



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



LA CONDUCTA HOMOSEXUAL EN GANADO *BOS INDICUS* SINCRONIZADO EN DIESTRO TEMPRANO O TARDÍO PUEDE VERSE AFECTADO POR EL TAMAÑO DEL GRUPO SEXUALMENTE ACTIVO.

T E S I S

PARA EL OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

JOSÉ MANUEL MIRANDA PARADA

Número de Cuenta: 412065084

ASESOR:

MVZ PhD CARLOS SALVADOR GALINA HIDALGO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A la Universidad Nacional Autónoma de México por 8 años de formación personal, académica y profesional.

A mis padres, Manuel y Donají, por preocuparse por mí desde el momento en que llegué a este mundo, me han formado para saber cómo luchar con las adversidades de la vida. Muchos años después, sus enseñanzas no cesan, y rinden sus frutos, con un nuevo logro plasmado en este trabajo.

Les agradezco por todo, no tengo suficientes palabras para expresar el orgullo que siento por la familia que tengo.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Carlos Galina por tomarme como alumno hace 6 años y convertirse en mi “padre académico”. Gracias por la confianza que ha depositado en mi y por todas sus enseñanzas.

Al señor Roberto por abrirme las puertas de su finca y facilitar el apoyo del médico Carlos Victoria y al equipo de trabajo de la finca “las palmas” para la realización del trabajo experimental.

A Zazil Sánchez, mi amiga y un ejemplo en mi vida. Siempre me ha brindado su apoyo y sus enseñanzas. Gracias por alentarme a ser una mejor versión de mi mismo en cada aspecto de mi vida.

Al Ingeniero José Luis Pablos por el tiempo dedicado a la elaboración de esta tesis, sobretodo por la paciencia que tuvo durante todo el proceso. Con sus palabras me permitió ver con otra perspectiva la vida profesional.

A mis sinodales José Ignacio Sánchez, Manuel Corro, Joel Hernández y Allan Páez por brindarme su tiempo para enriquecer el trabajo con sus observaciones, gracias por la amabilidad y el apoyo durante todo el proceso.

Al equipo Galina, particularmente a Ana Lucía, Fernanda y a la miembro honoraria del equipo, Ninel, ya que sin sus palabras de aliento, sus experiencias y puntos de vista el proceso no hubiera sido el mismo.

A mis grandes amigos Israel y Alberto con los que a lo largo de la carrera he trabajado codo a codo, de quienes aprendí a ver la vida de una mejor manera y con quienes no dejo de reír

A Juan quien me presento y abrió las puertas de su estado, gracias a ello encontré a las personas correctas, que depositaron su confianza en mi para la realización de este trabajo. Desde entonces has sido un gran amigo y maestro.

Contenido

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2. HIPÓTESIS.....	7
3. OBJETIVO	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
4.1 Animales.....	8
4.2 Manejo reproductivo	8
4.3 Detección de estros	10
4.4 Dinámica folicular	10
4.5 Análisis estadístico	11
5. RESULTADOS.....	12
6. DISCUSIÓN.....	17
7. BIBLIOGRAFÍA.....	24

RESUMEN

MIRANDA PARADA JOSÉ MANUEL. La conducta homosexual en ganado *Bos indicus* sincronizado en diestro temprano o tardío puede verse afectado por el tamaño del grupo sexualmente activo. Asesor: MVZ PhD Carlos Salvador Galina Hidalgo.

Con el objetivo de evidenciar si la conducta sexual que presenta el ganado es seguida de una ovulación, se desarrolló un calendario de sincronización alterna en 18 vacas, utilizando un progestágeno y prostaglandina. Estos animales fueron divididos en tres grupos (grupo 1: diestro temprano [DTem], grupo 2: diestro tardío [Dtar], grupo 3: Bioestimuladorio) y a su vez los dos primeros grupos se subdividieron en 3 subgrupos cada uno. Se realizaron 6 mediciones ultrasonográficas de las estructuras presentes en los ovarios de cada animal (mm); el día 0 del experimento, el día de la introducción del progestágeno (según el día asignado para cada subgrupo), el día del retiro del progestágeno, 48 hr., 9 días y 14 días después del retiro. A la par de dichas mediciones se colocó un parche detector de celo con la finalidad de tener un indicador de la conducta sexual. Se compararon los hallazgos ultrasonográficos con las evidencias de conducta sexual y de esta manera determinar si la conducta expresada era congruente con la evidencia encontrada de las estructuras anatómicas. Posteriormente se compararon las frecuencias de las cuatro respuestas posibles (Celo Verdadero, Celo Falso, No celo Verdadero y No celo Falso o Celo silencioso), entre cada grupo buscando alguna relación entre la etapa del ciclo estral en la que se inició el protocolo de sincronización y la conducta sexual falsa (celo falso y Celo silencioso). No se encontró relación entre estas dos

variables. Además, se realizó un análisis de regresión lineal simple con las frecuencias de conducta y días de inicio del protocolo de cada grupo, encontrando la ausencia de una asociación entre el la presentación de conductas sexuales falsas y el día del diestro en el que se comienza el protocolo de sincronización.

En conclusión, cuando un hato de vacas se les sincroniza el estro, varias de ellas mostrarán un comportamiento estral, pero que este evento no necesariamente conducirá a la ovulación que coincida con el momento de la inseminación artificial, independientemente del momento del ciclo estral en el que se encuentre el animal. Se requiere más trabajo de científico para determinar el régimen de sincronización estral libre de estrógenos más adecuado para facilitar la implementación de la inseminación artificial en el ganado criado en condiciones tropicales y aún más investigación para determinar si hay alguna asociación estadística entre la respuesta obtenida al sincronizar el ganado en diestro temprano o tardío dado que el presente pudo haber sido limitado por el tamaño de la muestra.

1. INTRODUCCIÓN

En el trópico mexicano el sistema de producción predominante es el extensivo, cuyos parámetros productivos evidencian que está siendo desaprovechado ese nicho (Díaz et al., 2002 y Anta et al., 1989), dado que dichos parámetros suelen ser bajos por una serie de factores limitantes (Urdaneta et al, 2008). Es evidente la prevalencia de ganado tipo *Bos indicus* (Orantes et al., 2014 y Roman, H. 1981) considerado como de baja eficiencia reproductiva, ya que con este indicador se puede apreciar el éxito o el fracaso de los manejos de las Unidades de Producción Pecuaria (UPP). Con la finalidad de maximizar dicho factor se han implementado múltiples tecnologías para favorecer el avance genético y la competitividad de las UPP como los programas de empadre controlado, sincronización de estros y de la ovulación, la inseminación artificial y la transferencia de embriones (Giraldo, J., 2017 y Quintos et al., 2017). Dichos programas tienen la ventaja de ser diseñadas estratégicamente para que se adapten a las necesidades de cada UPP (Beorlegui, B., 1983 y Galina y Valencia 2008).

Cabe resaltar que el avance genético y en consecuencia el avance productivo del trópico ha sido impulsado en gran medida por la implementación de la inseminación artificial (Baruselli et al., 2012). Los beneficios de esta tecnología se pueden mencionar la reducción de la transmisión de enfermedades, esto mejora la salud del hato lo cual reduce de manera considerable la tasa de deshecho, además de que con ella se hacen mayores progresos en la mejora de las características deseadas en un periodo de tiempo menor que con la monta dirigida (Nebel et al. 2000). Al ser una de las tecnologías pilares en el desarrollo del trópico ha hecho muy evidente la

necesidad de generar mejores métodos para la detección de celos o en su defecto protocolos de sincronización que faciliten dicha labor (Alarcón et al., 2010). En respuesta a estas necesidades se han generado múltiples protocolos de sincronización de estros (Bó et al., 2003). Aunque en el presente es extensa la investigación en ganado *Bos indicus*, se puede apreciar que tiene diferencias importantes con el ganado *Bos taurus* (Bó et al., 2008 y Sartori et al., 2010), cuando se adaptaron los protocolos de sincronización de estros hubo respuestas diferentes a las esperadas (Solano et al., 2000, Máquivar et al., 2002 y Verduzco et al., 2006). Estas herramientas han tenido como principal problema que no siempre los animales tienen comportamiento clásico de estro, por el contrario, las hembras que muestran dicho comportamiento pueden estar teniendo un estro anovulatorio (Solano et al., 2005) o pueden estar teniendo una conducta homosexual alelomimética (Orihuela et al., 1983).

Son muchos los factores ambientales y sociales que pueden influir en la expresión de la conducta estral (Orihuela, A., 2000), aunados a las amplias diferencias fisiológicas y reproductivas entre el ganado *Bos taurus* y el ganado *Bos indicus*. Particularmente, en el aspecto reproductivo podemos notar las diferencias de crecimiento y dominancia folicular, así como los tamaños de los diferentes folículos comparativamente menores a los observados en el ganado *Bos taurus* (Sartori et al., 2010). El comportamiento sexual del ganado *Bos indicus* también resulta tener patrones de duración diferentes con los del ganado *Bos taurus*. Así, por ejemplo, hay vacas que sólo presentan comportamiento sexual durante la noche (alrededor

del 30% de los animales (Pinheiro et al., 1998)), cerca del 50% de los animales solo presenta estro de las 18:00 a las 06:00 hr. (Orihuela et al., 1989).

El punto crucial para el éxito de la IA y la TE es la detección eficiente de celos (Catalano et al., 2001, Becker et al., 2002 y Sepúlveda et al., 2003) por ejemplo, Cavestany y Galina (2001) encontraron que 20% de las vacas Holstein eran inseminadas con niveles altos de progesterona, indicativos de la presencia de un cuerpo lúteo. Asimismo, Montiel et al. (2006) y Lamothe et al. (1995) encontraron en ganado mantenido bajo condiciones tropicales que existía una cierta agrupación de animales tanto en celo sincronizado como a celo espontáneo. Debido a ello, se han utilizado modelos de sincronización escalonada de estros para probar la exactitud de la detección de celos. La hipótesis de estos ensayos está basada en el hecho de que en teoría las hembras deberían de demostrar los signos de celo de 48-65h de retirado el tratamiento farmacológico. Sin embargo, las vacas mostraron diferente intensidad y duración del estro (Medrano et al., 1996, Bolaños et al., 1997, Solano et al., 2000, Máquivar et al., 2002, Isidro et al., 2005, Diaz et al., 2012).

La importancia de la detección eficiente de estros es aún más evidente cuando se ven las pérdidas generadas por una pobre detección (Catalano et al., 2001), por ejemplo: Ducrot et al. (1999) han señalado, a través de un estudio realizado en Francia, que un 44% de vacas que se encuentran en celo pasan desapercibidas por el encargado de la detección de celo (fallas en la intensidad o eficiencia de detección) y que un 11% de animales en anestro son considerados en celo (fallas en la seguridad o exactitud de detección). Si bien es cierto que los métodos de ayuda visuales como: animales marcadores o parches detectores de celo tienen un

costo de implementación relativamente bajo (Catalano y Callejas, 2001), resulta interesante analizar la confiabilidad de estos en condiciones de campo en donde sean expuestos a factores como la presentación de estros anovulatorios, estros silenciosos o conducta sexual alelomimética y en lugares en los que no es posible implementar un protocolo de detección visual de calores.

En estudios como el de Medrano et al. (1996), Máquivar et al. (2002) y Verduzco et al. (2006) han encontrado que existe una asincronía en los tiempos en los que las vacas presentan la conducta de celo, una razón a la cual podría atribuirse al momento del ciclo estral en el que inicia la aplicación de los diversos fármacos que componen al protocolo elegido, tal como lo demostraron Pursley et al. (1995) y Vasconcelos et al. (1999) en sus experimentos en vacas lecheras donde hubo una influencia del día de inicio del tratamiento y la presentación del celo. Además, han encontrado que los animales forman grupos sexualmente activos en días fuera de los considerados como fisiológicos (2 a 4 días de retirada la droga sincronizadora).

Lamothe et al. (1995), Cavestany et al. (2001), Diaz, et al. (2002) y Montiel et al. (2006), han demostrado la formación de dichos grupos sexualmente activos y la presentación de conducta de celo en días diferentes a lo esperado. En la mayoría de estos experimentos, los protocolos tenían como base la combinación de un progestágeno con estrógenos. Por lo que surge la pregunta: ¿los estros detectados con base en la conducta homosexual resultan confiables aun cuando en los protocolos se evite el uso de estrógenos? o hay otros factores a los cuales se les puede atribuir la falibilidad de la detección de estros. Esto debido a que de manera natural las vacas, en ausencia del toro, presentan estros en cadenas de grupos

sexualmente activos (Lamothe et al., 1995). Es por esto que resulta útil realizar un trabajo experimental donde se utilice un número relativamente pequeño de animales para seguir el comportamiento y la dinámica folicular, en diferentes momentos del diestro como el diestro temprano (DTem) y el diestro tardío (Dtar) ya que Ginther et al. (1989) caracterizaron la dinámica folicular del bovino denotando que puede haber respuestas diferentes a los protocolos según el día del ciclo estral en el que se encuentre el animal al iniciar el tratamiento, por consecuencia, pudiendo retrasar la presentación de la conducta estral (Bó et al., 2003).

Un estudio que pueda abarcar animales en dos etapas del diestro, el DTem (4 a 10 días del diestro) y el Dtar (10 al 16 del diestro), que permita discernir, si la disparidad en la respuesta es producto del día del ciclo estral en el que se inicia el protocolo de sincronización o es atribuible a otro factor. El promover el desfase en un programa de sincronización (Fetter et al., 2006), utilizando un tratamiento basado exclusivamente en el uso de un progestágeno con una inyección de prostaglandina, podría evidenciar si los animales que muestran conducta de celo, efectivamente es acompañada por crecimiento folicular y este es el propósito del presente estudio.

2. HIPÓTESIS

Las vacas sometidas a protocolos de sincronización escalonados en dos fases del ciclo estral muestran conducta sexual y ovulan sin importar el tamaño del grupo sexualmente activo.

3. OBJETIVO

Comprobar si la conducta sexual mostrada por vacas de tipo *Bos indicus* es un signo confiable de estro.

Evaluar si la conducta homosexual en ganado *Bos indicus* sincronizado en diestro temprano o tardío puede verse afectado por el tamaño del grupo sexualmente activo.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una Unidad de Producción Pecuaria, localizada en el municipio de Raudales Malpaso, Chiapas, México a 17°22'N y 93°55'O. El clima es cálido-húmedo con lluvias todo el año. La precipitación pluvial anual promedio es de 2500 mm y la temperatura promedio varía en un rango de 14 a 35°C (INEGI, 2019).

4.1 Animales

Se trabajó con un total de 30 hembras *Bos indicus* entre 3 y 7 años de edad, aparentemente sanos, en un sistema de pastoreo extensivo. Se seleccionaron vacas con más 45 días postparto, no gestantes y condición corporal de 3.0 a 3.5 de acuerdo con la escala propuesta por Edmonson et al. (1989).

4.2 Manejo reproductivo

Como se muestra en el cuadro 1 los animales fueron divididos en tres grupos, dos de 9 animales cada uno, los cuales fueron sincronizados con progestágeno y el otro solo fue tratado con prostaglandina F_{2α}.

Cuadro 1. Resumen de la distribución de los animales en los grupos y subgrupos experimentales

		Grupos		
		Diestro temprano (Grupo 1)	Diestro tardío (Grupo 2)	Bioestimulador (Grupo 3)
Subgrupos	A	3	3	3
	B	3	3	3
	C	3	3	3
	D			3
Total		9	9	12
Total de animales		30		

Para homogeneizar los 2 primeros grupos fueron tratados once días previo al período experimental, con un protocolo de sincronización conformado por la aplicación de un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (CIDR™, 1.9g de progesterona natural en silicona, Zoetis, México) el cual fue retirado en un lapso de 8 días posteriores a la aplicación (día -3). El día de retiro del tratamiento de P4 se aplicó una dosis de 25mg de prostaglandina F2 α (Dinoprost, Lutalyse®, Zoetis, México).

Fue considerado como día 0 del período experimental el día de presentación de celo (Figura 1.), el grupo 1 (considerado como el grupo del diestro temprano por comenzar el tratamiento de sincronización entre los días 5 y el 9 del experimento, DTem), este fue subdividido en 3 subgrupos de 3 animales cada uno. El Subgrupo

1A fue sometido al mismo protocolo de sincronización descrito anteriormente, a partir del día 5, el subgrupo 1B fue tratado el día 7, el Subgrupo 1C inicio el protocolo de sincronización, el día 9 del experimento. El grupo 2 (considerado como el grupo de diestro tardío por haber iniciado el programa de sincronización entre los días 13 y 17.), también se dividió en 3 subgrupos grupos, el grupo 2A fue tratado con el mismo protocolo a partir del día 13 del experimento, el grupo 2B el día 15, el grupo 2C al día 17 del experimento. El desfase en los días de inicio de los protocolos de sincronización fue diseñado de acuerdo con el protocolo propuesto por Medrano et al. (1996), con la finalidad de producir grupos sexualmente activos en diferentes días y corroborar si existe alguna influencia entre el día del ciclo estral en el que inicia el tratamiento de sincronización y la expresión de conducta sexual.

El último grupo (grupo 3) estuvo compuesto por 12 vacas las cuales fueron inducidas a celo de manera escalonada (Figura 1) únicamente con la aplicación dosis de 25mg de prostaglandina F₂ α (Dinoprost, Lutalyse®, Zoetis, México), cuya función fue la de generar un posible efecto bioestimulador en las hembras tratadas con el progestágeno. Para que el grupo sexualmente activo pudiera ser formado de animales de grupo 1, 2 y 3. Para lograr este fin, el grupo se subdividió en 4 subgrupos de 3 vacas cada uno; el primero (3A) el día 5 del experimento fue tratado con el tratamiento antes mencionado. El grupo 3B el día 7 del experimento, el siguiente grupo (3C) el día 9 del experimento y el último grupo (3D) el día 11 del experimento. La secuencia de eventos se encuentra resumida en la Figura 1.

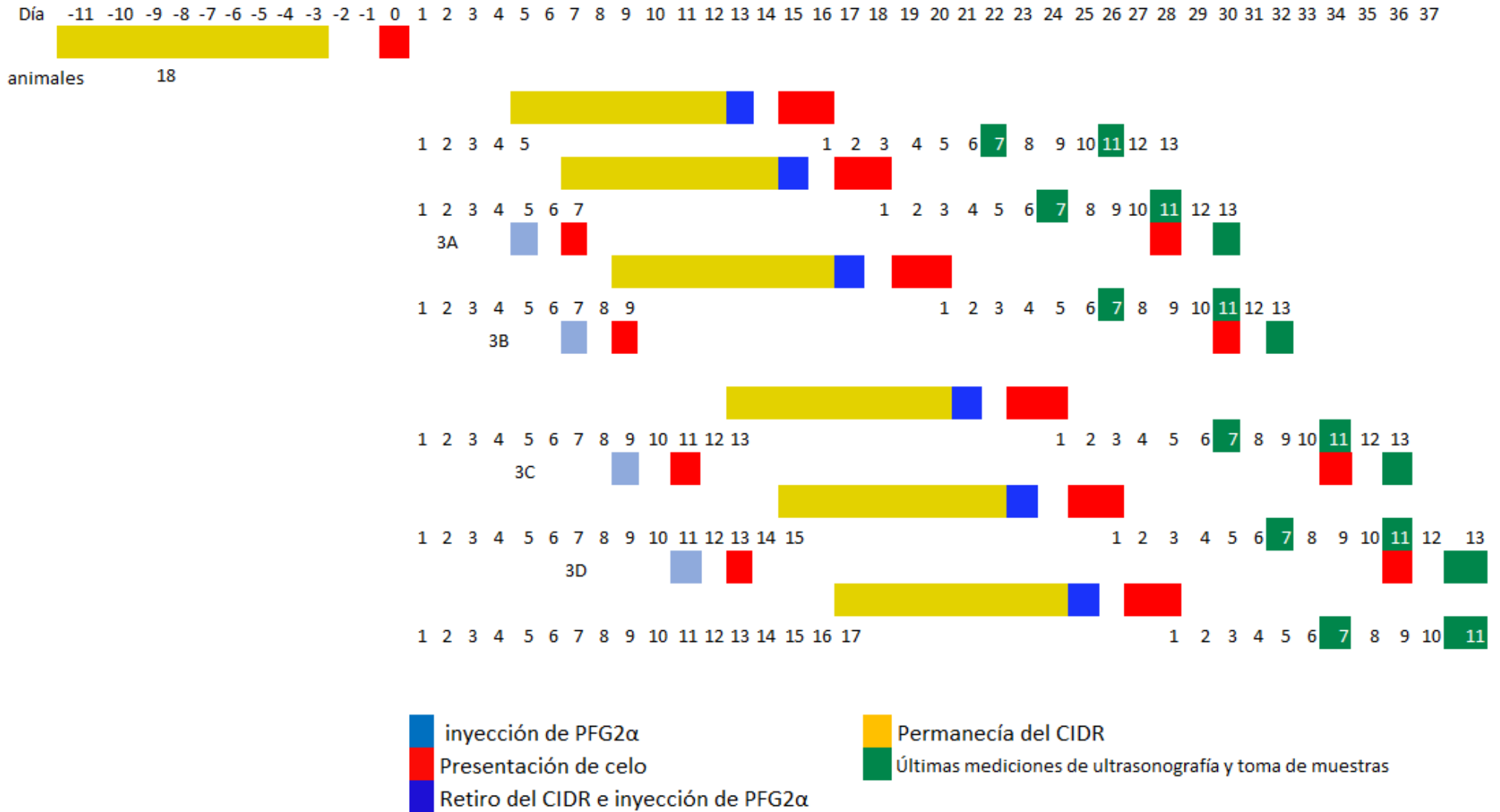


Figura 1. Descripción de los eventos realizados durante el experimento

4.3 Detección de estros

Al contar con potreros extensos y con geografía accidentada para realizar una detección de estros de manera directa se optó por recurrir al uso de parches detectores de estro parches (ESTROTECT™ Rockway, Inc.), tomando en cuenta el área de despigmentación del parche como signo del inicio del estro. Las mediciones de este indicador se hicieron todos los días que se manejaban los animales, es decir, el día 0 del calendario experimental (medición 1), el día que inician el protocolo de sincronización (medición 2), al momento de aplicar la inyección de prostaglandinas día 0, día dos, siete y once después de la aplicación de prostaglandinas, para el caso del grupo bioestimuladorio se realizaron mediciones el día 7, 9, 11 y 13 del experimento respectivamente con cada subgrupo. Subsecuentemente se le realizaron dos mediciones más a cada subgrupo 21 días después del celo inducido por el tratamiento y 48 días después de esta medición. Se registraron los cambios en el parche de acuerdo con la metodología propuesta por Talukder et al. (2014) y Holman et al. (2011). Los detectores fueron reemplazados después de la activación.

4.4 Dinámica folicular

Para el seguimiento de la ovulación se realizaron mediciones por ultrasonografía del diámetro folicular mediante un ultrasonido (Aloka SSD-500, Aloka, Tokio, Japón) equipado con un transductor lineal en tiempo real de 7.5 MHz con el que se evaluó la presencia de folículos o cuerpo lúteo, la medición se realizó mediante la introducción del transductor por vía rectal. Una vez que el ovario fue localizado, se

tomó una captura de pantalla para poder efectuar la identificación y medición utilizando el sistema que tiene el equipo de ultrasonido para tal efecto. Estas mediciones se realizaron en los días anteriormente descritos en la figura 1.

Se consideró a los animales que presentaban un cuerpo lúteo evaluado por ultrasonografía y fueron divididos en diestro temprano y tardío de acuerdo con el día 0 del experimento. Para determinar si el animal presentó conducta sexual verdadera se utilizó como criterio la presencia de por lo menos un folículo $\geq 10\text{mm}$ y este fue considerado como un posible folículo preovulatorio.

4.5 Análisis estadístico

Se evaluó el efecto de los días mediante un modelo EEG (Estimación del modelo de Ecuaciones Generalizadas; por sus siglas en inglés (Generalized Estimating Equations model, GEE model). Los estimadores de los efectos del modelo corresponden a una supuesta estructura de independencia de los errores (30, 35). Posteriormente se compararon las medias de la conducta con el día de inicio del tratamiento de sincronización.

Se realizó una prueba de Ji cuadrada de Pearson con el objeto de determinar la relación entre el día de inicio del tratamiento de sincronización y la conducta presentada (Van Belle *et al*, 2004).

Para el procesamiento de la información se elaboró una base de datos en Excel de Microsoft, y el análisis estadístico se realizó con el paquete computacional Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 22.

5. RESULTADOS

Del total de vacas seleccionadas para el estudio ($n= 17$) (un animal fue desechado por problemas de salud) se distribuyeron en 9 en el grupo 1 (DTem) y 8 en el grupo 2 (Dt). En la primera medición, día esperado de la pre-sincronización considerado como día cero del experimento, se obtuvo que 78% y 63% (grupo 1 y 2 respectivamente) de los individuos mostró conducta sexual en cualquiera de los dos grupos tal como lo contempla el tratamiento preexperimental. Sin embargo, en el primer grupo 33% de vacas mostraron conducta sexual falsa (CF), es decir, fisiológicamente no se encontraban en proestro o en estro (figura 2). En la segunda medición, se encontró que 33% y 50% del primer y segundo grupo respectivamente permitieron que otras hembras las montaran. Estos porcentajes de vacas fisiológicamente no estaban en proestro o estro ya que no se encontraron por ultrasonografía, estructuras que así lo indicarán. En la medición número 3 no se encontró evidencia de conducta sexual en el primer grupo en contraste con el segundo grupo, esto es, el 25% de los animales mostraron conducta sexual falsa.

Como se indica en la Figura 1 en la 4ta medición, se esperaba encontrar animales en estro. En el grupo 1, 8 vacas presentaron conducta sexual, es decir 78% mostraron signos de celo confiables en el tiempo esperado según el protocolo de sincronización. En el caso del segundo grupo se observa una distribución similar, 88% (7/8) de los animales tuvieron dicha conducta en el momento esperado. Algo notable es que 22% y 12% de los animales del grupo 1 y 2 respectivamente, no mostraron conducta sexual aun cuando la ultrasonografía indicaba que estaba en

proestro o en estro, es decir, tenían un folículo $\geq 10\text{mm}$ o no tenían folículos $\geq 10\text{mm}$ y tampoco presentaban cuerpo lúteo (Figura 2).

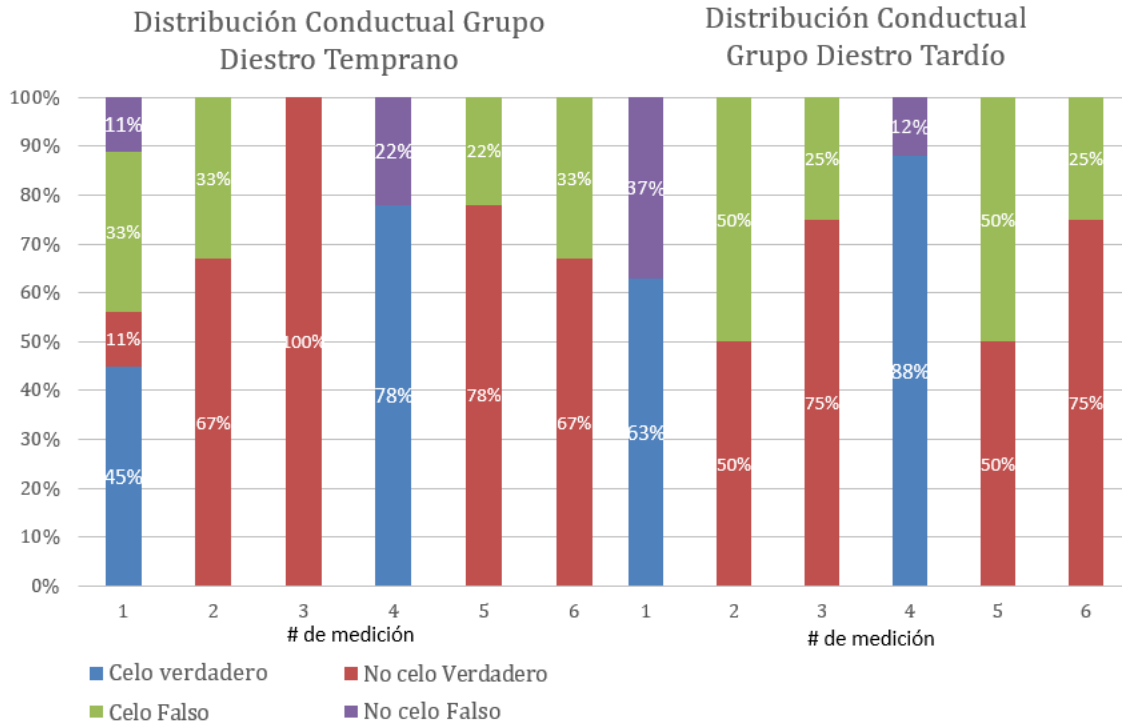


Figura 2. Distribución conductual.

Cuando se realizó la 5ta medición 22% y 50% de los animales presentó CF, contra el 78% y 50% de animales que no presentaron celo como era de esperarse. Algo similar ocurrió en la última medición donde el porcentaje de vacas con evidencia de haber sido montada (CF) fueron de 33% y 25% para el grupo 1 y 2 respectivamente, en contraste con el 67% (Grupo 1) y 75% (Grupo 2) de animales que no presentaron conducta sexual.

En la Figura 3 se puede apreciar la formación de grupos sexualmente activos (GSA). Con el grupo de Diestro Temprano (grupo 1), en el día 7 del experimento se observa un grupo sexualmente activo con las vacas A y C del grupo 3, lo notorio es que 2

animales mostraron una conducta sexual falsa (CF en recuadro verde y margen azul). Continuando con la línea del tiempo, de la misma figura, se encuentra que el día 9 y 11 del experimento, el GSA estuvo conformado por las vacas D, E, G, H e I que mostraron un celo verdadero (CV) y por la vaca 3 del grupo 1 que mostró una conducta sexual incongruente (CF). En los días 13 y 15 hubo 5 animales con CV, 2 del primer grupo y 3 del tercero; dentro de este GSA hubo un animal que a pesar de haber encontrado evidencia ultrasonográfica de estar en proestro (marcado en la figura 3 con color rojo y nombrado NCF) no presentó señas de haber sido montada. Asimismo, 1 animal del primer grupo y 3 del segundo mostraron CF.

En el día 17, 3 animales presentaron evidencia de conducta sexual, congruente con la información obtenida por ultrasonografía y 2 mostraron CF. El día 19, se encontraron 3 animales con evidencia de conducta sexual verdadera. El siguiente grupo sexualmente activo puede ser considerado a partir del día 21 al día 23, en esta ocasión se encontró evidencia de conducta sexual en 6 animales, 3 de los cuales fueron CV (vacas: 8, 11 y 18) y 3 CF (6, 11 y 5), además se encontró que 2 animales (20 y 10) no mostraron conducta sexual (NCF).

En el cuadro 2 se encuentran las frecuencias acumuladas de conducta sexual recabadas durante el experimento, se hace evidente que al menos el 16%, el 25% y 17% de cada grupo respectivamente, los eventos recabados durante el experimento corresponden a la presentación de un celo falso. Por otro lado, el celo silencioso fue evidente en un porcentaje menor (5%, 10% y 0% respectivamente).

Cuadro 2. Número de vacas (% de las mediciones) que muestran signos de estro y ovulan durante el desarrollo del experimento, dividido en los 3 grupos experimentales

Porcentaje	Diestro temprano		Diestro tardío		Bioestimulador	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Celo verdadero	10	18.87	11	22.92	21	60.00
Celo falso	9	16.98	12	25.00	6	17.14
Total celo	19	35.85	23	47.92	27	77.14
No celo Verdadero	31	58.49	20	41.67	8	22.86
No celo Falso	3	5.66	5	10.42	0	0.00
Total no celo	34	64.15	25	52.08	8	22.86
Total	53	100.00	48	100.00	35	100.00

En el día 17, 3 animales presentaron evidencia de conducta sexual, congruente con la información obtenida por ultrasonografía. El día 19, se encontraron 2 animales con evidencia de conducta sexual, 1 con CV y otra con CF. En ese mismo día, 1 animal mostró conducta sexual incongruente con la evidencia ultrasonográfica (NCF). El siguiente grupo sexualmente activo (del día 21 al día 23), en esta ocasión se encontró evidencia de conducta sexual en 8 animales, 4 fueron CV (vacas: 11, 18, 5, 7) y 4 CF (4, 5, 6 y 12), además se encontró que 2 animales (10 y 16) no mostraron conducta sexual (NCF).

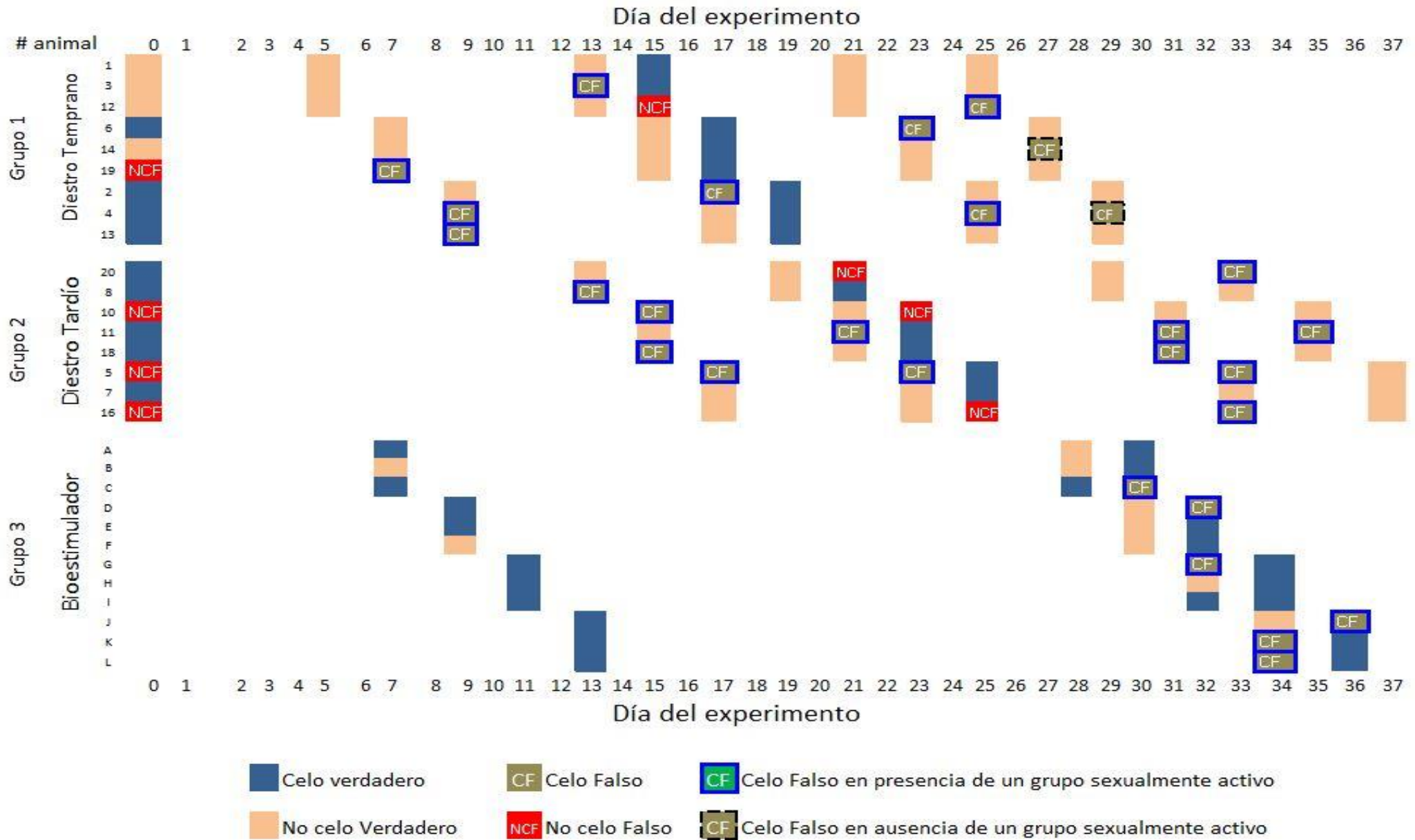


Figura 3. Distribución de la conducta reproductiva a través del experimento. En el eje de las ordenadas (Y) se encuentra el número de individuo, según el grupo al que pertenecía, ya sea Diestro temprano, Diestro tardío o Bioestimulador. En el eje de las abscisas (X) se encuentran los días del experimento. Cada celda de color indica el resultado de la conducta obtenido en los diferentes días de medición.

Del día 25 al 27 del experimento, hubo un grupo sexualmente activo conformado por la vaca 4 y 14 que mostraron CF. En el día 29, hay otro grupo esta ocasión 2 animales los que expresaron conducta sexual falsa (CF). Del día 30 al 33, 12 animales formaron otro grupo sexualmente activo, de los cuales 5 presentaron CV y 8 mostraron CF. Por último, del día 34 al 36 se encontró evidencia de que 8 animales tuvieron conducta sexual, 3 con CF y 5 con CV.

6. DISCUSIÓN

En la primera medición se obtuvo un porcentaje de 78% y 63% de conducta de estro, para el grupo 1 y 2 respectivamente. Estudios anteriores en el trópico mexicano (Solano et al., 2005 y Galina y Orihuela, 2007) obtuvieron porcentajes inferiores a 70% de celos detectados posterior al tratamiento de un protocolo de sincronización de estros escalonados. Sin embargo, Bó et al. (2006) reportaron porcentajes de hasta 60% de estros con protocolos de sincronización similares al presente estudio. Este porcentaje puede ser afectado por otros elementos como la condición corporal, periodo posparto, época del año, entre otros (Bó et al., 2006).

Dentro del grupo de diestro temprano, sólo el 45% de los animales mostraron conducta sexual verdadera, es decir que en la evaluación por ultrasonografía se encontraron evidencias anatómicas de ser un celo fisiológico (Gutiérrez et al., 1996), en contraste con el 33% de animales que mostró conducta sexual falsa (CF), es decir, sin evidencia ultrasonográfica de folículos preovulatorios o células lúteas (Máquivar et al., 2002). Solo 11% de los animales presentó un celo silencioso, lo cual concuerda con estudios anteriores (Dawuda et al., 1989 y Verduzco et al.,

2006). Al contrastar el grupo de diestro tardío, se encontró 37% de celos silenciosos, siendo congruente con diversos autores como Gil et al. (1997), Brehme et al. (2008) y Cutullic et al. (2009). Cuando se analiza esta primera medición en cada grupo resulta evidente la diferencia, sin embargo, cuando se considera que en el diseño experimental ambos grupos fueron tratados, con un protocolo de sincronización 11 días antes del período experimental, se obtuvo un porcentaje de celos silenciosos muy similar a los reportado por otros autores (Diaz et al., 2012). A pesar de que el 24% de los animales no presentó signos evidentes de celo, al realizar el examen ultrasonográfico al introducir la sonda, el 65% de los animales presentaron el moco cervical cristalino característico del periodo de estro, la presencia de estos animales con dicha conducta puede ser atribuida a diversos factores tal como la jerarquía dentro del hato experimental (Orihuela, A., 2000). Asimismo, la etapa en la dinámica folicular en la que se encontraban al momento de recibir el protocolo preexperimental pudo haber influenciado la falta de signos de celo.

En la segunda medición el primer grupo mostró un 67% de los animales que no presentaron conducta sexual (tal como era lo esperado). Sin embargo, 33% restante mostró CF. Para el caso del segundo grupo el porcentaje que no mostro conducta sexual fue de 50% de las vacas y el resto mostró CF, esto coincide con lo reportado por Fetter et al. (2006), quienes encontraron que 52% de las vacas tratadas con un protocolo hormonal libre de estrógenos no muestran conducta sexual. Esto puede ser explicado contrastando los porcentajes con la figura 3 ya que durante el periodo en el que se realizaron las mediciones de este grupo coincide con la primera presentación del celo de los animales del grupo 3, a la par de la tercera medición

del primer grupo donde también hubo conductas de celo falso aun cuando no eran esperadas según el protocolo utilizado durante el experimento. Cuando se comparan los resultados de CF de ambos grupos se encuentran dentro del rango que ha sido publicado, así, por ejemplo, Máquivar et al. (2002) reportó un 60% y Verduzco et al. (2006) donde el 40% de animales presentaron conducta sexual desfasada o incluso aun cuando el animal tiene un dispositivo liberador de progesterona.

Estos grupos sexuales fueron formándose según continuaba con la sincronización escalonada, de tal forma que las mediciones 4 y 3 del primer y segundo grupo respectivamente se pudieron observar 78% de animales del primero con un estro verdadero formando un grupo sexualmente activo (GSA) con 25% de las vacas del segundo. Cuando se hizo la 4 medición del segundo grupo (88% de los animales) comparada con la 5 y 6 medición del primero (22% y 33%) formaron otro GSA. El último GSA fue compuesto por las mediciones 5 (50%) y 6 (25%) del segundo grupo y las vacas del grupo bioestimulador. Lo anterior puede ser explicado por lo encontrado en trabajos previos como el de Lamothe et al. (1995), donde se observó que la conducta sexual de un hato que de manera natural las vacas buscan agrupar los periodos de estro presentando una sincronización espontánea. Así, Medrano et al., (1996) los animales fueron tratados con un progestágeno, formándose grupos sexualmente activos mostrando que la longitud del celo puede variar a favor de la formación de dichos GSA. En el estudio de Baca et al. (1998), se confirma el fenómeno de variabilidad de la duración de las diferentes etapas del ciclo estral tanto a celo natural como a celo inducido.

El presente estudio guarda relación con el encontrado en diferentes estudios (Díaz et al., 2002; Máquivar et al., 2002 y Fetter et al., 2006) con el comportamiento de agrupación de la conducta sexual en el ganado. Aunado a que la metodología de la detección de estros fue lo más parecida a las condiciones de campo que generalmente son utilizadas nos lleva a pensar en la complicación que representa la implementación de protocolos de sincronización de estros similares o iguales a los manejados en el presente trabajo.

Cuando los animales se sincronizan alternativamente, se hace evidente que algunos de los participantes en el GSA están estimulados para mostrar un comportamiento estral (Orihuela, A., 2000 y Galina y Orihuela, 2007). El presente informe apoya dos observaciones anteriores. La primera es que las vacas pueden retrasar o adelantar los signos estrales y formar grupos sexualmente activos atípicos con tiempos de respuesta bien establecidos (48 horas a 72 horas) después de la retirada de progesterona (Horn et al., 2001 y Bo et al., 2003). La segunda es que parece razonable asumir un proceso que aumenta el comportamiento de imitación a medida que avanza el experimento. Medrano et al. (1996), Cortés et al. (1999) y Fetter et al. (2006) encontraron una tendencia similar al sincronizar animales de forma secuencial. Sin embargo, cuando los animales se sincronizan simultáneamente la respuesta se compacta como fue evidenciado en la primera medición, confirmando observaciones previas (Cavalieri et al., 1995; Fike et al., 1997). No obstante, cuando se sincronizan alternativamente, resulta evidente la consideración de estros inesperados (Medrano et al., 1996), incluso con variaciones en el número de participantes (Mylrea y Beilharz, 1964), ya que este

comportamiento imprevisto es aún más prominente con un número creciente de animales sincronizados en un momento dado, inclusive los hatos en condiciones naturales tienden a formar cadenas de GSA (Lamothe et al., 1995).

No obstante, es bien sabido que la progesterona circulante aumenta la frecuencia de los pulsos de LH, prolongando el crecimiento del folículo dominante, aumentando así el estradiol periférico y favoreciendo la fertilidad (Rhodes et al., 2003). Tomando la premisa anterior se puede sustentar que este fenómeno puede ser un facilitador de la conducta sexual y social en el ganado formando los SAG retrasando o acelerando el momento de la ovulación.

McGuire et al. (1990) y Lyimo et al. (2000) postularon que los estrógenos son responsables del comportamiento del estro incluso en vacas ovariectomizadas y sugirieron la sensibilización del animal a las fuentes exógenas. Sin embargo, Solano et al. (2000), Diaz et al. (2002) y Fetter et al. (2006) no observaron signos adecuados de estro en vacas no inyectadas con estrógenos después del tratamiento con el implante de un progestágeno. La inyección de estrógenos 24 horas después de la extracción del implante facilitó la expresión del estro, pero no necesariamente la ovulación. La implicación práctica de este hallazgo es que, sin una inyección de estrógeno exógeno al retirar el dispositivo intravaginal, como es el caso del presente estudio, los signos estrales serán débiles y se pueden esperar ovulaciones silenciosas (Velázquez, J. H., 2004 y Diaz et al. 2012).

La ausencia de la complementación mineral en las vacas experimentales, que es bastante representativa de los rebaños en los trópicos, podría ser responsable de

los cortos ciclos lúteos y estral observados en algunos animales (Rabiee et al., 2010 y Stanton et al., 2016). Sin embargo, los que repiten el comportamiento del estro después de intervalos más cortos que una semana no concuerdan con los informes en la literatura de una duración promedio del ciclo de 14 días a 28 días para el ganado Cebú (Pleasse et al., 1970 y Lamothe et al., 1995). Este fenómeno, junto con el hallazgo de que todos los periodos de estro se agruparon alrededor de 6 o 7 fechas diferentes, coincidentes con el estro esperado de las vacas tratadas, sugiere que al menos en las vacas con mayor sensibilidad a la deficiencia mineral, pueden mostrar periodos de estro como consecuencia de las interacciones sexuales de la manada. Se concluyó que el ganado bovino sincronizado alternativamente es capaz de mostrar una conducta estral, pero alrededor de 35% de las vacas no ovulan después de este evento, al menos no en el periodo esperado (Diaz et al., 2000 y Verduzco et al., 2006).

De acuerdo con los datos obtenidos en el presente estudio se puede concluir que no hay ninguna diferencia en la presentación de la conducta sexual y la ovulación de las vacas sincronizadas en el diestro temprano y diestro tardío. Es razonable suponer que cuando un gran número de vacas se sincronizan para el estro, varias de ellas mostrarán un comportamiento estral, pero que este evento no necesariamente conducirá a la ovulación que coincide con el momento de la inseminación artificial. Se requiere más trabajo científico para determinar el régimen de sincronización estral libre de estrógenos más adecuado para facilitar la implementación de la inseminación artificial en el ganado criado en condiciones tropicales y aún más investigación para determinar si hay alguna diferencia

estadística entre la respuesta obtenida al sincronizar el ganado en diestro temprano o tardío dado que el presente pudo haber sido limitado por el tamaño de la muestra.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz, G. S., Galina, C. S., Basurto, C. H., & Ochoa, G. P. (2002). Efecto de la progesterona natural con o sin la adición de benzoato de estradiol sobre la presentación de celo, ovulación y gestación en animales tipo *Bos indicus* en el trópico mexicano. *Archivos de medicina veterinaria*, 34(2), 283-286.
2. Anta E, Rivera J A, Galina C, Porras A, Zarco L. (1989) Análisis de la información publicada en México sobre la eficiencia reproductiva de los bovinos. II Parámetros reproductivos. *Vet. Méx.* 20: 11-18.
3. Urdaneta de Galué, F., Elena Peña, M., Rincón, R., Romero, J., & Rendón-Ortín, M. (2008). Gestión y tecnología en sistemas ganaderos de doble propósito (taurus-indicus). *Revista Científica*, 18(6), 715-724
4. Orantes-Zebadúa, M. Á., Platas-Rosado, D., Córdova-Avalos, V., los Santos-Lara, D., del Carmen, M., & Córdova-Avalos, A. (2014). Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(1), 49-58.
5. Roman, P. H. (1981). "Potencial de Producción de los bovinos en el trópico de México". *Ciencia Veterinaria*, 3, 393-431.
6. Giraldo, J. (2007). Una Mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos. *Revista Legalist de investigación*, 4(1), 51-57.
7. Quintos, J. R., García, J. A. E., de Pablos Heredero, C., Rivas, J., Perea, J., Angón, E., & Martínez, A. R. G. (2017). Is the increase of scale in the tropics a pathway to smallholders? Dimension and ecological zone effect on the mixed crop-livestock farms. *Spanish journal of agricultural research*, 15(2), 1.

8. Beorlegui, B. (1983). Producción extensiva de vacuno. Madrid, España: Mundi-Prensa. 183-187.
9. Galina, C., & Valencia, J. (2008). Reproducción de los animales domésticos. 3a. Editorial Limusa. México. Pag, 372-386.
10. Baruselli, P. S., Sales, J. N. S., Sala, R. V., Vieira, L. M., & Sá Filho, M. F. (2012). History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. *Animal Reproduction*, 9(3), 139-152.
11. Nebel, R. L., Dransfield, M. G., Jobst, S. M., & Bame, J. H. (2000). Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Animal Reproduction Science*, 60, 713-723.
12. Alarcón, M. A., Galina, C. S., Corro, M. D., & Asprón, M. A. (2010). Embryo transfer, a useful technique to be applied in small community farms? *Tropical animal health and production*, 42(6), 1135-1141.
13. Bó, G. A., Baruselli, P. S., & Martínez, M. F. (2003). Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal reproduction science*, 78(3-4), 307-326.
14. Bó, G. A., Cutaia, L. E., Souza, A. H., & Baruselli, P. S. (2008). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. In *Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied*. Londrina, Brazil (pp. 95-110).
15. Sartori, R., Bastos, M. R., Baruselli, P. S., Gimenes, L. U., Ereno, R. L., & Barros, C. M. (2010). Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. *Reproduction in Domestic Ruminants*. 7, pp. 357-375.

16. Solano, J., Orihuela, A., Galina, C. S., & Montiel, F. (2000). Sexual behavior of Zebu cattle (*Bos indicus*) following estrous induction by Syncro-Mate B, with or without estrogen injection. *Physiology & behavior*, 71(5), 503-508.
17. Máquivar, M., Galina, C. S., & Orihuela, A. (2002). Cows treated with Synchronate B may cluster their sexual behaviour independent of follicular growth at the time of oestrus. *Physiology & behavior*, 76(2), 199-203.
18. Verduzco, A., Rubio, I., Galina, C. S., & Máquivar, M. (2006). Average response to estrus and timing of ovulation in *Bos indicus* cattle synchronized alternatively with a synthetic progestagen. *Journal of Animal and Veterinary Advances*.
19. Solano, J., Orihuela, A., Galina, C. S., Montiel, F., & Galindo, F. (2005). Relationships between social behaviour and mounting activity of Zebu cattle (*Bos indicus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 94(3-4), 197-203.
20. Orihuela, A., Galina, C., Escobar, J., & Riquelme, E. (1983). Estrous behavior following prostaglandin F_{2α} injection in Zebu cattle under continuous observation. *Theriogenology*, 19(6), 795-809.
21. Orihuela, A. (2000). Some factors affecting the behavioural manifestation of oestrus in cattle: a review. *Applied Animal Behaviour Science*, 70(1), 1-16.
22. Pinheiro, O. L., Barros, C. M., Figueiredo, R. A., Do Valle, E. R., Encarnação, R. O., & Padovani, C. R. (1998). Estrous behavior and the estrus-to-ovulation interval in nelore cattle (*Bos indicus* with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F_{2α} or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*, 49(3), 667-681.

23. Orihuela, A., Galina, C. S., & Duchateau, A. (1989). The efficacy of estrus detection and fertility following synchronization with PGF_{2a} or synchro-mate-B in Zebu cattle. *Theriogenology*, 32(5), 745-753.
24. Catalano, R., Callejas, S. (2001). Detección de celos en bovinos. Factores que la afectan y métodos de ayuda. *REVISTA DE MEDICINA VETERINARIA-BUENOS AIRES-*, 82(1), 17–22.
25. Becker, N. G. S., & Serrano, E. R. (2002). Evaluación de la detección de celo en explotaciones lecheras. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 12(3), 169-175.
26. Sepúlveda, N., & Rodero, E. (2003). Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia*, 28(9), 500-503.
27. Cavestany, D., & Galina, C. S. (2001). Evaluation of an artificial insemination programme in a seasonal breeding dairy system through milk progesterone. *Reproduction in Domestic Animals*, 36(2), 79–84.
28. Montiel, F., Galina, C., Lamothe, C., & Castañeda, O. (2006). Follicular dynamics, ovulation time and pregnancy rate in *Bos taurus/Bos indicus* cows induced to cyclicity with norgestomet in the Mexican humid tropic. *Journal of Applied Animal Research*, 29(2), 125-128.
29. Lamothe, C., Montiel, F., Fredriksson, G., & Galina, C. S. (1995). Reproductive performance of Zebu cattle in Mexico: influence of season and social interaction on the timing of expressed oestrus. *Tropical Agriculture*, 72(4), 319–323.
30. Medrano, E. A., Hernández, O., Lamothe, C., & Galina, C. S. (1996). Evidence of asynchrony in the onset of signs of oestrus in zebu cattle treated

- with a progestogen ear implant. *Research in Veterinary Science*, 60(1), 51–54.
31. Isidro, R., Orihuela, A., Galina, C. S., Martínez, L., Máquivar, M., & Solano, J. (2005). Zebu cows in oestrus may hasten sexual behaviour and ovulation in herd mates. *Journal of Applied Animal Research*, 28(2), 117–120.
32. Bolaños-Moya, J. M., Galina-Hidalgo, C. S., Estrada-Konig, S., & Forsberg, M. (1997). Resumption of post-partum ovarian activity monitored by plasma progesterone in anoestrous zebu (*Bos indicus*) cattle following temporary weaning and progestogen treatment. *Reproduction in Domestic Animals*, 32(5), 267-271.
33. Diaz, D., Galina, C. S., Fiordelisio, T., Rubio, I., Alarcon, M. A., Rodríguez, A. D., & Orihuela, A. (2012). Relationship between growth of the preovulatory follicle and its steroidogenic activity on the onset and expression of estrus behavior in CIDR-treated *Bos indicus* cows: An observational study. *Physiology & behavior*, 107(2), 262-270.
34. Ducrot, C., Gröhn, Y. T., Bugnard, F., Senlis, Y., Sulpice, P., & Gilbert, R. O. (1999). A field study on estrus detection in lactating beef cattle. *Veterinary research*, 30(1), 87-98.
35. Máquivar, M., Verduzco, A., Galina, C. S., Pulido, A., Rojas, S., Forster, K., ... Arnoni, R. (2007). Relationship among follicular growth, oestrus, time of ovulation, endogenous estradiol 17 β and luteinizing hormone in *Bos indicus* cows after a synchronization program. *Reproduction in Domestic Animals*, 42(6), 571–576.

36. Pursley, J. R., Mee, M. O., & Wiltbank, M. C. (1995). Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF₂ α and GnRH. *Theriogenology*, 44(7), 915-923.
37. Vasconcelos, J. L. M., Silcox, R. W., Rosa, G. J. M., Pursley, J. R., & Wiltbank, M. C. (1999). Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 52(6), 1067-1078.
38. Ginther, O. J., Kastelic, J. P., & Knopf, L. (1989). Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Animal Reproduction Science*, 20(3), 187–200.
39. Fetter, P. H., Galina, C. S., Pulido, A. R., Orihuela, A., & Máquivar, M. (2006). A Note on Estrous Response in Cows Induced With or Without the Application of Estrogens, and Their Effect in Nontreated Herdmates. *Journal of Veterinary Behavior*, 1(2), 75-79.
40. Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of dairy science*, 72(1), 68-78.
41. Talukder, S., Kerrisk, K. L., Ingenhoff, L., Thomson, P. C., Garcia, S. C., & Celi, P. (2014). Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology*, 81(7), 925–935.

42. Holman, A., Thompson, J., Routly, J. E., Cameron, J., Jones, D. N., Grove-White, D., ... & Dobson, H. (2011). Comparison of oestrus detection methods in dairy cattle. *Veterinary Record*, *vetrecd2344*.
43. Van Belle G, Fisher DL, Heagerty JP, Lumley T. *Biostatistics: A Methodology for the Health Sciences*. New York. Willey-Interscience. 2004.
44. Galina, C. S., & Orihuela, A. (2007). The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Hormones and Behavior*, *52(1)*, 32–38.
45. Bó, G. A., Cutaia, L. E., Souza, A. H., & Baruselli, P. S. (2008). Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche. In *Proceedings of the 3th International Symposium on Animal Reproduction Applied*. Londrina, Brazil (pp. 95-110).
46. Gutiérrez, A. C., Zarco, L., Galina, C. S., Rubio, I., & Basurto, H. (1996). Predictive value of palpation per rectum for detection of the CL in Zebu cattle as evaluated by progesterone concentrations and ultrasonography. *Theriogenology*, *46(3)*, 471-479.
47. Dawuda, P. M., Eduvie, L. O., Esievo, K. A. N., & Molokwu, E. C. I. (1989). Silent oestrus manifestation in Nigerian Bunaji Zebu cows. *Animal Reproduction Science*, *21(2)*, 79–85.
48. Gil, Z., Szarek, J., & Kural, J. (1997). Detection of silent oestrus in dairy cows by milk temperature measurement. *Animal Science*, *65(1)*, 25–29.
49. Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R., & Schleusener, T. (2008). ALT pedometer—New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and electronics in agriculture*, *62(1)*, 73-80.

50. Cutullic, E., Delaby, L., Causeur, D., Michel, G., & Disenhaus, C. (2009). Hierarchy of factors affecting behavioural signs used for oestrus detection of Holstein and Normande dairy cows in a seasonal calving system. *Animal Reproduction Science*, 113(1-4), 22-37.
51. Baca, J. R., Gutiérrez, E. P., & Galina, C. S. (1998). Comportamiento reproductivo de novillas *Bos taurus* x *Bos indicus* inseminadas artificialmente a estro natural en el trópico seco de Costa Rica. *Vet. México*, 29, 57–66.
52. Galina, C. S., & Orihuela, A. (2007). The detection of estrus in cattle raised under tropical conditions: What we know and what we need to know. *Hormones and Behavior*, 52(1), 32–38.
53. Horn, M. M., Galina, C. S., & Moraes, J. C. F. (2001). Methods of estrus identification and distribution patterns in beef cows submitted to synchronization of estrus with progestagen/prostaglandin treatment and natural mating. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinarias*, 145-148.
54. Cortés, R., Orihuela, J. A., & Galina, C. S. (1999). Effect of sexual partners on the oestrous behaviour response in Zebu cattle (*Bos indicus*) following synchronization with a progestagen (Synchro-mate B). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(4), 515-519.
55. Cavalieri, J., Rubio, I., Kinder, J. E., Entwistle, K. W., & Fitzpatrick, L. A. (1997). Synchronization of estrus, ovulation, and associated endocrine changes in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 47(4), 801-814.
56. Fike, K. E., Bergfeld, E. G., Cupp, A. S., Kojima, F. N., Mariscal, V., Sanchez, T., ... & Kinder, J. E. (1997). Gonadotropin secretion and development of ovarian follicles during oestrous cycles in heifers treated with luteinizing

- hormone releasing hormone antagonist. *Animal reproduction science*, 49(2-3), 83-100.
57. Mylrea, P. J., & Beilharz, R. G. (1964). The manifestation and detection of oestrous in heifers. *Animal Behaviour*, 12(1), 25–30.
58. Rhodes, F. M., McDougall, S., Burke, C. R., Verkerk, G. A., & Macmillan, K. L. (2003). Invited review: Treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *Journal of dairy science*, 86(6), 1876-1894.
59. McGuire, W. J., Larson, R. L., & Kiracofe, G. H. (1990). Syncro-Mate B® induces estrus in ovariectomized cows and heifers. *Theriogenology*, 34(1), 33-37.
60. Lyimo, Z. C., Nielen, M., Ouweltjes, W., Kruij, T. A., & Van Eerdenburg, F. J. C. M. (2000). Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle. *Theriogenology*, 53(9), 1783-1795.
61. Velázquez, J. H. (2004). Desarrollo de un programa de inducción de la ovulación en vacas anéstricas doble propósito en fincas de pequeños productores del trópico veracruzano mediante progestágenos y estrógenos MSc thesis Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 5.
62. Stanton, T. L., Whittier, J. C., Geary, T. W., Kimberling, C. V., & Johnson, A. B. (2016). Effects of Trace Mineral Supplementation on Cow-Calf Performance, Reproduction, and Immune Function. *The Professional Animal Scientist*, 16(2), 121–127.
63. Rabiee, A. R., Lean, I. J., Stevenson, M. A., & Socha, M. T. (2010). Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive

performance in lactating dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4239–4251.

64. Plasse, D., Warnick, A. C., & Koger, M. (1970). Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of estrous cycle, duration of estrus, time of ovulation, fertilization and embryo survival in grade Brahman heifers. *Journal of Animal Science*, 30(1), 63-72.

65. INEGI. (2019). No Title. Retrieved from <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/> Consultado: 30 de marzo de 2019