

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS**



**EVALUACIÓN DE UN PROGRAMA DE SINCRONIZACIÓN DE CELO Y TRES  
TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DE PREÑEZ EN VACAS HOLSTEIN**

**TESIS**

**REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**PRESENTA  
MARTHA ARACELY CALDERON GARCIA**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. MARTIN FRANCISCO MONTAÑO GÓMEZ**

**MEXICALI B.C**

**SEPTIEMBRE DE 2019**

**Evaluación de un programa de sincronización de celo y tres técnicas de diagnóstico de preñez en vacas Holstein:** Tesis presentada por Martha Aracely Calderón García como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el siguiente comité:

---

**Dr. Martin Francisco Montaña Gómez**  
**Director**

---

**MC. Ramón Manuel Valenzuela Padilla**  
**Secretario**

---

**M.C. Miguel Ángel Vega Cázares.**  
**Asesor**

---

**Dr. Víctor Manuel González Vizcarra.**  
**Asesor**

---

**M.C. Luis Alonso Núñez Rodríguez**  
**Asesor**

**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

**SEPTIEMBRE DE 2019.**



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por guiarme, bendecirme y darme la sabiduría necesaria para poder llegar donde hoy lo he hecho, sin su dirección esto no sería posible.

A mi asesor de tesis el Dr. Martín Francisco Montaña Gómez, gracias por recibirme, guiarme y apoyarme, por todas esas pláticas, consejos, protección y atenciones.

A la Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez por su valiosa ayuda, su excelente gestión como coordinadora, por abrirme las puertas de la Maestría, por sus consejos y llamados de atención.

A los integrantes de mi comité: MC. Ramón Manuel Valenzuela Padilla, gracias por escucharme, orientarme y por compartir conmigo sus experiencias, M.C. Miguel Ángel Vega Cázares, gracias por siempre transmitir esa energía positiva y su conocimiento, Dr. Víctor Manuel González Vizcarra y M.C. Luis Alonso Núñez Rodríguez, gracias por el apoyo brindado y su accesibilidad.

Al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, a sus autoridades, maestros y personal, al igual que a La Universidad Autónoma de Baja California por la oportunidad brindada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT por su invaluable apoyo, por la oportunidad manifestada a cada uno de sus becarios, en especial a los que somos extranjeros, sin su ayuda difícilmente podríamos abrirnos brecha en el mundo de la investigación, muchas gracias.

## DEDICATORIA

A mis padres: José Tomas Calderón y Delia Aracely García por su apoyo incondicional, sin ustedes no sería nada, mil gracias por creer en mí y darme la oportunidad de crecer.

A mis Hermanos Claudia y José, gracias por escucharme y demostrarme su cariño.

A mis tias, sin su cariño y orientación no hubiese sido fácil superar los retos del diario vivir

A mi papi Luis Muñoz por adoptarme y brindarme su figura paterna, por motivarme a salir adelante y ayudarme a decidir cuándo sentía que no podía, un abrazo hasta el cielo y mil gracias por cada consejo y aliento

A mi nueva familia Andrés, Mireya, Fernando y Adriana, gracias por hacer ameno este camino, aguantarme y compartir conmigo.

A mis amigos en Honduras; este proceso no hubiese sido posible sin Ustedes.

A mi gorda Chanel por demostrarme su amor y fidelidad, sin pedir nada a cambio.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en los meses de abril a junio 2019, en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali, Baja California, en el noroeste de México, con una latitud, a una altitud de 10 metros sobre el nivel del mar y en condiciones desérticas. Se utilizaron 15 vacas Holstein en su segundo tercio de lactación, con una condición corporal de 2.5 en una escala de 1-5, con un promedio de 60 días abiertos y con una media de 3 partos. Las vacas fueron manejadas de la misma forma que el resto del hato ganadero, alimentadas 2 veces al día con una dieta a base de alfalfa y concentrado comercial, agua *ad libitum*, siendo ordeñadas dos veces al día. El experimento tuvo una duración aproximadamente de 80 días para la sincronización, inseminación, toma de muestras y diagnóstico de preñez por detección de proteínas tempranas de la gestación, ultrasonografía y palpación rectal. Se utilizó un protocolo de sincronización Ovsynch y un programa de inseminación a tiempo fijo. El día 28 post inseminación artificial se recolectaron muestras de sangre de la vena coccígea para la realización de la prueba IDEXX. El día 38 se realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía y el día 48 se realizó el diagnóstico de gestación, través de palpación rectal. Del 100% de las vacas inseminadas solo el 47% (7/15) de los animales fue diagnosticado como gestante, esto tomando en cuenta que el 7% quedo gestante a la primera I.A. el 33% en la segunda I.A. y otro 7% en la tercera Inseminación artificial. Todos los métodos diagnósticos utilizados arrojaron como resultados los mismos animales gestantes, demostrando que la detección de PAGs a los 28 días de gestación representa una alternativa viable para que los productores puedan utilizarle como herramienta de diagnóstico, esto con el fin de reducir días abiertos, intervalos entre partos, disminuir costos de mantenimiento y aumentar el número de partos por años.

**Palabras clave:** Inseminación Artificial, Sincronización, Gestación, Holstein

## ABSTRACT

This research was conducted in the months of April to June 2019, at the Veterinary Science Research Institute of the Universidad Autónoma de Baja California in the city of Mexicali, Baja California, in northwestern Mexico, with latitude of 10 meters above sea level and in desert conditions. Fifteen Holstein cows were used in their second-third of lactation, with a body condition of 2.5 on a scale of 1-5, with an average of 60 days open and with an average of 3 deliveries. The cows were handled in the same way as the rest of the cattle herd, fed 2 times a day on a diet based on alfalfa and commercial concentrate, water *ad libitum*, being milked twice a day. The experiment lasted approximately 80 days for synchronization, insemination, sampling and pregnancy diagnosis for early gestation protein detection, ultrasonography and rectal palpation. An Ovsynch synchronization protocol and a fixed-time (AI) insemination program were used. On the 28th day post artificial insemination, blood samples were collected from the coccygeal vein for the IDEXX test. On the 38th day the diagnosis of gestation by ultrasound was made and on the 48th day the diagnosis of gestation was made, through rectal palpation. Of the 100% of cows inseminated only 47% (7/15) of the animals were diagnosed as pregnant, this taking into account that the 7% were pregnant at the first AI 33% in the second AI and another 7% in the third artificial insemination. All diagnostic methods used yielded the same pregnant animals as results, demonstrating that the detection of PAGs at 28 days gestation represents a viable alternative for producers to use as a tool to reducing open days, intervals between births, lowering maintenance costs and increasing the number of births per year.

**Key words:** Artificial Insemination, Synchronization, Gestation, Holstein

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	11
OBJETIVO GENERAL.....	14
Objetivos específicos .....	14
HIPÓTESIS .....	15
REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
Ciclo estral en bovinos .....	16
Sincronización de Estros.....	17
Protocolos de Inseminación a tiempo fijo (IATF) .....	18
Protocolo de sincronización Ovsynch .....	18
Variaciones del Protocolo Ovsynch.....	19
Cosynch .....	19
Cosynch de 72 horas.....	20
Ovsynch de 56 horas.....	20
PGF2 $\alpha$ + CIDR® Synch .....	21
ReSynch.....	21
Protocolos de IATF con progesterona y estradiol.....	22
El uso de gonadotropina coriónica equina (eCG). .....	23
Importancia de la detección temprana de la gestación .....	26
Métodos de manejo para el diagnóstico de embarazo .....	26
Diagnósticos de gestación.....	27
Detección del ciclo estral .....	27
Palpación Rectal.....	28
Ultrasonografía .....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32



Descripción del área donde se llevara el proyecto .....	32
Descripción y manejo de los animales.....	32
Sincronización de estro .....	32
Diagnóstico de Gestación.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
Detección Glicoproteínas Asociadas a la Gestación – PAGs .....	37
Diagnóstico de gestación mediante palpación rectal y ultrasonografía .....	38
CONCLUSIONES .....	41
LITERATURA CITADA .....	42

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Fases del ciclo estral.....	17
Tabla 2. Resumen de datos publicados sobre el efecto de la adición de eCG en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas lactantes (Traducción). P4 (dispositivo intra vaginal de progesterona); PG (PGF2a o análogos); GnRH (GnRH o análogos); E (cipionato de estradiol) (De Rensis and Lopez-Gatius, 2014).....	24
Tabla 3. Comparación de tres métodos de diagnóstico de gestación en vacas ....	31
Tabla 4. Protocolo de Sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF).....	33
Tabla 5. Días abiertos de las vacas al momento de la I.A.T.F. ....	36
Tabla 6. Resumen de datos publicados sobre el efecto de la adición de eCG en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas lactantes, énfasis en la tasa de preñez y de ovulación.....	37
Tabla 7. Resultado prueba de IDEXX bovine pregnancy test®.....	38
Tabla 8. Tabla de resultado de diagnóstico de gestación a través de ultrasonografía y palpación rectal.....	39
Tabla 9. Comparación resultados de los tres métodos de diagnóstico .....	39



## INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los productos agrícolas más producidos y valiosos del mundo; forma parte del 27% del valor agregado global del ganado y el 10% del de la agricultura. Al mismo tiempo la leche y los productos lácteos son alimentos ricos en nutrientes; es la quinta fuente de energía más grande y la tercera fuente de proteínas y grasas más grande para los humanos (IDF y FAO, 2016).

En México, Al cierre de 2018, la producción acumulada de leche de bovino alcanzó 12 mil 008 millones de litros, es decir 2.0% más que en 2017. Se estima que en 2019, la producción será de 12 mil 279 millones de litros, lo que representa un incremento de 271 millones de litros (2.3%) respecto del año anterior. (SIAP; SADER, 2018). Durante 2016, Baja California ocupó el lugar número 15 a nivel nacional en producción de leche aportando el 1.5% de la producción nacional (SAGARPA, 2017).

Durante 2014, el municipio de Tijuana produjo 37.4% del total de la leche que se produce en el estado, seguido del municipio de Tecate con 26.1 por ciento. En conjunto, estos dos municipios producen 63.5% de la producción estatal. El resto corresponde a los municipios de Ensenada, Rosarito y Mexicali (SIAP, 2015). La demanda de productos alimenticios para la población que crece de forma exponencial y la rica disponibilidad de nutrientes que posee la leche han hecho de la producción de la misma un rubro con una fuerte demanda.

La producción de leche puede verse limitada muchas veces por el bajo desempeño reproductivo de vacas de alta producción; este es un problema global caracterizado como una complicación que se debe abordar de forma multidisciplinaria, debido a sus causas multifactoriales (Rivas et al., 2011); un

requisito en el desempeño de la lactancia rentable de una vaca es que tenga intervalos de tiempo regulares de una lactancia a otra.

En la meta de lograr un ternero por vaca, cada 365 días, encontramos que la gestación promedio debe durar 280 días, hasta el parto. El puerperio y/o período de recuperación fisiológica de la hembra bovina para estar en condiciones de ser preñada dura 45 a 60 días; si el ciclo estral dura en promedio 20 días, tenemos una o dos oportunidades de preñarlas para lograr un ternero por año, y en leche acortar lo más posible período de vaca seca, que la mejora genética (Poodts, 2008).

Se implementó la Inseminación Artificial (IA) con el afán de mejorar el hato genéticamente, para lo cual es indispensable identificar los vientres que están en condiciones de ser cargadas. Automáticamente surgieron dos inquietudes, 1° el escaso tiempo para lograr la fertilización dentro del tiempo pretendido, y 2° la detección de celo (Poodts, 2008), como respuesta a estas se ha buscado sincronizar el ciclo estral de las vacas, durante la búsqueda se han implementado varios protocolos que aseguran la ovulación sin la presentación de celo, realizando la inseminación y aportando una garantía sobre la concepción de la cría esto ayudado con técnicas de diagnóstico de gestación que sean eficaces y den una respuesta en el menor tiempo posible para saber si se ha dado o no la concepción.

## JUSTIFICACIÓN

El control de ciclo sexual se realizaba empíricamente desde la más remota antigüedad. El procedimiento consistía en la introducción de machos en un rebaño de hembras, durante una estación determinada del año, logrando que se sincronizaran los celos y por tanto los partos. Este método tradicional de sincronización se conoce con la denominación de “efecto macho” (Palomares, 2009).

La detección del estro es un factor importante que afecta el desempeño reproductivo de un programa de Inseminación Artificial (Ferrugem Moraes, 2008), combinadas con índices de concepción pobres hacen el manejo de la reproducción en vacas lecheras lactantes es un desafío en la mayoría de los rebaños lecheros (Pursley, 1995).

La falta de detección del celo en vacas o diagnóstico erróneo del estro puede resultar en pérdidas económicas significativas. El alto rendimiento reproductivo es especialmente importante para los sistemas de producción láctea de temporada (estación) que requieren el mantenimiento de un patrón de parto por año - eficiencia reproductiva (Xu et al., 1998).

Los métodos empleados en la sincronización del celo son básicamente tratamientos hormonales, que han ido evolucionando simultáneamente con los avances en el conocimiento de procesos fisiológicos que acontecen en el ovario durante el ciclo sexual de las hembras (Palomares, 2009).

La sincronización de la ovulación por métodos hormonales en bovinos ha presentado resultados animadores para el empleo de la I.A. a tiempo fijo. Los protocolos de sincronización existentes permiten realizar la IA a tiempo fijo (en horario predeterminado), sin la necesidad de observar el estro, facilitando el manejo del rodeo y optimizando el empleo de esta biotecnología a campo (Kizur, 2003).

En los últimos años, gracias al conocimiento de la fisiología del ciclo estral, así como la incorporación de la ultrasonografía para comprender la dinámica folicular de los bovinos, se han desarrollado tratamientos de sincronización que permiten inseminar artificialmente a las hembras bovinas sin la detección de los celos y que se conocen como protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (Peña, 2015).

Durante la década del 70, el descubrimiento de las prostaglandinas y su aplicación para controlar el ciclo estral significaron un gran avance en el control reproductivo de los bovinos. Sin embargo, años más tarde y después de algunas investigaciones, se hicieron evidentes las limitaciones de las prostaglandinas para lograr la eficiente sincronización de los celos (Peña, 2015).

Una de las desventajas es la falta de efectividad en la inducción de la luteólisis en el tiempo esperado y la variabilidad en la distribución de presentación de celo en un periodo hasta de 5 días, debida al estado folicular al momento del tratamiento (Huanca, 2001). Existen otros métodos para sincronizar la presentación de celos y ellos están referidos a sincronizar el desarrollo de las ondas foliculares (Huanca, 2001).

La disponibilidad comercial de la Hormona Liberadora de las Gonadotropinas (GnRH) en los años 70, permitió su utilización como tratamiento para los quistes foliculares (DrosPand, 1992). Así mismo, esta hormona también es utilizada al momento del servicio como una alternativa para asegurar la ovulación (Huanca, 2001).

La Inseminación artificial a Tiempo Fijo es una técnica que, mediante la utilización de hormonas, permite sincronizar los celos y ovulaciones con lo cual es posible inseminar una gran cantidad de animales en un período corto de tiempo (Raso, 2012).

Los protocolos de Inseminación a Tiempo Fijo se pueden dividir en aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y prostaglandina también conocidos como protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos impregnados con progesterona junto con estradiol (Bó, 2014).

También se han buscado diferentes métodos para el pronto diagnóstico de la gestación, sobre todo para buscar los animales que no están gestantes, esto con el fin de tratarlos y cargarlos para mantener parámetros reproductivos viables en los hatos.



## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar un programa de sincronización de celo y tres técnicas de diagnóstico de preñez en vacas Holstein

### **Objetivos específicos**

Evaluar la eficiencia de un protocolo de sincronización de estro para la inseminación a tiempo fijo adicionando la hormona coriónica equina.

Evaluar la técnica de diagnóstico de preñez temprana mediante la detección de proteínas tempranas de la gestación en comparación con la ultrasonografía y la palpación rectal.

## **HIPÓTESIS**

La adición de la hormona Coriónica Equina (eCG) en un protocolo tradicional de sincronización mejora la tasa de concepción en vacas Holstein.

La prueba de glicoproteínas asociadas a la gestación presente en suero o plasma de bovino es tan eficiente como la ultrasonografía y palpación rectal para la detección de preñez.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Ciclo estral en bovinos**

Los bovinos poseen periodos regulares en los cuales la receptibilidad sexual se ve limitada al estro, donde se liberan los ovocitos caracterizado por cambios en el comportamiento, ovarios, genitales y endocrinos, siendo así poliéstricas continuas, con ovulación y formación del cuerpo lúteo (Rippe, 2009).

El ciclo estral de la vaca es un proceso dinámico, continuo y dependiente de la interacción de órganos como el cerebro y el tracto reproductivo de la vaca, varias hormonas y efectos medioambientales; el crecimiento y desarrollo de los folículos y del cuerpo lúteo está regulado por la interacción coordinada de todos estos elementos y hormonas (Rippe, 2009).

El conocimiento del mismo es vital para mejorar los diferentes programas de sincronización de celos lo cual se reflejara en un aumento de la fertilidad y rentabilidad de las explotaciones lecheras (Rippe, 2009).

Según (Giraldo, 2008) la eficiencia reproductiva de los hatos lecheros ha disminuido debido principalmente a un aumento de la producción individual de las vacas, a un aumento del número de total de animales y a una intensificación de las medidas de manejo del hato.

Tabla 1. Fases del ciclo estral.

<b>Fase</b>	<b>Día</b>	<b>Duración</b>	<b>Evento</b>
<b>Estro</b>	0	10-12 horas	Maduración Folicular, altos niveles de estrógeno y pico de LH.
<b>Metaestro</b>	1-3	5-7 días	Ovulación (dentro de las 12-18 horas.), formación del cuerpo hemorrágico que no responde a la PGF 2_
<b>Diestro</b>	5-18	10-15hrs	Maduración del cuerpo lúteo - altos niveles de Progesterona.
<b>Proestro</b>	19-21	3 días	Regresión del cuerpo lúteo, maduración del folículo e incremento de estrógenos.

(Shearer, 2003)

Esta disminución de la eficiencia reproductiva se debe principalmente a una disminución en el porcentaje de detección de celo (disminución de la exactitud y en la intensidad de detección de celos) en dichos hatos. Los protocolos de inseminación artificial a tiempo fija (IATF) pueden mejorar la eficiencia reproductiva de los hatos lecheros eliminando los errores de detección de celo. En términos prácticos, es importante diferenciar sincronización de inducción de estros.

### **Sincronización de Estros**

La sincronización consiste en cortar o prolongar el ciclo estral a través de la utilización de hormonas o asociaciones hormonales que induzcan la luteólisis o prolonguen la vida del cuerpo lúteo, de manera que un grupo de vacas entre en

estro y/o ovule durante un corto periodo de tiempo o en un mismo día. Al contrario, la inducción de estros consiste en inducir el estro en vacas que están en anestro, a través de la utilización de hormonas o prácticas de manejo. Así mismo la sincronización y la inducción de estros son procesos distintos y aplicables a diferentes categorías de animales (Thatcher, 2004). Si se controla la fase folicular junto a la fase lútea se obtiene sincronía del celo y de la ovulación con fertilidad normal (Gregory et al., 2009).

### **Protocolos de Inseminación a tiempo fijo (IATF)**

En general, se puede dividir a los protocolos de IATF en aquellos que utilizan combinaciones de GnRH y prostaglandina F2 $\alpha$  (PGF), llamados protocolos Ovsynch y los que utilizan dispositivos con progesterona (P4) y estradiol (Baruselli et al., 2006).

### **Protocolo de sincronización Ovsynch**

El Ovsynch (GnRH-PGF2 $\alpha$ -GnRH) ampliamente usado para sincronización de vacas ciclando provoca ovulación, generalmente sin ocurrencia de celo (Pursley et al., 1995) por esto es que después de este tratamiento se debe hacer IATF. La GnRH provoca que el folículo más grande ovule o regrese, iniciando una nueva onda folicular; 7 días después al aplicar la PGF2 $\alpha$  se provoca luteólisis (del CL formado a partir de la administración de GnRH) y al día 9 la segunda inyección de GnRH induce la ovulación del nuevo folículo; 16 horas después se insemina.

La utilización de la PGF y sus análogos es ampliamente empleada con la finalidad de sincronizar las manifestaciones de celo del ganado bovino (Bó et al., 2011). La PGF causa la regresión del CL a partir del día 5 del ciclo estral y su efecto luteolítico es máximo entre los días 12 y 17. Sin embargo, el estadio del folículo dominante en el momento de la aplicación de la PGF va a producir una

variación del momento del celo y la ovulación de 2 a 7 d (Kastelic and Ginther, 1991).

Al aplicar la GnRH en cualquier fase del ciclo estral ocurre un pico de LH, induciendo la ovulación de los folículos que tienen un diámetro superior a los 9,0 milímetros. Luego de 2 a 3 días de iniciado el tratamiento, se presenta la emergencia de una nueva onda folicular (Bó et al., 2011).

Si se administra GnRH durante la primera fase de crecimiento del folículo dominante, es posible que no se produzca la ovulación en respuesta a la liberación de LH, por lo que no se sincronizaría la emergencia de la onda folicular. Por otra parte, Moreira et al en el 2001, sugirieron que si se inicia el protocolo con GnRH2 entre los días 5 y 12 del ciclo, los bovinos responderán de manera más consistente a éste. Lo anterior se puede lograr con pre sincronización antes de la primera inyección de GnRH.

Como consecuencia de la ovulación después de la administración de GnRH se aprecia la formación de un cuerpo lúteo (CL) y un aumento en la concentración de progesterona (P4). De esta manera, a los 7 días de iniciado el tratamiento se aplica PGF2  $\alpha$  para que ocurra la luteólisis. Para aumentar la tasa de ovulación en los animales sincronizados, se aplica una segunda dosis de GnRH 48 horas después de la aplicación de PGF2 $\alpha$ . Esta secuencia de tratamientos con GnRH y PGF2 $\alpha$  recibe el nombre de Protocolo Ovsynch (Pursley et al.,1997;Bó et al., 2011).

### **Variaciones del Protocolo Ovsynch**

Se han probado diferentes variaciones en los tiempos de administración de las hormonas y la inseminación artificial (IA) en un intento por optimizar el protocolo (López, 2017):

#### **Cosynch**

IATF al mismo tiempo que recibían la segunda GnRH (0 h o cosynch), 8 horas, 16 horas, 24 horas, o 32 horas después de la segunda GnRH. Estudios mostraron que las vacas inseminadas a tiempo fijo 16 h después de la segunda GnRH obtenían la mejor Tasa de Concepción (TC). En base a esto, la recomendación fue utilizar este intervalo para la IATF en el ovsynch clásico. En los mismos estudios se observó que cuando las vacas eran inseminadas a tiempo fijo al mismo tiempo que recibían la segunda GnRH (cosynch) o 32 horas después de esta inyección, la TC era más baja.

### **Cosynch de 72 horas**

Este protocolo es una variación de ovsynch desarrollado en la Universidad Estatal de Kansas. Las vacas reciben la segunda dosis de GnRH y la IATF 72 horas (3 días) después del tratamiento con la prostaglandina. El razonamiento de este protocolo es dar un día más para el crecimiento folicular que pueda permitir una maduración adicional del oocito y la ovulación de un folículo más grande.

Es importante considerar que las vacas que muestran celo durante el protocolo necesitan ser identificadas e inseminadas, pues de otra manera será demasiado tarde para estas vacas recibir la IATF el día siguiente. Por lo tanto este protocolo debe servir principalmente como una inseminación de limpieza para las vacas cuyos estros no fueron detectados previamente

### **Ovsynch de 56 horas**

Esta es una variación reciente de ovsynch desarrollada en la Universidad de Wisconsin-Madison. En este protocolo las vacas reciben la segunda GnRH 56 horas después del tratamiento de prostaglandina y la IATF 16 horas después de esta inyección de GnRH. El razonamiento de este protocolo es proporcionar

tiempo adicional para la maduración folicular y optimizar el tiempo de la IA en relación al segundo tratamiento de GnRH

Las principales consideraciones para la implementación del protocolo de 56 horas es que la segunda inyección de GnRH debe ser aplicada a las vacas en un momento que posiblemente no se ajuste dentro del programa regular de manejo reproductivo del hato

### **PGF2 $\alpha$ + CIDR® Synch**

Usa una serie de inyecciones de PGF2 $\alpha$  combinados con detección de celos para IA la mayoría de las vacas a celo natural. Las vacas no detectadas en celo reciben un CIDR (progesterona) + el protocolo OvSynch para IATF. Una semana después de la última PGF2 $\alpha$ , las vacas que no han sido inseminadas reciben un CIDR y se inicia el OvSynch. El protocolo OvSynch puede ser OvSynch, CoSynch72 u OvSynch 56. Permite inseminar vacas en celo antes del OvSynch. Usa un CIDR en vacas que probablemente necesiten de Progesterona antes de IA.

### **ReSynch**

Las vacas reciben IATF después de ser diagnosticadas “abiertas”. Hatos con excelente detección de celos pueden optar por iniciar ReSynch a la palpación. (Recomendado para hatos que marcan cola). Siete días antes de la palpación, se inyectan todas las vacas con GnRH. Vacas gestantes no reciben más inyecciones. Las diagnosticadas "abiertas" son inyectadas con PGF2 $\alpha$ , a las 48 horas reciben GnRH, y son IA 8 a 18 horas después.



## **Protocolos de IATF con progesterona y estradiol**

La fase lútea es controlada con la progesterona, y el desarrollo folicular e inducción de la ovulación es controlado por el estradiol o la GnRH (Alberio and Butler, 2001).

Progesterona y estradiol: la administración de estradiol al principio de los tratamientos con P4 (progesterona) produce el desarrollo de una nueva onda folicular; si se quiere sincronizar la ovulación de esa nueva onda (y poder realizar IATF) se puede utilizar una segunda dosis de estradiol (Cavestany, 2010) logrando buenos porcentajes de concepción a la primer inseminación (McDougall, 2001; Rhodes et al., 2003). En general los dispositivos intravaginales son asociados con BE o cipionato de estradiol (CPE).

Básicamente los protocolos de progesterona (P4) con estradiol son: día 0 se inserta el dispositivo de P4 más 1 o 2 mg de benzoato de estradiol (BE), al día 7 u 8 se retira el dispositivo y a las 24 h del retiro se inyecta 1 mg de BE; la ovulación ocurrirá 40 h después del BE, por lo tanto la inseminación artificial (IA) debería ser 48 - 52 horas luego de la retirada de la P4. Al provocar los síntomas de celo, el estradiol permite la opción de realizar la IA luego de la detección de celos entre 1 - 5 días pos tratamiento o una IATF (Thatcher et al., 2001).

Los mejores porcentajes de concepción se logran con 7 u 8 días de permanencia de los dispositivos intravaginales (Burke et al., 2001; Rhodes et al., 2003; McDougall et al., 2005) ya que se asegura que el folículo llegue al tamaño adecuado para ovular. Existen varios dispositivos vaginales con concentraciones

de progesterona que van desde 0,5 g a 1,9 g pudiendo estos últimos utilizarse más de una vez, si son manejados adecuadamente. Recientemente ha surgido una formulación de progesterona natural en vehículo oleoso para uso parenteral. Algunos trabajos realizados con ésta han arrojado resultados similares a las intravaginales (Morales and Cavestany, 2012).

Para inducir la ovulación, al final del protocolo, el momento de la inyección de estradiol dependerá del tipo: si se utiliza BE se recomienda hacerlo unas 50-55 horas luego de retirados los dispositivos intravaginales (Rhodes et al., 2003), mientras que si se utiliza CPE se recomienda hacerlo al día de retirada ya que al liberarse más tardíamente hará el efecto al mismo tiempo del BE dando como ventaja la reducción del manejo de los animales (Uslenghi et al., 2010). Se puede remplazar el BE o CPE por GnRH en el protocolo.

Se debe tener en cuenta que los tratamientos hormonales no pueden acelerar el proceso de recuperación en todos los animales a la vez, por lo tanto es probable que el estado corporal o metabólico de la vaca inmediatamente antes del tratamiento, más que el tratamiento utilizado, contribuya a la fertilidad menor.

### **El uso de gonadotrofina coriónica equina (eCG).**

La eCG es una glicoproteína de larga vida media, que en la vaca tiene un efecto similar a la FSH y LH y podría ser utilizada para estimular el crecimiento de los folículos en los protocolos de sincronización. En Sudamérica, múltiples estudios han demostrado que el tratamiento con eCG incrementa el porcentaje de preñez en vacas con cría con alta incidencia de anestros (Bó et al., 2013). En un estudio en vacas lecheras en anestro, la adicción de 400 UI de eCG en el momento de la inyección de PGF, en un protocolo tipo Ovsynch, aumentó el porcentaje de animales preñados (Bryan et al., 2010). El tratamiento con 400 UI de

eCG aumentó la fertilidad de vacas primíparas que no fueron pres sincronizadas, confirmando que el tratamiento con eCG puede ser beneficioso en vacas que están en postparto temprano o bajo estrés nutricional.

El objetivo de un tratamiento con eCG después de un período de tratamiento con P4 es el de estimular el desarrollo folicular ovárico y la producción de estradiol (Rhodes et al., 2003). Al administrar a las vacas eCG provoca desarrollo y maduración folicular, ovulación y desarrollo viable del cuerpo lúteo (Duffy et al., 2004); además produce cuerpos lúteos accesorios que mejorarían el mantenimiento de la preñez (Thatcher, 2002). Esta adición de eCG a los protocolos de control de anestro basados en P4 y E2 se ha informado como una herramienta útil para mejorar la fertilidad en razas índicas con un alto porcentaje de vacas a cíclicas antes de los 60 días posparto (Baruselli et al., 2004), pero en vacas Holstein hay menos trabajos publicados.

Tabla 2. Resumen de datos publicados sobre el efecto de la adición de eCG en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas lactantes (Traducción). P4 (dispositivo intra vaginal de progesterona); PG (PGF2a o análogos); GnRH (GnRH o análogos); E (cipionato de estradiol) (De Rensis et al., 2014).

Protocolos y sus efectos principales	Dosis eCG (I.U.)	Tasa de ovulación (% n/n)	Tasa de preñez (% n/n)	Referencia
P4(0-8)-E(0)-PG(8)-GnRH(10)-IATF 10 horas después GnRH		82.6 (19/23)	28.9 (56/194)	Souza et al. (2009)
P4-(0-8)-E(0)-PG+eCG(8)-GnRH(10)-FTAI 10 horas después GnRH	400	79.2 (19/24)	33.8* (67/198)	
Vacas con una CC < 2.75 que no recibieron eCG			15.2 (12/79)	
Vacas con una CC < 2.75 que recibieron eCG			38* (30/79)	
El tratamiento con eCG aumentó la tasa de preñez en vacas inducidas a ovular con GnRH y en vacas con menor CC.				
GnRH(0)-PG(7)-GnRH(9)-IATF 16–18 horas después GnRH		98.3 (58/59)	39 (23/59)	Pulley et al. (2013)
GnRH(0)-PG+eCG(7)-GnRH(9)-IATF 16–18 horas después GnRH	400	97.1 (67/69)	35.3 (24/68)	
La adición de eCG no tuvo efecto en las vacas que recibieron un protocolo Presynch-Ovsynch				
P4(0-8)-E(0)-PG(8)-GnRH(10)-FTAI 8 horas después GnRH			26.5 (44/166)	Ferreira et al. 2013
P4(0-8)-E(0)-PG+eCG(8)-GnRH(10)-FTAI 8 horas después GnRH	400		24.4 (35/145)	
P4(0-8)-E(0)-PG+eCG(8)-GnRH(10)-FTAI 8 horas después GnRH	600		31.7 (46/145)	
La adición de 400 o 600 UI de eCG no tuvo efecto en hatos con un bajo porcentaje de vacas con niveles bajos de Condición Corporal				
Estro espontáneo durante la estación fría			43.7 (715/1635)	Garcia-Ispuerto et al. 2013
Estro espontáneo durante la estación cálida			26.6* (109/410)	
P4(0-9)-PG+eCG(9)-GnRH(11)-IATF 12 horas después GnRH (estación fría )	500		32* (161/503)	
P4(0-9)-PG+eCG(9)-GnRH(11)-IATF 12 horas después GnRH (estación cálida)	500		22.3* (69/309)	
P4(0-5)-PG+eCG(5)-GnRH(7)-IATF 12 horas después GnRH (estación fría )	500		39.7/238/600)	
P4(0-5)-PG+eCG(5)-GnRH(7)-IATF 12 horas después GnRH (estación cálida)	500		43.3 (52/120)	
El protocolo 5días P4 logra resultados similares durante la estación fría o cálida a los obtenidos cuando la IA se realiza en celo espontáneo durante la estación fría				

Días de tratamiento entre paréntesis. \*Diferencias significativas (Souza ET AL., 2009; Pulley et al., 2013; Ferreira et al., 2013; Garcia et al., 2012)

## **Importancia de la detección temprana de la gestación**

El propósito de los exámenes de gestación no radican en la identificación de los animales que están gestantes si no en los que no lo están, esto con el fin de poder servirlos nuevamente o descartarlos del hato. Para una producción rentable, las vacas deben parir por primera vez en aproximadamente 24 meses de edad y entregar un ternero anualmente a partir de entonces (Youngquist, 2006).

El costo anual de mantener una vaca varía según la región geográfica, finalidad y de año en año, pero las estimaciones varían de aproximadamente \$ 593.00 (\$ 2.82 costo/vaca/día) (Guthmiller, 2008); es por esta razón que muchas de las decisiones de los dueños de hatos radica en eliminar a las vacas que no cumplen con estos parámetros; aun así hay otros que deciden dejar los animales pero sin justificar económicamente su decisión. Además del gasto de mantenimiento se suman los diferentes tratamientos hormonales, inseminaciones y manejo adicional que pueda tener el animal sin gestarse cada ciclo estral (Youngquist, 2006).

## **Métodos de manejo para el diagnóstico de embarazo**

Existen métodos indirectos de diagnóstico de gestación que utilizan medidas cualitativas o cuantitativas de hormonas o sustancias específicas del concepto en los fluidos corporales maternos como indicadores de una viabilidad. Moléculas y marcadores asociados con el embarazo en el ganado, incluido el factor de embarazo temprano (EPF), genes estimulados por interferón (ISG), progesterona y glucoproteínas asociadas al embarazo (PAG) se han estudiado para el uso específico del diagnóstico precoz del embarazo en bovinos (Pohler et al., 2017).

Las principales técnicas que se utilizan como herramientas para el diagnóstico de preñez en el ganado *Bos taurus* y *Bos indicus* son la palpación rectal (PR) y la ecografía (EG) (Romano et al., 2007); sin embargo, la primera es la más utilizada por la mayoría de técnicos a partir del día 40 posterior a la monta inseminación artificial. Asimismo, la PR tiene la limitante de que se debe hacer un diagnóstico confirmatorio a los 60 días de finalizado el programa de monta o inseminación artificial, generando información poco oportuna para identificar hembras vacías (Ricke, 2002).

La palpación rectal y la ecografía son los métodos directos más utilizados para la detección temprana. Ambas técnicas son eficientes pero requieren un técnico calificado, instrumentos específicos en el caso de la ecografía y proporcionan información estática sobre el estado del embarazo en el momento específico de diagnóstico. En algunas áreas, el apoyo veterinario es limitado y alternativo.

## **Diagnósticos de gestación**

### **Detección del ciclo estral**

Los embriones bovinos señalan su presencia alrededor del día 15 al 17 después de la ovulación, el cuerpo lúteo se mantiene y se suspende el ciclo estral materno. Por lo tanto, el fracaso de una vaca volver al estro 18 a 24 días después de la reproducción sugiere que ha ocurrido la concepción.

Algunas vacas preñadas muestran signos leves a visibles de estro y se piensa que no está embarazada La inseminación artificial de vacas preñadas

puede resultar en aborto si el instrumento de inseminación se pasa completamente a través del canal cervical y las membranas fetales se rompen (Youngquist, 2006).

### **Palpación Rectal**

La palpación del tracto reproductivo a través de la pared rectal (palpación rectal) ha sido la método habitual para el diagnóstico del embarazo desde principios del siglo pasado (Norman et al., 2004).

Método más usado, efectivo y de bajo costo (Pohler et al., 2017). Ésta práctica puede ser realizada a partir de los 45 días post servicio, permitiendo la detección de preñez; la exactitud de la prueba dependerá de la experiencia del examinador. Uno de los primeros y más utilizados métodos para el diagnóstico del embarazo en el ganado implica

Palpación rectal del tracto reproductivo. El examinador, a través de la palpación rectal, debe encontrar en al menos uno de estos cinco signos patognomónicos del embarazo: palpación de la vesícula amniótica, fetal deslizamiento de la membrana, placentomas (cotiledones y carúnculas), el feto en sí mismo o la prominencia del arteria uterina media (Zemjanis, 1962). La palpación rectal también permite estimar la edad embrionaria/fetal y detección de estructuras ováricas como un cuerpo lúteo o folículo. Las desventajas de este método incluyen la necesidad de técnicos calificados y la incapacidad para diagnóstico inminente fracaso del embarazo y / u otras anormalidades durante el embarazo.

### **Ultrasonografía**

Se puede realizar desde el día 26 post servicio, logrando mayor exactitud entre los 30 a 75 días de gestación. La ecografía debe ser realizada por personal

capacitado ya que el manejo del equipo requiere un cuidado especial al ser el ecógrafo un aparato costoso (Rodríguez-Márquez, 2005).

Actualmente la preñez puede ser detectada mediante pruebas serológicas, las cuales permiten diagnosticar vacas gestantes con una muestra ya sea de suero o plasma sanguíneo a 28 días post inseminación. La prueba Elisa mediante el kit IDEXX Visual Pregnancy® facilita la detección temprana de preñez detectando glucoproteínas asociadas a la gestación (PAGs) en el plasma sanguíneo (Idexx, 2018).

Las glicoproteínas asociadas al embarazo (PAG) fueron identificadas por investigadores que buscaban un marcador específico del embarazo que podría usarse para el diagnóstico del embarazo en bovinos. Mientras que los PAG han demostrado ser un marcador confiable para el embarazo, se desconoce su papel fisiológico. Tiene Se ha planteado la hipótesis de que están involucrados con el procesamiento de los factores de crecimiento encontrados en el interfaz placentario-uterina o ayuda con la adhesión del útero y la placenta (Wallace et al., 2015). Producidos por células trofoblásticas binucleadas de la placenta, los PAG ingresan a la madre circulación desde el día 22 al 24 y alcanzar niveles actualmente aceptables para un embarazo preciso diagnóstico en el día 28.

Estudios que comparan la eficacia de PAG ELISA, PAG RIA y la ecografía transrectal reveló resultados comparables para el diagnóstico de preñez en bovinos en el día 28 de gestación, aunque se identificaron algunas diferencias en la capacidad de ciertos ensayos para detectar animales no embarazados (Szenci et al., 1998) (Karen et al., 2015). Hoy, las pruebas comerciales de PAG son extremadamente precisas que proporciona 98 a 99% de lectura verdadera positiva (embarazada) y falso positivo (reportado como embarazada pero no embarazada real) tasas de 1-5%. Sin embargo, algunos falsos positivos puede deberse a



mortalidad embrionaria. Las pruebas actualmente disponibles incluyen BioPRYN (BioTracking LLC. Moscú, ID EE. UU.), Prueba de embarazo bovino IDEXX (IDEXX Laboratories Inc. Westbrook, ME USA) y prueba de embarazo DG29 (Genex Cooperative Inc. Shawano, WI USA). BioPRYN acepta muestras de sangre de vaquillas 25 días después de la IA y vacas 28 días después de la IA; IDEXX recomienda muestras de sangre o leche del día 28 y DG 29 ha sido validado usando muestras de sangre el día 29.

Ventajas de la detección temprana de proteínas asociadas a la gestación (Idexx, 2018)

Identificación temprana de la vaca y/o vaquilla vacía (no preñada); al momento de la visita veterinaria (provee un resultado en tiempo real), muestras de sangre completa (no centrifugado de la muestra), uso de un test que no requiere equipos de laboratorio (bajo costo).

Permite a veterinarios y ganaderos servir nuevamente y temprano lo que incrementa los siguientes parámetros:

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| ✓ Disminución de días abiertos             | ✓ Aumento de la fertilidad del rebaño |
| ✓ Disminución del intervalo entre partos   | ✓ Mayor número de terneras            |
| ✓ Aumento de la tasa de preñez             | ✓ Mayor avance genético               |
| ✓ Aumento de la tasa de detección de celos | ✓ Aumento en la producción de leche   |

Tabla 3. Comparación de tres métodos de diagnóstico de gestación en vacas

<b>Comparación de tres métodos de diagnóstico de gestación en vacas</b>						
<b>Ventajas y desventajas de los tres métodos de las pruebas de gestación</b>						
	Días en que se puede detectar la gestación	Edad del becerro	Sexo del becerro	Necesidad de técnicos	Costo/vaca	Tiempo del resultado
<b>Palpación</b>	35-50 días	Sí	No	Si	\$ 3-10	Inmediato
<b>Ultrasonido</b>	30 días	Si	Posible	Si	\$ 7-15	Inmediato
<b>Pruebas de sangre (PAG)</b>	28-30 días	No	No	No	\$ 3-5	21 minutos

Karen et al., 2015

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del área donde se llevara el proyecto**

La presente investigación se realizó en los meses de abril a junio 2019, en el Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California en la ciudad de Mexicali, Baja California, en el noroeste de México, con una latitud, a una altitud de 10 metros sobre el nivel del mar y en condiciones desérticas.

### **Descripción y manejo de los animales.**

Se utilizaron 15 vacas Holstein; en su segundo tercio de lactación, con una condición corporal de 2.5 en una escala de 1-5, con un promedio de 60 días abiertos y con una media de 3 partos. Las vacas fueron manejadas de la misma forma que el resto del hato ganadero, alimentadas 2 veces al día con una dieta a base de alfalfa y concentrado comercial, agua *ad libitum*, siendo ordeñadas dos veces al día.

El experimento tuvo una duración aproximadamente de 80 días para la sincronización, inseminación, toma de muestras y diagnóstico de preñez por detección de proteínas tempranas de la gestación, ultrasonografía y palpación rectal.

### **Sincronización de estro**

Se consideraron 12 días para la sincronización individual de estro, tomando como día 0 la primera aplicación de GnRH a razón de 200 µg/animal, vía I.M; el día 10 se aplicó PGf2α, 25 mg por cabeza, más 500 U.I. de GCe /animal, vía I.M., el día 12 se aplicó nuevamente GnRH a razón de 200 µg/animal, vía I.M, realizando la Inseminación Artificial a tiempo fijo 16 horas después de esta última aplicación.

Tabla 4. Protocolo de Sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo, (IATF).

<b>Día 0</b>	<b>Día 10</b>	<b>Día 12</b>	<b>16 horas después día 12</b>
<b>GnRH a razón de 200 µg/animal, vía I.M</b>	PGf2α, 25 mg por cabeza, más 500 U.I. de GCe /animal, vía I.M	GnRH a razón de 200 µg/animal, vía I.M	I.A.T.F.

### **Diagnóstico de Gestación**

Detección de celo visual y por marcaje de cola. Los animales que presentaron signos de celo se re-inseminaron (del día 18 al 23 post IATF). El día 28 post inseminación artificial se recolectaron muestras de sangre de la vena coccígea, utilizando agujas vacutainer calibre 21; la muestra se depositó en tubos de ensayo con EDTA (4ml aproximadamente) para la realización de IDEXX bovine pregnancy test® de las vacas que no presentaron celo. El día 38 se realizó el diagnóstico de gestación por ultrasonografía, utilizando el equipo de ultrasonografía con el equipo portátil EXAGO®. El día 48 se realizó el diagnóstico de gestación, través de palpación rectal.

A los 28 días después de la segunda inseminación a las vacas que presentaron celo se les realizaron los diagnósticos de detección de proteínas

tempranas de la gestación, a los 38 ultrasonografía y a los 48 días palpación rectal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sincronización de estro

La Inseminación Artificial a tiempo Fijo (IATF) así como los protocolos Ovsynch se han desarrollado para disminuir la dependencia de la detección de estro en programas de reproducción (Pursley et al., 1995); Sin embargo, incluso con el aumento de las tasas de preñez de la Inseminación Artificial, la baja fertilidad de las vacas lecheras en lactancia sigue siendo un problema después de IATF (Souza et al., 2007).

A la Inseminación Artificial a Tiempo Fijo solo se logró la gestación de uno de los animales, esto representa solo es 7% de las vacas que entraron al programa de sincronización, sin embargo esto reactiva la ciclicidad de los animales y aumento la cantidad de animales gestantes que presentaron celo natural después de la I.A.T.F. representando el 33%; debemos tener en cuenta que el éxito de estos programas va ligado a otros factores como la nutrición (condición corporal), manejo y ambiente, además de las patologías individuales que puedan presentar los animales tomando en cuenta que los días abiertos en promedio superaban los 90 días.

Tabla 5. Días abiertos de las vacas al momento de la I.A.T.F.

<b>N°</b>	<b>N° de Vaca</b>	<b>Días Abiertos</b>
<b>1</b>	92	52
<b>2</b>	137	73
<b>3</b>	142	180
<b>4</b>	154	59
<b>5</b>	156	54
<b>6</b>	169	143
<b>7</b>	174	55
<b>8</b>	184	171
<b>9</b>	188	129
<b>10</b>	202	72
<b>11</b>	213	70
<b>12</b>	218	151
<b>13</b>	222	48
<b>14</b>	237	44
<b>15</b>	506	74
<b>Promedio</b>		91.6666667

Estudios previos (Pancarci et al. 2002;Gümen et al., 2003; Galvao et al., 2004) han demostrado que las vacas con una baja condición corporal tienen mayor probabilidad de ser anovulares. Por ejemplo, Gümen et al. (2003) reportaron que aproximadamente el 40% de las vacas con condición corporal menor o igual a  $\leq 2.5$  eran anovulares, en comparación con aproximadamente el 20% de las vacas con condición corporal mayor que  $\geq 2.75$ . La variabilidad de la tasa de preñez observada en experimentos adicionando eCG, también demuestra

que la tasa de ovulación puede ser mayor indicando que aunque esta exista la ovulación no indica se dará o mantendrá la gestación.

Tabla 6. Resumen de datos publicados sobre el efecto de la adición de eCG en los protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) en vacas lactantes, énfasis en la tasa de preñez y de ovulación.

Dosis eCG (I.U.)	Tasa de ovulación (% , n/n)	Tasa de preñez (% , n/n)	Referencia
	82.6 (19/23)	28.9 (56/194)	Souza et al. (2009)
400	79.2 (19/24)	33.8* (67/198)	
	CC < 2.75	15.2 (12/79)	
400		38* (30/79)	
	98.3 (58/59)	39 (23/59)	Pulley et al. (2013)
400	97.1 (67/69)	35.3 (24/68)	
		26.5 (44/166)	Ferreira et al. (2013)
400		24.4 (35/145)	
600		31.7 (46/145)	
		43.7 (715/1635)	Garcia-Ispuerto et al. (2013)
		26.6* (109/410)	
500		32* (161/503)	
500		22.3* (69/309)	
500		39.7/238/600)	
500		43.3 (52/120)	

### Detección Glicoproteínas Asociadas a la Gestación – PAGs

En el presente experimento se llevaron a cabo diferentes diagnósticos de gestación, en diferentes días y con diferentes metodologías a continuación se detallan los resultados de cada diagnóstico. Después de la realización de la prueba se sometió a la lectura arrojando los siguientes resultados según las fechas, 28 días después de inseminadas:



Tabla 7. Resultado prueba de IDEXX bovine pregnancy test®

<b>N° Vaca</b>	<b>15/05/2018</b>	<b>5/06/2018</b>	<b>25/06/2018</b>
<b>142</b>	Negativa	N/A	N/A
<b>184</b>	N/A	Positiva	N/A
<b>218</b>	N/A	Positiva	N/A
<b>169</b>	N/A	Positiva	N/A
<b>188</b>	Positiva	N/A	N/A
<b>92</b>	Negativa	N/A	Positiva
<b>137</b>	N/A	Positiva	N/A
<b>154</b>	Negativa	N/A	N/A
<b>156</b>	Negativa	N/A	N/A
<b>174</b>	Negativa	N/A	Negativa
<b>202</b>	Negativa	N/A	N/A
<b>213</b>	N/A	Negativa	Negativa
<b>222</b>	N/A	Positiva	N/A
<b>237</b>	Negativa	N/A	N/A
<b>506</b>	Negativa	N/A	N/A

N/A: No Aplica

### **Diagnóstico de gestación mediante palpación rectal y ultrasonografía**

Se realizó ultrasonografía y palpación rectal como métodos de diagnóstico a los 38 y 48 días después de la inseminación artificial según el caso de cada una de las vacas

Tabla 8. Tabla de resultado de diagnóstico de gestación a través de ultrasonografía y palpación rectal

	PR	US	PR	US	PR	US
<b>N°</b>	25/05/2018	05/06/2018	15/06/2018	25/06/2018	5/07/2018	15/07/2018
<b>142</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>184</b>	N/A	N/A	Gestante	Gestante	N/A	N/A
<b>218</b>	N/A	N/A	Gestante	Gestante	N/A	N/A
<b>169</b>	N/A	N/A	Gestante	Gestante	N/A	N/A
<b>188</b>	Gestante	Gestante	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>92</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	Gestante	Gestante
<b>137</b>	N/A	N/A	Gestante	Gestante	N/A	N/A
<b>154</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>156</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>174</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	Vacía	Vacía
<b>202</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>213</b>	N/A	N/A	Vacía	Vacía	Vacía	Vacía
<b>222</b>	N/A	N/A	Gestante	Gestante	N/A	N/A
<b>237</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>506</b>	Vacía	Vacía	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 9. Comparación resultados de los tres métodos de diagnóstico

Método de Diagnóstico	Total animales	Gestantes	Porcentaje
IDEXX Bovine Pregnancy®	15	7	47%
Ultrasonografía transrectal	15	7	47%
Palpación Rectal	15	7	47%

Del 100% de las vacas inseminadas solo el 47% (7/15) de los animales fue diagnosticado como gestante, esto tomando en cuenta que el 7% quedo gestante

a la primera I.A. el 33% en la segunda I.A. y otro 7% en la tercera Inseminación artificial.

Todos los métodos diagnósticos utilizados arrojaron como resultados los mismos animales gestantes, demostrando que la detección de PAGs a los 28 días de gestación representa una alternativa viable para que los productores puedan utilizarle como herramienta de diagnóstico, esto con el fin de reducir días abiertos, intervalos entre partos, disminuir costos de mantenimiento y aumentar el número de partos por años.

Silva et al. (2007) determinaron la precisión de una prueba de Elisa (Glucoproteínas asociadas a la gestación) mediante la comparación del diagnóstico de gestación a través de ultrasonografía el día 27 después de la inseminación artificial de los animales, la ultrasonografía fue tomada como estándar de oro, arrojando resultados muy similares concluyendo al igual que en nuestro estudio que la prueba de PAGs es confiable como diagnóstico temprano de la gestación de la hembra bovina, El PAG ELISA utilizado para la determinación de la concentración de PAG en vacas tuvo una precisión de 93.7 a 96.2% 27 días después de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo y es similar a la precisión de la ultrasonografía (93.7 a 97.8%).

## CONCLUSIONES

La detección de PAGs a los 28 días de gestación representa una alternativa viable para que los productores puedan utilizarle como herramienta de diagnóstico, esto con el fin de reducir días abiertos, intervalos entre partos, disminuir costos de mantenimiento y aumentar el número de partos por año.

Los protocolos de sincronización de estro e inseminación artificial a tiempo fijo deben ir de la mano con la nutrición y manejo del hato para poder lograr los objetivos, aunque la adición de la hormona gonadotropina coriónica equina no reflejara un impacto positivo en el presente experimento se debe tener en cuenta que la gestación no es un indicativo suficiente que garantice si hubo o no la concepción y esta no se pudo mantener hasta el día 28.

## LITERATURA CITADA

- Alberio, R., y Butler, H. 2001. Sincronización de los celos en hembras receptoras. En G. A. Palma, *Biología de la reproducción* (págs. 61-77). Balcarce, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
- Baruselli, O., Reis, E., Marques, M., Nasser, L., and Bó, G. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. *Anim Reprod Sci.* 82:479–486.
- Baruselli, P. S., Martins, C. M., de Sa´ Filho, M. F., Nasser, L. F., Nogueira, M. F., Barros, C. M., and Bó, G. A. 2006. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology.* 65:77–88.
- Bó, G. A. 2014. Control farmacológico del ciclo estral para IATF en vacas de cría: estado del arte. *Jornadas Tauros.* 94:76-94.
- Bó, G., Baruselli, P., and Mapletoft, R. 2013. Synchronization techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. *Anim Reprod Sci.* 10:137-142.
- Bó, G., Moreno, D., Cutaia, L., Caccia, M., Tríbulo, R., Baruselli, P., and Tríbulo, H. 14 de abril de 2011. *researchgate.net*. Obtenido de *researchgate.net*: [https://www.researchgate.net/publication/268263800\\_TRANSFERENCEIA\\_D\\_E\\_EMBRIONES\\_A\\_TIEMPO\\_FIJO\\_UTILIZANDO\\_RECEPTORAS\\_CEBU](https://www.researchgate.net/publication/268263800_TRANSFERENCEIA_D_E_EMBRIONES_A_TIEMPO_FIJO_UTILIZANDO_RECEPTORAS_CEBU)
- Bryan, M., Bo, G., Heuer, C., and Emslie, F. 2010. Use of equine chorionic gonadotrophin in synchronised AI of seasonal-breeding, pasture-based, anoestrous dairy cattle. *Reprod. Fertil. Dev.* 22:126-131.
- Burke, C., Mussard, M., Grum, D., and Day, M. 2001. Effects of maturity of the potential ovulatory follicle on induction of estrus and ovulation in cattle with estradiol benzoate. *Anim Reprod Sci.* 66:151-160.

- Cavestany, D. 2010. Inducción de celos e inseminación artificial en vacas de leche en anestro una nueva aproximación a un viejo problema. *Taurus* 12:24-34.
- De Rensis, F., and Lopez-Gatius, F. 2014. Use of Equine Chorionic Gonadotropin to Control Reproduction of the Dairy Cow: A Review. *Reproduction in Domestic Animals*. 49:177-182.
- DrosPand, M. T. 1992. Application of gonadotrophin releasing hormone as therapeutic agent in animal reproduction. *Anim Reprod Sci.* 28: 11-19.
- Duffy, P., Crowe, M., Austin, E., Mihm, M., Boland, M., and Roche, J. 2004. The effect of eCG or estradiol at or after norgestomet removal on follicular dynamics, estrus and ovulation in early post-partum beef cows nursing calves. *Theriogenology*. 61:725-734.
- EstroTECT. 25 de Agosto de 2014. As good as a bull. Obtenido de ESTROTECT™ Breeding Indicators: <http://estroTECT.com/proven-performance/>
- Ferreira, R., Ayres, H., Sales, J., Souza, A., Rodrigues, C., and Baruselli, P. 2013. Effect of different doses of equine chorionic gonadotropin on follicular and luteal dynamics and P/AI of high-producing Holstein cows. *Anim Reprod Sci*. 140:26-33.
- Ferrugem Moraes, J. C. 2008. *Biotécnicas Aplicadas à Reprodução Animal*, Chapter: Controle do Estro e da Ovulação em Ruminantes (2da ed., Vol. 2). (P. B. Gonçalves, Ed.) São Paulo, Estado de São Paulo, Brasil: Roca. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283730117\\_Controlo\\_do\\_Estro\\_e\\_da\\_Ovulacao\\_em\\_Ruminantes](https://www.researchgate.net/publication/283730117_Controlo_do_Estro_e_da_Ovulacao_em_Ruminantes)
- Galvao, K. N., Santos, J. E., Juchem, S. O., Cerri, R. L., Coscioni, A. C., and Villasenor, M. 2004. Effect of addition of a progesterone intravaginal insert to a timed insemination protocol using estradiol cypionate on ovulation rate, pregnancy rate, and late embryonic loss in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci*. 82:3508–3517.

- Garcia-Ispuerto, I., Lopez, H. I., Martino, A., and Lopez-Gatius, F. 2012. Reproductive performance of anoestrous high-producing dairy cows improved by adding equine chorionic gonadotrophin to a progesterone-based oestrous synchronizing protocol. *Reproduction Domestic Animal*. 47: 752–758.
- Giraldo, J. J. 2008. Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. *Revista Lasallista de Investigación*. *Revista Lasallista de Investigación*. 5:90-99.
- Gregory, R., Melo, L., Beskow, A., Mattos, R., Jobim, M., and Gregory, J. 2009. Dinâmica folicular e uso de hormonioterapias na regulação do ciclo estral na vaca. *Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*. 6:29-35.
- Gümen, A., Guenther, J. N., and Wiltbank, M. C. 2003. Follicular Size and Response to Ovsynch Versus Detection of Estrus in Anovular and Ovular Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86: 3184–3194.
- Guthmiller, D. 2008. "Custom Beef Cow Wintering/Dry Lot Cost. Extension Extra, Paper 167. Obtenido de s at: [http://openprairie.sdstate.edu/extension\\_extra](http://openprairie.sdstate.edu/extension_extra)
- Huanca, W. 2001. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en Vacas Lecheras. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12:161-163. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v12n2/a20v12n2.pdf>
- Idexx, L. 13 de mayo de 2018. Idexx test whit confidence. Obtenido de <http://www.idexx.es/livestock-poultry/ruminant/lpd-bovine-pregnancy-test.html>
- FAO, International Dairy Federation, Food and Agriculture Organisation of United Nations. 2016. The Dairy Declaration. World Dairy Summit. Rotterdam. Recuperado el 24 de Octubre de 2017, de <http://www.dairydeclaration.org/#1392810-english>

- Karen, A., De Sousa, N. M., Beckers, J.-F. o., Bajcsya, Á. C., Tibolde, J., Mádl, I., and Szenci, O. 2015. Comparison of a commercial bovine pregnancy-associated glycoprotein ELISA test and a pregnancy-associated glycoprotein radiomimmunoassay test for early pregnancy diagnosis in dairy cattle. *Anim Reprod Sci.* 159:31-37.
- Kastelic, J. P., and Ginther, O. 1991. Factors affecting the origin of the ovulatory follicle in heifers with induced luteolysis. *Anim Reprod Sci.* 26:13-24.
- Kizur, A. P.M.C. 2003. Eficiencia en el uso del protocolo de sincronización "Ovsynch" con resincronización en Búfalos en el NEA Argentino. Obtenido de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas : <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/04-Veterinarias/V-041.pdf>
- López, H. 2017. [absmexico.com.mx](http://www.absmexico.com.mx). Obtenido de [absmexico.com.mx](http://www.absmexico.com.mx): <http://www.absmexico.com.mx/docs/consider.pdf>
- McDougall, S. 2001. Reproductive performance of anovulatory anoestrous postpartum dairy cows following treatment with two progesterone and oestradiol benzoate-based protocols, with or without resynchrony. *New Zealand Veterinary Journal.* 49:187–194.
- McDougall, S., Compton, C., Hanlon, D., Davidson, P., Sullivan, D., Gore, A., and Anniss, F. 2005. Reproductive performance in anestrous dairy cows following treatment with two protocols and two doses of progesterone. *Theriogenology.* 63:1529–1548.
- Morales, J., and Cavestany, D. 2012. Anestro posparto en vacas lecheras: tratamientos hormonales. *Veterinaria (Montevideo).* 48:19-27.
- Moreira, F., Orlandi, C., Risco, C., Mattos, R., Lopes, F., and Thatcher, W. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J. of Dairy Sci.* 84: 1646-1659.



- Norman, D. S. and Jephcott, D. S. 2004. Pregnancy Diagnosis in Cattle. AVA House Eight Mile Plains QLD: Australian Association of Cattle Veterinarians (AACV).
- Palomares, G. S. 2009. Revisión de los protocolos empleados en la sincronización de celos en bovinos. Tesis , Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia , Bogota, Colombia. Recuperado el 15 de marzo de 2018, de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/103/1/202617.pdf>
- Pancarci, S. M., Jordan, E. R., Risco, C. A., Schouten, M. J., Lopes, F. L., Moreira, F., and Thatcher, W. W. 2002. Use of Estradiol Cypionate in a Presynchronized Timed Artificial Insemination Program for Lactating Dairy Cattle. *J. of Dairy Sci.* 85:122–131.
- Peña, D. M. 3 de abril de 2015. Inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos. Revista Cebú, 2. Obtenido de Revista Cebú: [http://revistacebu.com/index.php?option=com\\_k2andview=itemandid=254:ci-clo-estral-fundamentos-para-su-manipulacionandItemid=425](http://revistacebu.com/index.php?option=com_k2andview=itemandid=254:ci-clo-estral-fundamentos-para-su-manipulacionandItemid=425)
- Pohler, K., Franco, G., Reese, S., and Payton, R. a. 29-30 de Agosto de 2017. Pregnancy Diagnosis in Cattle: When, Why and How. Recuperado el 2019, de Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle: [http://www.appliedreprostrategies.com/2017/proceedings/Pohler\\_Ky.pdf](http://www.appliedreprostrategies.com/2017/proceedings/Pohler_Ky.pdf)
- Poodts, G. 2008. Sitio Argentino de Producción Animal. Obtenido de Esquemas de sincronización de celo: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/139-esquemas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/139-esquemas.pdf)
- Pulley, S., Wallace, L., Mellieon, H., and Jr Stevenson, J. 2013. Ovarian characteristics, serum concentrations of progesterone and estradiol, and fertility in lactatingdairy cows in response to equine chorionic gonadotropin. *Theriogenology.* 79:127-134.

- Pursley, J., Wiltbank, M., Stevenson, J., Ottobre, J., Garverick, H., and Anderson, L. 1997. Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a synchronized ovulation or synchronized estrus. *J. of Dairy Sci.* 80:295-300.
- Pursley, J., Meez, M., and Wiltbank', M. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PgF2, and GnRh. *Theriogenology, An International J of Anim Reprod.* 44:915-923.
- Raso, M. 2012. Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (I.A.T.F). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 203-206. Obtenido de [https://inta.gov.ar/sites/default/files/scriptmpinta\\_ganaderia46\\_inseminacion\\_ovina.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/scriptmpinta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf)
- Rhodes, F., McDougall, S., Burke, C., Verkerk, G., and Macmillan, K. 2003. Invited review: treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J. Dairy Sci.* 86:1876–1918.
- Rhodes, F., McDougall, S., Burke, C., Verkerk, G., and Macmillan, K. 2003. Invited review: treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J. of Dairy Sci.* 86:1876–1918.
- RICKE, P. 2002. Scanning the Future - Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 85:1918-1926.
- Rippe, C. A. 2009. EL CICLO ESTRAL. Dairy Cattle Reproduction Conference, 111-115.
- Rivas, L. P., Suárez, L., and Ramírez, C. 2011. Influencia de las hormonas metabólicas y la nutrición en el desarrollo folicular en el ganado bovino: implicaciones prácticas. *Revista Colombiana de Medicina Veterinaria* 21: 155-173.
- Rodríguez-Márquez, J. M. 2005. Manual de Ganadería Doble Propósito: diagnóstico precoz de gestación (Vol. 1). (C. González-Stagnaro, and E. Soto-Belloso, Edits.) Maracaibo, Venezuela: Astro Data. Recuperado el 11

de mayo de 2018, de  
[http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manual-ganaderia/seccion6/articulo5-s6.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion6/articulo5-s6.pdf)

Romano, J., Thompson, J., Forrest, D., Westhusin, M., Tomaszewski, M., and Kraemer, D. 2007. Early pregnancy diagnosis by transrectal ultrasonography in dairy cattle. *Theriogenol.* 67:486-489.

SAGARPA. 2017. Avance mensual de la producción pecuaria año 2016, producción ganadera. Ciudad de Mexico. Recuperado el 5 de noviembre de 2017, de  
[http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp)

Shearer, J. 2003. Reproductive Anatomy and Physiology of Dairy Cattle. Animal Science Department, Florida Cooperative Extension Service, disponible en:  
<https://ufdc.ufl.edu/IR00004752/00001>.

SIAP (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). SADER (Secretaria de Agricultura y desarrollo Rural). 2018. Panorama de la leche en México. Trimestral, Ciudad de México. Recuperado el 8 de agosto de 2019, de  
<http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Panorama%20de%20Leche%20octubre-diciembre%202018.pdf>

SIAP. 2015. Producción y valor de la producción de leche bovino por entidad federativa. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Ciudad de México.

Silva, E., Sterry, R. A., Kolb, D., Mathialagan, N., McGrath, M. F., Ballam, J. M., and M, F. 2007. Accuracy of a Pregnancy-Associated Glycoprotein ELISA to Determine Pregnancy Status of Lactating Dairy Cows Twenty-Seven Days After Timed Artificial Insemination. *J. Dairy Sci.* 90:4612–4622.

Souza, A. H., Gümen, A., Silva, E. P., Cunha, A. P., Guenther, J. N., and M, P. C. 2007. Supplementation with Estradiol-17 $\beta$  Before the Last GonadotropinReleasing Hormone Injection of the Ovsynch Protocol in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90: 4623–4634.

- Souza, A., Viechneski, S., Lima, F., Silva, F., Araujo, R., Bó, G., Baruselli, P. 2009. Effects of equine chorionic gonadotropin and type of ovulatory stimulus in timed-AI protocol on reproductive responses in dairy cow. *Theriogenology*. 72:10-21.
- Szenci, O., Beckers, J., Humblot, P., Sulon, J., Sasser, G., Taverne, M., Schekk, G. 1998. Comparison of ultrasonography, bovine pregnancy-specific protein B, and bovine pregnancy-associated glycoprotein 1 tests for pregnancy detection in dairy cows. *Theriogenology*. 50:77-88.
- Thatcher WW, M. F. 2002. Strategies to optimize reproductive efficiency by regulation of ovarian function. *Domest Anim Endocrinol*. 23:243–54.
- Thatcher, W. W. 2004. Utilização de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) como estratégia para aumentar a tasa de prenhez em vacas leiteiras em lactação. Utilização de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) como estratégia para aumentar a tasa de prenhez em vacas leiteiras em lactação. (págs. 18-20). Uberlandia.
- Thatcher, W., Patterson, D., Moreira, I., Pancarci, M., and Jordan, E. 2001. Current concepts for estrus synchronization and timed insemination. *Proc AABP*. 34: 95–105.
- Uslenghi, G., Chayer, R., y Callejas, S. 2010. Reproducción en vacas: Efectividad del cipionato de estradiol inyectado al final de un tratamiento con progesterona sobre la eficiencia reproductiva. *Revista Veterinaria*. 21:55-58.
- Wallace, R. M., Pohler, K. G., Smith, M. F., and Green, J. A. 2015. Placental PAGs: gene origins, expression patterns, and use as markers of pregnancy. *Reproduction*. 149:115-126.
- Xu, Z., McKnight, D. J., Vishwanath, R. C., Pitt, J., and Burton, L. J. Noviembre de 1998. Estrus Detection Using Radiotelemetry or Visual Observation and Tail Painting for Dairy Cows on Pasture. *J. of Dairy Sci*. 81:2890-2896.

Youngquist, R. S. 2006. Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle. Pregnancy Diagnosis, (pags. 329-338). Missouri, Columbia, MO. Obtenido de [https://beefrepro.unl.edu/proceedings/2006stjoe/23\\_stjoe\\_usound\\_youngquist.pdf](https://beefrepro.unl.edu/proceedings/2006stjoe/23_stjoe_usound_youngquist.pdf)

Zemjanis, R. 1962. Diagnostic and therapeutic techniques in animal reproduction. Baltimore, MD: The William and Wilikins Company.