



**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ALTAMIRA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE PROTOCOLOS DE  
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO AL  
APLICAR SUPLEMENTO METABÓLICO”**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL**

**PRESENTA:**

**WENDY ESMERALDA BARRIOS MORENO**



**ALTAMIRA, TAM. MÉXICO**

**DICIEMBRE 2022**



# EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Altamira  
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Altamira, Tam., 18/NOVIEMBRE/2022

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

COMITÉ DE TESIS

Los abajo firmantes, miembros del comité de tesis del C. WENDY ESMERALDA BARRIOS MORENO, estudiante de la Maestría en Producción Pecuaria Tropical, manifiestan que después de haber revisado su tesis: "Evaluación de la utilización de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo al aplicar suplemento metabólico" desarrollada bajo la dirección del C. MPA. Carlos Eduardo Wild Santamaría, el trabajo se autoriza para proceder a su impresión.

ATENTAMENTE

COMITÉ DE TESIS

MPA Carlos Eduardo Wild Santamaría  
DIRECTOR

Cédula Profesional: 1484167

DR. Ricardo Velasco Carrillo  
CO-DIRECTOR

Cédula Profesional: 7074281

M.C.P.A.T. José Luis Horak Loya.  
ASESOR

Cédula Profesional: 7074253

MIA. Alfredo Enrique Vite Ramírez  
ASESOR

Cédula Profesional: 4816499

Cp. Archivo.



Carretera Tampico - Mante, km 24.5, C.P. 89600, Altamira, Tam tels. (833) 2-64-05-45,  
2-64-12-94 email: dir\_altamira@tecnm.mx, contacto.italtamira@gmail.com  
www.italtamira.edu.mx



Ricardo  
2022 Flores  
Magón  
Año de  
Magón  
FELICIDAD DE LA REVOLUCIÓN Pecuaria

Altamira, Tamaulipas; Diciembre 2022

La presente Tesis titulada **“Evaluación de la utilización de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo al aplicar suplemento metabólico”** Fue realizada por **C. Ing. Wendy Esmeralda Barrios Moreno** bajo la dirección del comité de Tesis indicado y ha sido aprobada y aceptada por el mismo, como requisito parcial para que el sustentante obtenga el grado de:

## MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL

### COMITÉ DE TESIS

---

MPA Carlos Eduardo Wild Santamaría  
Director de Tesis

---

DR. Ricardo Velasco Carrillo  
Co – Director de Tesis

---

M.C.P<sup>o</sup>.A.T. José Luis Horak Loya  
Asesor

---

MIA.Alfredo Enrique Vite Ramírez  
Asesor

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo de investigación es dedicado a estudiantes, investigadores, profesionistas a fin que se encuentren interesados en temas a fines de reproducción, esperando que la información y conclusiones en esta investigación les sea de apoyo en futuros trabajos.

## GRADECIMIENTOS

A mis padres, Norma Alicia Moreno Salinas y Carlos Jesús Barrios Garza, por darme la vida.

A mi hermana Irma Amairani, quien es un ejemplo a seguir para mí y a mi hermano, quien nos ha dado la atención, consejos y a vivido frustraciones de todo tipo a nuestro lado por más complicado que lleguemos a ser.

A mi hermano Carlos David, quien ha sido mi compañero de vida, su presencia en mi vida me da seguridad.

A mis profesores Carlos Wild Santamaría, Ricardo Velasco Carrillo, mi compañero Hiram García García quienes me presionaron y apoyaron en conocimiento y emocionalmente cuando lo necesite.

A la Dra. Clara Múrcia Mejía por apoyarme con las pruebas de determinación hormonal en las instalaciones de la UNAM.

A mis amigos, en especial a Nataly Gómez Salas, Lizbeth Hernández Sánchez, Valeria Torres Castro, Verónica Chávez Ramos, Raisha Rodríguez Castañeda, Alejandra Castro Bautista, Alejandra Rangel Saldaña quienes creyeron en mí y me apoyaron emocionalmente por más difícil que fue esta etapa.

A mis médicos Sergio Antonio Zúñiga González y Sylvia Delia Cantú Terrazas, quienes me ayudaron a trabajar en mi persona, para comprender y manejar mis emociones.

A mi mascota felina Garfield, ya que mi amor y responsabilidad hacia ella me obligo a tomar la decisión de permanecer con vida antes de rendirme.

Finalmente a mí, porque adquirí los conocimientos que deseaba, porque estoy viva con ganas de compartir y seguir aprendiendo.

Si te cansaste de volver a intentar, deja ya de darte por vencido.

# INDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>INDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 CICLO ESTRAL Y SUS ETAPAS .....	3
2.2 SINCRONIZACIÓN DE OVULACIÓN.....	5
2.3 CONDICIÓN CORPORAL (CC).....	6
2.4 NUTRICIÓN.....	6
2.4.1 Minerales en la reproducción .....	7
2.4.2 Deficiencias minerales.....	8
2.4.3 Requerimientos minerales de los bovinos. ....	9
2.5 CATOSAL.....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>11</b>
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	11
3.2 SELECCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	12
3.3 PREPARACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES ANTES DE INICIAR PROTOCOLO DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO. ....	12
3.4 SINCRONIZACIÓN DE OVULACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL.....	14
3.4.1 Grupo 1 Cipionato de Estradiol (CE).....	14
3.4.2 Grupo 2 Benzoato de Estradiol (BE).....	15
3.5 MUESTRAS SANGUÍNEAS.....	16
3.6 UNIDADES EXPERIMENTALES DESPUES DEL PROTOCOLO .....	18

<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>19</b>
4.1 RESULTADOS ESTADISTICOS .....	19
4.1.1 Niveles de fósforo en suero sanguíneo .....	19
4.1.2 Niveles de progesterona en suero sanguíneo .....	20
4.1.3 Niveles de estrógenos en suero sanguíneo.....	22
4.1.4 Porcentaje de preñez entre el grupo cipionato de estradiol y benzoato de estradiol 23	
4.1.5 Porcentaje de preñez entre grupo de vacas que se les aplicó catosál y el grupo a las que no del grupo CE.....	25
4.2 RESULTADOS DESCRIPTIVOS .....	27
4.2.1 Vacas gestantes con y sin aplicación de catosál.....	27
4.2.2 Vacas vacías con y sin aplicación de catosál.....	28
4.2.3 Contenido de estrógenos y progesterona en vacas gestantes del grupo 1 cipionato de estradiol.....	29
4.2.4 contenido de estrógenos y progesterona en vacas vacías del grupo 1 cipionato de estradiol. ....	30
4.2.5 Contenido de estrógenos y progesterona en vacas gestantes del grupo 2 benzoato de estradiol .....	31
4.2.6 Contenido de estrógenos y progesterona en vacas vacías del grupo 2 benzoato de estradiol .....	32
4.2.7 Número y porcentaje de gestación relacionado con los grupos tratados. ....	33
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>37</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>38</b>

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Protocolo de IATF utilizado en el grupo1 Cipionato de Estradiol. ....	15
Cuadro 2. Protocolo de IATF utilizado en el grupo 2 Benzoato de Estradiol. ....	16
Cuadro 3. Estadísticos de vacas que recibieron aplicación de Catosal al inicio de programa de IATF.....	19
Cuadro 4. Estadísticos de vacas que no recibieron la aplicación de Catosal.....	20
Cuadro 5. Estadísticos de niveles de progesterona en suero sanguíneo del grupo CE antes y después del protocolo. ....	21
Cuadro 6. Estadísticos de niveles de progesterona en suero sanguíneo del grupo BE antes y después del protocolo. ....	21
Cuadro 7. Estadísticos de niveles de estrógenos en suero sanguíneo del grupo CE antes y después del protocolo. ....	22
Cuadro 8. Estadísticos de niveles de estrógenos en suero sanguíneo del grupo BE antes y después del protocolo. ....	23
Cuadro 9. Tabla de contingencia Hormona * Preñez .....	24
Cuadro 10. Pruebas de chi-cuadrado para Hormona * Preñez .....	24
Cuadro 11. Tabla de contingencia Catosal * Preñez.....	25
Cuadro 12. Pruebas de chi-cuadrado para Catosal * Preñez.....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo estral de una vaca .....	4
Figura 2. Ubicación del sitio experimental .....	11
Figura 3. Unidades experimentales seleccionadas para el experimento .....	12
Figura 4. Sales minerales otorgadas a libre acceso y potrero con pasto carretero ( <i>Botriochloa pertusa</i> ) .....	13
Figura 5. Toma de muestras sanguíneas al iniciar y finalizar protocolo de IATF. ....	16
Figura 6. Centrifugación, etiquetado y almacenado de sueros sanguíneos. ....	17
Figura 7. Diagnóstico de gestación por medio de palpación rectal y ultrasonido. ..	18
Figura 8. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas gestantes sin aplicación de catosal.....	27
Figura 9. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas gestantes con aplicación de catosal.....	27
Figura 10. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas vacías sin aplicación de catosal.....	28
Figura 11. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas vacías con suplemento de catosal.....	28
Figura 12. Contenido de éstrógenos (pg/ml) en vacas gestantes del grupo 1 Cipionato de estradiol CE.....	29
Figura 13. Contenido de progesterona (ng/dl) de vacas gestantes del grupo 1 Cipionato de estradiol CE.....	30
Figura 15. Contenido de progesterona (ng/dl) en vacas vacías en el grupo 1 Cipionato de estradiol CE.....	31
Figura 16. Contenido de estrógenos (pg/dl) en vacas gestantes del grupo 2 benzoato de estradiol BE. ....	31
Figura 17. Contenido de progesterona (ng/dl) en vacas gestantes del grupo 2 benzoato de estradiol BE. ....	32
Figura 18. Contenido de estrógenos (pg/dl) en vacas vacías del grupo 2 benzoato de estradiol BE. ....	32
Figura 19. Contenido de progesterona (ng/dl) en vacas vacías del grupo 2 benzoato de estradiol BE. ....	33
Figura 20. Número de vacas preñadas o vacías en los grupos CE y BE. ....	34
Figura 21. Porcentaje de vacas preñadas o vacías en los grupos CE y BE. ....	34

**Figura 22. Numero de vacas trabajadas en el grupo CE, dividido en vacas en las cuales se utilizo y no catosal. Asi mismo divididas en las gestantes y no gestantes.35**

**Figura 23. Porcentaje de vacas trabajadas en el grupo CE, dividido en vacas en las cuales se utilizo y no catosal. Asi mismo divididas en las gestantes y no gestantes.36**

## RESUMEN

Con la finalidad de mejorar la fertilidad y productividad en los bovinos destinados a pie de cría en la huasteca potosina se realizó el presente trabajo de investigación que consistió en evaluar dos protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) valorando la eficiencia reproductiva al aplicar un suplemento vitamínico. Se trabajó con 37 unidades experimentales, a las que se les ejecutó un programa de IATF (P4E2) las cuales se dividieron en 2 grupos. El grupo 1 Benzoato de estradiol y el grupo 2 Cipionato de estradiol. Se les aplicó a la mitad de ambos grupos un estimulante metabólico Catosal. Se relacionaron niveles hormonales de estrógenos, progesterona y fósforo con la respuesta al porcentaje de preñez de los protocolos de IATF. De acuerdo con los resultados obtenidos pudimos encontrar mejor relación de preñez en el grupo Cipionato de estradiol que con el grupo Benzoato de estradiol con una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) de (0.012); No se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para quedar las vacas gestantes al utilizar el estimulante metabólico, por lo cual se recomienda continuar con las investigaciones poniendo a prueba la medición de minerales sobre vitaminas en el momento de aplicar protocolo de IATF.

## SUMMARY

In order to improve fertility and productivity in cattle destined for breeding stock in Huasteca Potosina area, this research work was carried out, which consisted of evaluating two Fixed Time Artificial Insemination (FTAI) protocols, assessing reproductive efficiency by applying a vitamin supplement. We worked with 37 experimental units, to which an FTAI program (P4E2) was executed, which were divided into 2 groups. Group 1 Estradiol Benzoate and Group 2 Estradiol Cypionate. Half of both groups were given a metabolic stimulant Catosal. Hormonal levels of estrogens, progesterone and phosphorus were related to the response to the pregnancy rate of the FTAI protocols. According to the results obtained, we were able to find a better pregnancy relationship with the hormones Estradiol Cypionate than Estradiol Benzoate with a statistical difference ( $P < 0.05$ ) of (0.012); No significant difference was found ( $P < 0.05$ ) when using the metabolic stimulant, it is recommended to continue with this work by approving the measurement of minerals over vitamins at the time of applying the FTAI protocol.

## I. INTRODUCCIÓN

En México, la tasa de reproducción del ganado bovino para carne es de 51% con un rango de 48 a 61 becerros por cada 100 vacas. La actual situación de la ganadería en México exige a los productores una máxima eficiencia reproductiva para garantizar el retorno económico. La eficiencia reproductiva en conjunto con la implementación de programas de nutrición y mejoramiento genético son los principales factores que contribuyen para mejorar las ganancias en la explotación (Suárez y Aranda 2017).

Respecto a los sistemas de cría de becerros, cuatro de cada cinco Unidades de Producción Pecuaria (UPP) corresponden al nivel tecnológico bajo, independientemente de las características socioeconómicas de los productores. La adopción de tecnologías se realiza de manera lenta en los sistemas de cría, al margen de la localización geográfica de las UPP y el tamaño del inventario ganadero; lo que define una situación de rezago tecnológico que, a su vez, determina que en los sistemas de cría se requieran dos vacas para producir un becerro al año. Las propuestas de cambio tecnológico son importantes, pero no han respondido a las necesidades de la cría de becerros y todavía no son inductoras de hábitos y nuevas conductas en los productores (Suarez y Aranda 2017) como podría ser la suplementación mineral.

Dentro de las deficiencias minerales, el bajo nivel de fósforo afecta los mecanismos energéticos relacionados con las manifestaciones corporales de celo (González, 2014). Los hábitos de comportamiento típico de montar y dejarse montar, el evento de caminadas errantes en busca de compañeros sexuales, unido al bajo consumo de alimento durante las horas de estro, lleva a que bajo condiciones de deficiencia mineral de fósforo el animal no muestre su comportamiento sexual esperado, ya que las funciones autónomas deben ser favorecidas (Campos y Hernández 2008). Cuando las deficiencias de fósforo son

severas, se afecta el comportamiento reproductivo ( provocando anestro) de las novillas y vacas adultas (Corea y Hernández, 2007).

Por otro lado, se ha mencionado que los compuestos de fósforo influyen sobre casi todos los procesos de asimilación del organismo, por ello se les ha denominado estimulantes metabólicos que fomentan el metabolismo de los carbohidratos y lípidos (Bayer s.f). En reproducción es importante ya que incide en la formación de ácidos grasos, los cuales son fundamentales para la producción de hormonas como los estrógenos y progesterona (PRONACA 2013).

Una de las principales limitaciones para el empleo de la Inseminación Artificial (IA) en ganado son las fallas en la detección de celos (Bó *et al.*, 2003) por lo tanto existen programas de inseminación artificial a tiempo fijo los cuales ayudan a sincronizar celos por medio de tratamientos hormonales para lograr un empadre colectivo y crías uniformes al momento del parto, y obtener beneficios como partos lotificados y en consecuencia una mejor venta en el mercado.

Una de las alternativas más útiles para incrementar la cantidad de vacas inseminadas en un período corto es la utilización de protocolos que sincronizan la ovulación y permiten la inseminación sistemática sin la necesidad de detectar celo, generalmente denominados protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).

La ganadería de cría establecida en la Huasteca potosina, que refleja los parámetros de baja productividad mencionándolos líneas arriba podría mejorarse aplicando métodos que reduzcan los costos de producción para generar mayores rendimientos como el uso de nuevas tecnologías o la utilización de promotores del metabolismo en programas reproductivos, por lo que el presente trabajo se realiza con el propósito de valorar el efecto de un estimulante vitaminico en diversos índices reproductivos mediante evaluación de la utilización de protocolo de IATF.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CICLO ESTRAL Y SUS ETAPAS

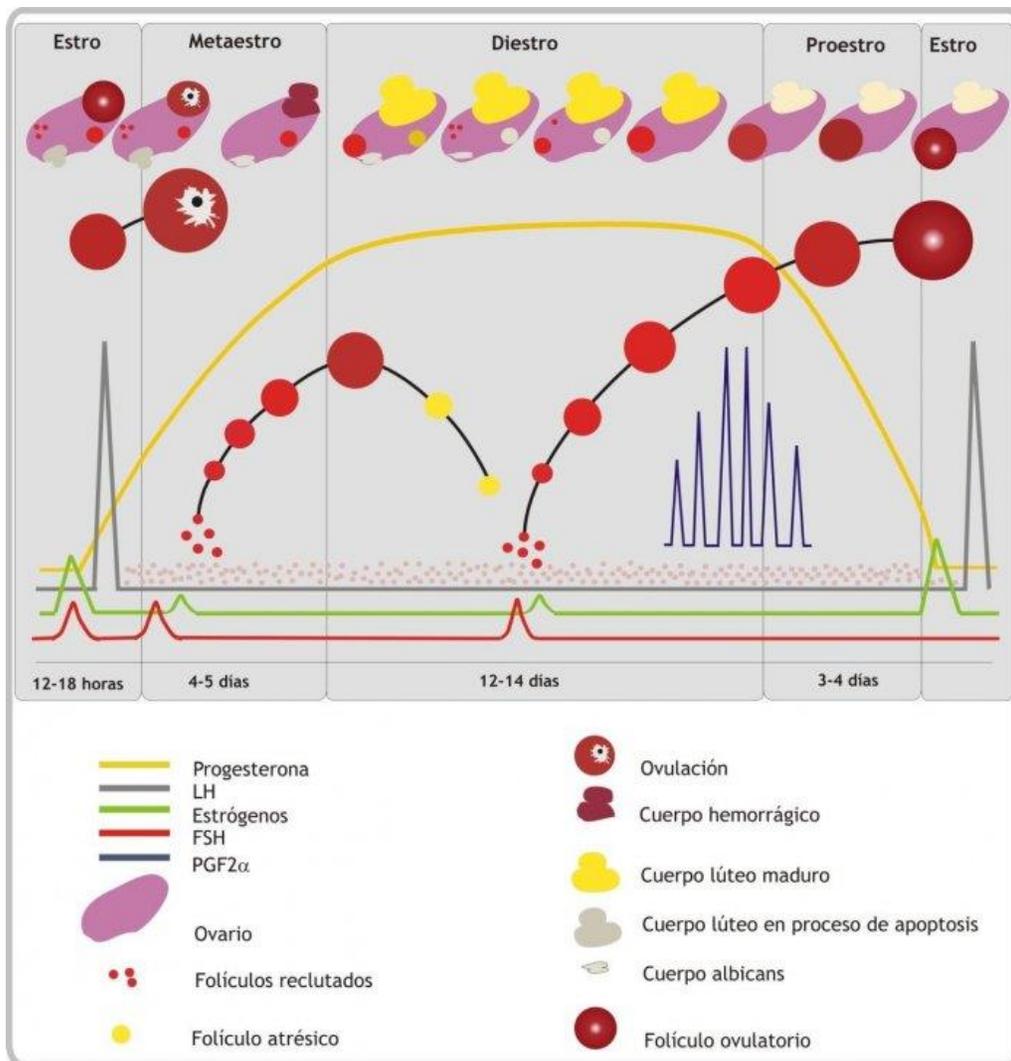
Es importante conocer las etapas y funcionamiento del ciclo estral, así mismo las hormonas participantes en cada una de ellas. De acuerdo con (Franco y Uribe 2012) y (DeJarnette y Nebel s.f.) el ciclo estral está conformado por cuatro etapas, las cuales son el estro, metaestro, diestro y proestro (Figura 1).

Durante el estro hormonalmente se presenta un pico de FSH, esta hormona es la encargada de la conformación, crecimiento y maduración de folículos (que es parte de la dinámica folicular), se puede observar una elevación de la hormona luteinizante (LH) influyendo en la maduración de los folículos presentes en el ovario. Así como una aparición de un pico de estrógenos, causantes del comportamiento de celo en las vacas. En esta etapa los niveles de progesterona son bajos y se puede palpar un cuerpo lúteo en proceso de apoptosis, ésta etapa suele durar entre 12 a 18 horas.

En el metaestro ocurre un cuerpo hemorrágico, el cual es causado en el momento de la ovulación, que se lleva a cabo al madurar un folículo dominante en el ovario. Hormonalmente podemos observar un pequeño pico de estrógenos, posiblemente una creciente onda folicular y principalmente el aumento de la progesterona. La progesterona será la encargada de mantener en ambiente al óvulo en lo que este puede ser fertilizado creando un concepto o de no ser así, desechado. Esta etapa tiene una duración estimada de 4 a 5 días.

Procediendo en la etapa del diestro se observa un cuerpo lúteo maduro, con niveles de progesterona elevados, presentándose un pico de FSH con una onda folicular y un pequeño pico de estros. Finalizando esta etapa se presentan picos de prostaglandina ( $PGF2\alpha$ ) la cual es la principal causante del inicio de la disminución de progesterona. Esta etapa tiene un periodo de 12 a 14 días.

Al inicio del proestro se observan los picos de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  y la caída de los niveles de progesterona, así mismo un folículo convirtiéndose en ovulatorio. Este proceso estima entre los 3 y 4 días.



(Hernández s.f.)

Figura 1. Ciclo estral de una vaca

## 2.2 SINCRONIZACIÓN DE OVULACIÓN

Existen varios métodos por los cuales se puede controlar la dinámica folicular del bovino. La mayoría de los tratamientos estudiados han sido orientados hacia la eliminación de los folículos dominantes (por métodos físicos o hormonales) y de esta manera permitir el comienzo de una nueva onda folicular en un determinado periodo conocido. Dentro de los métodos hormonales se ha reportado la utilización de estrógenos y progestágenos que inducen la supresión de los folículos antrales presentes. El benzoato de estradiol (BE) y cipionato de estradiol (CE) son estrógenos comerciales disponibles en el mercado (Boehringer 1998).

(Bó y colaboradores 2003) comentan que el tratamiento más utilizado para sincronizar la ovulación consiste en administrar 2 mg de benzoato de estradiol (BE) por vía intramuscular (IM) junto con la inserción intravaginal del dispositivo CIDR en el día 0 del tratamiento (para sincronizar el desarrollo folicular); en el día 7, a la vez que se extrae el dispositivo se administra PGF (para inducir luteólisis) y en el día 8 se administra 1 mg de BE (para sincronizar la ovulación). Se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) entre las 52 y 56 h de la remoción del dispositivo ya que los animales ovulan en promedio a las 66 h. Es necesario enfatizar que es fundamental la aplicación de estrógenos en el inicio del tratamiento para provocar la atresia de los folículos existentes e impedir de esta manera la formación de folículos persistentes que interfieren negativamente en la fertilidad. Como la atresia es seguida por el comienzo de una nueva onda folicular a los cuatro días se asegura de esta manera la presencia de un folículo nuevo y un ovocito viable en el momento de retirar el dispositivo. Originalmente, el dispositivo era colocado en la vagina junto con una cápsula con 10 mg de BE, para inducir la regresión luteal y sincronizar el desarrollo folicular.

## 2.3 CONDICIÓN CORPORAL (CC)

De acuerdo con (Correa y Uribe 2010) la condición corporal de una vaca es una evaluación que se puede realizar de forma práctica y sin necesidad de utilizar algún artefacto que genere algún costo, capacitar a los trabajadores es muy sencillo y nos ayuda a poder realizar evaluaciones sobre el estado del ganado. Este parámetro de medición nos puede dar a conocer si tenemos un animal flaco, obeso o en el mejor de los casos, estable. Se afirma que al tener una buena condición, en Europa y Brasil se utiliza la escala de 1 a 5 y, por el contrario, en Estados Unidos de América (EUA) y Colombia se usa la escala de 1 a 9 (Correa *et al.* 2010)

## 2.4 NUTRICIÓN

(Campos y Hernández 2008) afirman que dentro las fallas reproductivas en machos y hembras, las pérdidas originadas en los factores nutricionales pueden ser las de mayor importancia por sus efectos deletéreos sobre el total de animales. Sin duda, las carencias o excesos nutricionales afectan a la totalidad del rebaño. Los problemas reproductivos de tipo individual (patológicos, endocrinos o infecciosos) pasan a un segundo plano, cuando los requerimientos nutricionales no son cubiertos adecuadamente. Así mismo, existen interacciones negativas entre nutrientes, en especial entre minerales, que llevan a desbalances nutricionales, pueden acentuar las fallas y generar mayores factores de ineficiencia en el manejo reproductivo en su conjunto.

Una alimentación óptima significa, que los nutrientes individuales tales como vitaminas y minerales, deben ofrecerse en cantidad y proporciones adecuadas, ya que la interacciones entre los nutrientes son determinantes o esenciales para la salud y productividad del animal.

(Bon Durant 1991), argumenta que la nutrición está relacionada con la reproducción, además de los clásicos excesos y deficiencia de nutrientes, el estado físico de la vaca y el balance energético post parto tienen un importante efecto en la reproductividad. Existen asociaciones en el valor asignado a la condición corporal, la producción de leche y la fertilidad: las vacas delgadas en el momento del parto tienen menores porcentajes de concepción que la que presenta una condición física moderada. La nutrición influye sobre los efectos hormonales del post parto en especial sobre la incidencia en el periparto, retaso de la involución uterina y, alteraciones en las funciones de las glándulas reproductivas femeninas.

#### **2.4.1 Minerales en la reproducción**

(Farina 1983) y (Underwood 1997) citados por (Corea y Hernández 2007) explican que la deficiencia o el exceso de los elementos minerales puede estar limitando en forma maliciosa y cautelosamente la verdad de la producción en algunas fincas ganaderas, a tal punto que se puede hacer difícil que el problema sea reconocido por el productor como causa principal de la baja producción, y sin embargo, en algunos casos es así.

Los minerales son importantes para el ganado ya que son necesarios para transformar la proteína y la energía de los alimentos en componentes del organismo. Primeramente, para satisfacer las necesidades de mantenimiento y, posteriormente las necesidades de producción animal (crecimiento, gestación, lactación, carne). Además, los minerales ayudan a prevenir enfermedades y a mantener la salud del animal en general.

Existen dos grupos de elementos minerales esenciales para el ganado, aquellos que se conocen como macro elementos: calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), cloro (Cl) y azufre (S) y, los que se conocen como micro

elementos: cobre (Cu), cobalto (Co), selenio (Se), zinc (Zn), manganeso (Mn), yodo (I) y hierro (Fe).

El estado mineral del ganado en pastoreo depende de diferentes factores, como: características del suelo, especie forrajera, animal explotado y, de las prácticas de manejo (suplementación mineral) de los forrajes y de los animales.

Los desórdenes de nutrición mineral varían desde deficiencias minerales agudas hasta toxicidades, caracterizadas por signos clínicos bien definidos, lo que se manifiesta desde cambios patológicos visible hasta una mala condición general o un crecimiento y producción inferior a lo normal. Estas últimas condiciones corporales asumen gran importancia porque ocurre sobre varias áreas y afectan un gran número de animales, además de que pueden ser confundidas con deficiencias de energía y/o proteína y, con varios tipos de parasitismo.

El fósforo, es necesario para el crecimiento del esqueleto, metabolismo energético, balance ácido-base del organismo y síntesis de la leche. Deficiencias moderadas de este mineral reducen el consumo voluntario, afectando la producción de leche y el crecimiento. Cuando las deficiencias son severas, se afecta el comportamiento reproductivo (favoreciendo el anestro) de las novillas y vacas adultas (Corea y Hernández, 2007).

#### **2.4.2 Deficiencias minerales**

Miles y McDowell (1983 y 1993) citado por Corea y Hernández (2007) comentaron que respecto a las deficiencias de estos elementos pueden ser simples y condicionados. Las primeras son causadas por un suministro inadecuado del mineral en la dieta. Sin embargo, muchas veces, los minerales son ofrecidos en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de los animales, pero se

presenta la deficiencia. Esto se debe a interferencias (condicionales) entre diversos factores que hacen al mineral incapaz de ser utilizado por el animal.

Las deficiencias minerales son muy importantes y, quizás, las más desconocidas en relación a la nutrición mineral en los trópicos. Estas interferencias ocurren en el suelo, en la planta, en los alimentos y en el animal.

### **2.4.3 Requerimientos minerales de los bovinos.**

Las actividades asociadas a la reproducción como presencia de ciclo estrales, gestación, lactación y crecimiento son existentes desde el punto de vista mineral y requieren un suministro constante y adecuado de los mismos. Así, estos procesos establecen la necesidad de cuantificar los minerales requeridos ya que condiciones de subnutrición afectan considerablemente la respuesta animal.

Por ello, los requerimientos de algunos minerales esenciales en el proceso reproductivo como; calcio, fósforo, magnesio, cobre, zinc, su aporte en el suelo, en las pasturas, los programas de suplementación mineral en novillos, novillas y vacas, durante el parto y la lactación.

Respecto a vitaminas, (Garmendia y Chicco 1988) y (Zemjanis 1994) expresan que en los rumiantes las vitaminas K y las del complejo B son sintetizadas por los microorganismos del rumen en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos de los animales por lo que solamente son requeridas en la dieta las vitaminas A, D, y E, que una deficiencia de nutrientes antes de la monta, puede causar problemas de esterilidad, estro silencioso o falla en establecer o mantener la preñez.

## 2.5 CATOSAL

La deficiencia de fósforo es muy mencionada entre las listas de problemáticas reproductivas causando ovarios infértiles en el ganado, es por eso que existen protocolos de estimulantes metabólicos que ayudan a la presencia de este mineral. El Catosal®B12 es uno de los productos existentes en el mercado que ayuda en este sentido, se basa en la suplementación intramuscular de componentes minerales que estimula el ciclo de ADP / ATP el cual, a través del aumento del metabolismo, permite una regeneración de energía en los sistemas intracelulares, estimulando la gluconeogénesis y manteniendo la integridad del hígado. El Butafosfán es una fuente de fósforo orgánico para el metabolismo animal, es esencial para la gluconeogénesis, ya que la mayoría de los productos intermedios de ese proceso necesitan ser fosforilados, ayudando a la reducción de las reacciones metabólicas del estrés, al bajar los niveles de hidrocortisona e incrementar las concentraciones de insulina, hormona que mejora la entrada de la glucosa a las células, lo que ayuda en su desempeño, auxilia en el aporte de energía requerida para mejorar los niveles de energía, lo que ayuda a la formación y maduración de cuerpos lúteos y folículos de buena calidad que respondan mejor a los tratamientos hormonales, y en consecuencia mejoran los índices reproductivos en vacas (Elanco Salud Animal 2022)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio fue realizado en el Rancho Fwente Pax, ubicado a 27 km al norte del poblado de Tamuín S.L.P. en las coordenadas (22°13'45.98"N, 98°51'40.95"O), dentro de la Región Huasteca del estado de San Luis Potosí.

Predomina un clima tropical subhúmedo (Aw0), con temperatura media de 24.5°C, precipitación pluvial media anual de 1,117 mm (CNA, 2014).

El coeficiente de agostadero señalado para la región es de 9.8 ha/UA (COTECOCA, 2009).

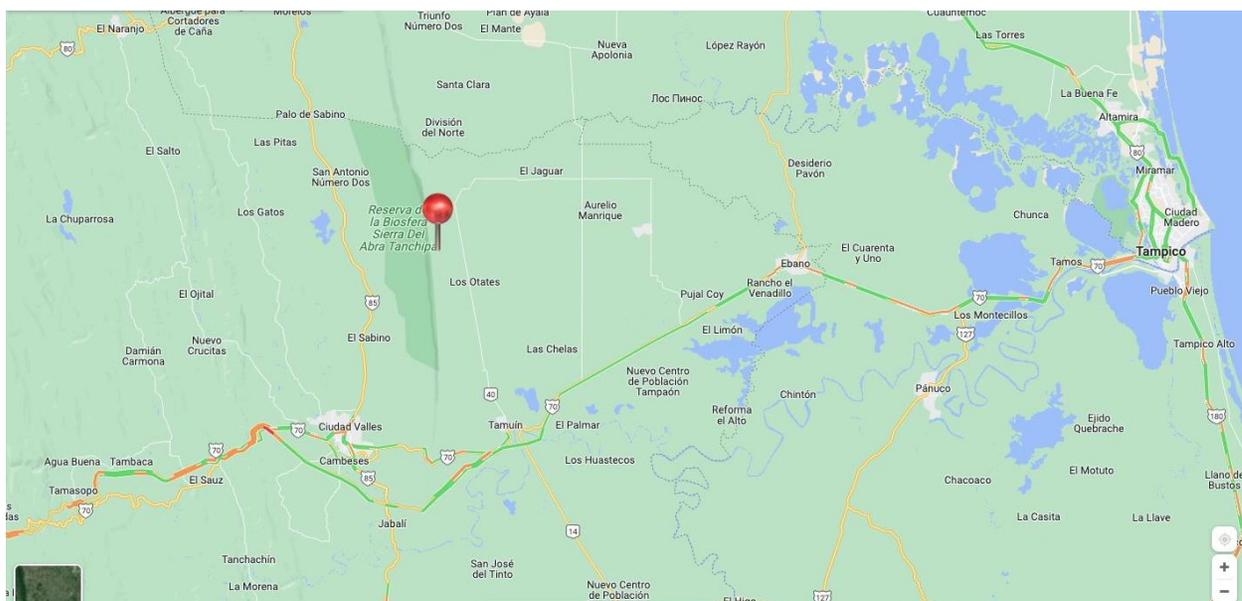


Figura 2. Ubicación del sitio experimental

### 3.2 SELECCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Se seleccionaron como unidades experimentales a 37 vacas en lactancia con ternero al lado, las cuales contaban en su registro de dos o más partos. Las razas de ganado a utilizar son cebuinas Brahman y encastes de éstas con suizo o Simbrah. La condición corporal aceptada fue del 4 al 6 en una escala del 1 al 9 de ganado de carne (Herd y Sprott 1986).



Figura 3. Unidades experimentales seleccionadas para el experimento

### 3.3 PREPARACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES ANTES DE INICIAR PROTOCOLO DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO.

Antes de iniciar el experimento las unidades fueron sometidas a una revisión del tracto reproductivo por palpación rectal por un Médico Veterinario para determinar el estado de salud reproductiva.

Para el control de garrapata se aplicó Fiprotick (QUIMIX) (5 mL/100 kg PV en el dorso del animal), el cual es un ectoparasiticida a base de fipronil 2% de fácil aplicación para tratar y controlar infecciones causadas por garrapatas (*Boophilus microplus*, *B. annulatus*, *Amblyomma spp.*), mosca de los cuernos (*Haematobia irritans*), piojos masticadores (*Damalinea bovis*) y piojos chupadores (*Linognathus vituli*).

Se otorgó suplemento mineral Nutrimin12/12 (NUBAM, Nutrientes Básicos de Monterrey, S.A. de C.V.) a libre acceso desde 60 días antes de realizar el protocolo de IATF, el suplemento contiene ingredientes como grano seco de destilería, carbonato de calcio, fosfato monodivale, sal, óxido de magnesio, sulfato de manganeso, óxido de zinc, carbonato de hierro, sulfato de cobre, carbonato de cobalto, selenito de sodio, sulfato ferroso, melaza.

El ganado se maneja bajo sistema extensivo según el tamaño del lote, se mantiene en potreros de 40 ha de zacates carretero (*Botriochloa pertusa*) y bermuda (*Cynodon dactylon*). En momentos de sequía se complementó con silo de maíz en bolsa tratando de que el ganado no disminuyese su condición corporal.

Al agua de beber el ganado accede mediante tarjas de concreto.

El programa sanitario también incluye vacunación en amplio espectro y contra derriengue.

Se realizó una desparasitación previa al inicio del programa con Ripercol (ZOETIS) 1ml cada 20kg PV vía IM.



Figura 4. Sales minerales otorgadas a libre acceso y potrero con pasto carretero (*Botriochloa pertusa*)

### 3.4 SINCRONIZACIÓN DE OVULACIÓN E INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

El lote de animales se dividió en dos grupos; grupo 1 Cipionato de Estradiol (CE) el cual estuvo conformado por 20 vacas y el grupo 2 Benzoato de Estradiol (BE) el cual estuvo integrado por 17 vacas.

#### 3.4.1 Grupo 1 Cipionato de Estradiol (CE)

##### Día 0

Se aplicó un Dispositivo Intravaginal Bovino (DIB, el cual contenía 1 gr de progesterona) y 2 ml de Benzoato de estradiol (BE) vía intramuscular (IM). A la mitad de las unidades experimentales se les aplicó 10 ml de Catosal (ELANCO, México) vía IM y se tomaron dos muestras sanguíneas con tubo vacutainer de vasos coccígeos.

##### Día 8

Se retiró el DIB, se aplicó 2 ml de prostaglandina/0.5 mg, 2 ml de gonadotropina coriónica equina eCG / 400 UI. y 1 ml de Cipionato de estradiol CE/1 mg. Los becerros se separaron de la madre por 72 horas.

##### Día 11

Se realizó inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), se aplicó 2.5 ml de gonadotropina (GnRH) /100 µg, y se tomaron dos muestras sanguíneas con tubo vacutainer de vasos coccígeos.

Cuadro 1. Protocolo de IATF utilizado en el grupo1 Cipionato de Estradiol.

Día 0			Día 8			Día 11 IATF		
Actividad		Cantidad	Actividad		Cantidad	Actividad		Cantidad
DIB	Progesterona	1 Pza. = 1 g	DIB	Retiro Progesterona	-1 Pza.	IATF	Inseminacion Artificial a Tiempo fijo	1
Estimulante Metabolico	Catosal	10 ml	PGF2a	Prostaglandina	2 ml = 0.5 mg	GnRH	Hormona Liberadora de Gonadotropina	2.5 ml = 100 µg.
BE	Benzoato de Estradiol	2 ml = 2 mg.	CE	Cipionato de Estradiol	1 ml = 1 mg			
M.S.	Muestra Sanguínea	2 Tubos	eCG	Gonadotropina	2 ml = 400 UI.	M.S.	Muestra Sanguinea	2 Tubos

### 3.4.2 Grupo 2 Benzoato de Estradiol (BE)

#### Día 0

Se introdujo un Dispositivo Intravaginal Bovino (DIB), el cual contenía 1 gr de progesterona y 2 ml de benzoato de estradiol (BE) via intramuscular (IM). A la mitad de las unidades experimentales se les aplicó 10 ml de Catosal, y se tomaron dos tubos de muestra sanguinea (MS).

#### Día 8

Se retiro el DIB, se aplicó 2 ml de prostaglandina / 0.5 mg, 2 ml de eCG / 400 UI. y 1 ml de BE / 1mg. Los becerros se separaros de la madre por 72 horas.

#### Día 11

Se realizo IATF, se aplicó 2.5 ml de GnRH / 100 µg, se tomaron dos muestras sanguíneas con tubo vacutainer de vasos coccígeos.

Cuadro 2. Protocolo de IATF utilizado en el grupo 2 Benzoato de Estradiol.

Día 0			Día 8			Día 11 IATF		
Actividad		Cantidad	Actividad		Cantidad	Actividad		Cantidad
DIB	Progesterona	1 Pza. = 1 g	DIB	Retiro Progesterona	-1 Pza.	IATF	Inseminación Artificial a Tiempo fijo	1
Estimulante Metabólico	Catosal	10 ml	PGF2a	Prostaglandina	2 ml = 0.5 mg	GnRH	Hormona Liberadora de Gonadotropina	2.5 ml = 100 µg.
BE	Benzoato de Estradiol	2 ml = 2 mg.	BE	Benzoato de Estradiol	1 ml = 1 mg			
M.S.	Muestra Sanguínea	2 Tubos	eCG	Gonadotropina	2 ml = 400 UI.	M.S.	Muestra Sanguínea	2 Tubos

### 3.5 MUESTRAS SANGUÍNEAS

Se tomaron dos muestras sanguíneas de los vasos sanguíneos coccígeos por el método BD Vacutainer (Sistema de extracción de sangre al vacío BD Vacutainer®). La primera de ellas fue al iniciar el protocolo de IATF (día 0) y la aplicación del estimulante metabólico, posteriormente a la IATF se realizó una segunda recolección de muestras Figura 5.



Figura 5. Toma de muestras sanguíneas al iniciar y finalizar protocolo de IATF.

Posterior a la recolección de muestras sanguíneas los tubos se centrifugaron a 3,000 rpm durante 10 minutos, esto ocasionando una separación del suero

sanguíneo del cuárgulo, para colocarlo en viales etiquetados de 1 mL y se congeló hasta el momento que se requiriera realizar las pruebas necesarias Figura 6.



Figura 6. Centrifugación, etiquetado y almacenado de sueros sanguíneos.

Los niveles de fósforo fueron determinados por el Q.F.B. Mario Alfredo Domínguez Peralta con Cédula: 11061372 en Lister Laboratorio Veterinario en Tampico Tamaulipas. Se realizó la técnica de espectrofotometría con el analizador Vitros 4600 con una longitud de onda de 670 nm. Dondelinger (2011)

La determinación de los niveles de estrógenos y progesterona fueron realizados por la MVZ. Clara Murcia Mejía de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la UNAM. La técnica utilizada fue Elisa Mathieu (2017).

En el análisis hormonal se realizó en el laboratorio de endocrinología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las concentraciones séricas de progesterona y estrógenos fueron determinadas en un solo ensayo por RIA en fase sólida (Coat A Count®, Diagnostic Products Corporation, Los Ángeles, CA, EUA). La fracción unida se cuantificó en un contador de radiaciones gamma durante un minuto, y los cálculos

se realizaron con el programa Riastat. La sensibilidad del ensayo fue de 0.1 ng/ml, mientras que el coeficiente de variación intra ensayo fue de 3.33 %.

### 3.6 UNIDADES EXPERIMENTALES DESPUES DEL PROTOCOLO

Posterior a la IATF las unidades experimentales permanecieron agrupadas a libre pastoreo con su suplementación correspondiente. Con ayuda del MVZ. Ezequiel Fernández Toledo (práctica privada regional) se realizó diagnóstico de gestación por palpación rectal y confirmado mediante ultrasonido en los dos grupos experimentales Figura 7.

Se utilizó el ecógrafo veterinario de la marca Mindray modelo DP-10 el cual cuenta con un transductor lineal de 7,5 MHz de potencia.



Figura 7. Diagnóstico de gestación por medio de palpación rectal y ultrasonido.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

#### 4.1.1 Niveles de fósforo en suero sanguíneo

Se realizaron dos pruebas de Wilcoxon (prueba no paramétrica de comparación de dos muestras) a dos grupos de vacas al recibir programa de IATF para determinar los niveles de fosforo en sangre.

El grupo 1 fue formado por vacas que no recibieron la aplicación de 10 ml de Catosal al inicio del programa, se seleccionaron aleatoriamente 17 muestras de suero sanguíneo al inicio y al final del tratamiento.

El grupo 2 fue conformado por vacas que recibieron 10ml de Catosal al iniciar el programa de IATF, se seleccionaron aleatoriamente 8 muestras de suero sanguíneo.

Cuadro 3. Estadísticos de vacas que recibieron aplicación de Catosal al inicio de programa de IATF.

Estadísticos de prueba a,c			
z			-1.066b
Sig. Asintótica(bilateral)			0.287
Sig. Monte Carlo (bilateral)	sig.		0.176
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0
		Límite superior	0.358
Sig. Monte Carlo (unilateral)	sig.		0.118
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0
		Límite superior	0.271
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon			
b. Se basa en rangos positivos.			
c. Se basa en 17 tablas de muestras con una semilla de inicio 624387341.			

Cuadro 4. Estadísticos de vacas que no recibieron la aplicación de Catosal.

Estadísticos de prueba a,c			
z			-.280b
Sig. Asintótica(bilateral)			0.779
Sig. Monte Carlo (bilateral)	sig.		0.875
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.646
		Límite superior	1
Sig. Monte Carlo (unilateral)	sig.		0.625
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.29
		Límite superior	0.96
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon			
b. Se basa en rangos positivos.			
c. Se basa en 8 tablas de muestras con una semilla de inicio 334431365.			

Estadísticamente no se encontró significancia al (0.05) de que existiera una elevación de fósforo en la sangre entre la toma de muestras del día 0 y la toma de muestras del día 11 de las unidades experimentales en las que se aplicaron 10ml de catosal ni en el grupo en el cual no se aplicó.

#### 4.1.2 Niveles de progesterona en suero sanguíneo

Los niveles de progesterona se validaron antes y después de la inserción del DIB, a continuación, se muestra los resultados estadísticos.

Cuadro 5. Estadísticos de niveles de progesterona en suero sanguíneo del grupo CE antes y después del protocolo.

Estadísticos de prueba a,c			
z			-0.889 b
Sig. Asintótica(bilateral)			0.374
Sig. Monte Carlo (bilateral)	sig.		0.667
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.359
		Límite superior	0.975
Sig. Monte Carlo (unilateral)	sig.		0.667
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.359
		Límite superior	0.975
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon b. Se basa en rangos positivos. c. Se basa en 9 tablas de muestras con una semilla de inicio 1502173562.			

Cuadro 6. Estadísticos de niveles de progesterona en suero sanguíneo del grupo BE antes y después del protocolo.

Estadísticos de prueba a,c			
z			-1.306 b
Sig. Asintótica(bilateral)			0.191
Sig. Monte Carlo (bilateral)	sig.		0.133
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0
		Límite superior	0.305
Sig. Monte Carlo (unilateral)	sig.		0.067
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0
		Límite superior	0.193
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon b. Se basa en rangos positivos. c. Se basa en 15 tablas de muestras con una semilla de inicio 743671174.			

No se encontró significancia estadística (0.05) de la disminución de progesterona en ninguna de las dos pruebas, parece ser que el CE y el BE no influyen en su disminución.

### 4.1.3 Niveles de estrógenos en suero sanguíneo

Se realizaron dos pruebas de Wilcoxon de 2 muestras relacionadas midiendo niveles de estrógenos al suero sanguíneo de 2 grupos de vacas que recibieron protocolo de IATF con una hormona diferente.

El grupo 1 fue nombrado CE (Cipionato de Estradiol), el cual recibió 2ml de BE en el día 0 y 1ml de CE en el día 8, de este grupo se seleccionaron de forma aleatoria 10 muestras de suero sanguíneo.

El grupo 2 se nombro BE (Benzoato de Estradiol), el cual recibió 2ml de BE en el día 0 y 1ml de BE en el día 8 del tratamiento, en el cual se seleccionaron 15 muestras de suero sanguíneo aleatoriamente.

Cuadro 7. Estadísticos de niveles de estrógenos en suero sanguíneo del grupo CE antes y después del protocolo.

Estadísticos de prueba a,c			
z			-.357b
Sig. Asintótica(bilateral)			0.721
Sig. Monte Carlo (bilateral)	sig.		0.8
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.552
		Límite superior	1
Sig. Monte Carlo (unilateral)	sig.		0.6
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.296
		Límite superior	0.904
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon			
b. Se basa en rangos positivos.			
c. Se basa en 10 tablas de muestras con una semilla de inicio 957002199.			

Cuadro 8. Estadísticos de niveles de estrógenos en suero sanguíneo del grupo BE antes y después del protocolo.

Estadísticos de prueba a,c			
z			-1.306b
Sig. Asintótica(bilateral)			0.191
Sig. Monte Carlo (bilateral)	sig.		0.4
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0.152
		Límite superior	0.648
Sig. Monte Carlo (unilateral)	sig.		0.133
	Intervalo de confianza al 95%	Límite inferior	0
		Límite superior	0.305
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon b. Se basa en rangos positivos. c. Se basa en 15 tablas de muestras con una semilla de inicio 112562564.			

No se obtuvo significancia estadística (0.05) que demuestre en alguno de los dos grupos existiese algún incremento de estrógenos al aplicar las hormonas CE y BE.

#### 4.1.4 Porcentaje de preñez entre el grupo cipionato de estradiol y benzoato de estradiol

Para responder la cuestión de existencia o no de asociación entre el tipo de hormona y preñez o gestación se elaboró una tabla de contingencia con los datos de vacas gestantes y vacías. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tabla de contingencia Hormona \* Preñez

		Preñez		Total	
		Si	No		
Hormona	Cipionato de Estradiol	Recuento	13	7	20
		Frecuencia esperada	9.2	10.8	20
		% del total	35.1	18.9	54.1
	Benzoato de Estradiol	Recuento	4	13	17
		Frecuencia esperada	7.8	9.2	17
		% del total	10.8	35.1	45.9
Total	Recuento	17	20	37	
	Frecuencia esperada	17	20	37	
	% del total	45.9	54.1	100	

Posteriormente se efectuó una prueba de hipótesis mediante la prueba Chi-cuadrado.

Cuadro 10. Pruebas de chi-cuadrado para Hormona \* Preñez

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	6.363 <sup>a</sup>	1	0.012		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	4.803	1	0.028		
Razón de verosimilitudes	6.601	1	0.01		
Estadístico exacto de Fisher				0.02	0.013
Asociación lineal por lineal	6.191	1	0.013		
N de casos válidos	37				

a. 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es de 7.81

b. Calculado sólo para una tabla de 2x2

La regla de decisión es:

Cualquier valor menor en la significancia de 0.05 se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, la preñez o gestación no es independiente de la hormona aplicada (si hay relación o asociación).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 10 se logra apreciar relación de preñez con las hormonas Cipionato y Benzoato de estradiol con una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) de (0.012).

#### 4.1.5 Porcentaje de preñez entre grupo de vacas que se les aplico catosal y el grupo a las que no del grupo CE.

Para responder la cuestión de existencia o no de asociación entre la utilización de Catosal para generar gestación se elaboró una tabla de contingencia.

Cuadro 11. Tabla de contingencia Catosal \* Preñez.

			Preñez		Total
			Si	No	
<b>Hormona</b>	<b>Con Catosal</b>	Recuento	8	3	11
		Frecuencia esperada	7.2	3.9	11
		% del total	40	15	55
	<b>Sin Catosal</b>	Recuento	5	4	9
		Frecuencia esperada	5.9	3.2	9
		% del total	25	20	45
<b>Total</b>		Recuento	13	7	20
		Frecuencia esperada	13	7	20
		% del total	65	35	100

Y se efectuó una prueba de hipótesis mediante la prueba Chi-cuadrado (cuadro 12)

Cuadro 12. Pruebas de chi-cuadrado para Catosal \* Preñez

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	0.642 <sup>a</sup>	1	0.423		
Corrección por continuidad <sup>b</sup>	0.109	1	0.742		
Razón de verosimilitudes	0.64	1	0.423		
Estadístico exacto de Fisher				0.642	0.37
Asociación lineal por lineal	0.61	1	0.435		
N de casos válidos	20				
<p>a. 2 casillas (50.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es de 3.15</p> <p>b. Calculado sólo para una tabla de 2x2</p>					

La regla de decisión es:

Cualquier valor menor en la significancia de 0.05 se rechaza la hipótesis nula.

Por lo tanto, la gestación es independiente de la aplicación de Catosal (no hay relación o asociación).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuadro 12 no se logra apreciar relación de gestación con la aplicación de catosal al obtener con una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) de (0.423).

## 4.2 RESULTADOS DESCRIPTIVOS

### 4.2.1 Vacas gestantes con y sin aplicación de catosal

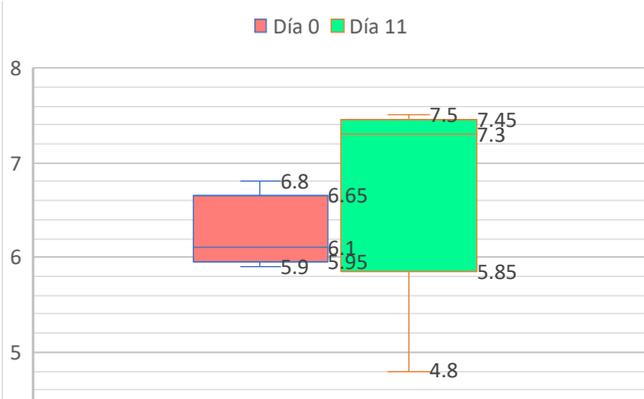


Figura 8. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas gestantes sin aplicación de catosal.

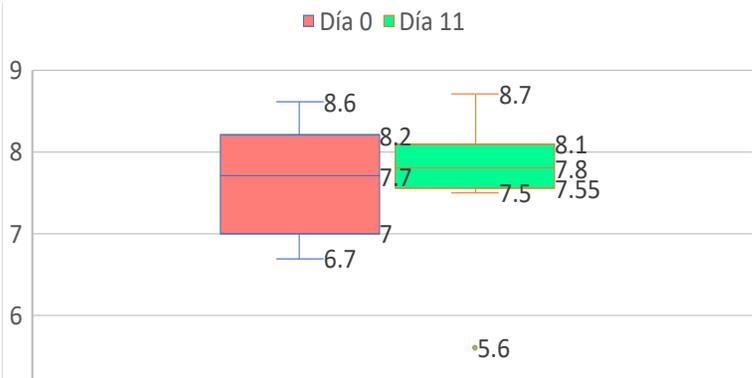


Figura 9. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas gestantes con aplicación de catosal.

Los niveles de Fósforo en las vacas gestantes con o sin la aplicación de Catosal se encuentran concentrados. Este factor nos indica que entre más concentrados se encuentren los datos mejores son los resultados de gestación.

#### 4.2.2 Vacas vacías con y sin aplicación de catosal

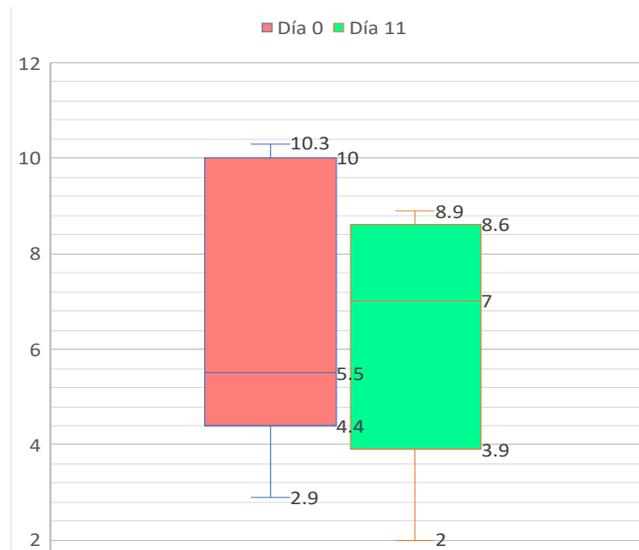


Figura 10. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas vacías sin aplicación de catosal.

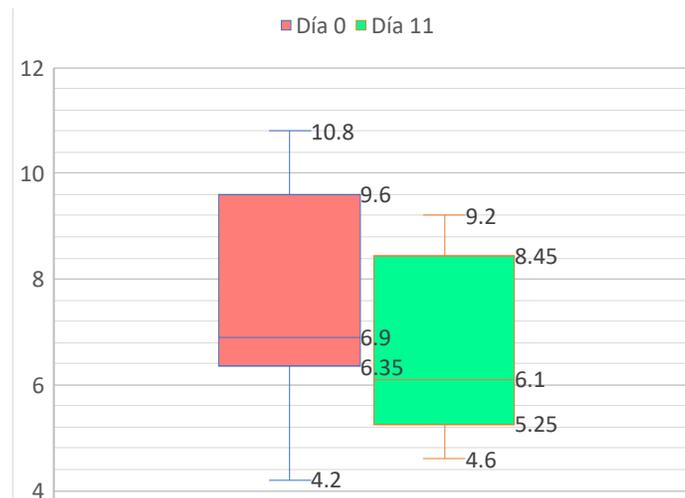


Figura 11. Contenido de fósforo (mg/dl) de vacas vacías con suplemento de catosal.

En las gráficas de caja y bigote podemos observar como los resultados de las vacas vacías se encuentran dispersos en sus niveles de Fósforo, tanto en el día 0 como en el día 11 del tratamiento con y sin aplicación de Catosal. Esto nos indica que entre mas dispersos esten los niveles de fosforo en sangre no obtenemos los resultados esperados referente a gestacion.

En nuestra metodologia utilizamos 10ml de catosal, el cual en ninguno de los dos grupos (CE y BE) se demostro una elevacion de fosforo especifica en las vacas que se les fue aplicado, comparando con estudios como el de Guerrero y Fuentes (2014) en el cual evaluaron la aplicación en 2 grupos divididos en 10ml y 20ml de catosal obteniendo una mejor respuesta al aplicar 20ml.

#### 4.2.3 Contenido de estrógenos y progesterona en vacas gestantes del grupo 1 cipionato de estradiol

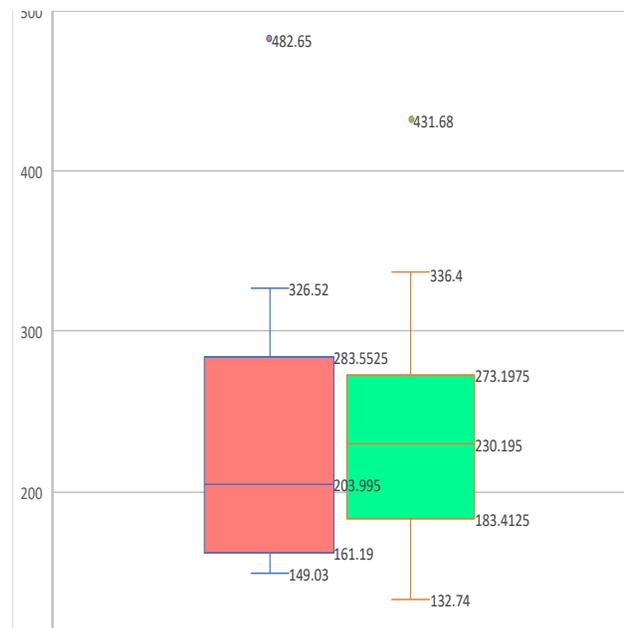


Figura 12. Contenido de éstrógenos (pg/ml) en vacas gestantes del grupo 1  
Cipionato de estradiol CE

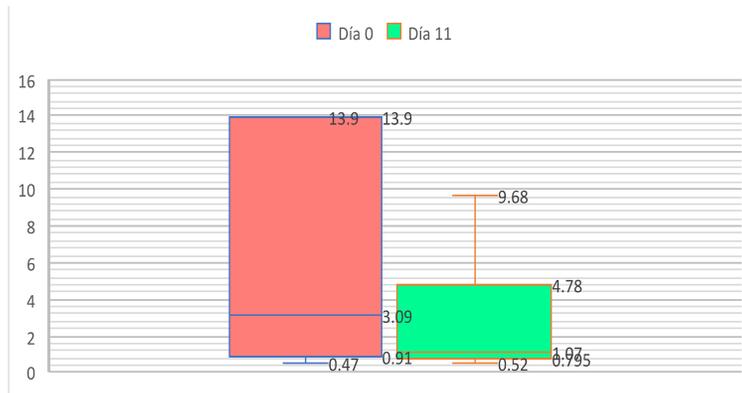


Figura 13. Contenido de progesterona (ng/dl) de vacas gestantes del grupo 1  
Cipionato de estradiol CE.

Se puede observar el agrupamiento de los valores de Estrógenos al inicio y al final del tratamiento en las vacas cargadas tratadas con Cipionato de Estradiol, mientras que los niveles de Progesterona al inicio se encuentran dispersos y en el segundo momento tienden a agruparse. Esto se debe que para la ovulación los niveles de Progesterona deben disminuir.

#### 4.2.4 contenido de estrógenos y progesterona en vacas vacías del grupo 1 cipionato de estradiol.



Figura 14. Contenido de estrógeno (pg/dl) en vacas vacías en el grupo 1 Cipionato de estradiol CE

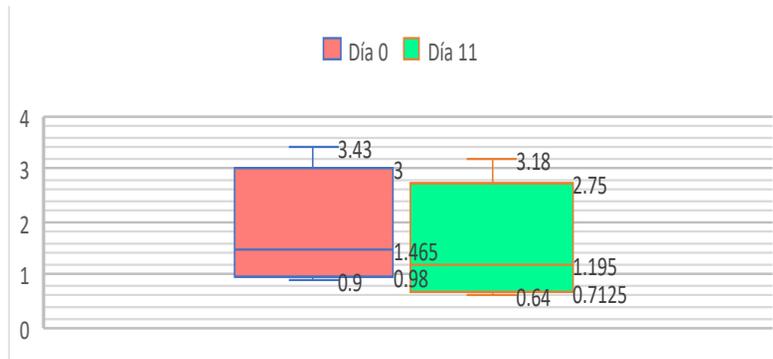


Figura 15. Contenido de progesterona (ng/dl) en vacas vacías en el grupo 1  
Cipionato de estradiol CE

Se puede observar la dispersión en datos de Estrogenos y progesterona al inicio y al final del tratamiento de las vacas vacías tratadas con Cipionato de Estradiol.

La razón por la cual se cree que no quedaron gestantes es que los niveles de progesterona se mantuvieron agrupados bajos pareciendo no haber efecto del tratamiento.

#### 4.2.5 Contenido de estrogenos y progesterona en vacas gestantes del grupo 2 benzoato de estradiol



Figura 16. Contenido de estrogenos (pg/dl) en vacas gestantes del grupo 2  
benzoato de estradiol BE.

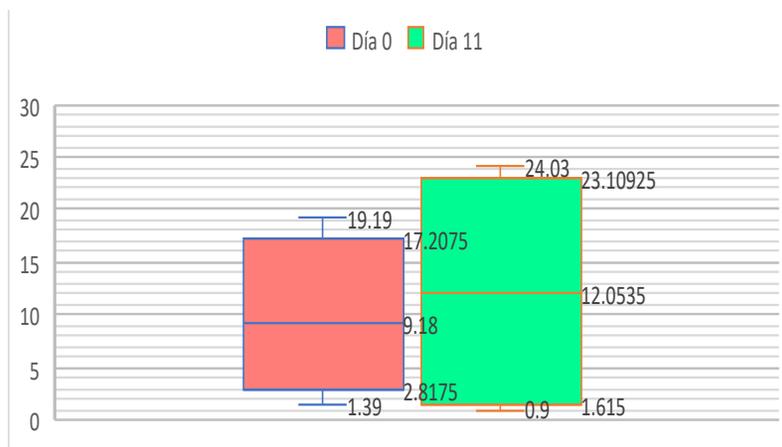


Figura 17. Contenido de progesterona (ng/dl) en vacas gestantes del grupo 2 benzoato de estradiol BE.

En el grupo de las vacas gestantes tratadas con Benzoato de estradiol podemos notar que los niveles de Estrógenos son elevados al momento de la inseminación, mientras que los niveles de Progesterona se encuentran elevados y dispersos, esto de igual manera se observó con las vacas gestantes tratadas con Cipionato de estradiol, lo cual asumimos que la dispersión de progesterona permite que los animales se gesten.

#### 4.2.6 Contenido de estrógenos y progesterona en vacas vacías del grupo 2 benzoato de estradiol



Figura 18. Contenido de estrógenos (pg/dl) en vacas vacías del grupo 2 benzoato de estradiol BE.

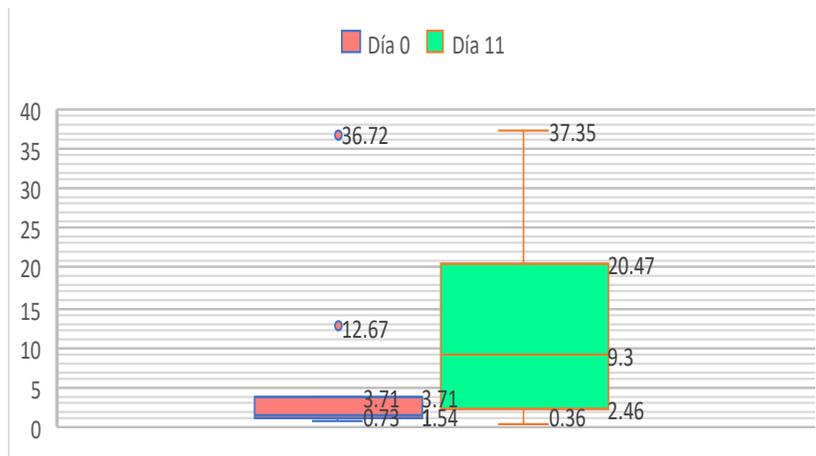


Figura 19. Contenido de progesterona (ng/dl) en vacas vacias del grupo 2 benzoato de estradiol BE.

Los niveles de Estrogenos en el momento de la inseminación se encontraban ligeramente elevados, sin embargo los niveles de Progesterona se encuentran elevados, esto nos da a entender que los niveles de progesterona elevados al momento de la inseminación bloquea la posible fertilización.

#### 4.2.7 Número y porcentaje de gestación relacionado con los grupos tratados.

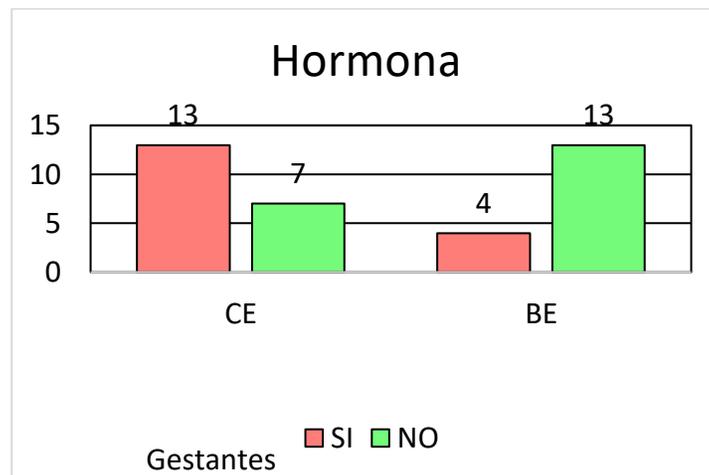


Figura 20. Número de vacas preñadas o vacias en los grupos CE y BE.

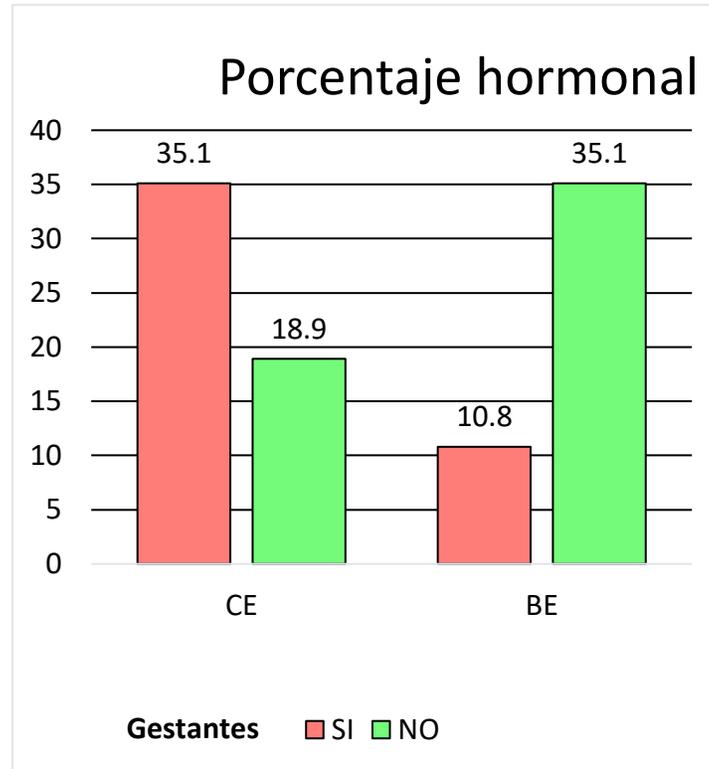


Figura 21. Porcentaje de vacas preñadas o vacias en los grupos CE y BE.

En las Figuras 20 y 21 podemos apreciar que en el grupo en el que se utilizó Cipionato de Estradiol tiene mejores resultados (35.1 vs. 10.8%).

Cesaroni *et al.* (2007) observaron diferencia de 14.95% en el porcentaje de preñez en tratamientos con aplicación de BE contra los que aplicó CE, la tasa de preñez fue de 49.5 % vs 64.0% respectivamente, los resultados son coincidentes respecto la diferencia a favor de la utilización de CE, se ha observado lo discímulo de los resultados ente razas como lo encontrado en los trabajos de Rentería *et al.* (2017a, 2017b).

### Cipionato de estradiol

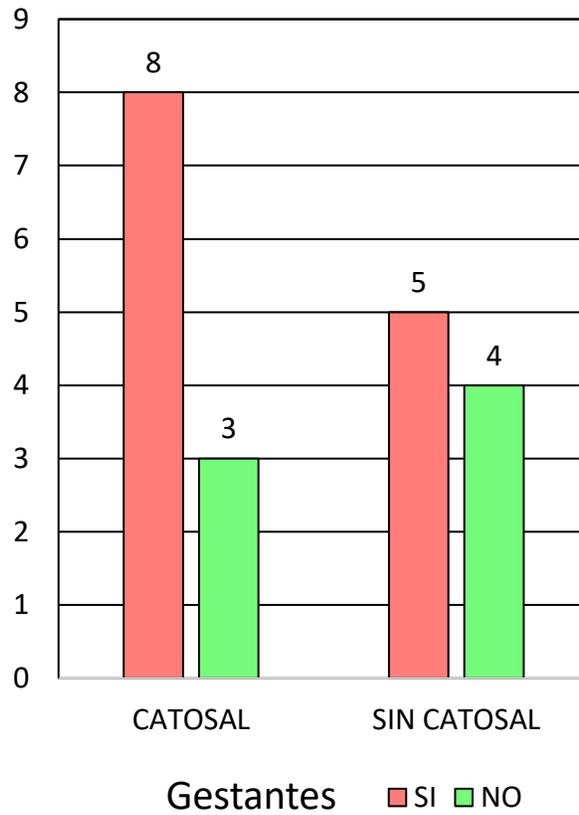


Figura 22. Numero de vacas trabajadas en el grupo CE, dividido en vacas en las cuales se utilizo y no catosal. Asi mismo divididas en las gestantes y no gestantes.

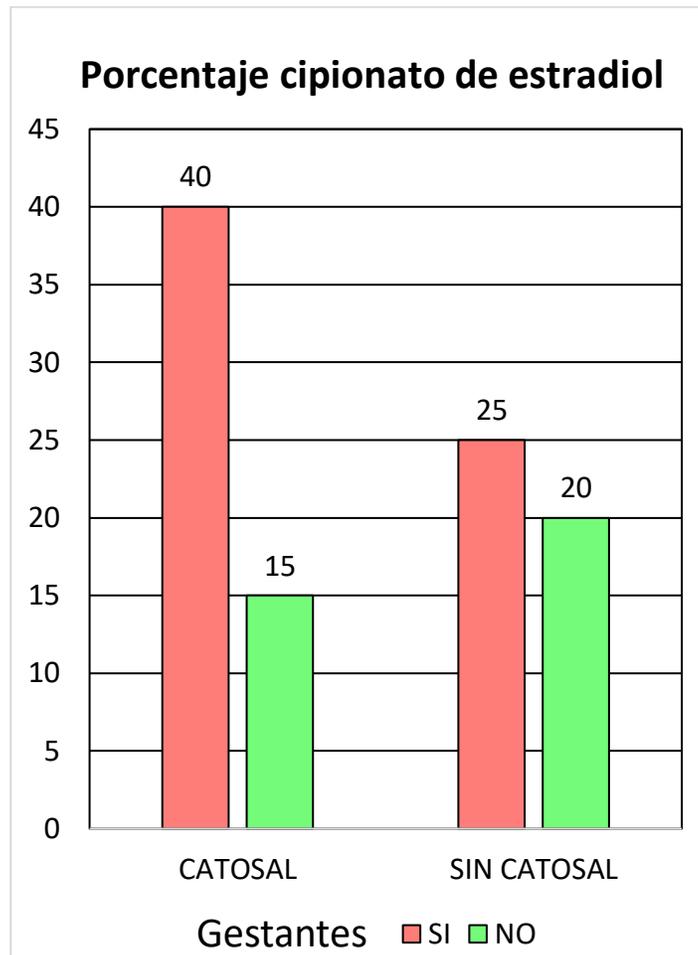


Figura 23. Porcentaje de vacas trabajadas en el grupo CE, dividido en vacas en las cuales se utilizo y no catosal. Asi mismo divididas en las gestantes y no gestantes.

No se encontro significancia estadistica en ninguno de nuestros objetos de estudio, sin embargo en nuestros analisis descriptivos podemos observar mejor respuesta en el grupo 1 Cipionato de estradiol, esto nos lleva a la conclusion de que la hormona Cipionato de Estradiol (CE) tiene mejor respuesta que la de Benzoato de Estradiol (BE).

## V. CONCLUSIONES

La aplicación de suplemento vitamínico Catosal no mostro ventajas sobre el número de vacas preñadas.

Resultan más vacas gestantes al aplicar cipionato de estradiol en el protocolo de IATF.

No es recomendado la utilización de protocolos de IATF a base de BE.

Las vacas con valores de 7.5mg/dl son las que resultaron gestantes.

Se recomienda regularizar una CC de 5 en una evaluacion del 1 al 9 para garantizar mejores resultados.

Se recomienda protocolos de IATF al desear empadres ventajosos para el productor.

## VI. LITERATURA CITADA

Bayer s.f.

<https://assets-us-01.kc-usercontent.com/58017606-861d-00e9-35db-aff39487cc42/6d41f780-26ff-4f15-b4a0-b6b6a71da888/CatosalEstudiosdesempenoreproductivo.pdf>

Bó, G. A. Cutaia, L. E. Souza, A. H. Baruselli, E. S. 2009. Actualización sobre protocolos de IATF en bovinos de leche utilizando dispositivos con progesterona. Taurus, Bs. As., 11(41):20-34.

Bó, G. A., Cutaia, L., Veneranda, G. 2003. Aplicación de programas de Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en los rodeos de cría manejados en condiciones pastoriles. Memorias de las XXXI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Facultad de Veterinaria Universidad de la República. Uruguay Junio 2003 Pag. 31-40 En: [https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/454/JB2003\\_31-40.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/454/JB2003_31-40.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Consultado en septiembre 2020

Bóehringer, Ungelheim 1998. Emergencia después del tratamiento con bezoato de estradiol y CIDR-B vaginal. Proc.13 th congreso Internacional en Animales Reproducción, Ar, 1996; Pags. 7-22

Bon Durant. 1991. Reproducción Bovina, Clínicas Veterinarias de Norteamérica. Mx. Edit. Hispanoamericana. P 420

Campos, G. R. y Hernández, É. 2008. Relación nutrición fertilidad en Bovinos: un enfoque bioquímico y fisiológico. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencia Animal. Universidad Nacional de Colombia. 55p. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7309>

Cesaroni, G.; Butler, H.M.; Durand, M.J.. 2007. Evaluación del uso de dos ésteres de estradiol sobre la tasa de fertilidad a la IATF en vacas secas, tratadas con un dispositivo intravaginal con progesterona. VII Simposio Internacional de Reproducción Animal (IRAC), Córdoba, Argentina.

<https://sincrovac.com.ar/papers/Sincrovac-Paper2-Evaluacion-uso-dos-esteres.pdf>

Correa, O. A. Uribe, C. L. F. 2010. La Condición Corporal Como Herramienta Para Pronosticar el Potencial Reproductivo en Hembras Bovinas de Carne. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 63, núm. 2, 2010, pp. 5607-5619, Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.

Corea, U. A y Hernández, A. N. 2007. Inducción del celo en vacas en anestro post parto mediante la administración de sales minerales, vitaminas y masajes ováricos. Departamento de veterinaria. Universidad Nacional Agraria Facultad de Ciencia Animal. <https://repositorio.una.edu.ni/1379/>

DeJarnette, Mel y Nebel, Ray. s.f. Anatomía y fisiología de la reproducción bovina. Select Reproductive Solutions. Select Sires, Inc. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/97-fisiologia.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/97-fisiologia.pdf) (consultado 1 de noviembre 2021).

Dondelinger, R. 2011. Espectrofotómetros. Especialista en logística médica senior en el Comando de Procesamiento de Entrada Militar de EE. UU. en North Chicago, IL. Correo electrónico: [robert.dondelinger@mepcom.army.mil](mailto:robert.dondelinger@mepcom.army.mil)

<https://meridian.allenpress.com/bit/article/45/2/139/142090/Spectrophotometers>

Elanco Salud animal, 2022. Catosal con vitamina B12. En Ganaderia.com.

<https://www.ganaderia.com/producto/catosal-con-vitamina-b12>

Franco, J. y Uribe, V. L. F. 2012. Hormonas reproductivas de importancia veterinaria en hembras domésticas ruminantes. Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Biosalud, Volumen 11 No. 1, enero - junio, 2012. págs. 41 - 56. <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v11n1/v11n1a06.pdf>.

Garmendia, J.C. y Chico C.F. 1988. Manejo alimenticio para mejorar la eficiencia reproductiva de bovinos de carne a pastoreo. Universidad central de Venezuela. Facultad de ciencias veterinarias. IV Cursillo sobre Bovinos de carne. P 175-213

Guerrero Erazo, C. J. Fuentes Espinoza, N. D. 2014. Inducción de celo y porcentaje de preñez en vacas lecheras tratadas con Catosal® al momento del retiro del implante DIV-B® e inseminación artificial. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

González, L. I. E. 2014. Efecto entre Catosal® y Catofos® aplicado al implante y retiro del dispositivo intravaginal bovino en el porcentaje de preñez al primer servicio en vacas cebuinas con ternero al lado. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras

Herd, D.B., Sprott, L.R. 1986. Body condition, nutrition and reproduction of beef cows. Texas AgriLife Extension Service. College Station, Texas.

Hernández, C. J. s.f. Manual de la práctica de profundización en reproducción animal (inseminación artificial en bovinos). Departamento de Reproducción Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional Autónoma de México.

[https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales\\_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20\(Inseminacion%20Artificial\).pdf](https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20(Inseminacion%20Artificial).pdf)

Mathieu, M. 2017. ¿Cuáles son las diferencias entre los tipos de ensayos ELISA?. Enzo Life Sciences Internacional, Inc. Farmingdale, Nueva York, Estados Unidos.

<https://www.enzolifesciences.com/science-center/technotes/2017/april/what-are-the-differences-between-elisa-assay-types?/>

Ortiz, F. J. Palacios, G. Sosa, C. F. De La Torre, D. Efecto de Catosal®B12 en vacas lecheras y su relación con la actividad ovárica. Servicios Veterinarios Integrales - México, Gigantes Tepa, Facultad de Ciencias. Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro y Bayer de México.

PRONACA s.f.

<https://www.procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/53-el-fosforo-enciende-la-reproduccion-bovina>

Rentería, I., Maraña, D., Bó, G.A. 2017b. Evaluación de dos diferentes protocolos de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en vacas holstein. XII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Instituto de Reproducción Animal. Córdoba Argentina. pag.390

Sistema de extracción de sangre al vacío BD Vacutainer®

[http://static.bd.com/documents/eifu/VDP40161\\_ES.pdf](http://static.bd.com/documents/eifu/VDP40161_ES.pdf)

Suárez, D. H. y Aranda, O. G. 2017. Importancia de la innovación para mejorar la productividad en los sistemas de cría de becerros. Departamento de Zootecnia Universidad Autónoma Chapingo Chapingo, Estado de México; México.

<https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/importancia-innovacion-mejorar-productividad-t40683.htm>

Zemjanis, R. 1995. Reproducción animal, Diagnostico y técnicas terapeuticas.  
México D.F Limusa.