folículos ≥ 5 mm que las novillas *Bos taurus* (Segerson et

al., 1984; Buratini, 1999). Adicional a las diferencias ováricas, existen también diferencias endocrinas.

Randel, (1976) sugiere que el ganado cebú presenta una menor capacidad de secreción de LH en relación con las razas europeas.

En cuanto a las hormonas esteroideas, los niveles circulantes de estradiol y progesterona en hembras cebú se mostraban inferiores a los observados en las razas europeas (Randel, 1984; Segerson *et al.*, 1984).

Finalmente, existen indicios de una mayor sensibilidad de animales *Bos indicus* a protocolos de manipulación de la actividad ovárica que emplean gonadotrofinas exógenas. Se demostró que dosis de FSH más bajas proporcionan mejores respuestas en *Bos indicus* que las usualmente empleadas en *Bos taurus* (Baruselli *et al.*, 2000).

2.4 Minerales en la reproducción bovina

En general, todas las vitaminas y minerales son requeridos para la reproducción debido a sus funciones en el metabolismo, mantenimiento y crecimiento celular. Sin embargo, esos nutrientes también tienen papeles y requerimientos específicos en los tejidos involucrados en la reproducción. Los requerimientos pueden variar con el estado fisiológico del tejido durante el ciclo reproductivo y la preñez (Hurley y Doane, 1989).

Los elementos traza o microelementos pueden funcionar como cofactores, como activadores de enzimas o estabilizadores de la estructura molecular secundaria. Existe un especial interés en los efectos de la deficiencia dietaria de

estos elementos en las funciones fisiológicas y particularmente en la reproducción (Hurley y Doane, 1989).

2.4.1 Fósforo (P). Es un macromineral cuya combinación con el calcio es importante en la formación ósea. Aproximadamente el 80 por ciento del fósforo en el organismo se encuentra en los huesos y los dientes y el restante se distribuye en los tejidos blandos. El fósforo funciona en el crecimiento y diferenciación celular como un componente del ADN y el RNA, funciona también en la utilización y transferencia de energía como un componente de ATP, ADP y AMP; en la formación de fosfolípidos y el mantenimiento del equilibrio ácido-base y equilibrio osmótico. El fósforo es requerido por los microorganismos ruminales para su crecimiento y el metabolismo celular (NRC, 2000).

Una hipofosfatemia afecta muchos tipos celulares pues el fosforo es un componente integral de los ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfolípidos y algunas proteínas. (Hurley y doane, 1989).

Su deficiencia induce bajas tasas de concepción, estros irregulares, anestro, disminución de la actividad ovárica, marcada incidencia de quistes foliculares y depresión de la fertilidad (Maynard et al., 1979; Morrow, 1980; Pugh, 1985). A su vez, Pelissier (1973) y Noorsdsy et al. (1973) indicaron que la tasa de retención de placenta fue correlacionada positivamente con imbalances en el metabolismo del calcio y fosforo.

Soto y Garmendía (1998), suplementaron novillas de raza Brahman (*Bos indicus*) con mezclas minerales que contenían 6% de fósforo respecto al grupo control y posteriormente evaluaron la actividad ovárica mediante palpación, número de servicios por concepción, peso corporal, progesterona plasmática, longitud del

ciclo estral y tasa de concepción en donde encontraron diferencias significativas en la funcionalidad ovárica, también hallaron menos servicios por concepción y mas peso corporal en el grupo suplementado que en grupo control, para las variables de progesterona plasmática, longitud del ciclo estral y tasa de concepción no encontraron diferencias estadísticas entre los grupos.

Tallam et al. (2005) suplementaron vacas lecheras en el periodo postparto con diferentes cantidades de fósforo en la dieta (0,35 y 0,47%) y no encontraron diferencias significativas en los días a la primera ovulación, diámetro del folículo dominante y preovulatorio, desarrollo del cuerpo lúteo, niveles de progesterona, tasa de concepción al primer servicio, la tasa de concepción a los 200 días de lactancia y numero de servicios por concepción.

Wu y Satter (2000) recopilaron 8 estudios involucrando 785 vacas donde la mitad de las vacas fueron alimentadas con baja cantidad de P, con rangos del 0,32 al 0,40% de la dieta, y la otra mitad alimentadas con alta cantidad de P, con rangos del 0,39 al 0,61% de la dieta. Los parámetros reproductivos, incluyendo días al primer celo, días a la primera monta, numero de servicios por concepción y tasas de preñez no presentaron diferencias entre los tratamientos.

2.4.2 Zinc (Zn). El zinc funciona como un componente esencial de una serie de enzimas importantes, adicionalmente otras enzimas se activan gracias a este mineral. Las enzimas que requieren de zinc están involucradas en ácidos nucleicos, proteínas y metabolismo de los carbohidratos (Hambidge et al., 1986). El zinc también es importante para el normal desarrollo y funcionamiento del sistema inmunológico (NCR, 2000), además, es un activador de las enzimas involucradas en

la esteroidogenesis (Hurley y doane, 1989) y en el metabolismo de proteínas y carbohidratos (Smith y Akinbamijo, 2000).

Por otra parte, existe evidencia que el beta caroteno, el molibdeno y el Zinc están implicados en la esteroidogénesis (Hurley y Doane, 1989; Corah y Ives, 1991). La deficiencia de estos puede afectar directamente las actividades ováricas o el mecanismo de retroalimentación hipotalámico hipofisario (Smith y Akinbamijo, 2000).

De acuerdo a lo reportado por Underwood (1981), todas las fases del proceso reproductivo en la hembra desde el estro, la gestación y la lactancia pueden verse afectadas por los bajos niveles de zinc. Su deficiencia induce una disminución en la fertilidad y el desempeño reproductivo disminuye (NCR, 2000).

En un estudio realizado con novillas que recibieron suplementación con Zn manifestaron una tasa alta de parto (93%) comparada con el grupo no suplementado (62%) (Piper y Spears, 1982), por otra parte (Nedyj|kov y Krustev, 1969; reportado por Hurley y Doane, 1989) suplementaron con Zn vacas de producción de leche y encontraron un 23% mas de tasa de concepción y un contenido de Zn mas alto en los ovarios de las vacas tratadas que las vacas del grupo control, también encontraron que la interrupción de la suplementación redujo la fertilidad.

Siciliano – jones et al. (2008), suministraron a vacas un suplemento nutricional comercial que contenía 360 mg de Zn, 200 mg de Mn, 125 mg de Cu, y 12 mg de Co y no encontraron mejorías en la tasa de concepción, días al primer servicio, servicios por concepción y días abiertos.

2.4.3. Selenio (Se). En los últimos años el interés por el estudio de los microelementos y en particular por el selenio ha ido en aumento, debido a su gran importancia en la nutrición animal. En la producción ovina la deficiencia de este

mineral causa problemas graves especialmente en el desarrollo de los corderos y en la etapa de gestación de las ovejas (Abd El Ghany-Hefnawy et al., 2007).

El selenio se acumula preferencialmente en los placentomas, ovario, hipófisis y en la glándula adrenal, lo cual sugiere que estos tejidos en particular tienen requerimientos específicos de selenio (Harrison y Conrad, 1984b; Buck et al., 1981)

Los estados de deficiencia de vitamina E y selenio permiten la actividad de los radicales libres dependientes de oxígeno (Smith y Akinbamijo, 2000), los cuales favorecen la alteración de la síntesis de esteroides (Staats et al., 1988), prostaglandinas (Hemler y Lands, 1980), trastornan la motilidad espermática (Alvarez y Storey, 1989; McKenzie et al., 1998) y el desarrollo del embrión (Goto et al., 1992). Así mismo, también se enumeran periodos de celo silencioso o débil, bajas tasas de concepción, bajas tasas de fertilización y quistes ováricos (Corah and Ives, 1991), motilidad uterina reducida (Segerson y Libby, 1982) y retención de placenta (Campbell and Miller, 1998; Otterby y Linn, 1981), efectos sobre la tasa de ovulación (Harrison et al., 1984a.), tasa de concepción y actividades post-parto (Arechiga et al., 1994), expulsión de membranas fetales (Wichtell et al., 1996), sobrevivencia embrionaria, producción de leche y crecimiento pos-natal (Anke et al., 1989).

Suplementación con selenio o selenio y vitamina E reduce la incidencia de retención de placenta en hatos donde la prevalencia de dicho problema fue alta o cuando estos elementos eran limitados en la dieta (Hurley y Doane, 1989).

Olson (1995), reporta que en un estudio retrospectivo de más de 60.000 partos, que la incidencia de retención de placenta fue del 10.3% y que las deficiencias en vitamina E y selenio constituyeron las causas nutricionales más comunes.

Vitamina E y selenio tienen como mecanismo de acción en reproducción el rol

de antioxidantes, los cuales protegen los sistemas biológicos de la degradación oxidativa, (Burton e Ingold 1984; Diplock, 1981; Freeman y Crapo, 1982). Así como también cumplen un papel indirecto en la síntesis de prostaglandinas (Diplock, 1981). Así mismo, la glutatión peroxidasa, enzima dependiente de selenio, protege el oocito del daño oxidativo previo a la ovulación afectando positivamente la fertilización (Hurley y Doane, 1989).

Trinder et al (1969), alimento vacas secas con una ración que contenía entre 0.025 hasta 0.047 mg/g de materia seca de selenio y bajo estas cantidades aún se presentaba incidencia de retención de placenta, aunque en otro grupo de vacas secas una inyección combinada de vitamina E y 15 mg de selenio durante un mes antes de la fecha estimada de parto redujo su incidencia. 15 miligramos de selenio inyectable en forma de selenato de potasio fue ligeramente menos efectivo (Trinder et al, 1969). Las concentraciones de selenio en sangre en vacas provenientes de hatos con altas tasas de retención de placenta fue significativamente mas bajo que en hatos sin historial de retención. Estos datos indican que hay una posible relación entre el estado sanitario uterino y la deficiencia de selenio y/o vitamina E (Trinder et al, 1969).

Julien et al (1976b), aplicaron suplementos inyectables de 50 mg de selenio y 680 UI de vitamina E en vacas secas 40 y 20 días antes de la fecha esperada del parto en donde encontraron una disminución en la incidencia de retención de placenta.

Algunas investigaciones (Segerson et al., 1981b; Trinder et al. 1973, 1969), han encontrado que la suplementación con selenio asociado a la vitamina E es mas efectivo que la suplementación con únicamente con selenio, pero así mismo, otros

investigadores (Eger et al, 1985) han concluido que el efecto del selenio es independiente de la suplementación con vitamina E.

Selenio en asocio con vitamina E aplicado vía intramuscular 3 semanas antes del parto disminuyo la incidencia de retención de placenta en un trabajo reportado por Eger et al., (1985). Harrison et al., (1984a), reportan que la suplementación con vitamina E y selenio disminuye la incidencia de metritis y quistes ováricos mientras que Harrison et al, (1986) indican que dicha suplementación reduce el tiempo de involución uterina en vacas con metritis.

Gunter et al. (2003), suplementó vacas angus, hereford y simmental con 26 mg/Kg de selenio en dos formas diferentes con el fin de evaluar el peso, la condición corporal, la tasa de concepción, el intervalo entre partos y los días en leche y no encontro diferencias significativas en ninguno de los parametros evaluados.

La eficacia de la aplicación de inyecciones de vitamina E y selenio para reducir la incidencia de retención de placenta no fue comprobada por Gwazdauskas et al (1979), el cual no observo una disminución de la incidencia cuando a las vacas se les aplicó 21,9 mg de selenio y 500 mg de vitamina E en los días 30 al 28 previos al parto. Schingoethe et al (1981), reporto que no hay beneficios posteriores a la aplicación parenteral de 50 mg de vitamina E y 5 mg de selenio por cada 45,4 kilos de peso corporal cuando las vacas consumían dietas con cantidades adecuadas de selenio. Segerson et al (1981b), concluyeron que inyecciones de 500 mg de vitamina E y 50 mg de selenio no fueron efectivas para reducir la incidencia de retención de placenta en hatos que tenían adecuada suplementación así como en los que no la tenían. En otros estudios Scales, (1976) y Southcott et al. (1972) encontraron que el tratamiento con selenio previo a la etapa de montas en vacas de aptitud cárnica no

mejoro las tasas de preñez.

Hidiroglou et al. (1987), en un estudio realizado en 627 vacas aplicaron por vía intramuscular los días 21 y 10 antes del parto 45 mg de Se y 2040 IU de vitamina E y adicionalmente en otro grupo de animales suministro intraruminalmente dos bolos de Selenio con el fin de evitar la retención de placenta y sugieren que la administración de selenio en vacas para mitigar dicho problema es cuestionable pues hay otros factores involucrados en dicha entidad patológica como por ejemplo imbalances fisiológicos, factores patogénicos y deficiencias marginales de vitamina E.

Animales deficientes en vitamina E y selenio pueden tener momentos de inmunosupresión, pues los leucocitos de animales con estas carencias tienen una actividad de la glutatión peroxidasa disminuida con lo cual, la actividad microbicida decrece Hurley y Doane, (1989); Arthur y Boyne, (1985). De acuerdo a lo anterior, niveles adecuados de vitamina E y selenio pueden participar en la prevención de la metritis (Hurley y Doane, 1989).

Vacas superovuladas con un óptimo esquema de alimentación suplementadas con selenio evidenciaron 100% de estructuras fertilizadas con respecto a un 41% de óvulos fertilizados en vacas no suplementadas (Hurley y Doane, 1989).

La suplementación con selenio y vitamina E incrementa las contracciones uterinas y las contracciones del oviducto en ovejas (Segerson y Ganapathy, 1981a; Segerson et al. 1980).

2.4.4. Yodo (I). El efecto del yodo en la reproducción puede ser atribuido al requerimiento de éste para la síntesis de hormona tiroidea. El desarrollo fetal durante una deficiencia de yodo puede ser detenido en cualquier momento y conducir a la muerte embrionaria temprana, reabsorción fetal, aborto, muerte fetal o nacimiento de

animales con bocio, terneros débiles y también se puede asociar a gestaciones prolongadas y retención de placenta (Hurley y Doane, 1989).

Niveles de yodo de 2,5 mg/kg de peso vivo en vacas secas no tuvieron efecto sobre las vacas ni sobre sus crías. Niveles de 5 a 7,5 incrementaron la tendencia de crías prematuras, crías débiles o anormales y natimortos (Swanson, 1980; citado por NRC, 1980)

La función ovárica se ve afectada en ganado que recibe dietas moderadamente deficientes en yodo por periodos largos de tiempo (Hignet, 1950). Así mismo, el hipotiroidismo puede disminuir la liberación hipofisaria de las gonadotropinas (Roberts, 1971b)

Annenkov (1981), reporta que la suplementación con yodo reduce los servicios por concepción, los mortinatos, abortos y la incidencia de retención de placenta.

La deficiencia de yodo durante la preñez perjudica las funciones de la tiroides del feto, lo que puede conllevar a la presentación de abortos, por otro lado el normal desarrollo de los órganos reproductivos y su propio funcionamiento depende del estatus de la tiroides (Hidiroglou, 1979)

Una deficiencia de yodo en la dieta en ganado lechero resulta en estros anovulatorios causados por un disturbio en la función tiroidea e hipofisaria (Smirnova, 1964). Money et al., (1967) y Spielman et al., (1945) reportaron que novillas lecheras con tiroidectomía dejan de mostrar celos en intervalos regulares.

Se cree que el efecto benéfico del yodo se debe a que está inmerso en la secreción de gonadotropinas mediadas por la glandula tiroides (Hidiroglou, 1979). Además, el yodo tiene un efecto directo en la secreción del factor liberador de tirotrópina el cual a su vez estimula la secreción de prolactina (Brown-Grant, 1966).

Los niveles subnormales de proteína ligada al yodo en vacas han sido asociados con infertilidad en vacas repetidoras crónicas de celo, el promedio de esta proteína es de 37µg/L mientras que en vacas con ciclos estrales normales es de 46 µg/L (Allcroft et al., 1954). Hay una significativa relación inversa entre la proteína ligada al yodo y el intervalo primer servicio concepción, así como del numero de servicios por concepción (Lewis y Ralston, 1953). El mejoramiento del desempeño reproductivo ha sido asociado con altos niveles de proteína ligada al yodo; por cada 10 µg/L de incremento en el nivel de dicha proteína, el numero de servicios por concepción disminuye en 0.2 y así mismo, bajos niveles de la proteína han sido asociado con abortos (Lennon y Mixter, 1959) y quistes ováricos en vacas (Afiefy et al., 1970).

2.5 Farmacocinética del Calfosvit[®] Se. Este producto tiene la combinación de 4 minerales los cuales son el fósforo (22 mg/mL) en forma de Fosforilcolamina (Acido etanol-2-aminofosfórico) el cual contiene 21,95% de fósforo asimilable, el zinc (3mg) en forma de Sulfato de Zinc, con un 40,50% de Zinc asimilable, yodo (15 mg) en forma de yoduro de Potasio con 70% de Yodo asimilable y el selenio (0,1 mg) en forma de Selenito de Sodio que presenta 45,45 % de Se asimilable (Carrillo, 2015 SF).

La fosforilcolamina es un compuesto que contiene 21.95% de fósforo asimilable y una fuente de nitrógeno importante para la síntesis del DNA y membranas celulares. El grupo NH₃ de la fosforilcolamina le permite unirse fácilmente a los ácidos grasos de cadena larga para formar los fosfolípidos de la membrana. En el metabolismo de la fosforilcolamina dentro del organismo, se libera

el grupo fosfato y la fracción nitrogenada (+) es utilizada también en procesos de síntesis proteica (Carrillo, 2015 SF).

Esta estructuración del fósforo de bajo peso molecular le permite ser la fuente de primera elección, una vez que el organismo lo requiera, para entrar en síntesis del DNA sea que el organismo halla sido inducido o simplemente en el proceso normal. Este bajo peso molecular, le permite pasar fácilmente barreras como la placentaria y hematoencefálica sin necesidad de unirse a proteínas plasmáticas (Carrillo, 2015 SF).

El yodo inyectado del Calfosvit[®] Se, por acción de TSH, es captado por las células de los folículos tiroideos, en donde es oxidado por un enzima conocida como peroxidasa tiroidea, (tiroperoxidasa o TPO). La misma enzima lleva a cabo un proceso de incorporación del yodo a tironinas, moléculas que hacen parte de tiroglobulina, proteína sintetizada dentro de las células foliculares, formando mono y diyodotironinas, las cuales se acoplan para dar lugar a triyodotironina (T3) y tetrayodotironina (T4) (Carrillo, 2015 SF).

Mediante una peptidasa las moléculas de T3 y T4, son escindidas de la estructura de tiroglobulina y secretadas al torrente sanguíneo. En condiciones normales la tiroides secreta mas del 90% de hormona en forma T4, aunque la forma con mayor actividad biológica es T3. Por esta razón, los tejidos periféricos poseen una enzima con actividad de 5 deyonidasa, que convierte tetrayodotironina en triyodotironina. Esta ultima se une a receptores especificos, para formar un complejo activo que es traslocado al núcleo donde estimula la expresión diferencial de ciertos genes que codifican para proteínas involucradas en la respuesta biológica a la acción hormonal (Carrillo, 2015 SF).

El Zinc esta envuelto primero en el metabolismo del ácido nucleico y las proteínas y consecuentemente, en los procesos fundamentales de replicación celular (DNA). La utilización de aminoácidos en la síntesis de proteínas es incompleta en deficiencia de Zinc. El hígado es el principal órgano del metabolismo. Intervienen varias Zn-metaloenzimas o metaloenzimas que contienen Zinc como: carbónico anhidrasa, alcohol deshidrogenasa, fosfatasa alcalina, carboxipeptidasa, polimerasas de RNA y DNA, timidina quinasa y otras, involucradas en el crecimiento celular. El zinc del Calfosvit[®] Se, hace parte de las metaloenzimas (mas o menos unas 200), entre las que se encuentra la transcriptasa inversa y las polimerasas de ADN y ARN. Está presente en proteínas guías involucradas en la expresión de genes (ZINC-FINGER) a las que este metal les confiere características estructurales especiales y capacidad de interacción con ácidos nucleicos y otras proteínas durante el proceso reproductivo (Carrillo, 2015 SF).

El selenio del Calfosvit[®] Se, es una forma inorgánica que le permite fácilmente ser incorporado a la enzima glutathion peroxidasa (GSH-Px), la cual es una enzima de 80.000 Daltons, con 4 sub-unidades que contienen 4 átomos/gramo de Selenio por mol. Esta enzima cataliza la conversión de peroxido de hidrogeno a agua y peroxidos lipidicos en alcohol. Estos peroxidos son agentes oxidantes de las células que están involucrados en enfermedades como: miodegeneración nutricional, edema de la ubre, mastitis e infertilidad, causada por diversas alteraciones en el tracto reproductivo, fiebre de leche e inmunosupresión. La GSH-Px reduce algunos de los radicales libres de oxigeno más perjudiciales para el organismo protegiéndolo de los daños producidos. Así, esta enzima es el primer responsable de la protección de la membrana de las células, que deben funcionar en presencia de oxígeno; además,

posiblemente interviene en las reacciones que permiten la formación de prostaglandinas, leucotrienos, prostaciclina y tromboxanos, a partir del ácido araquidónico por la vía de la lipooxigenasa y de la COX-2. También está relacionada con el adecuado funcionamiento del sistema inmunológico y con la integridad funcional del tracto reproductivo, tanto en machos como en hembras. La principal función que desempeña el Se en el organismo es de protección, labor que cumple en forma indirecta gracias a su presencia dentro de la estructura del GSH-Px (Carrillo, 2015 SF).

2.6 Condición Corporal y Dinámica Folicular.

Edmonson (1989), define la condición corporal como un método subjetivo de evaluar la cantidad de energía metabolizable o reservas corporales almacenadas en la grasa y el músculo de un animal vivo. Una unidad condición corporal, representa aproximadamente 56 Kg de peso corporal y alrededor de 16.742 MJ (400 Mcal) de pérdida total de energía neta, usando una escala de 1 a 5, con 1 muy flaca y 5 muy gorda. Cambios en la condición corporal se correlacionan con balance energético negativo acumulado y refleja un déficit de energía total negativa (Ferguson, 2005). Cada unidad de condición corporal perdida, ha sido asociada con reducciones en la tasa del primer servicio concepción, días tardíos a la primera inseminación y ovulación, incremento en los servicios por concepción y bajas tasas de preñez (Ferguson, 2005).

Cuando el balance energético se hace negativo, el crecimiento folicular se detiene. Los folículos no llegan a dominancia, se vuelven pequeños y la producción de estradiol se disminuye. En caso que llegue a haber ovulación, el cuerpo lúteo es pequeño y la producción de progesterona es baja (Butler, 2000).

La baja cantidad de energía disponible durante el balance energético negativo, suprime la secreción pulsátil de LH y las respuestas ováricas a la estimulación con la misma hormona (Butler, 2000).

La glucosa plasmática y la insulina disminuyen en vacas con balance energético negativo (Beam y Butler, 1999; Butler, 2000), la insulina se conoce como estimulante de las células foliculares bovinas in vitro (Spicer et al., 1993) e in vivo (Simpson et al., 1994). Adicionalmente, los niveles plasmáticos de factor de crecimiento semejante a la insulina – I (IGF – I) están directamente relacionados con el status energético y la IGF-I es crítica para el desarrollo folicular ovárico (Beam y Butler, 1999). En vacas lecheras posparto, los niveles de IGF – I fueron entre un 40–50% mas altos durante las dos primeras semanas en vacas que un folículo dominante fue ovulado comparado con los niveles en vacas que no tenían folículos ovulatorios (Beam y Butler, 1997; 1998). Además, las concentraciones plasmáticas de estradiol fueron correlacionadas con niveles plasmáticos de IGF – I (Beam and Butler, 1998). Esto va en la misma vía con la demostración que cambios en las concentraciones sistémicas de IGF – I e IGF-ligado a proteínas afectan sus concentraciones en el líquido folicular y el desarrollo folicular en novillas (Cohick et al., 1996; Perks et al., 1999). Durante el balance energético negativo temprano, la habilidad de los folículos para producir suficiente estradiol para la ovulación parece depender de la disponibilidad sérica de insulina y de IGF – I y el paso de balance energético negativo a positivo (Beam y Butler, 1999).

En conjunto, el balance energético positivo es estimulante para las estructuras celulares ováricas (Ferguson, 2005).

3. METODOLOGÍA

3.1 Localización

La presente investigación se desarrolló en la Hacienda La Argelia, corregimiento de Santa Rosa del Caguán Municipio de San Vicente del Caguán, Departamento del Caquetá, cuya ubicación geográfica es 01°44'16,24"N y 74°46'6"W. Corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Tropical, con precipitación media de 3400 mm/año, temperatura promedio de 26°C (mínima de 21°C y máxima de 40°C), altitud de 231 m.s.n.m, radiación solar promedio de 4.5 horas/día, humedad relativa promedio de 84%. El régimen de lluvias es monomodal, con precipitaciones elevadas en los meses de Mayo a Julio y época seca en los meses de Diciembre a Febrero. El predio tiene una extensión de 7500 hectáreas en donde predominan los pastos *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria decumbens* y predomina el paisaje de piedemonte y vega (POMCA, 2005; Municipio de San Vicente del Caguán, 2010).

3.2. Población y Muestra

Para la presente investigación se utilizaron 80 novillas cebú (*Bos indicus*) comercial distribuidas en dos grupos de 40 individuos con un rango de peso entre los 330 y 360 Kg y edad entre los 20 y 30 meses (G1 y G2). Los semovientes nunca habían sido sometidos a inseminación artificial, ni a la presencia de un toro reproductor. Así mismo, fueron previamente inmunizados contra las enfermedades

que componen el complejo reproductivo bovino con BoviShield[®] (Pfizer Animal Health). Adicionalmente, los individuos de los dos tratamientos estuvieron bajo pastoreo rotacional en lotes de *Brachiaria decumbens* y *B. humidicola* con fuente de agua natural a voluntad y sal mineralizada Calcileche 17% Somex[®] (Somex Nutrición) con consumo a voluntad en saleros techados.

3.3 Métodos y procedimientos

Para el G1 se aplicaron 20 ml de Calfosvit Se[®] (Compañía California SA) por vía intramuscular profunda y para el G2 20 ml de Cloruro de Sodio al 0,9% USP (Laboratorio Baxter) por la misma vía los días 32, 31 y 30 previos al inicio de la sincronización para la IATF en ambos grupos (figura 1).

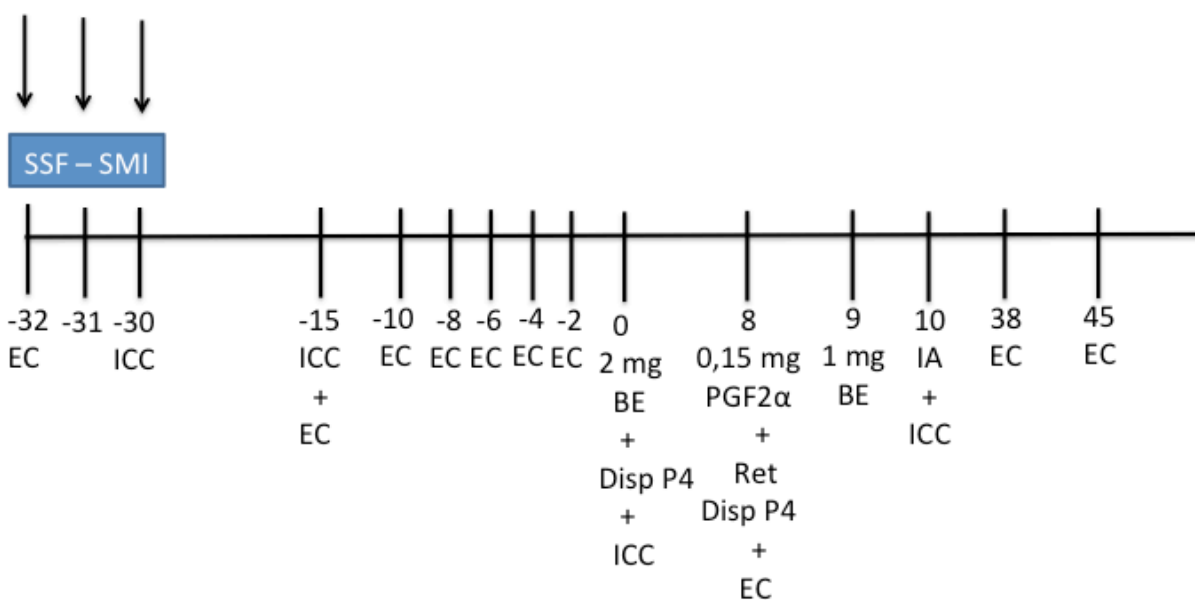
A todos los individuos, se les realizó una ecografía el día 32 previo al inicio de la sincronización para determinar el estado ovárico inicial en donde se midió el diámetro del folículo mayor y el diámetro del folículo segundo mayor. Esa misma medición se llevó a cabo los días 15, 10, 8, 6, 4 y 2 anteriores al inicio de la sincronización (figura 1).

Para la evaluación del índice de condición corporal se realizaron observaciones los días 30 y 15 previo, así como también el día del inicio de la sincronización y 10 posterior siguiendo la técnica reportada por Edmonson et al (1989).

En el día cero los dos grupos recibieron la aplicación de un dispositivo intravaginal de liberación de 1,0 g progesterona (Dispositivo Intravaginal Bovino DIB[®] Sintex) acompañado de la aplicación de 2 mg de Benzoato de Estradiol (Benzoato de estradiol[®] Sintex) por vía intramuscular (figura 1).

En el día 8, a los animales de los dos grupos se les retiró el dispositivo, se les realizó una ecografía para medir el diámetro del folículo dominante y se les aplicó 0,15 mg de cloprostenol (D-cloprostenol® Calier) por vía intramuscular. El día 9, pasadas 24 horas después de retirado el dispositivo se les aplicó 1 mg de Benzoato de Estradiol (Benzoato de estradiol® Sintex) por vía intramuscular y en el día 10 fueron inseminadas las novillas pasadas 30 horas después de aplicado el Benzoato de estradiol (figura 1).

Las novillas se inseminaron con semen adquirido en la casa comercial ABS y cuyo origen es un toro y un mismo lote de colecta. El diagnóstico de gestación y la medición del diámetro folicular se realizaron mediante un ecógrafo Tringa lineal los días 38 y 45 post-inseminación (figura 1).



SSF= solución salina fisiológica

SMI = suplemento mineral inyectable

ICC = medición índice condición corporal

EC = ecografía

BE = benzoato de estradiol

DISP P4 = inserción de dispositivo de progesterona

PGF2 = aplicación de prostaglandina F2 alpha

RET DISP P4 = retiro del dispositivo

IA = inseminación artificial

Figura 1. Esquema de la metodología del trabajo de campo.

3.4 Variables evaluadas

3.4.1. Índice de condición corporal: El índice de condición corporal se midió de acuerdo a la metodología propuesta por Edmonson et al, (1989) la cual tiene una escala ordinal de 1 a 5, en la que 1 es un animal con subcondicionamiento severo o muy flaco y 5 un animal con sobrecondicionamiento severo o muy gordo, con calificaciones que tienen variaciones de 0,25.

3.4.2 Dinámica folicular: La dinámica folicular del folículo mayor y folículo segundo mayor se midió en milímetros mediante el uso del ecógrafo de acuerdo a lo reportado por Artunduaga et al. (2010).

3.4.3 Tasa de concepción: La tasa de concepción (%) se determinó de acuerdo a la formula: $TC = (\# \text{ animales gestantes} / \# \text{ animales inseminados}) \times 100$ reportada por Artunduaga et al. (2010).

3.5 Diseño estadístico

Las variables cuantitativas condición corporal CC (Escala de 1 a 5), diámetro del folículo dominante DFD y diámetro del folículo subordinado DFS (en milímetros) se presentan con estadística descriptiva basada en media, mediana, cuartiles, varianza, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación. Los datos fueron

agrupados por tratamiento y día y presentados en tablas y gráficas para su mejor comprensión.

La variable tasa de concepción a los días 38 y 45 se presentarán en porcentajes por grupo y día.

Para las variables CC, DFD y DFS se realizó un análisis de muestras repetidas en el tiempo, con dos niveles de tratamiento (G1 = Suplemento; G2= Control) y mediciones en el tiempo. Para éste modelo se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de las variables respuesta por las pruebas de Shapiro-Wilk y Barlett.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + T_i A_j + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Respuesta atribuida al i-ésimo tratamiento en el k-ésimo animal.

μ : Media general.

T_i : Efecto atribuido al Calfosvit Se®.

A_j : Efecto atribuido al tiempo, muestra medida en el tiempo.

$T_i A_j$: Efecto atribuido al i-ésimo tratamiento aplicado al j-ésimo animal.

e_{ijk} = Error aleatorio.

Las variables tratamiento que dieron significancia menor a 0,05 se les realizó una prueba de comparación de medias No planeada de Tukey.

Para la tasa de concepción, se realizó una prueba de chi – cuadrado con $P < 0,05$

4. RESULTADOS

4.1 Animales:

Cada grupo (G1 = Suplemento; G2 = Control) estuvo formado por 40 novillas cebú (*Bos indicus*) comerciales para un total de 80 animales incluidos. No existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la edad promedio entre G1 ($26,8 \pm 2,99$ meses) y G2 ($27,2 \pm 2,55$ meses) ni en el peso promedio al inicio del estudio entre los grupos (G1 = $339,8 \pm 11,3$ Kg; G2 = $337,6 \pm 9,92$ Kg).

4.2 Índice de condición corporal (ICC):

Tanto para G1 como para G2 se tomó el ICC los días -30, -15, 0 y 10 cuyos resultados se muestran en la tabla 2 y figura 2.

No existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el promedio de ICC entre las novillas del G1 (3,27) con respecto al G2 (3,23) durante todo el experimento. Aunque se notaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los valores de ICC registrados los días -30 y -15 respecto a los días 0 y 10 para cada grupo (figura 2).

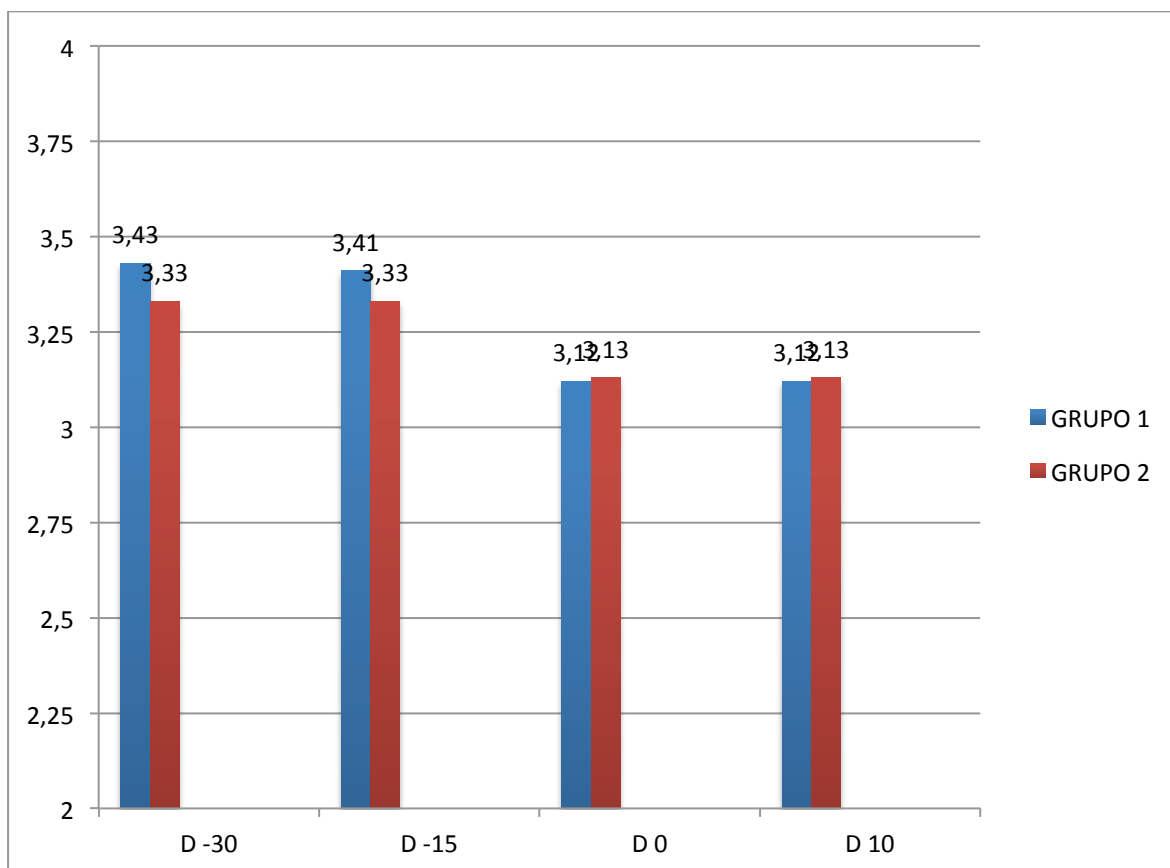


Figura 2. valores promedio de ICC en novillas Cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF.

Tabla 2. Promedio de índice de condición corporal (ICC) en novillas Cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF.

Grupo	n	Día			
		- 30	- 15	0	10
G1	40	3,43	3,41	3,12	3,12
G2	40	3,33	3,33	3,13	3,13
Total novillas	80	3,38 ^A	3,37 ^A	3,13 ^B	3,13 ^B

^{A,B}: Valores con letras distintas entre columnas son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.3 Dinámica Folicular:

Los valores de diámetro del folículo (Promedio \pm SD) obtenidos para el folículo mayor (FM) y folículo segundo mayor (FS) para cada día y por grupo se representan en la figura 3 y tabla 3.

No existieron diferencias significativas en los diámetros de los FM y FS entre G1 y G2 durante los días -30, -8, -6, -4, -2 y 8. En contraste, existieron diferencias en los días -15 y -10 únicamente para el FM ($P < 0,05$).

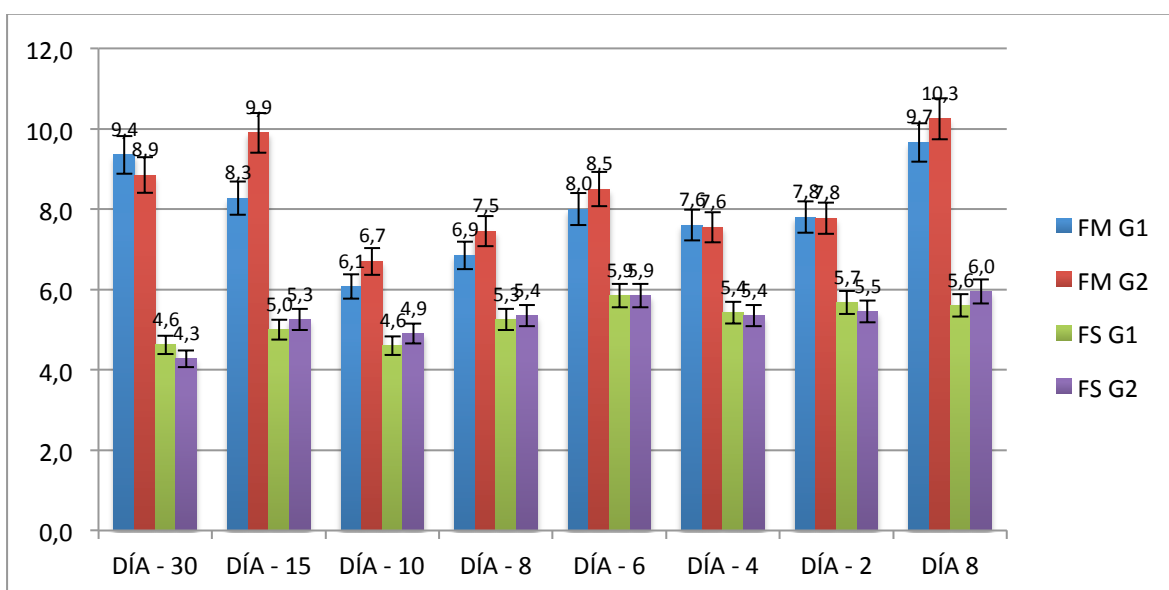


Figura 3: Diámetros de folículos obtenidos en novillas Cebú comerciales con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF (FM G1 = Folículo Mayor Grupo 1; FM G2 = Folículo Mayor Grupo 2; FS G1 = Folículo Segundo Mayor Grupo 1; FS G2 = Folículo Segundo Mayor Grupo 2).

Tabla 3: diámetros (Promedio \pm SD) de folículos mayor y segundo mayor obtenidos en novillas cebú comerciales con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en un protocolo de IATF. (**FM G1** = Folículo Mayor Grupo 1; **FM G2** = Folículo Mayor Grupo 2; **FS G1** = Folículo Segundo Mayor Grupo 1; **FS G2** = Folículo Segundo Mayor Grupo 2).

Días	N	Grupo			
		FM G1	FM G2	FS G1	FS G2
-30	40	9,4 \pm 2,26	8,9 \pm 2,41	4,6 \pm 1,29	4,3 \pm 1,10
-15	40	8,3 \pm 2,73 ^b	9,9 \pm 2,18 ^a	5,0 \pm 1,22	5,3 \pm 1,18
-10	40	6,1 \pm 1,42 ^b	6,7 \pm 1,00 ^a	4,6 \pm 1,13	4,9 \pm 0,90
- 8	40	6,9 \pm 1,60	7,5 \pm 1,50	5,3 \pm 1,13	5,4 \pm 0,88
- 6	40	8,0 \pm 1,88	8,5 \pm 1,90	5,9 \pm 1,10	5,9 \pm 0,91
- 4	40	7,6 \pm 1,78	7,6 \pm 1,60	5,4 \pm 1,15	5,4 \pm 1,10
- 2	40	7,8 \pm 1,96	7,8 \pm 1,62	5,7 \pm 1,17	5,5 \pm 1,05
8	40	9,7 \pm 2,57	10,3 \pm 1,92	5,6 \pm 1,31	6 \pm 1,05

^{a, b} Promedios con letras distintas entre columnas son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según una prueba t de Student.

4.4 Tasa de concepción (TC):

En la tasa de concepción no se presentaron diferencias significativas ($X^2 = 0.21$; $P = 0,6481$) entre G1 y G2 para la TC en el día 38 ni para el día 45 ($X^2 = 0.05$; $P = 0,8230$). Sin embargo, la TC fue significativamente diferente ($X^2 = 50.73$; $P = 0,00001$) entre los días 38 y 45 (Tabla 4).

Tabla 4: tasa de concepción % (TC) de novillas Cebú comerciales con aplicación de suplemento mineral inyectable (G1) o aplicación de placebo (G2) en los días 38 y 45 post-inseminación artificial.

Días post Inseminación artificial	TC (#) G1 (n = 40)	TC (#) G2 (n = 40)	Promedio
Día 38	62,5 (25/40)	57,5 (23/40)	60,0 ^A
Día 45	50 (20/40)	47,5 (19/40)	48,7 ^B

^{a,b} Los valores con diferentes supra-índices entre filas difieren significativamente ($P < 0,05$).

5. DISCUSIÓN

En el departamento del Caquetá, la evaluación del uso de suplementos minerales inyectables y su influencia en variables reproductivas, esta empezando a generarse pues no existen reportes ni investigaciones al respecto. A nivel del ICC se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los días -30 y -15 respecto a los días 0 y 10, ésto seguramente se debió al hecho que los animales de ambos grupos debieron ser trasladados los días -10, -8, -6, -4 y -2, es decir, cada dos días para realizárseles ecografías de seguimiento folicular en donde mantenían aproximadamente entre las 8:00 am y las 12:00 pm en el establo, así mismo, el transporte entre el potrero y el establo indicaría que los animales utilizaron reservas energéticas para sostener los requerimientos que en ese momento tenían, mostrando así las variaciones en el ICC en dichos días que muestran los resultados de la presente investigación. López (2006) reporta que cuando el suministro de energía es mayor que la demanda, el exceso es almacenado en forma de grasa corporal y así mismo, éste banco de energía puede ser consumido durante periodos de balance energético negativo cuando lo consumido no satisface las necesidades de producción y mantenimiento animal. Para la presente investigación, las variaciones de la condición corporal entre los días -30 y -15 respecto a los días 0 y 10 pudo deberse a esto. Aunque a pesar de lo anterior, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas entre el grupo suplementado y el grupo control para el ICC puesto que los animales de ambos grupos tuvieron el mismo manejo.

El resultado promedio en el ICC entre los días -30 y -15 (3,38) comparándola con los días 0 y 10 (3,12) indica una diferencia de 0,26. Si se tiene en cuenta la escala reportada por Edmonson et al. (1989), ésta varía de 1 a 5 con puntos intermedios de 0,25. Otto et al. (1991), señalan que un punto de condición corporal equivale a 56 Kg de peso vivo con un rango de 40 a 77 Kg indicando para la presente investigación que los animales perdieron en promedio 14,56 kilos (rango 10 – 19,25 Kg) entre el inicio y el final del experimento. La nutrición es el mayor factor que determina la eficiencia reproductiva. Diskin et al. (2003) sugieren que el estado nutricional afecta el crecimiento y maduración folicular, así como también la ovulación. Un gasto excesivo de energía dietaria, tiene como resultado una pérdida de peso y de condición corporal y por ende una decrecimiento en la actividad del ciclo estral, debido principalmente a que se suprime la secreción de LH (Richards et al., 1989; Butler, 2000), reduce las concentraciones del factor liberador de insulina tipo I (IGF – I) y de glucosa (Richards et al., 1991; Butler, 2000) e incrementa las concentraciones en el plasma de hormona de crecimiento (GH) y ácidos grasos no estefiricados (NEFAs) (Richards,1986) lo cual explica en parte los resultados de la presente investigación.

Fisiológicamente, los cambios endocrinos y metabólicos tienen una serie de respuestas en busca de restablecer el balance energético que se presenta en el animal, desafortunadamente, dicho ajuste repercute negativamente sobre la actividad ovárica, pues el organismo da mayor importancia a su supervivencia que al aspecto reproductivo (Camargo, 2012). López (2006) reporta que la disminución en la condición corporal genera en el animal una hipoglucemia que estimula la liberación de hormona liberadora de hormona adrenocorticotropa (CRH) que a su vez provoca

la liberación de hormona adrenocorticotropina (ACTH) y endorfinas lo que genera un bloqueo de la GnRH y por consiguiente un bloqueo de las gonadotropinas FSH y LH, lo cual pudo haber influenciado los resultados de la presente investigación a nivel de la dinámica folicular y la tasa de concepción. Ferguson, (2005) y Butler, (2000) también reportan que disminuciones en el ICC generan disminuciones en el patrón pulsátil y la frecuencia de liberación de la LH lo cual corroboran lo anterior.

Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por García et al. (2007) quienes aplicaron en vacas un suplemento mineral inyectable para ver su efectividad en la respuesta en la reproducción y algunos valores de química sanguínea así como también su efecto en el índice de condición corporal y tampoco encontraron diferencias significativas entre el grupo suplementado y el grupo control.

Grace y Knowles (2012) reportan que la respuesta a los tratamientos con suplementos minerales inyectables puede darse entre la semana 1 y la semana 7 posteriores a su aplicación, para el presente trabajo se aplicó el suplemento mineral inyectable con 4 semanas de anticipación al inicio de la IATF con lo cual no queda dilucidado en su totalidad sobre si fue el mejor momento para empezar a desarrollar el protocolo de inseminación.

Los resultados de la presente investigación son similares a los reportados por Vanegas et al. (2004) los cuales aplicaron un suplemento mineral inyectable que contenía 20 mg/ml de Zn y Mn, 10 mg/ml de cobre y 5mg/ml de selenio en dos grupos de vacas con el fin de evaluar la tasa de concepción al primer servicio, en el grupo de aplicación de una sola dosis del suplemento no hubo un mejoramiento de dicho indicador mientras que en las vacas que recibieron doble dosis del suplemento, evidenciaron una baja tasa de concepción al primer servicio. Los resultados de dicha

investigación fueron explicados por cuanto la suplementación mineral se hizo por encima de los requerimientos estimados para dichos animales y se sugirió que su uso tenía un valor limitado con efectos potencialmente nocivos para los animales.

También Siciliano – Jones et al. (2008), alimentaron vacas con un suplemento nutricional comercial que contenía 360 mg de Zn, 200 mg de Mn, 125 mg de Cu, y 12 mg de Co y no encontraron mejorías en la tasa de concepción, días al primer servicio, servicios por concepción y días abiertos. Los resultados de la presente investigación también son similares a los reportados por Tallam et al. (2005) los cuales suplementaron vacas lecheras en el periodo postparto con diferentes cantidades de fósforo en la dieta (0,35 y 0,47%) y no encontraron diferencias significativas en el diámetro del folículo dominante y preovulatorio, tamaño de cuerpo lúteo y la tasa de concepción al primer servicio, esos resultados fueron explicados por una pérdida embrionaria temprana en los animales de ambos grupos. En la presente investigación, se encontró que la pérdida embrionaria fue significativa ($P < 0,05$) entre los días 38 y 45.

Gunter et al. (2003), suplementaron vacas Angus, Hereford y Simmental con 26 mg/Kg de selenio en dos formas diferentes con el fin de evaluar el peso, la condición corporal, la tasa de concepción, el intervalo entre partos y los días en leche y no encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados.

Los resultados del presente estudio son contradictorios a los reportados por Botacio y Garmendia (1997), los cuales suplementaron de forma oral por 437 días vacas y novillas mestizas en las sabanas venezolanas con un suplemento mineral que contenía P, Ca, Mg, Cu y Zn el cual fue suministrado a voluntad y encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) en las tasas de preñez entre el grupo

suplementado y el grupo control. Estos resultados pudieron deberse a la vía de administración del suplemento pues en el caso de la presente investigación fue suministrado por vía parenteral así como también al tiempo de suplementación.

Madrid y Matamoros (2013) en Honduras, evaluaron el mismo suplemento mineral inyectable de la presente investigación en vacas Holstein, Pardo Suizo y Jersey en la tasa de concepción y encontraron resultados más elevados (69,2%) que la presente. Esto pudo presentarse debido a la alimentación de los animales de ese estudio pues fueron alimentados con pasto estrella (*Cynodon nlemfluenencis*) el cual tiene mejor calidad nutricional que el *Brachiaria decumbens* y el *B. humidicola* usado en el presente estudio así como también existió variación en las razas utilizadas en dicho estudio las cuales son mas dóciles que las utilizadas para el presente y a nivel ambiental, éstas tenían condiciones mas favorables que las presentadas en la presente investigación.

Estos resultados también son contrarios a los reportados por Nedyjkkov y Krustev, (1969), reportado por Hurley y Doane, (1989) quienes suplementaron con Zn vacas de producción de leche y encontraron un 23% mas de tasa de concepción en las vacas tratadas que las vacas del grupo control, también encontraron que la interrupción de la suplementación redujo la fertilidad. La diferencia respecto al presente estudio es el tipo de animal usado lo cual también pudo haber afectado los resultados de éste estudio así como también que los niveles de Zn utilizados era mayores que en la presente.

El National Reseach Council [NRC, 2000] estima que para novillas de carne los requerimientos a nivel de fósforo (P) están en 16 mg/Kg, para el zinc (Zn) en 30 mg/kg, para el yodo (I) en 0,5 mg/kg y el selenio (Se) en 0,1 mg/kg lo cual daría

como requerimiento total promedio para cada animal 5.408 mg de P, 10.140 mg de Zn, 169 mg de I y 33,8 mg de Se. Los análisis bromatológicos de las pasturas en la finca donde se realizó la presente investigación, el contenido nutricional de la sal mineralizada que consumían los animales más el contenido mineral del suplemento se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Requerimientos para cada mineral y su aporte en nivel de los alimentos ofrecidos en novillas Cebú comercial con aplicación de suplemento mineral inyectable en un protocolo de IATF.

Mineral	Requerimientos NRC	Requerimientos /animal (mg)	Aportes			
			Sal mineralizada (mg)	Suplemento (mg)	Pasto (mg)	Total (mg)
P	16 mg/kg	5.408	6.208	440	0,0172	6.648,01
Zn	30 mg/kg	10.140	548,8	60	401,54	1.010,34
I	0,5 mg/kg	169	24	300	N/D	324
Se	0,1 mg/kg	33,8	4,8	2	N/D	6,8

La tabla 5 muestra los aportes a nivel de minerales para el G1 evidenciándose que si no se adicionara el suplemento mineral inyectable, los niveles de P se seguirían suministrando basado en el requerimiento, lo cual indica que únicamente con la sal mineralizada se cubren dichos requerimientos para esa finca. No tanto así para los restantes tres minerales aunque con la adición del suplemento mineral inyectable los niveles de yodo se cubren. Smith y Akimbamijo (2000), reportan que deficiencias en la cantidad de Zn en novillas afectan las actividades ováricas y el mecanismo de

retroalimentación a nivel hipotalámico, por su parte Underwood (1981), reporta que deficiencias en zinc afecta todas las fases del proceso reproductivo en bovinos y Carrillo (S.F) indica que deficiencias en el zinc generan trastornos en la fertilidad debido al proceso que juega el zinc en el metabolismo de las proteínas, lípidos, DNA y vitamina A así como también reporta que el zinc es necesario para la estimulación de la maduración folicular y mejora las tasas de concepción. A nivel del selenio, Goto et al. (1992), reportan que la deficiencia de selenio genera trastornos en el desarrollo del embrión, Conrad e Ives (1991) y Arechiga (1994), sostienen que deficiencias en selenio generan celos débiles y bajas tasas de fertilización, Marrison et al (1984a), reportan bajas tasas de ovulación con deficiencias en selenio y Hurley y Doane (1989), indican que el selenio hace parte de la enzima glutatión peroxidasa la cual protege al oocito previo a la ovulación al ser esta enzima antioxidante. Lo anterior explicaría en parte los resultados obtenidos en la presente investigación.

La sal mineralizada que se suministró a los animales de la presente investigación tiene en su fórmula los cuatro minerales evaluados en forma de fosfato monodicalcico como fuente de P, oxido de zinc como fuente de Zn, yodato de calcio como fuente de I y selenito de sodio como fuente de Se. El suplemento mineral inyectable suministrado para el G1 tiene en su formula fosforilcolamina como fuente orgánica de P, sulfato de zinc como fuente de Zn, yoduro de potasio como fuente de I y selenito de sodio como fuente de Se. La biodisponibilidad para cada uno de los elementos mencionados oscila entre el 97 y el 100% (tabla 6) lo cual garantiza que el consumo mineral por medio de la sal así como el suplemento inyectable tenían mas del 97% de probabilidad de ser asimilado por las novillas. Esto sugiere que a pesar

de tener alta biodisponibilidad cada uno de los minerales, los requerimientos nutricionales para cada uno de ellos fueron cubiertos ya sea con la sal únicamente o en asocio con el suplemento mineral. Con respecto a los requerimientos no cubiertos con el selenio y el zinc pudieron estas falencias influenciar los resultados de la presente para el G1 y en adición de la deficiencia de yodo para el G2 pues a pesar que no son estadísticamente significativas las diferencias, numéricamente hay un 2,5% de diferencia en relación a la tasa de concepción entre los grupos a favor del grupo suplementado.

Tabla 6. Biodisponibilidad de las fuentes de P, Zn, I y Se (EMFEMA, 2002).

Tratamiento	Fuente mineral	Biodisponibilidad
Suplemento mineral inyectable	Fosforilcolamina (P)	100 %
	Sulfato de zinc (Zn)	100 %
	Yoduro de Potasio (I)	100 %
	Selenito de sodio (Se)	100 %
Sal mineralizada	Fosfato monodivalente (P)	97 %
	Oxido de Zinc (Zn)	98 %
	Yodato de calcio (I)	100 %
	Selenito de Sodio (Se)	100 %

Los resultados a los análisis de suelo practicados a los potreros en donde se llevo a cabo el estudio se presentan en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados del análisis del suelo.

Ítem	Concentración
Aluminio (Al)	0,85 meq/100g (76,5 ppm)
Acidez total	0,95 meq/100g
pH	5,14
Hierro (Fe)	69,5 ppm
Manganeso (Mn)	50,3 ppm
Fosforo (P)	1,65 ppm
Calcio (Ca)	0,52 meq/100g
Magnesio (Mg)	0,5 meq/100g
Cobre (Cu)	1,31 ppm
Zinc (Zn)	1,31 ppm

Para evaluar la presencia o no de toxicidad por aluminio se requiere conocer el contenido de elementos nutritivos en el suelo, especialmente magnesio y calcio; por tanto, la relación Ca/Al y Mg/Al en la solución del suelo resultan ser parámetros de gran importancia para determinar la posibilidad de toxicidad por aluminio. En esta última relación, se considera que el aluminio presenta condiciones de toxicidad para la planta, cuando el cociente es menor o igual que la unidad (Casierra, 2007). Al realizar la operación matemática Mg/Al da como cociente 0,588 lo cual sugiere que para las condiciones de la finca las concentraciones de aluminio son tóxicas para las plantas. Así mismo, (Arroyave, 2016 Comunicación personal) sostiene que el aluminio al estar presente a nivel de 76,5 ppm en un suelo con un pH de 5,14 ya se hace presente en la hoja de los pastos *Brachiaria spp* mientras que con pH superiores a 5,5 se precipita en forma de hidróxido de aluminio.

El principal efecto de la toxicidad por aluminio en los pastos es la restricción del desarrollo radicular, por lo cual, las raíces reducen el volumen de suelo que pueden explorar y son ineficientes en la absorción de nutrientes y de agua. Además, un exceso de aluminio en la solución de suelo interfiere con el transporte y utilización de los nutrientes esenciales (calcio, magnesio, potasio y fósforo) y puede inhibir los procesos microbianos que suministran nutrientes a las plantas. A nivel celular, la toxicidad por aluminio afecta la estructura y funcionamiento de la membrana, la síntesis de DNA y la mitosis, la elongación de la célula y la nutrición mineral y el metabolismo (Campilo & Sadzawka, 2016)

Cuando se habla de toxicidad por aluminio, el fósforo reviste especial interés. El fosfato en el suelo puede precipitarse por reacción con el aluminio, proceso conocido como fijación del fósforo, dejándolo no disponible para las plantas. Además, una vez el fósforo ha sido tomado por la raíz puede reaccionar con el aluminio presente en ésta y formar fosfatos poco solubles en su corteza (Tan y Binger, 1986), lo cual sugiere que el fósforo presente en el suelo y en la planta no llegaba al animal cuando éste lo consumía.

El estudio de la reacción de las plantas cultivadas en suelos ácidos reviste gran importancia para las condiciones colombianas, dado que por encima del 85% del territorio nacional presenta valores de pH en el suelo por debajo de 5,5 lo cual ocasiona el incremento en la concentración de H^+ , niveles elevados de aluminio y manganeso, la reducción de la concentración de cationes macronutrientes, así como la reducción de la solubilidad del fósforo y del molibdeno, y por último, causa inhibición del crecimiento radical, la cual tiene como consecuencia una reducción en la toma de agua y de nutrientes por parte de las plantas (Sanchez, 1981).

Concentraciones de aluminio en la solución del suelo superiores a 1ppm frecuentemente son causa directa de la reducción del rendimiento en las plantas. Se muestra que el daño directo es al sistema radicular. Este se restringe y las raíces se vuelven mas gruesas y presentan puntos muertos. El aluminio impide la absorción y traslado del calcio y el fosforo a la parte aérea. De esta manera la toxicidad aluminica puede producir o acentuar las deficiencias de calcio y fosforo (Sanchez, 1981). La zona en donde se realizo el estudio mostro 76,5 ppm de aluminio lo cual evidencia de forma significativa este problema sugiriendo que el aluminio presente en los suelos de la región en donde se desarrollo la presente investigación puede interferir en la cantidad de fósforo y otros minerales presentes en las pasturas explicando en parte la no diferencia entre tratamientos.

A nivel de la presencia del aluminio en los animales, Lorgue, Lechenet & Rivière (1997) reportan que aunque la intoxicación por aluminio existe, ésta no se reporta en animales pues su etiología es improbable. Estos mismos autores reportan que en los casos de toxicidad por este mineral se produciría una interferencia con la absorción de fosfatos y el magnesio, volviéndolos insolubles y que la dosis tóxica de aluminio para un rumiante oscila entre las 300 ppm para el sulfato de aluminio y más de 2000 ppm para el silacato de aluminio. Los niveles de aluminio reportados para las pasturas presentes en la zona muestran valores de 76,5 ppm con lo cual se descartaría una posible intoxicación con aluminio para los animales que haya podido interferir con los resultados de la presente investigación. Con lo cual se sugiere para las condiciones del presente estudio, la suplementación mineral inyectable no fue de utilidad en las variables evaluadas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones del presente estudio, se puede concluir que el suplemento mineral inyectable no tuvo efecto en el índice de condición corporal, la dinámica folicular ni la tasa de concepción.

El estrés por cuenta del efecto del manejo a nivel de corral y de movilización de animales, tuvo un efecto negativo sobre las variables evaluadas en la presente investigación. Se sugiere que en futuras investigaciones se limite la movilización de animales y se hagan grupos más pequeños de trabajo diario.

Bajo las condiciones de la finca en donde se llevó a cabo el estudio, el uso de un suplemento mineral inyectable que contiene P, Zn, I y Se no logró demostrar un efecto positivo sobre el ICC, la dinámica folicular y la tasa de concepción. Por tal razón se recomienda evaluar diferentes periodos de anticipación en la aplicación del suplemento mineral y hacer chequeos de peso a todos los animales para controlar variaciones de peso.

En la zona donde se realizó la presente investigación, los niveles de Zn y Se requeridos por los animales en estudio, no fueron cubiertos con la suplementación de la sal mineralizada y la suplementación mineral inyectable. Para éste caso y en la zona donde se encuentra ubicada la finca, es importante corroborar mediante análisis bromatológicos, de suelo y de los alimentos suministrados, que los requerimientos minerales sean cubiertos o de lo contrario implementar una suplementación mineral estratégica.

Se hace necesario evaluar en estudios posteriores, los niveles de aluminio tanto en suelo, planta y animal con el fin de buscar evidencias que soporten algún tipo de alteraciones en los animales que impidan o bloqueen el funcionamiento adecuado de los ciclos reproductivos.

7. LISTA DE REFERENCIAS

- Abd El Ghany-hefnawy, R. López-Arellano, A. Revilla-Vázquez, J.E. Ramírez-Bribiesca, J. Tórtora. 2007. The relationship between fetal and maternal selenium concentrations in sheep and goat. *Small Rumin Res.*73: 174-180.
- Abeygunawardena H & Dematawewa CMB 2004 Pré-pubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science* 82-83 373-387
- Adams, G.P., Matteri, R.L., Ginther, O.J., 1992a. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle stimulating hormone in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 95, 627–640.
- Adams GP, Matteri RL, Kastelic JP, Ko JCH, Ginther OJ. 1992b. Association between surges of follicle stimulating hormone and the emergence of follicular waves in heifers. *J Reprod Fertil*, 94:177-188.
- Adams GP, Kot K, Smith CA, Ginther OJ. 1993. Selection of a dominant follicle and suppression of follicular growth in heifers. *Anim Reprod Sci*, 30:259- 271.
- Afiefy, M. M., K. Zaki, W. Abul-Fadle, L. A. Ayoub, and F. A. Soliman. 1970. Iodine metabolism in relation to reproductive status in cows. *Zent. Veterinarmed.* 17:62.
- Alvarez, J.G., Storey, B.T., 1989. Role of glutathione peroxidase in protecting mammalian spermatozoa from loss of motility caused by spontaneous lipid peroxidation. *Gamete Res.* 23, 77–90.
- Alvarez, P., Spicer, L.J., Chase Jr., C.C., Payton, M.E., Hamilton, T.D., Stewart, R.E., Hammond, A.C., Olson, T.A., Wettemann, R.P., 2000. Ovarian and endocrine characteristics during an estrous cycle in Angus, Brahman, and Senepol cows in a subtropical environment. *J. Anim. Sci.* 78, 1291–1302.
- Anke, M., Angelow, L., Groppe, B., Arnhold, W., Gruhn, K., 1989. The effect of selenium deficiency on reproduction and milk performance of goats. *Arch. Anim. Nutr. Berlin* 39, 483–490.
- Annenkov, B. N. 1981. Mineral feeding of cattle. Page 285 *in* Mineral nutrition of animals. V. I. Georgievskii, B. N. Annenkov, and V. T. Samokbin, ed. Butterworths, London.
- Arechiga, C.F., Ortiz, O., Hansen, P.J., 1994. Effect of prepartum injection of vitamin E and selenium on postpartum reproductive function of dairy cattle. *Theriogenology* 41, 1251–1258.
- Arthur, G.H. 1975. *Veterinary reproduction and obstetrics*, fourth edition, Baillière-Tindall. London, 616 p.

- Arthur, J. R., and R. Boyne. 1985. Superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities in neutrophils from selenium deficient and copper deficient cattle. *Life Sci.* 36 :1569.
- Artunduaga M.A.T. Coelho, S.G. Borges, A.M. Lana, A.M.Q. Reis, R.B. Campos, B.G. Saturnino, H.M. Sá Fortes, R.V. Costa, H.N. Primeira onda folicular e ovulação de vacas primíparas da raça Holandesa alimentadas com diferentes fontes energéticas durante o período de transição. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.62, n.1, p.116-123, 2010
- Austin, E.J., Mihm, M., Evans, A.C., Knight, P.G., Ireland, J.L., Ireland, J.J., Roche, J.F., 2001. Alterations in intrafollicular regulatory factors and apoptosis during selection of follicles in the first follicular wave of the bovine estrous cycle. *Biol. Reprod.* 64, 839–848.
- Barros, C.M., Pinheiro, O.L., Figueiredo, R.A., 1994. Intervalo estro ovulación e desenvolvimento folicular ovariano em novillas Nelore tratadas con PGF. *Anais Congresso Brasileiro de Medicina Veterinaria*, pp. 251.
- Barros, C.M., Figueiredo, R.A., Pinheiro, O.L., 1995. Estro, ovulação e dinamica folicular em zebuinos. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 19, 9–22.
- Barros, C.M., Ereno, R.L., Machado, M.F., Buratini Jr., J., Pegorer, M.F., Simões, R.A.L., Satrapa, R.A., 2009. Gene expression of luteinizing hormone receptor (LHr) isoforms in granulosa cells of follicles from Nelore heifers before, during and after follicular deviation. *Reprod. Fertil. Dev.* 21, 187 (abstract).
- Bao B, Garverick HA, Smith GW, Smith MF, Salfen BE & Youngquist RS 1997 Changes in messenger ribonucleic acid encoding luteinizing hormone receptor, cytochrome P450-side chain cleavage, and aromatase are associated with recruitment and selection of bovine ovarian follicles. *Biology of Reproduction* 56 1158-1168.
- Bao, B., Garverick, H.A., 1998. Expression of steroidogenic enzyme and gonadotropin receptor genes in bovine follicles during ovarian follicular waves: a review. *J. Anim. Sci.* 76, 1903–1921.
- Baruselli, P.S. Inseminação artificial em tempo fixo em bovinos de corte. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, 1. 2004, Londrina. *Anais...* São Paulo: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2004. p.155-165.
- Baruselli, P.S.; Marques, M.O.; Carvalho, N.A.T.; Valentim, R; Berber, R.C.A.; Carvalho A.F.; Madureira, E.H.; Costa, W.P. 2000. Dinâmica folicular em

novilhas receptoras de embrião bovino submetidas à sincronização da ovulação para inovulação em tempo fixo. Arq.Fac.Vet.UFRGS, v.28., p.217.

Bastos MR, Mattos MCC, Meschiatti MAP, Surjus RS, Guardieiro MM, Mourão GB, Pires AV, Pedroso AM, Santos FAP & Sartori R 2010 Ovarian function and circulating hormones in nonlactating Nelore versus Holstein cows. Acta Scientiae Veterinariae (Abstract in press).

Beam, S.W., Butler, W.R., 1997. Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. Biol. Reprod. 56, 133–142.

Beam, S.W., Butler, W.R., 1998. Energy balance, metabolic hormones, and early postpartum follicular development in dairy cows fed prilled lipid. J. Dairy Sci. 81, 121–131.

Beam, S.W., Butler, W.R., 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. J. Reprod. Fertil., Suppl. 54, 411–424.

Beg MA, Bergfelt DR, Kot K, Wiltbank MC & Ginther OJ. 2001 Follicular-fluid factors and granulosa-cell gene expression associated with follicle deviation in cattle. Biology of Reproduction 64 432-441.

Bertolini M and Bertolini Lr. Advances in reproductive technologies in cattle: from artificial insemination to cloning. Rev. Med. vet. Zoot. 2009. 56:184-194. Revisión.

Bo, G.A., Adams, G.P., Nasser, L.F., Pierson, R.A., Mapletoft, R.J., 1993a. Effect of estradiol valerate on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating gonadotropins in heifers. Theriogenology 40, 225–239.

Bo, G.A., Martinez, M., Nasser, L.F., Caccia, M., Tribulo, H., Mapletoft, R.J., 1993b. Follicular dynamics in *Bos indicus* and *Bos taurus* beef cattle under pasture conditions in Argentina. In: Proceedings of the 10th Congreso Brasileiro de Reproducao Animal, vol. 2. Campo Grande, p. 221 (abstract).

Botacio, R., Garmendia, J. 1997. Efecto de la suplementación mineral sobre el status mineral, parámetros productivos y reproductivos en bovinos a pastoreo. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 5(1): 245-247

Brandan, N. Llanos, I. Reyes, J. Rodríguez, A. Hormonas Hipotalámicas e hipofisarias. Universidad Nacional del Nordeste Facultad de Medicina. Corrientes, Republica Argentina. 2011

- Brown-Grant, K. 1966. Concentrations of radioidide by the uterus of the rat and the relationship to blastocyst implantation. *J. Physiol. London* 184:418.
- Buck, E. L., J. A. Schmitz, and L. V. Swanson. 1981. Incorporation of Se into endocrine glands and reproductive tissues of the prepartum ewe and fetus. Page 514 *in* Selenium in biology and medicine. J. E. Spallholz, J. L. Martin, and H. E. Ganther, ed. AV1 Publ. Co., Inc., Westport, CT.
- Buratini, J. Efeitos da aspiração do folículo dominante e do tratamento com somatotrofina recombinante bovina (BST) sobre o desenvolvimento folicular em novilhas da raça Nelore (*Bos taurus indicus*). Tese (doutorado). Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. 77p. 1999.
- Buratini Jr., J., Price, C.A., Visintin, J.A., Bó, G.A., 2000. Effects of dominant follicle aspiration and treatment with recombinant bovine somatotropin (BST) on ovarian follicular development in nelore (*Bos indicus*) heifers. *Theriogenology* 54, 421–432.
- Burton, G. W., and K. U. Ingold. 1984. 3-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224:569.
- Butler W.R. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science* 60–61 (2000). 449–457
- Camargo, O. La vaca lechera: entre la eficiencia económica y la ineficiencia biológica. *Arch. Zootec.* 61 (R): 13-29. 2012
- Campbell, R.H., Miller, J.K., 1998. Effect of supplemental dietary vitamin E and zinc on reproductive performance of dairy cows and heifers fed excess iron. *J. Dairy Sci.* 81, 2693–2699.
- Campilo, R. Sadzawka, A. La acidificación de los suelos. Origen y mecanismos involucrados. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR33853.pdf> Consultado 5 de enero de 2016
- Carrillo, R, D. Ficha técnica CALFOSVIT Se. Documento interno, Compañía California S.A.
- Carvalho, J.B., Carvalho, N.A., Reis, E.L., Nichi, M., Souza, A.H., Baruselli, P.S., 2008. Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus* x *Bos taurus*, and *Bos taurus* heifers. *Theriogenology* 69, 167–175.

- Cavalieri, J., Rubio, I., Kinder, J.E., Entwistle, K.W., Fitzpatrick, L.A., 1997. Synchronization of estrus and ovulation and associated endocrine changes in *Bos indicus* cows. *Theriogenology* 47, 801–814.
- Chenoweth, P.J., 1994. Aspects of reproduction in female *Bos indicus* cattle: a review. *Aust. Vet. J.* 71, 422–426.
- Cohick, W.S., Armstrong, J.D., Whitacre, M.D., Lucy, M.C., Harvey, R.W., Cambell, R.M., 1996. Ovarian expression of insulin-like growth factor-I (IGF-I), IGF binding proteins, and growth hormone (GH) receptor in heifers actively immunized against GH-Releasing factor. *Endocrinology* 137, 1670–1677.
- Corah, L.R., Ives, S., 1991. The effects of essential trace minerals on reproduction in beef cattle. *Vet. Clin. North Am.: Food Anim. Pract.* 7, 40–57.
- Dayan, A. 2001. Fatores que interferem na produção de embriões bovinos mediante aspiração folicular e fecundação *in vitro*. 56 p. Disertación (maestría). UNESP-Botucatu.
- De Paolo L.V, Bicsak T.A, Erickson G.F. 1991. Follostatin and activin: A potential intrinsic regulatory system within diverser tissues [minireview]. *Proc Soc Exp Biol Med* 198: 500-512
- Diplock, A. T. 1981. The role of vitamin E and selenium in the prevention of oxygen-induced tissue damage. Page 303 *in* Selenium in biology and medicine. J. E. Spallholz, J. L. Martin, and H. E. Ganther, ed. AVI Publ. Co., Inc., West- port, CT.
- Diskin M.G., Mackey D.R., Roche J.F., Sreenan J.M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science* 78: 345–370
- Dobson, H., Smith, R.F., 2000. What is stress, and how does it affects reproduction. *Anim. Reprod. Sci.* 60–61,743–752.
- Dunlop R. Malbert. C. 2004. Fisiopatología veterinaria. Editorial Acribia S.A. p 233 – 236.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L.D., Farver,T., Webster, G. (1989). A Body condition scoring chart for Holstein Dairy Cows. *J Dairy Sci* 72:68-78
- Eger, S., D. Drori, I. Kadoori, N. Miller, and H. Schindler. 1985. Effects of selenium and vitamin E on incidence of retained placenta. *J. Dairy Sci.* 68:2119.
- EMFEMA. Study on the bioavailability of major and trace minerals. Brussels. 2002.

- Ereno R.L. 2002. Dinâmica Folicular em Bovinos. Monografia. Botucatu – SP, Brasil.
- Ereno RL 2008 Gene expression of luteinizing hormone receptor (LHR) isoforms in granulosa cells of follicles from Nelore heifers before, during and after follicular deviation. PhD thesis, University of Sao Paulo State (Brazil).
- Fajersson P, Barradas HV, Romanponce H & Cook RM. 1991. The effects of dietary protein on age and weight at the onset of puberty in Brown Swiss and Zebu heifers in the tropics. *Theriogenology* 35 845-855
- Federacion Nacional de ganaderos de Colombia FEDEGAN. 2006. Plan estratégico de la ganadería, 2019.
- Ferguson, J.D. Nutrition and Reproduction in Dairy Herds. *Vet Clin Food Anim* 21 (2005) 325–347
- Figueredo, R.A; Barros, C.M; Pinheiro, O.L, Soler, J.M.P. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos Indicus*) cattle. *Theriogenology*, v.47, p.1489-1505, 1997.
- Freeman, B. A., and J. D. Crapo. 1982. Free radicals and tissue injury. *Lab. Invest.* 47:412.
- Galina, C.S., Arthur, G.H., 1990. Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrus cycles. *Anim. Breed. Abstr.* 58, 697–707.
- Galina, C.S., Orihuela, A., Rubio, I., 1996. Behavioural trends affecting oestrus detection in Zebu cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 42, 465–470.
- Gambini, A.L.G., Moreira, M.B.P., Castilho, C., Barros, C.M., 1998. Follicular development and synchronization of ovulation in Gir cows. *Rev. Bras. Reprod. Anim.* 22, 201–210.
- García, J., Cuesta, M., Pedroso, R., Rodríguez, J., Gutiérrez, M., Mollineda, A., Figueredo, J., Quiñones, R. 2007. Suplementación parenteral de cobre en vacas gestantes: efecto sobre el postparto y terneros. *Revista MVZ Córdoba* 12(2): 985-995
- Gigli, I, Russo, A., & Agüero, A.. (2006). Consideraciones sobre la dinámica ovárica en equino, bovino y camélidos sudamericanos. *InVet*, 8(1), 183-204. Recuperado en 04 de marzo de 2016, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-34982006000100018&lng=es&tlng=es
- Gimenes, L.U., Sá Filho, M.F., Carvalho, N.A., Torres-Júnior, J.R., Souza, A.H., Madureira, E.H., Trinca, L.A., Sartorelli, E.S., Barros, C.M., Carvalho, J.B.,

- Mapletoft, R.J., Baruselli, P.S., 2008. Follicle deviation and ovulatory capacity in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology* 69, 852–858.
- Gimenes LU, Fantinato Neto P, Arango JSP, Ayres H & Baruselli PS 2009 Follicular dynamics of *Bos indicus*, *Bos taurus* and *Bubalus bubalis* heifers treated with norgestomet ear implant associated or not to injectable progesterone. *Animal Reproduction* 6 256.
- Ginther, O. J.; Knopf, L. and Kastelic, J. P. 1989a. Temporal associations among ovarian events in cattle during oestrous cycles with two and three follicular waves. *J. Reprod. Fertil.* 87: 223-230.
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P., Knopf, L., 1989b. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine oestrous cycle. *Anim. Reprod. Sci* 20, 187–200
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P., Knopf, L., 1989c. Intraovarian relationships among dominant and subordinate follicles and the corpus luteum in heifers. *Theriogenology* 32, 787–795.
- Ginther, O.J., Wiltbank, M.C., Fricke, P.M., Gibbons, J.R., Kot, K., 1996. Selection of the dominant follicle in cattle. *Biol. Reprod.* 55, 1187–1194.
- Ginther, O.J., Kot, K., Kulick, L.J., Wiltbank, M.C., 1997. Emergence and deviation of follicles during the development of follicular waves in cattle. *Theriogenology* 48, 75–87.
- Ginther, O.J., Bergfelt, D.R., Kulick, L.J., Kot, K., 1998. Pulsatility of systemic FSH and LH concentrations during follicular-wave development in cattle. *Theriogenology* 50, 507–519.
- Ginther, O.J., Bergfelt, D.R., Kulick, L.J., Kot, K., 1999. Selection of the dominant follicle in cattle: establishment of follicle deviation in less than 8 h through depression of FSH concentrations. *Theriogenology* 52, 1079–1093.
- Ginther, O.J., 2000. Selection of the dominant follicle in cattle and horses. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61, 61–79.
- Ginther, O.J., Bergfelt, D.R., Beg, M.A., Kot, K., 2001. Follicle selection in cattle: role of luteinizing hormone. *Biol. Reprod.* 64, 197–205.
- Gong, J.G; Bramley, T.A; Webb, R. The effect of recombinant bovine somatotropin on ovarian function in heifers: follicular populations and peripheral hormones. *Biology of Reproduction*.v.45, p.941-949; 1991.

- Goto, Y., Noda, Y., Narimoto, K., Umaoka, Y., Mori, T., 1992. Oxidative stress on mouse embryonic development in vitro. *Free Radical Biol. Res.* 13, 47–53.
- Grace, N.D., Knowles, S.O. 2012. Trace element supplementation of livestock in New Zealand: Meeting the challenges of free-range grazing systems. *Veterinary Medicine International* 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/639472>
- Griffin, J.L., Randel, R.D., 1978. Reproductive studies of Brahman cattle. II. Luteinizing hormone patterns in ovariectomized Brahman and Hereford cows before and after injection of gonadotropin releasing hormone. *Theriogenology* 9, 437–446.
- Guilbault, L.A; Grasso, F; Lussier, J; Rouillier, P; Matton, P. Decreased superovulatory responses in heifers superovulated in the presence of a dominant follicle. *Journal of Reproduction and Fertility.* V.91, p.81-89; 1991.
- Gunter, S. A; Beck P. A; Phillips J. M; Effects of supplementary selenium source on the performance and blood measurements in beef cows and their calves. *J ANIM SCI* 2003, 81:856-864.
- Gwazdauskas, F. C., T. L. Bibb, M. L. McGilliard, and J. A. Lineweaver. 1979. Effect of prepartum selenium-vitamin E injection on time for placenta to pass and on productive functions. *J. Dairy Sci.* 62:978.
- Halasz B., 1993. Neuroendocrinology in 1992. *Neuroendocrinology* 57:1196-1207.
- Hambidge, K.M., C.C.Casey, and N.F.Krebs. 1986. Zinc. Pp. 1–137 in *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Vol. 2, W.Mertz, ed. New York: Academic Press.
- Harrison, J.H., Hancock, D.D., Conrad, H.R., 1984a. Vitamin E and selenium for reproduction of the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 67, 123–132.
- Harrison, J. H., and H. R. Conrad. 1984b. Selenium and glutathione peroxidase activity in tissues of the dairy cow after short-term feeding. *J. Dairy Sci.* 67:2464.
- Harrison, J. H., D. D. Hancock, N. St. Pierre, H. R. Conrad, and W. R. Harvey. 1986. Effect of prepartum selenium treatment on uterine involution in the dairy cow. *J. Dairy Sci.* 69:1421.
- Hemler, M.E., Lands, W.E.M., 1980. Evidence of peroxide-initiated free radical mechanism of prostaglandin biosynthesis. *J. Biol. Chem.* 225, 6253–6261.

- Henao, G. Reactivación ovárica postparto en bovinos. Revisión. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín Vol. 54 Nos. 1 y 2. P 1285-1302. 2001
- Henao, G. Olivera-Ángel, M, Maldonado Estrada J.G. Follicular dynamics during the postpartum anestrous and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (*Bos indicus*) cows. *Animal Reproduction Science* 63 (2000) 127-136.
- Hidiroglou M. Trace Element Deficiencies and Fertility in Ruminants: A Review. *Journal of Dairy Science* Vol. 62, No. 8, 1979
- Hidiroglou, M. Mcallister, A. J. Williams, C. J. Prepartum Supplementation of Selenium and Vitamin E to Dairy Cows: Assessment of Selenium Status and Reproductive Performance. *Journal of Dairy Science* Vol. 70, No. 6, 1987
- Hignett, S. L. 1950. Factors influencing herd fertility in cattle. *Vet. Rec.* 62:652.
- Hurley. W.L Doane R.M. Recent Developments in the Roles of Vitamins and Minerals in Reproduction 1989 *J Dairy Sci* 72:784-804
- Ireland, J.J., Roche, J.F., 1983a. Development of non-ovulatory antral follicles in heifers: changes in steroids in follicular fluid and receptors for gonadotrophins. *Endocrinology* 112, 150.
- Ireland, J.J., Roche, J.F., 1983b. Growth and differentiation of large antral follicles after spontaneous luteolysis in heifers: Changes in concentrations of hormones in follicular fluid and specific binding of gonadotrophin to follicles. *J. Anim. Sci.* 57, 157.
- Ireland, J.J; Roche, J.F. 1987. Hypotheses regarding development of dominant follicles during a bovine estrous cycle. In: Roche J.F., O' Callaghan, D (Eds) *Follicular growth and ovulation rate in farm animals*. Boston: Martinus Nijhoff Publishers, MA, p.1-18.
- Julien W. E., Conrad. H. R. (1976b) Selenium and Vitamin E and Incidence of Retained Placenta in Parturient Dairy Cows. II. Prevention in Commercial Herds with Prepartum Treatment *Journal of Dairy Science* Vol. 59, No. 11
- Kastelic, J.P., Bergfelt, D.R., Ginther, O.J., 1990. Relationship between ultrasonic assessment of the corpus luteum and plasma progesterone concentration in heifers. *Theriogenology* 33, 1269–1278.
- Knopf, L., Kastelic, J.P., Schallenberger, E., Ginther, O.J., 1989. Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two-wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Domest. Anim. Endocrinol.* 6, 111–119.

- Kulick, L.J., Kot, K., Wiltbank, M.C., Ginther, O.J., 1999. Follicular and hormonal dynamics during the first follicular wave in heifers. *Theriogenology* 52, 913–921.
- Landaeta-Hernandez, A.J., Yelich, J.V., Lemaster, J.W., Tran, T., Fields, M.J., Chase Jr., C.C., Rae, D.O., Chemnoweth, P.J., 2002. Environmental, genetic and social factors affecting the expression of estrus in beef cows. *Theriogenology* 57, 1357–1370.
- Lennon, H. D., and J. P. Mixner. 1959. Relationships between plasma protein-bound iodine and certain measures of reproductive and lactational performance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 42:327.
- Lewis, R. C., and N. P. Ralston. 1953. Protein-bound iodine levels in dairy cattle plasma. *J. Dairy Sci.* 36:33.
- Lopez, H., Sartori, R., Wiltbank, M.C., 2005. Reproductive hormones and follicular growth during development of one or multiple dominant follicles in cattle. *Biol. Reprod.* 72, 788–795.
- Lopez, F.J. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. Facultad de ciencias agropecuarias. Vol 4 No 1. Marzo 2006.
- Lorgue, G. Lechenet, J. Rivière, A. Toxicología Clínica veterinaria. Editorial acribia. Zaragoza. 1997.
- Machado, R., Bergamaschi, M.A., Barbosa, R.T., de Oliveira, C.A., Binelli, M., 2008. Ovarian function in Nelore (*Bos taurus indicus*) cows after post-ovulation hormonal treatments. *Theriogenology* 69, 798–804.
- Madrid A.M., Matamoros Y. Inducción de celo y porcentaje de preñez en vacas con Catosal® o Calfosvit Se® al momento del retiro del implante intravaginal DIV-B®. Tesis de Grado. Honduras. 2013.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz, and R. G. Warner. 1979. Reproduction. Page 472 in *Animal nutrition*. Ch. 16. 7th ed. McGraw-Hill, New York, NY.
- McGowan, M.R., 1999. Sincronización de celos y programas de inseminación artificial a tiempo fijo en ganado *Bos indicus* y cruce *Bos indicus*. Bó, G.A., Caccia, M. (Eds.), Resúmenes Tercer Simposio Internacional de Reproducción Animal. Carlos Paz, Córdoba, Argentina, pp. 71–82.
- McKenzie, R.L., Rafferty, T.S., Beckett, G.J., 1998. Selenium: an essential element for immune function. *Immunol. Today* 19, 342–345.

- Membrive, C.M.B., 2000. Estudo da sincronização das ondas foliculares e das características de estros, por radio telemetria, em novilhas cruzadas (*Bos indicus* × *Bos taurus*) tratadas com acetato de melengestrol e prostaglandina associados a hCG, GnRH ou 17 β estradiol + progesterona. Tesis de Maestria. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mezzadra, C., Homse, A., Sampedro, D., Alberio, D., 1993. Pubertal traits and seasonal variation of the sexual activity in Brahman, Hereford and crossbred heifers. *Theriogenology* 40, 987–996.
- Mizuta K 2003 Estudo comparativo dos aspectos comportamentais do estro e dos teores plasmáticos de LH, FSH, progesterona e estradiol que precedem a ovulação em fêmeas bovinas Nelore (*Bos taurus indicus*), Angus (*Bos taurus taurus*) e Nelore x Angus (*Bos taurus indicus* x *Bos taurus taurus*). São Paulo, 2003. 98 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo
- Mollo, M.R., Rumpf, R., Martins, A.C., Mattos, M.C.C., Lopes Jr., G., Carrijo, L.H.D., Sartori, R., 2007. Ovarian function in Nelore heifers under low or high feed intake. *Acta Sci. Vet.* 35 (Suppl. 3), 958 (abstract).
- Money, D.F.L., K. J. Hogan, and S. M. Hare. 1967. The effects of an oestrogenic preparation on blood and liver copper concentrations and teat length of sheep. *New Zealand J. Agr. Res.* 10:345.
- Morrow, D. A. 1980. The role of nutrition in dairy cattle reproduction. Page 449 *in* Current therapy in theriogenology. D. A. Morrow ed. WB Saunders Co., Philadelphia, PA.
- Murphy, M.G; Boland, M.P; Roche, J.F. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post partum beff suckler cows. *Journal and Reproduction and Fertility*,v.90, p.523-533.
- Murdoch W.J., Van Kirk E.A., Murdoch J. 1999a. Plasmin cleaves tumor necrosis factor – α exodomain from sheep follicular endothelium: Implication in the ovulatory process. *Biol Reprod* 60:1166-1171.
- Murdoch W.J., Wilken C., Young D.A., 1999b. Sequence apoptosis and inflammatory necrosis within the formative ovulatory site of sheep follicles. *J. Reprod Fertil* 117: 325-329

- National Research Council (NRC), (1980), Mineral tolerance of domestic animals. Washington D.C. National academy of Sciences-National research Council. 577p.
- National Research Council (NRC), (2000), Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000. Washington.
- Noorsdsy, J. L., H. W. Leipold, D. L. Carmahan, R. A. Frey, J. Vestweber, M. G. Robl, G. Kennedy, J. R. Dunham, T. E. Chapin, and W. E. Moore. 1973. Metabolic disturbances in the dairy cow influenced by managerial practices-Case reports and epidemiological studies. Rumen Function Conf., Chicago, IL.
- Nogueira GP 2004 Puberty in south american *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Animal Reproduction Science* 82 361-372.
- Nogueira, M.F., Buratini Jr., J., Price, C.A., Castilho, A.C., Pinto, M.G., Barros, C.M., 2007. Expression of LH receptor mRNA splice variants in bovine granulosa cells: changes with follicle size and regulation by FSH in vitro. *Mol. Reprod. Dev.* 74, 680–686.
- Olson, J.D., 1995. The role of selenium and vitamin E in mastitis and reproduction of dairy cattle. *Cattle Pract.* 3, 47–49.
- Otterby, D. E., and J. G. Linn. 1981. Nutritional effects on reproduction in dairy cattle. Page 9 in 42nd Minnesota Nutr. Conf. Proc.
- Otto, K. Ferguson, J. Fox, D. Sniffen, C. 1991. Relationship between body condition score and composition of ninth to eleventh rib tissue in Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 74:852-9.
- Palma, G. Biotecnología de la reproducción. INTA. 2001. 699 p
- Pelissier, C. L. 1972. Herd breeding problems and their consequences. *J. Dairy Sci.* 55: 385
- Perks, C.M., Peters, A.R., Wathes, D.C., 1999. Follicular and luteal expression of insulin-like growth factors I and II and the type 1 IGF receptor in the bovine ovary. *J. Reprod. Fertil.* 116, 156–165.
- Pierson, R. A. Ginther O. J. 1987. Ultrasonographic appearance of the bovine uterus during the estrous cycle. *J. Vet. Med. Assoc.* 190: 995-1002.
- Pinheiro, O.L., Barros, C.M., Figueredo, R.A., Valle, E.R., Do, Encarnação, R.O., Padovani, C.R., 1998. Estrous behaviour and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with

- prostaglandin F₂ or norgestomet and estradiol valerate, *Theriogenology* 49, 667–681.
- Piper, E. L, and J. W. Spears. 1982. Influence of copper and zinc supplementation on mineral status, growth and reproductive performance of heifers. *J. Anim. Sci.* 55(Suppl. 1):319. (Abstr.)
- Pomca. 2005. Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Hacha 2006 – 2025. Convenio 051 del 2004.
- Pugh, D. G., R. G. Elmore, and T. R. Hembree. 1985. A review of the relationship between mineral nutrition and reproduction in cattle. *Bovine Pract.* 20:10.
- Quintela L.A. Diaz. P. Garcia P.J. Peña A.I. Becerra J.J. *Ecografía y reproducción en la vaca*. Santiago de Compostela: universidade, servizo de publicaciones e intercambio científico, 2006. 92 p.
- Rajakoski, E. 1960. The ovarian follicular system in sexually mature heifers, *acta endocrinológica*. v, 34. Suppl. 52.
- Randel, R.D. LH and ovulation in Brahman, Brahman x Hereford and Hereford heifers. *J. Anim. Sci.*, v. 43, p. 300, 1976.
- Randel, R.D. Seasonal effects on female reproductive functions in bovine (Indian breeds). *Theriogenology*, v. 21, p. 170-185, 1984.
- Randel, R.D., 1994. Unique reproductive traits of Brahman and Brahman based cows. In: Field, M.J., Sand, R.S. (Eds.), *Factors Affecting Calf Crop*. CRC Press, Boca Ratón, FL, USA, pp. 23–43.
- Randel, R.D., Moseley, W.M., 1977. Serum luteinizing hormone surge and progesterone near estrus in Brahman, Brahman × Hereford and Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 45 (1), 199 (abstract).
- Reinhardt, T. A., H. R. Conrad, W. E. Julien, and A. L. Moxon. 1978. Alfalfa silage, selenium in- jections and retained placenta. *J. Dairy Sci.* 61(Sup- pl. 1):185. (Abstr.)
- Rhodes, F.M., De'ath, G., Entwistle, K.W., 1995a. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 38, 265–277

- Rhodes, F.M; Fitzpatrick, L.A; Entwistle, K.W; De'ath G. 1995b. Sequential changes in ovarian follicular dynamics in *Bos indicus* heifers before and after nutritional anoestrus. *Journal of Reproduction and Fertility*.v.104, p.41-49.
- Rhodes III, R.C., Randel, R.D., Harms, P.G., 1978. Reproductive studies of Brahman cattle. IV. Luteinizing hormone levels in ovariectomized in Brahman, Brahman × Hereford and Hereford cows following a 20 mg dose of estradiol-17. *Theriogenology* 10, 429–437.
- Richards, M. Spitzer, J. Warner, M. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Animal Science*. 62: 300-306
- Richards, M.W., Wettemann, R.P, and Schoenemann, H.M. 1989. Nutritional anestrus in beef cows: Body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Animal Science*. 67: 1520 – 1526.
- Richards, M.W., Wettemann, R.P, Spicer L.J., and Morgan G.L. 1991. Nutritional anestrus in beef cows: Effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin – like growth factor – I *Biol. Reproduction*. 44: 961 - 966.
- Rippe, C. El ciclo estral. 2009 Dairy Cattle Reproduction Conference. Recuperado en 04 de marzo de 2016 en: <http://www.dcrcouncil.org/media/Public/Rippe%20DCRCH%202009.pdf>
- Rocha, J.L., 2000. Sincronização hormonal da onda folicular e do estro em novilhas de corte mestiças monitoradas por radio telemetria. Tesis Doctoral. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Roberts, S.J. 1971a. Veterinary obstetrics and genital diseases. Second edition, Ed. Edwards brothers inc, Ithaca- NY. pp 343-375.
- Roberts, S. J. 1971b. Infertility in the cow. Page 3 76 *in* Veterinary obstetrics and genital diseases. S. J. Roberts, Publ., Ithaca, NY.
- Roche, J.F., Mihm, M., Diskin, M.G., Ireland, J.J., 1998. A review of regulation of follicle growth in cattle. *J. Anim. Sci*. 76 (Suppl. 3), 16–29.
- San Vicente del Caguán. (2010) [en línea] disponible en: <http://www.sanvicentedelcaguan.gov.co/>
- Sanchez Pedro A. Suelos del trópico características y manejo. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura IICA. 1981.

- Savio, J.D; Keenan, L; Boland, M.P; Roche, J.F. Pattern of growth of dominant follicles during oestrus cycle in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility*. V.83, p.663-671, 1988.
- Sartorelli ES, Carvalho LM, Bergfelt DR, Ginther OJ & Barros CM. 2005. Morphological characterization of follicle deviation in Nelore (*Bos indicus*) heifers and cows. *Theriogenology* 63 2382-2394
- Sartori, R., Fricke, P.M., Ferreira, J.C.P., Ginther, O.J., Wiltbank, M.C., 2001. Follicular deviation and acquisition of ovulatory capacity in bovine follicles. *Biol. Reprod.* 65, 1403–1409.
- Sartori, R., Rosa, G.J.M., Wiltbank, M.C., 2002. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *J. Dairy Sci.* 85, 2813–2822.
- Sartori, R., Haughian, J.M., Shaver, R.D., Rosa, G.J.M., Wiltbank, M.C., 2004. Comparison of ovarian function and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. *J. Dairy Sci.* 87, 905–920.
- Sartori, R., Gumen, A., Guenther, J.N., Souza, A.H., Caraviello, D., Wiltbank, M.C., 2006. Comparison of artificial insemination versus embryo transfer in lactating dairy cows. *Theriogenology* 65, 1311–1321.
- Sartori R, Bastos MR, Baruselli PS, Gimenes LU, ErenoRL , Barros CM. 2010. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Society of Reproduction and Fertility Volume 67 Proceedings of the Eighth International Symposium on Reproduction in Domestic Ruminants*.
- Sartori R., Barros C.M., 2011. Reproductive cycles in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science* 124 (2011) 244–250
- Scales, G. H. 1976. Selenium and beef cow fertility. *New Zealand J. Exp. Agr.* 4:297.
- Schingoethe, D. J., J. G. Parsons, F.C. Ludens, W. L. Tucker, and H. J. Shave. 1978. Vitamin E status of dairy cows fed stored feeds continuously or pastured during summer. *J. Dairy Sci.* 61:1582.
- Segerson, E. C., Jr., G. Riviere, T. R. Bullock, S. Thimaya, and S. N. Ganapathy. 1980. Uterine contractions and electrical activity in ewes treated with selenium and vitamin E. *Biol. Reprod.* 23:1020.
- Segerson, E. C., and S. N. Ganapathy. 1981. Fertilization of ova in selenium/vitamin E-treated ewes maintained on two planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 51:386.

- Segerson, E. C., G. J. Riviere, H. L. Dalton, and M. D. Whitacre. 1981. Retained placenta of Holstein cows treated with selenium and vitamin E. *J. Dairy Sci.* 64:1833.
- Segerson, E. C., and D. W. Libby. 1982. Ova fertilization and sperm number per fertilized ovum for selenium and vitamin E-treated Char-olais cattle. *Theriogenology* 17:333.
- Segerson; E.C.; Hansen, T.R.; Libby, D.W.; Randel, R.D.; Getz, W.R. Ovarian and uterine morphology and function in Angus Brahman cows. *J. Anim. Sci.* v. 59, p. 1026-46, 1984.
- Siciliano-Jones, J. L. Socha, M. T. Tomlinson, D. J. DeFrain, J. M.. 2008. Effect of Trace Mineral Source on Lactation Performance, Claw Integrity, and Fertility of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 91:1985–1995
- Singh, J; Brogliatti, G.M; Christensen, C.R; Adams, G.P. Active immunization against follistatin and its effects on FSH, follicle development and superovulation in heifers. *Theriogenology*.v. 52, p.49-66, 1997.
- Sirois, J; Fortune, J.E. Ovarian follicular dynamics during the oestrus cycle in heifers monitored by real time ultrasonography. *Biology of Reproduction.* V.39, p.308-317, 1988.
- Sirois, J., Fortune, J.E., 1990. Lengthening the bovine estrous cycle with low levels of exogenous progesterone: a model for studying ovarian follicular dominance. *Endocrinology* 127, 916–925.
- Smirnova, E. I. 1964. The role of iodine in ovulation. *Fifth Int. Congr. Anim. Repro &* 6:90.
- Smith O.B. Akinbamijo, O.O. Micronutrients and reproduction in farm animals. *Animal Reproduction Science* 60–61 (2000) 549–560
- Soto, H. Garmendia J. 1998. Efecto de la suplementación mineral sobre la reproducción de novillas Brahman. *Revista científica, FCV-LUZ.* Vol VIII, N° 1, 68-76.
- Spielman, A. A., W. E. Petersen, J. B. Fitch, and B. S. Pomeroy. 1945. General appearance, growth and reproduction of thyroidectomized bovine. *J. Dairy Sci.* 28: 329.
- Southcott, W. H., J. L. Wheller, M. K. Hill, and D. A. Hedges. 1972. Effect of subdivision, stocking rate anthelmintic and selenium on the productivity of Hereford heifers. *Proc. Australian Soc. Anim. Prod.* 9:408.

- Staats, D.A., Lohr, D.P., Colby, H.D., 1988. Effects of tocopherol depletion on the regional differences in adrenal microsomal lipid peroxidation and steroid metabolism. *Endocrinology* 123, 975–980.
- Stahringer, R.C., Neuendorff, D.A., Randel, R.D., 1990. Seasonal variations in characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. *Theriogenology* 34, 407–415.
- Stagg, K., Spicer, L.J., Sreenan, J.M., Roche, J.F., Diskin, M.G., 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotrophin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. *Biol. Reprod.* 59, 777–783.
- Stagg, K., 2000. Anoestrus in the post-partum suckled beef cow and in the nutritionally restricted beef heifer. Ph.D. Dissertation. The National University of Ireland, Dublin.
- Stock, A.E., Fortune, J.E., 1993. Ovarian follicular dominance in cattle: relationship between pronged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. *Endocrinology* 132, 1108–1114.
- Tallam, S. K. Ealy, A. D. Bryan, K. A., Wu Z. 2005. Ovarian Activity and Reproductive Performance of Dairy Cows Fed Different Amounts of Phosphorus *J. Dairy Sci.* 88:3609–3618
- Tan, K. H. Binger, A. Effect of humic acid on aluminium toxicity in com plants. *Soil Science.* 1986, 141, 20 – 25.
- Tilly, J.L., Johnson A.L., 1990. Control of plasminogen activator in the tecal layer of the largest preovulatory follicle in the hen ovary. *Endocrinology* 126: 2079-2087.
- Trinder, N., C. D. Woodhouse, and C. P. Rentan. 1969. The effect of vitamin E and selenium on the incidence of retained placentae in dairy cows. *Vet. Rec.* 85:550 – 553.
- Trinder, N., and C. P. Rentan. 1973. The relation- ship between the intake of selenium and vitamin E on the incidence of retained placentae in dairy cows. *Vet. Rec.* 93:641.
- Underwood, E.J., 1981. *The Mineral Nutrition of Livestock.* Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, England, 189 pp.
- Vanegas, J.A., Reynolds, J., Atwill, E. R. 2004. Effects of an injectable trace mineral supplement on first-service conception rate of dairy cows. *Journal of dairy*

science; 87: 3665 – 3671.

- Vasconcelos, J.L.M. Avaliação do protocolo de sincronização de ovação “ovsynch” e de fatores relacionados à associação entre produção de leite e taxa de concepção. Jaboticabal, 1999, 128p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.
- Vatti, G. 1962. Ginecologia y obstetricia veterinaria, tercera edición, Turin-Italia, 512 p.
- Viana, J.H.M., Camargo, L.S.A., 2007. Bovine embryo production in Brazil: a new scenario. Acta Sci. Vet. 35 (Suppl. 3), 920–924
- Wichtell, J.J., Craigie, A.L., Thompson, K.G., Williams, N.B., 1996. Effect of selenium and A-Tocopherol supplementation on postpartum reproductive function of dairy heifers at pasture. Theriogenology 46, 491 – 502.
- Xu. Z., Gaverick H.A., Smith G.W., 1995. Expression of follicle stimulating hormone and luteinizing hormone receptor Messenger ribonucleic acids in bovine follicles during the first follicular wave. Biol reprod 53:951 – 957.
- Ying S. Y. 1989. Inhibins, activins and follistatins. J. Steroid Biochem 33:705 – 713
- Zeitoun, M.M., Rodriguez, H.F., Randel, R.D., 1996. Effect of season on ovarian follicular dynamics in Brahman cows. Theriogenology 45, 1577–1581.

8. ANEXOS

Salidas programas estadísticos

Statistix 8.0 11/10/2012, 12:23:29 p.m.

Chi-Square Test for Heterogeneity or Independence
for 1 = GRUPO PREnEZ38

		PREnEZ38		
GRUPO		1	2	
1	Observed	25	15	40
	Expected	24.00	16.00	
	Cell Chi-Sq	0.04	0.06	
2	Observed	23	17	40
	Expected	24.00	16.00	
	Cell Chi-Sq	0.04	0.06	
		48	32	80

Overall Chi-Square 0.21
P-Value 0.6481
Degrees of Freedom 1
Cases Included 80 Missing Cases 0

Statistix 8.0 datos prenez, 11/10/2012, 12:26:46 p.m.

Chi-Square Test for Heterogeneity or Independence
for 1 = GRUPO PREnEZ45

		PREnEZ45		
GRUPO		1	2	
1	Observed	20	20	40
	Expected	19.50	20.50	
	Cell Chi-Sq	0.01	0.01	
2	Observed	19	21	40
	Expected	19.50	20.50	
	Cell Chi-Sq	0.01	0.01	
		39	41	80

Overall Chi-Square 0.05
P-Value 0.8230
Degrees of Freedom 1
Cases Included 80 Missing Cases 0

Statistix 8.0 datos prenez, 11/10/2012, 12:27:18 p.m.

Chi-Square Test for Heterogeneity or Independence
for 1 = PREnEZ38 PREnEZ45

		PREnEZ45		
PREnEZ38		1	2	
1	Observed	39	9	48
	Expected	23.40	24.60	
	Cell Chi-Sq	10.40	9.89	
2	Observed	0	32	32
	Expected	15.60	16.40	
	Cell Chi-Sq	15.60	14.84	
		39	41	80

Overall Chi-Square 50.73
P-Value 0.0000
Degrees of Freedom 1
Cases Included 80 Missing Cases 0

Statistix 8.0 datos prenez, 11/10/2012, 12:36:08 p.m.

Chi-Square Test for Heterogeneity or Independence
for 1 = GRUPO PREnEZ45

		PREnEZ45		
GRUPO		1	2	
1	Observed	20	20	40
	Expected	19.50	20.50	
	Cell Chi-Sq	0.01	0.01	
2	Observed	19	21	40
	Expected	19.50	20.50	
	Cell Chi-Sq	0.01	0.01	
		39	41	80

Overall Chi-Square 0.05
P-Value 0.8230
Degrees of Freedom 1
Cases Included 80 Missing Cases 0

Statistix 8.0 datos icc, 11/10/2012, 12:17:04 p.m.

Analysis of Variance Table for ICC

Source	DF	SS	MS	F	P
DIAS	3	5.0062	1.66875	9.52	0.0000
GRUPO	1	0.1125	0.11250	0.64	0.4236
DIAS*GRUPO	3	0.2062	0.06875	0.39	0.7586
Error	312	54.6625	0.17520		
Total	319	59.9875			

Grand Mean 3.2563 CV 12.85

Statistix 8.0 datos icc, 11/10/2012, 12:17:21 p.m.

Means of ICC for DIAS

DIAS	Mean
-30	3.3875
-15	3.3750
0	3.1312
10	3.1312

Observations per Mean 80
Standard Error of a Mean 0.0468
Std Error (Diff of 2 Means) 0.0662

Means of ICC for GRUPO

GRUPO	Mean
1	3.2750
2	3.2375

Observations per Mean 160
Standard Error of a Mean 0.0331
Std Error (Diff of 2 Means) 0.0468

Means of ICC for DIAS*GRUPO

DIAS GRUPO	Mean
-30 1	3.4375
-30 2	3.3375
-15 1	3.4125
-15 2	3.3375
0 1	3.1250
0 2	3.1375
10 1	3.1250
10 2	3.1375

Observations per Mean 40
Standard Error of a Mean 0.0662
Std Error (Diff of 2 Means) 0.0936

Statistix 8.0 datos icc, 11/10/2012, 12:17:47 p.m.

Tukey HSD All-Fairwise Comparisons Test of ICC for DIAS

DIAS	Mean	Homogeneous Groups
-30	3.3875	A
-15	3.3750	A
0	3.1312	B
10	3.1312	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0662
Critical Q Value 3.632 Critical Value for Comparison 0.1700
Error term used: Error, 312 DF
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Fairwise Comparisons Test of ICC for GRUPO

GRUPO	Mean	Homogeneous Groups
1	3.2750	A
2	3.2375	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0468
Critical Q Value 2.772 Critical Value for Comparison 0.0917
Error term used: Error, 312 DF
There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Fairwise Comparisons Test of ICC for DIAS*GRUPO

DIAS GRUPO	Mean	Homogeneous Groups
-30 1	3.4375	A
-15 1	3.4125	AB
-30 2	3.3375	ABC
-15 2	3.3375	ABC
0 2	3.1375	BC
10 2	3.1375	BC
0 1	3.1250	C
10 1	3.1250	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0936
Critical Q Value 4.285 Critical Value for Comparison 0.2836
Error term used: Error, 312 DF
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means are not significantly different from one another.

