

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



Fertilidad de vacas Holstein posparto a diferentes dosis de GnRH bajo un protocolo  
Doble – Ovsynch

**Por:**

**FRANCIS MARLEN MENDOZA CASAS**

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2023

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

Fertilidad de vacas Holstein posparto a diferentes dosis de GnRH bajo un protocolo  
Doble – Ovsynch

POR:

**Francis Marlen Mendoza Casas**

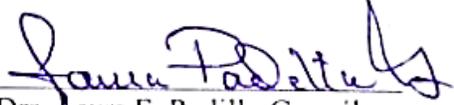
TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener  
el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
Dr. Joel Ventura Ríos  
Director

  
Dra. Laura E. Padilla González  
Co – Director

  
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos  
Asesor

  
Ing. Ricardo Deyta Monjaras  
Suplente

  
M.C. Pedro Carillo López  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2023



## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por acompañarme en todo momento y nunca dejarme sola, por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por no dejarme caer y darme la fuerza para continuar, al igual que para nunca perder la fé, por cuidarme, protegerme y guiarme durante el transcurso de mi vida. Gracias Dios por darme salud, fuerza y sabiduría para concluir satisfactoriamente mi licenciatura.

A mi Alma, Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por otorgarme la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura y lograr alcanzar una de metas. Al igual que a todos los docentes de la escuela por trasmitirme sus conocimientos y experiencias necesarias.

Al Dr. Joel Ventura Ríos, por haber puesto su confianza en mí para la realización de este trabajo de investigación, por trasmitirme sus conocimiento y enseñanzas, por su disposición, asesoría y apoyo a lo largo de la realización de este trabajo.

Dra. Laura E. Padilla Gonzalez, M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos y el Ing. Ricardo Deyta Monjaras, que con sus acertadas observaciones y sugerencias enriquecieron dicho documento.

A la Ing. María Fernanda Martínez Hernández, por su apoyo incondicional en la revisión y sugerencias que permitieron enriquecer la presente tesis.

A la compañía Dairy Health y a sus trabajadores, por apoyarme en todo momento durante la realización de este trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

Mi principal dedicatoria es dirigida a mi madre María Maribel Casas Onofre por ser el ser humano más maravilloso del mundo, por siempre guiarme, consolidar mis tristezas, celebrar mis logros, por todos sus esfuerzos y sacrificios que ha hecho, por todos los consejos que me ha brindado y me han permitido crecer como persona y superarme día a día, por estar siempre que la necesitaba y sobre todo por enseñarme que siempre hay que ser fuertes y salir adelante ante cualquier situación que la vida nos ponga, por más difícil que sea.

A mi padre Isidro Mendoza Juárez por enseñarme el valor del trabajo duro, por brindarme su apoyo para continuar siempre con mis estudios, por sus valiosos consejos y por hacer lo posible y hasta lo imposible porque nunca me faltara nada.

En general gracias a los dos por haberme apoyado de forma incondicional, por enseñarme desde pequeña a ser fuerte y siempre luchar por alcanzar mis sueños y metas. Por ser quienes han fomentado en mí el deseo de superarme e intentar siempre dar lo mejor de mí. Además, de haberme brindado muy valiosos consejos que me han ayudado a tomar muchas decisiones en mi vida. Gracias por todo.

### **A MI HERMANA**

Julissa Guadalupe quien siempre ha estado conmigo cuando necesito de ella, por brindarme consejos, por ser un gran ejemplo de constancia y superación, por motivarme siempre ha salir adelante, por su apoyo, paciencia y comprensión.

## **CURRICULUM VITAE**

La autora nació el 04 de octubre de 1999 en Saltillo, Coahuila. México.

### **FORMACIÓN ACADEMICA**

2015 – 2017	Estudios de preparatoria, Instituto de Ciencias y Humanidades, Salvador González Lobo Saltillo, Coahuila.
Febrero – Mayo, 2022	Prácticas profesionales, Agropecuaria Lula SPR de RL de CV. Unidad de producción lechera “El compás”. Municipio de Gómez Palacio del Estado de Durango.
2017 – 2022	Estudios de Licenciatura. División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, mayo del 2023

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado “Fertilidad de vacas Holstein posparto a diferentes dosis de GnRH bajo un protocolo Doble – Ovsynch” es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respeten los derechos del autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo.

Atentamente



Francis Marlen Mendoza Casas

# **Fertilidad de vacas Holstein posparto a diferentes dosis de GnRH bajo un protocolo Doble – Ovsynch**

Francis Marlen Mendoza Casas<sup>1</sup>

## **RESUMEN**

El objetivo fue evaluar la dosis de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble-Ovsynch en los parámetros reproductivos de vacas Holstein posparto considerando las principales patologías de la vaca lechera. El estudio se realizó en Gómez Palacio, Durango, durante los meses de enero a abril del 2022. Se evaluaron ocho tratamientos diferentes utilizando el protocolo Doble-Ovsynch. Los tratamientos: T1, T3, T5 y T7, se les aplicó una dosis de 2.5 ml en el día 17 del protocolo Doble Ovsynch. Los tratamientos: T2, T4, T6 y T8, se les aplicó una dosis de 5.0 ml en el día 17 del protocolo Doble Ovsynch. Se utilizaron dos diseños experimentales y un análisis de frecuencia. La mayor incidencia de enfermedades clínicas posparto fue la mastitis (5.0%). La mejor tasa de concepción y tasa de preñez se obtuvo en el tratamiento tres que fue de 58.3%, respectivamente, ( $p < 0.05$ ). En las vacas saludables no hubo efecto significativo ( $p > 0.05$ ) del incremento de la dosis de GnRH sobre la tasa de concepción y tasa de preñez. En los días abiertos no se modificó ( $p > 0.05$ ) al incrementar la dosis de GnRH considerando las principales patologías posparto. El tratamiento cuatro mostró el 50% de la tasa de abortos ( $p < 0.05$ ). Sincronizar la ovulación utilizando 2.5 ml de GnRH en el día 17 del protocolo Doble Ovsynch en la vaca lechera tiene un costo de 255.8 pesos en moneda nacional.

**Palabras clave:** Patologías, fertilidad, PGF2 $\alpha$ , GnRH, Doble-Ovsynch, Ovsynch.

---

<sup>1</sup> Alumna de Licenciatura. Trabajo de tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Departamento de Producción Animal. División de Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Los datos publicados en esta tesis fueron autorizados por la empresa Dairy Health & Management Services México, para su publicación del presente proyecto de investigación.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the dose of GnRH in the third application of the Double-Ovsynch protocol in the reproductive parameters of postpartum Holstein cows considering the main pathologies of the dairy cow. The study was carried out in Gómez Palacio, Durango, during the months of January to April 2022. Eight different treatments were evaluated using the Double-Ovsynch protocol. The treatments: T1, T3, T5 and T7, a dose of 2.5 ml was applied on day 17 of the Double Ovsynch protocol. The treatments: T2, T4, T6 and T8, a dose of 5.0 ml was applied on day 17 of the Double Ovsynch protocol. Two experimental designs and a frequency analysis were used. The highest incidence of clinical diseases postpartum was mastitis (5.0%). The best conception rate and pregnancy rate were obtained in treatment three, which was 58.3%, respectively, ( $p < 0.05$ ). In healthy cows there was no effect ( $p > 0.05$ ) of increasing the GnRH dose on conception rate. On open days it did not change ( $p > 0.05$ ) by increasing the dose of GnRH considering the main postpartum pathologies. Treatment four showed 50% of the abortion rate ( $p < 0.05$ ). Synchronizing ovulation using 2.5 ml of GnRH on day 17 of the Double Ovsynch protocol in the dairy cow has a cost of 255.8 pesos in national currency.

**Key words:** Pathologies, fertility, PGF $2\alpha$ , GnRH, Double-Ovsynch, Ovsynch.

## INDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo general .....	16
1.1.2 Objetivos particulares .....	16
1.2 HIPÓTESIS .....	16
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	17
2.1 Enfermedades asociadas con la fertilidad de la vaca Holstein posparto .....	17
2.1.1 Patologías de índole inmunológico.....	18
2.1.1.1 Retención de membranas fetales (RMF).....	18
2.1.1.2 Metritis.....	19
2.1.1.3 Endometritis.....	20
2.1.1.4 Piometra .....	21
2.1.1.5 Mastitis.....	22
2.2 Parámetros reproductivos en la vaca lechera.....	23
2.2.1 Edad a la pubertad (EP) .....	24
2.2.2 Edad al primer servicio (EPS) .....	25
2.2.3 Edad al primer parto (EPP).....	26
2.2.4 Intervalo parto al primer servicio (IPPS) .....	26
2.2.5 Intervalo parto-concepción (IPC) .....	27
2.2.6 Intervalo entre partos (IEP).....	28
2.2.7 Tasa de concepción (TC) .....	29
2.2.8 Servicios por concepción (SPC) .....	29
2.2.9 Tasa de preñez (TP) .....	30

2.3	Protocolos más usados en la sincronización de estros.....	30
2.3.1	Sincronización del estro con prostaglandinas .....	31
2.3.2	Sincronización de estro con progestágenos .....	32
2.3.3	Sincronización de estros usando GnRH y PGF2 $\alpha$ .....	34
2.4	Protocolos para sincronizar la ovulación.....	34
2.4.1	Protocolo Co-Synch 5 días .....	35
2.4.2	Protocolo basado en GnRH y PGF2 $\alpha$ .....	36
2.5	Modificaciones del protocolo Ovsynch.....	37
2.5.1	Presynch-Ovsynch con dos aplicaciones de PGF2 $\alpha$ .....	37
2.5.2	Presynch-Ovsynch aplicaciones de PGF2 $\alpha$ y GnRH.....	38
2.5.3	Protocolo Doble-Ovsynch.....	39
2.6	Dinámica ovárica con el Ovsynch .....	40
2.7	Dinámica ovárica con el Doble-Ovsynch.....	41
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
3.1	Descripción del sitio experimental .....	42
3.2	Condiciones del clima durante el experimento.....	42
3.3	Manejo de animales y alimentación .....	42
3.4	Grupos experimentales .....	44
3.5	VARIABLES evaluadas .....	46
3.6	Diseño experimental y análisis de frecuencia.....	48
3.7	Estimación de costos por vaca sincronizada.....	49
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>50</b>
4.1	Incidencia de enfermedades.....	50
4.2	Tasa de concepción y tasa de preñez con diferente concentración de GnRH.....	52

4.3 Días abiertos .....	57
4.4 Tasa de aborto .....	59
4.5 Estimación de los costos por vaca sincronizada .....	61
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	62
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	63
<b>VII. ANEXOS</b> .....	81

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Índices zootécnicos establecidos para estimar la tasa de servicios, tasa de concepción, tasa de preñez, tasa de abortos y días abiertos en ganado lechero.....	47
<b>Cuadro 2.</b> Incidencia de enfermedades clínicas en vacas lecheras en condiciones estabuladas durante el posparto temprano.....	51
<b>Cuadro 3.</b> Estado fisiológico de vacas lecheras en condiciones estabuladas durante el posparto temprano.....	52
<b>Cuadro 4.</b> Tasa de servicios, tasa de concepción y tasa de preñez de vacas lecheras al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch considerando las principales patologías posparto en condiciones estabuladas.....	54
<b>Cuadro 5.</b> Tasa de servicios, tasa de concepción y tasa de preñez de vacas lecheras saludables al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch en condiciones estabuladas.....	56
<b>Cuadro 6.</b> Días abiertos en vacas lecheras al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch considerando las principales patologías posparto en condiciones estabuladas.....	58
<b>Cuadro 7.</b> Tasa de aborto de vacas lecheras al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch considerando las principales patologías posparto en condiciones estabuladas.....	60
<b>Cuadro 8.</b> Estimaciones de los costos por vaca sincronizada usando un protocolo Doble-Ovsynch.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Incidencia de enfermedades clínicas en vacas lecheras en condiciones estabuladas durante el posparto temprano.....	51
<b>Figura 2.</b> Impacto de la tasa de preñez, tasa de servicio y tasa de concepción, según la patología posparto en comparación con las vacas de estatus saludable.....	55
<b>Figura 3.</b> Protocolo Doble-Ovsynch modificado.....	81

## I. INTRODUCCIÓN

La productividad de la ganadería lechera al ser consideradas como una actividad primaria de alto valor por el tipo de alimento es de suma importancia en la economía de México, principalmente por su relación con la industrialización y comercialización tanto de leche como de sus derivados, sin embargo, la alta demanda de producción de leche a nivel nacional y el déficit de abastecimiento ante esa demanda coloca a México como el primer país importador de leche en polvo y en la posición 16 en cuanto a la producción de leche en el mundo, con la finalidad de contribuir ante esta demanda es necesario obtener una mayor productividad del ganado lechero y alta eficiencia reproductiva, la cual se mide a través de ciertos parámetros reproductivos importantes en los bovinos que al ser adecuados se refleja en una mayor producción (Loera y Banda, 2017). Siendo estos parámetros reproductivos indicadores importantes del desempeño reproductivo, los cuales permiten identificar problemas y áreas que requieran de mayor atención con la finalidad de corregir y lograr una mejor eficiencia reproductiva del hato (Ortiz *et al.*, 2005).

Sin embargo, la eficiencia reproductiva del ganado lechero ha ido disminuyendo, siendo esta asociada con diversos factores donde uno de ellos es la alta producción de leche, la cual se ha conseguido principalmente a través de la mejora en el manejo, nutrición e intensa selección genética, debido a que se ha asociado con una disminución de la fertilidad de las vacas altamente productoras de leche (Lammoglia *et al.*, 2021; Lucy, 2001; Diskin *et al.*, 2006). Por lo que, Galvis *et al.* (2005) mencionan, que esta disminución de la fertilidad probablemente puede deberse a deficiencias nutricionales, debido a los mayores requerimientos nutricionales que implica la alta producción de leche.

Con base en lo anterior la reducción de la fertilidad en vacas lecheras también se ha asociado con otros factores que contribuyen en parte a esta disminución como: optimización insuficiente en aspectos relacionados con la reproducción, manejo nutricional, enfermedades y mortalidad embrionaria (Pinedo *et al.*, 2020). Por otra parte, la reducción de las tasas de detección de celos conforme aumenta el número de animales en los hatos lecheros (Cornwell *et al.*, 2006), la baja exhibición de estro y las bajas tasas de concepción al inseminar a estro

detectado en vacas lecheras de alta producción son uno de los problemas que se continua presentando en los hatos lecheros, por lo que el desarrollo de programas de sincronización de la ovulación e inseminación artificial a tiempo fijo como los protocolos Ovsynch y sus modificaciones (Doble-Ovsynch, Presynch-Ovsynch, etc.), que fueron desarrollados como una estrategia para mejorar la fertilidad, además de permitir aumentar las tasas de servicio y en algunas ocasiones la tasa de concepción, ambas en comparación con inseminaciones a estro detectado han sido ampliamente utilizados en bovinos lecheros (Carvalho *et al.*, 2014).

El intentar aumentar la eficiencia a través de protocolos reproductivos que permiten realizar de forma más eficiente las inseminaciones artificiales son de gran ayuda, siempre y cuando se implemente un adecuado manejo reproductivo posparto, principalmente en la prevención de enfermedades que se suelen presentar después del parto, debido a que pueden contribuir en el incremento de la eficiencia reproductiva (Timarán *et al.*, 2017). De lo contrario, un mal manejo puede contribuir a una mayor incidencia de enfermedades en el posparto, las cuales pueden ser causa de una ineficiencia reproductiva, debido a su impacto negativo en fertilidad del ganado (Bogado y Opsomer, 2017). El objetivo del presente experimento fue evaluar la dosis de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble-Ovsynch en los parámetros reproductivos de vacas Holstein posparto considerando las principales patologías de la vaca lechera.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Evaluar la dosis de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble-Ovsynch en los parámetros reproductivos de vacas Holstein posparto considerando las principales patologías de la vaca lechera.

### **1.1.2 Objetivos particulares**

Evaluar la incidencia de enfermedades asociadas a la vaca Holstein posparto y su recurrencia en vacas primíparas *vs.* multíparas.

Evaluar los parámetros reproductivos: tasa de servicios, tasa de concepción, tasa de preñez, tasa de abortos y días no productivos de vacas Holstein posparto bajo un protocolo Doble-Ovsynch modificado considerando las principales patologías de la vaca lechera.

## **1.2 HIPÓTESIS**

El aumento de la dosis del GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble-Ovsynch mejorará los parámetros reproductivos de vacas Holstein posparto considerando las principales patologías de la vaca lechera.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Enfermedades asociadas con la fertilidad de la vaca Holstein posparto

En los sistemas de producción pecuaria tanto la eficiencia reproductiva como la rentabilidad dependen básicamente de la nutrición, bienestar animal, reproducción, sanidad, genética y manejo de los animales, es por ello que son consideradas como las bases más importantes en cualquier sistema (Meléndez y Bartolomé, 2017). En el ganado bovino la adecuada reproducción se ha visto comprometida por problemas de infertilidad, por lo que según Vallejo *et al.*, (2017) mencionan, que este problema se asocia con ciertas pérdidas embrionarias, muerte fetal, aborto, infecciones uterinas y anovulación, las cuales repercuten de forma negativa en la reproducción.

En el ganado bovino lechero existen enfermedades que influyen de forma negativa en la fertilidad de las hembras, siendo las patologías uterinas posparto una de las causas de infertilidad la cual trae como consecuencia una baja eficiencia reproductiva (Sheldon *et al.*, 2006), esto debido a que pueden afectar algunos parámetros reproductivos como: intervalos más largos del parto al primer servicio, disminuyen la tasa de concepción, aumento en los días del parto a la concepción, mayor probabilidad de sacrificio y menor número de vacas preñadas (Lincke *et al.*, 2007; Fourichon *et al.*, 2000).

Estas enfermedades se presentan con mayor frecuencia en las vacas después del parto (Gilbert, 2019). Debido a que se enfrentan a diversos cambios que se derivan de los altos requerimientos nutricionales que implica la alta producción de leche después del parto como: un balance energético negativo, alteración de la utilización de los minerales y del sistema inmunológico, lo que probablemente hace que las vacas sean más susceptibles a enfermedades (Espósito *et al.*, 2014; Pinedo *et al.*, 2020) metabólicas e inmunológicas como: hipocalcemia, cetosis, desplazamiento de abomaso, retención de membranas fetales, metritis, endometritis, mastitis, entre otros (Lammoglia *et al.*, 2021; Gilbert, 2019). Sin embargo, un adecuado manejo principalmente durante el periodo de transición puede disminuir el impacto de estos cambios y

la presentación de enfermedades posparto, siendo ambos causantes de efectos negativos en la producción, reproducción y rentabilidad.

## **2.1.1 Patologías de índole inmunológico**

### **2.1.1.1 Retención de membranas fetales (RMF)**

En el ganado bovino la RMF se define como la dificultad de la expulsión normal de las membranas fetales (placenta), cuando sobrepasa de las primeras 12 a 24 horas después del parto (Magata *et al.*, 2021; Imhof *et al.*, 2019). La RMF se debe principalmente al mal funcionamiento en el mecanismo de separación o liberación de los placentomas (Rocha y Córdova 2008), siendo algunas de las causas principales son: falla en la activación del sistema inmunitario o disminución de la actividad de los neutrófilos, edema en las vellosidades coriónicas, alteración de la actividad enzimática, atonía uterina y trauma uterino (Beagley *et al.*, 2010).

Los principales factores asociados con esta patología son: edad, estación, duración de la gestación, partos inducidos, distocia, hipocalcemia, abortos, mellizos, hígado graso, deficiencias de selenio, vitamina A, vitamina E, yodo, nutrición, infecciones uterinas, mortinatos y partos prematuros, los cuales contribuyen a un mayor riesgo de presentar RMF después del parto (Laven y Peters, 1996; Qu *et al.*, 2014).

La retención de membranas fetales en bovinos es considerada como uno de los factores de riesgo que mayormente influye en el desarrollo de infecciones uterinas después del parto (Valdés *et al.*, 2018) esto debido a la exposición de la placenta al exterior de la vagina de la vaca, lo que propicia la contaminación bacteriana del útero, el desarrollo de enfermedades infecciosas y el retraso de la involución uterina (Bogado y Opsomer, 2017). Debido a que la RMF aumenta la probabilidad de que se retrase la involución uterina esta suele causar un efecto negativo en la reproducción de las vacas, debido a que es esencial para una rápida reanudación de la ciclicidad ovárica, la cual permite el comienzo de la realización del primer servicio posparto y el acortamiento del intervalo entre el parto y la concepción (Magata *et al.*, 2021).

Según LeBlanc (2008), la retención de placenta afecta entre un 5 al 10% en la tasa de partos aumentando el riesgo de presentar enfermedades uterinas y metabólicas. Principalmente el desarrollo de la metritis posterior a una retención de membranas fetales es considerado como una de las causas de la disminución de la fertilidad de las vacas que presentan esta patología (Drillich *et al.*, 2003). El impacto negativo de la RMF en la fertilidad de los bovinos se debe a que es una patología que se ha asociado con ciertos efectos negativos en algunos parámetros como: mayor tiempo hasta el primer servicio, menor tasa de concepción al primer servicio, aumento en el intervalo entre partos, aumento de días abiertos y mayores servicios por concepción (Fourichon *et al.*, 2000; Hossain *et al.*, 2015).

### **2.1.1.2 Metritis**

Se considera que la metritis es una patología que causa una inflamación en las primeras dos capas del útero debido a una infección (Negasee, 2020). Siendo el desarrollo de esta patología dependiente principalmente de la capacidad del microorganismo para causar la enfermedad, del número de bacterias presentes, especie, entorno endocrino y respuesta del sistema inmunitario ante la presencia de patógenos como: *Escherichia coli*, *Fusobacterium necrophorum*, *Bacteroides* spp, *Prevotella* spp y *Trueperella pyogenes* (Silvia *et al.*, 2023; Sheldon *et al.*, 2006). Sin embargo, existen ciertos factores de riesgo que pueden favorecer el desarrollo de esta patología como: distocia, mellizos, retención de membranas fetales, muerte fetal, abortos, prolapso uterino y aumento de ácidos grasos no estratificados (Dubuc, *et al.*, 2010; Giulidori *et al.*, 2013).

La metritis en bovinos generalmente se presenta con una mayor incidencia en los primeros 10 días, sin embargo, puede presentarse incluso durante las primeras tres semanas posparto (Machado *et al.*, 2020) y su clasificación puede variar según diversos autores, sin embargo, con base en las definiciones de Sheldon *et al.* (2006) la metritis puerperal se asocia con aquellas vacas que presentan un agrandamiento en el útero con una descarga uterina anormal, maloliente de color marrón rojizo visible en la vagina de las vacas, con signos sistémicos y aumento de la temperatura mayor a 39.5°C, mientras que la metritis clínica a diferencia de la anterior las vacas presentan una descarga uterina con pus, pero signos de

enfermedad sistémica. Finalmente, cuando la metritis se agrava se convierte en metritis tóxica la cual se caracteriza por presentar signos clínicos de toxemia como: inapetencia, extremidades frías, depresión o colapsos (Bogado y Opsomer, 2017; Sheldon *et al.*, 2009).

La importancia de esta enfermedad en vacas lecheras se debe principalmente a que es una de las patologías que puede afectar alrededor del 20% con una incidencia que puede ser incluso mayor al 40% (Galvão, 2012), además de ser una de las infecciones bacterianas que puede tener un impacto negativo tanto en la capacidad de las vacas para preñarse como en la rentabilidad del hato, siendo a su vez una de las enfermedades más prevalentes que se presenta en bovinos lecheros (Cunha *et al.*, 2018).

Su importancia en bovinos se debe a que afecta de forma negativa algunos parámetros reproductivos al causar una disminución de la tasa de concepción al primer servicio, aumento en el intervalo parto primer servicio, dando como resultado un mayor intervalo hasta la concepción (Fourichon *et al.* 2000) y presentando una mayor probabilidad de ser descartadas del hato (Wittrock *et al.*, 2011). Por otra parte, se ha demostrado que la metritis puerperal tiene efecto negativo mayor que la metritis clínica tanto en la producción como en la reproducción, debido a la menor probabilidad de preñez temprana, aumento en el intervalo entre parto concepción y reducción de la producción de leche en la lactancia temprana (Giuliodori *et al.* 2013).

### **2.1.1.3 Endometritis**

Inflamación de la primera capa del útero como consecuencia de una infección bacteriana, siendo esta patología caracterizada por presentar un daño en el epitelio endometrial, infiltración de células inflamatorias, acumulación de células del sistema inmunitario, congestión vascular y edema (LeBlanc, 2008; Sheldon y Dobson, 2004). El desarrollo de endometritis puede generarse a partir de una falta de recuperación total de una infección uterina en donde el útero aún se encuentra contaminado por bacterias o cuando nuevamente el útero es reinfectado (Földi *et al.*, 2006). Las bacterias mas comunes causantes de esta patología son *T. pyogenes*, *F. necrophorum*, *E. coli* y *Bacteroides melaninogenicus* (Kasimanickam *et al.*, 2004; Paiano *et al.*, 2022).

Esta patología se clasifica en endometritis subclínica; cuando se presenta una inflamación solamente de la primera capa del útero, pero sin signos clínicos de la enfermedad, por lo que dificulta su diagnóstico en campo (Bogado y Opsomer, 2017). Sin embargo, el endometrio contiene una gran cantidad de leucocitos polimorfonucleares (PMN) con un porcentaje mayor al 18% de PMN a los 20-30 días posparto y mayor al 10% de PMN a los 34-47 días posparto, identificados mediante un examen citológico del endometrio (Kasimanickam *et al.*, 2004) y siendo un buen método para la endometritis subclínica, sin embargo, requiere hacerlo en un laboratorio con ciertas medidas higiénicas. Mientras que la endometritis clínica a diferencia de la anterior se caracteriza por presentar una secreción uterina anormal de aspecto purulento presente después de los 21 días posparto o muco purulento visible a partir de los 26 días después del parto (Sheldon *et al.*, 2006).

La importancia de esta enfermedad es que puede afectar a un gran porcentaje de vacas lecheras (20 - 30%) y su incidencia que puede ser incluso mayor al 30% cuando se presenta en forma clínica y mayor al 70% en forma subclínica (Galvão, 2012), la cual va a depender del manejo en general que se implemente en los sistemas de producción principalmente antes y después del parto. El impacto de esta enfermedad en la fertilidad de las vacas se debe a que reduce la probabilidad de quedar preñada, debido a que puede causar infertilidad y sub fertilidad en bovinos (Sheldon *et al.*, 2004), siendo considerada también como una de las enfermedades que tiene un efecto negativo en el desempeño reproductivo de las vacas, debido a que se ha demostrado que afecta en diversos parámetros reproductivos en las vacas lecheras como: menor tasas de concepción, aumento de días del parto al primer servicio, aumento en el número de días abiertos (Lincke *et al.*, 2007), tasa de preñez reducida (Kasimanickam *et al.*, 2004), mayor probabilidad de ser descartadas por problemas reproductivos (LeBlanc, 2002) y mayor número de servicios por concepción (Gautam *et al.*, 2009).

#### **2.1.1.4 Piometra**

Es una enfermedad inflamatoria que se presenta en bovinos por lo general a partir de las tres semanas posparto, la cual está relacionada con la reactivación ovárica posparto, debido

a que se desarrolla después de la primera ovulación y en presencia de un cuerpo lúteo, en donde los niveles altos de progesterona producidos por el cuerpo lúteo activo resultante de la ovulación cierran el cuello uterino impidiendo la expulsión normal de desecho con aspecto purulento o muco purulento y ocasionando su acumulación (Földi *et al.*, 2006). Por otra parte, el cuerpo lúteo puede volverse persistente debido a una falla de la luteolisis, en donde la progesterona puede contribuir aumentando la susceptibilidad del animal a la infección (Sheldon *et al.*, 2006), además de dar como resultado una inhibición de la presentación del celo.

Por otra parte, la presencia de una ovulación en etapas tempranas después del parto y un entorno alto en progesterona cuando el útero aún se encuentra contaminado por microorganismos bacterianos puede predisponer el desarrollo de una piometra (Sheldon *et al.*, 2004). Mientras que, otras formas a través de las cuales se puede desarrollar la piometra es a través de una monta recibiendo el nombre de piometra poscoital (Galina y Valencia, 2008), al igual que a partir de una muerte embrionaria o aborto seguido de una infección en el útero (Hernández, 2016). Cuando no se trata a tiempo una piometra además de presentarse una alteración del endometrio, se puede formar una fibrosis causante de problemas de infertilidad (Galina y Valencia, 2008). En un estudio realizado por Amin *et al.* (2021) demuestran que la piometra puede ocasionar un aumento en la duración del primer estro, aumento en los días abietos y mayor número de servicios por concepción.

#### **2.1.1.5 Mastitis**

La mastitis es una enfermedad infecciosa que produce una inflamación de la glándula mamaria como consecuencia de la reacción de los tejidos a diferentes cuestiones como: lesiones, presencia de sustancias y de subproductos provenientes de patógenos infecciosos que logran invadir el tejido interno de la glándula mamaria (Calderón y Rodríguez, 2008). Algunos de los patógenos asociados con la mastitis clínica y subclínica son: *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Corynebacterium bovis*, *Mycoplasma* spp., *Klebsiella* spp., *Proteus* spp, *Streptococcus dysgalactiae*, *Escherichia coli*, *Trueperella pyogenes*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas* spp, y *Streptococcus uberis* (Lavon *et al.*, 2019; Calderon y Rodriguez, 2008).

Según, la severidad y los signos, la mastitis puede calificarse en clínica y subclínica. La mastitis clínica, se caracteriza por presentar signos visibles de inflamación, enrojecimiento, dolor, aumento de temperatura, pérdida de apetito y dificultad para moverse junto con alteraciones en la apariencia y en los componentes de la leche, sin embargo, la aparición de estos signos va a depender tanto de la duración como de la gravedad de la mastitis (Haxhiaj *et al.*, 2022). Mientras que, en la mastitis subclínica, se caracteriza por la ausencia de los signos clínicos antes mencionados, más que una reducción en la calidad y producción de leche, junto con el aumento de las células somáticas (Busanello *et al.*, 2017).

La importancia de la mastitis en todo el mundo se debe a que es considerada como una de las enfermedades que causa pérdidas económicas en el ganado lechero (Roth *et al.*, 2013). Además, de que en las unidades de producción lechera afecta en la fertilidad y eficiencia reproductiva de las vacas, al repercutir de forma negativa en algunos parámetros importantes siendo demostrado que la mastitis afecta en una mayor incidencia de abortos, disminución de la tasa de concepción en la primera inseminación posparto, menor la tasa de preñez cuando se presenta antes o después de la primera inseminación, lo que contribuye a en un aumento de los días abiertos, incremento en el número de vacas sacrificadas, además de una disminución de la producción de leche (Santos *et al.*, 2004), mayores servicios por concepción y aumento de días al primer servicio (Schrack *et al.*, 2001).

Por otra parte, también se ha demostrado que la mastitis causada por bacterias gram negativas afecta en la disminución del porcentaje de preñez en la primera inseminación, aumento de los días abiertos y pérdida de preñez, mientras que las vacas con mastitis causada por bacterias gram positiva su impacto negativo es mayormente en el aumento de días abiertos (Dalanezi *et al.*, 2020).

## **2.2 Parámetros reproductivos en la vaca lechera**

En la mayoría de los sistemas de producción pecuaria generalmente utilizan ciertos parámetros reproductivos importantes en las vacas. Los cuales se miden a través de registros

que se obtienen en diferentes fases de la vida reproductiva de las hembras, siendo estos parámetros indicadores del desempeño reproductivo del hato (Sanchez, 2010; Bustillo y Melo, 2020). Estos parámetros reproductivos al ser indicadores del desempeño reproductivo permiten identificar áreas con posibilidades de perfeccionamiento, establecer metas reproductivas que se puedan cumplir en base a los parámetros de cada hato ganadero, las cuales sirven para monitorear progresos e identificar problemas que se puedan corregir con la finalidad de lograr una mejor eficiencia reproductiva del hato (Ortiz *et al.*, 2005).

Los parámetros más importantes que evalúan la fertilidad de las hembras en diferentes etapas de su vida reproductiva son: edad a la pubertad, edad al primer servicio, edad al primer parto, tasa de concepción, intervalo entre partos, servicios por concepción, intervalo parto-concepción, tasa de preñez, entre otros (Busillo y Melo, 2020).

### **2.2.1 Edad a la pubertad (EP)**

Es la edad en la que una hembra bovina entra a la pubertad. Es decir, cuando la hembra por primera vez exhibe signos claros de que está en estro, acompañada de una ovulación espontánea, se considera que ya llegó a la etapa de la pubertad y que es capaz de llegar a tener un apareamiento que de origen a una preñez (Oktofianus, 2010) debido a que es capaz de ovular gametos viables, sin embargo, a pesar de llegar a la pubertad es necesario que alcance la madurez sexual, la cual se va adquiriendo conforme el organismo crece y madura (Galina y Valencia, 2008). La pubertad es considerada como una etapa del desarrollo fisiológico que ocurre en los animales y que involucra cambios tanto en el sistema nervioso central como en los ovarios (Ballent *et al.*, 2003). Los principales factores que influyen en la pubertad son: nutrición (peso corporal), edad, genética (raza) y factores ambientales (Kenny *et al.*, 2017; Stevenson y Ahmadzadeh, 2011).

Debido a que, tanto el peso como la edad de las becerras influyen en la presentación de la pubertad, es que se pueden observar variaciones del inicio de la pubertad entre razas y dentro de una misma raza, debido principalmente al nivel nutricional que reciben durante la etapa prepuberal (Ballet *et al.*, 2003). Sin embargo, Krpálková *et al.* (2014) mencionan que el peso

corporal y el porcentaje de grasa (condición corporal) son más determinantes del inicio de la madurez sexual de una becerro que la edad. Con respecto al peso Oktofianus (2010) menciona que las becerras lecheras pueden alcanzar la pubertad con un desarrollo corporal que va desde 30 a 40% del peso adulto, mientras que las becerras de carne alcanzan la pubertad con un peso adulto que va desde 45 a 55%. Por otra parte, teniendo en cuenta la edad las vacas lecheras alimentadas adecuadamente con un buen desarrollo, por lo general, alcanzan la pubertad entre los 11 y 12 meses o incluso antes (Stevenson y Ahmadzadeh 2011). Se considera que la edad promedio del inicio de la pubertad en vacas Holstein es entre los 9 y 12 meses (Lefebvre *et al.*, 2021). Este parámetro se mide sumando las edades promedio al momento de la pubertad (fecha de pubertad-fecha de nacimiento) / Número de novillas evaluadas (González, 2001).

### **2.2.2 Edad al primer servicio (EPS)**

Es la edad en la cual las hembras se reproducen por primera vez ya sea de forma natural o por inseminación artificial cuando alcanzan la madurez sexual acompañada de un adecuado, desarrollo corporal y peso (Sánchez, 2010) de manera que puedan sobrellevar una adecuada preñez. Sin embargo, debido a que es necesario que las hembras adquieran un adecuado desarrollo de su sistema reproductor, el primer servicio se debe realizar después de uno o dos ciclos posteriores a la presentación de la pubertad (Bustillo y Melo, 2020).

Si se presentan las condiciones adecuadas y las hembras están ciclando puede recibir su primer servicio entre los 12 y 14 meses de edad con pesos corporales de 60% a 65% en base a su peso adulto, siendo adecuado que las hembras Holstein comiencen su programa de reproducción con pesos de 340 a 363 kg y con una altura a la cruz de 122 a 127 cm. Debido a que son considerados como factores importantes para comenzar con el inicio de la reproducción de las hembras (Steverson, y Ahmadzadeh 2011). Este parámetro se calcula sumando las edades al primer servicio (fecha de servicio-fecha de nacimiento) en novillas servidas por primera vez / número total de novillas servidas por primera vez (González, 2001).

### **2.2.3 Edad al primer parto (EPP)**

Es la edad en la que las hembras llegan a tener a su primer ternero. Por lo que, se basa en el intervalo que transcurre desde que nace hasta que alcanzar la madurez sexual y se reproduce por primera vez logrando una gestación, de manera que aquellas becerras que no logran preñarse están mayormente destinadas al sacrificio (Hare *et al.*, 2006). Por lo tanto, un adecuado manejo de la becerria antes de ser servida dentro de un rango apropiado, permite lograr una edad al primer parto adecuada logrando reducir el periodo no productivo y generando un retorno económico más rápido a través de la obtención de crías y producción de leche, además de lograr un mayor aprovechamiento de su vida útil y una obtención mayor de becerras de reemplazo (Villasmil y Yáñez, 2009).

En caso contrario, una prolongación de la edad al primer parto puede reducir el número de crías y lactancias que pueden llegar a tener en su vida productiva reduciendo su productividad y su valor económico general (Salazar *et al.*, 2013), sin embargo, cuando disminuye este parámetro se puede obtener un mayor progreso genético, una disminución de los costos de alimentación asociados con el periodo no productivo y un mayor número de crías por vaca por año, con la desventaja de que se pueden presentar mayores dificultades al parto cuando la edad al primer parto es muy reducida (Nilforooshan *et al.*, 2004). Es por ello que la edad considerada como optima al primer parto es entre los 23 a 25 meses para lograr una mejor productividad y rendimiento económico general, al minimizar el periodo no productivo que abarca toda la etapa de crianza hasta el parto (Wathes *et al.*, 2014; Salazar *et al.*, 2013). Este parámetro se calcula a través de la suma de las edades al primer parto (fecha de parto-fecha de nacimiento) de cada novilla parida dentro de un periodo determinado / número de novillas de primer parto analizadas en cada periodo (González, 2001).

### **2.2.4 Intervalo parto al primer servicio (IPPS)**

Es el intervalo de tiempo que abarca desde el parto hasta el primer servicio que recibe la hembra posterior al parto, ya sea por monta natural o inseminación artificial, siendo ideal cuando no excede de los 85 días posparto (Sánchez, 2010), Sin embargo, según Cavestany,

(1993), este periodo de tiempo está influenciado por el periodo de espera voluntario, reinicio de la ciclicidad ovárica y de la capacidad del personal para detectar los celos, los cuales son importantes para comenzar a servir a las vacas después del parto.

Por otra parte, Arana *et al.* (2006), mencionan como recomendación inseminar a las vacas a partir de los 50 a 60 días después del parto. El inseminar a las vacas en intervalos como los mencionados tienen la ventaja de que las vacas tengan más oportunidades de volver a ser inseminadas en caso de no quedar preñadas en el primer servicio y poder lograr IEP de 365 días, además de lograr obtener un mayor número de crías y lactancias durante su vida productiva. Sin embargo, se ha demostrado que la capacidad de las vacas para preñarse durante intervalos cortos al primer servicio después del parto suele ser reducida, obteniendo una fertilidad de hasta un 25%, mientras que vacas inseminadas en intervalos intermedios (40 a 60 días) pueden llegar a tener porcentajes de aproximadamente 50%, en cambio intervalos mayores a los mencionados su porcentaje puede ser de hasta 60% (Britt, 1974). Este parámetro se calcula a través de la suma de días entre parto y primer servicio en todas las novillas que han recibido un primer servicio en un periodo determinado / número total de animales servidos por primera vez en ese periodo (González, 2001).

### **2.2.5 Intervalo parto-concepción (IPC)**

Corresponde al intervalo de tiempo que transcurre desde el parto hasta que nuevamente la vaca vuelve a quedar preñada (La Roche *et al.*, 2019). Por lo que, se calcula sumando el total de días entre parto y concepción en vacas preñadas entre el número de vacas preñadas (González, 2001). Este parámetro es considerado también como uno de los caracteres más importantes para evaluar la eficiencia reproductiva de las vacas (Nilforooshan y Edriss, 2004). Se considera que intervalo entre parto concepción que no sobrepasa de los 100 días, se encuentra dentro del rango adecuado, debido a que la vaca no permanece tanto tiempo improductiva, sino que al contrario permanece en constante producción, logrando una mejor eficiencia productiva y reproductiva (Sanchez, 2010).

Por otra parte, este parámetro depende del periodo de espera voluntario (con un promedio de 45 a 60 días), eficiencia de la detección de celos y la concepción de la vaca, por lo que una falla o deficiencia en los últimos dos parámetros implica el aumento de días abiertos para el comienzo de un nuevo ciclo estral en el que la vaca vuelva a ser inseminada y logre concebir, lo que implica una disminución de la rentabilidad al reducir los ingresos debido al aumento de días abiertos, mas días de seca y menos terneros por año (Sintex, 2005). La Roche *et al.* (2019) mencionan que existen ciertos factores que pueden prolongar este parámetro como son: aquellos relacionados con aspectos fisiológicos propios de los animales, balance energético negativo, patologías posparto e infecciones uterinas, factores ambientales, estrés y aspectos relacionados con el manejo.

#### **2.2.6 Intervalo entre partos (IEP)**

Es el periodo que transcurre desde parto hasta el próximo parto subsecuente (Sánchez, 2010), por lo que este parámetro abarca el periodo que transcurre desde que la vaca pare hasta que vuelve a quedar preñada y el periodo que dura la gestación. Sin embargo, debido a que el periodo de gestación no puede ser alterado, este parámetro suele ser más dependiente del periodo parto primer servicio, de la capacidad del personal para detectar los celos y de la capacidad de la vaca para quedar preñada, los cuales pueden prolongar o reducir el primer periodo que abarca el intervalo parto concepción (Domecq *et al.*, 1991).

El intervalo entre partos es considerado como uno de los caracteres más importantes en la evaluación de la eficiencia reproductiva (Nilforooshan y Edriss, 2004). Diversos autores mencionan que los intervalos de 12 a 13 meses son considerados como óptimos en bovinos para obtener una alta productividad y eficiencia económica (Nebel *et al.*, 1998; Lucy *et al.*, 1986; Arbel *et al.*, 2001), aunque por lo general este parámetro es difícil de alcanzar debido a cuestiones propias del animal, de manejo o problemas asociados con la reproducción. Sin embargo, existen también otros factores que se han demostrado que afectan este parámetro como: el intervalo parto primer servicio, los servicios por concepción y el intervalo parto concepción (Slama *et al.*, 1976). Por otra parte, este parámetro se calcula contando los días a

partir de la fecha del último parto a la fecha del parto inmediato y dividiéndolo sobre el total de vacas (Sánchez, 2010).

### **2.2.7 Tasa de concepción (TC)**

Es el número de vacas diagnosticadas como preñadas entre el número total de vacas inseminadas (Kabir *et al.*, 2015). Debido a que la tasa de concepción ha disminuido en vacas lecheras de alto rendimiento en todo el mundo (Schüller *et al.*, 2014). Siatka *et al.* (2017) mencionan, que el rango de la tasa de concepción al primer servicio oscila entre un 40 a 44%. Por lo que Quispe y Vega (2017), señalan que la meta en los establos lecheros es alcanzar 40% de concepción. La cual se puede obtener a través de ciertas medidas de bioseguridad con la aplicación de esquemas de vacunación para prevenir enfermedades que puedan afectar la reproducción, adecuadas raciones que permitan mantener un óptimo nivel nutricional, además de un adecuado manejo del semen, eficiencia del inseminador y de la detección de estros. (Quispe y Vega, 2017). Sin embargo, se ha demostrado que existen factores que pueden influir en la tasa de concepción como: el estrés por calor cuando se presenta días antes de la inseminación, la paridad, el número de inseminaciones y enfermedades asociadas al parto (Chebel *et al.*, 2004).

### **2.2.8 Servicios por concepción (SPC)**

Se define como el número de servicios necesarios que requiere una hembra para quedar preñada, por lo que refleja la fertilidad de la vaca a los diferentes servicios recibidos (Kabir *et al.*, 2015). El requerir un mayor número de servicios para que las hembras queden preñadas afecta de forma negativa en otros parámetros como en un mayor intervalo entre el parto y la concepción, al igual que en los costos extras asociados con la reproducción y sacrificios de vacas que no logran preñarse (Chang *et al.*, 2006). Por lo que, Siatka *et al.*, (2017) señalan que el número de servicios que se consideran óptimos para que una hembra quede preñada es de 1.6 a 1.8.

Mientras que Dutta *et al.* (2020) mencionan que 2 servicios por concepción aún se consideran dentro de rango aceptable, mientras que aquellos servicios que sobrepasan de los 3 se considera que existen problemas relacionados con la reproducción. Según, Cavestany (1993) menciona que los factores que pueden llegar influir en este parámetro son: capacidad de la hembra para quedar preñada, capacidad del toro para preñar a las vacas, calidad del semen utilizado, momento en el que se realiza la inseminación, eficiencia de la inseminación y detección de celos, intervalo al que se realizan los servicios después del parto, entre otros. Este parámetro se calcula dividiendo el número de total de servicios entre el número de vacas gestantes (Sánchez, 2010).

### **2.2.9 Tasa de preñez (TP)**

Es la proporción de vacas que se preñan del total de vacas elegibles en un ciclo por lo que se puede medir cada 21 días, reflejando el tiempo que tardan las vacas en preñarse después del periodo de espera voluntario (Piccardi *et al.*, 2011). Este parámetro se calcula dividiendo el número de vacas que quedaron preñadas entre el número de vacas que eran elegibles para ser inseminadas después del parto, siendo las vacas elegibles principalmente aquellas que han superado el periodo de espera voluntario y que no están preñadas (Cardoso *et al.*, 2021). El cálculo constante de la tasa de preñez permite evaluar e identificar un problema, tomar decisiones en cuanto a los plazos a los que se realizaran las inseminaciones, eliminar los animales que no logran preñarse y evaluar eficientemente el porcentaje de vacas preñadas posparto de una forma más amplia en comparación con la tasa de concepción (González *et al.*, 2003). Este parámetro es comúnmente utilizado para medir el rendimiento reproductivo en bovinos (De Vries *et al.*, 2005).

## **2.3 Protocolos más usados en la sincronización de estros**

Los protocolos de sincronización de estros consisten en la manipulación del ciclo estral, mediante la aplicación de hormonas exógenas a las hembras bovinas con la finalidad de la inducir el estro en un gran porcentaje de hembras en un momento predeterminado y puedan ser servidas por monta natural o través de inseminación artificial (Odde, 1990). La ventaja de los

protocolos de sincronización del estro en el ganado es que permite facilitar la realización de la inseminación artificial de una forma más eficiente al reducir el tiempo necesario para la detección del estro (Cavalieri *et al.*, 2004), reducir los días abiertos, aumentar las tasas de servicio y disminuir los periodos de tiempo transcurridos entre inseminaciones con la finalidad de obtener mayores resultados en comparación con vacas no sincronizadas (Bruno *et al.*, 2013).

Por otro lado, la mayoría de los protocolos de sincronización de estro se emplean bajo un objetivo que es controlar el desarrollo de ondas foliculares con la aplicación de hormonas como GnRH o estradiol, promover la ovulación en el ganado en anestro con la utilización de hormonas como progesterona, la regresión del cuerpo lúteo en vacas cíclicas principalmente con la aplicación de PGF<sub>2α</sub> y la sincronización del estro que posteriormente dará lugar a ovulación (Lucy *et al.*, 2004). Siendo los progestágenos y los análogos de prostaglandina las hormonas comúnmente utilizadas para la sincronización de estros en bovinos (Pérez *et al.*, 2022).

### **2.3.1 Sincronización del estro con prostaglandinas**

La prostaglandina es una de las hormonas comúnmente utilizadas para sincronizar el estro en bovinos (Cavalieri *et al.*, 2006; Odde, 1990). Por lo general, las vacas responden a esta hormona cuando se encuentran en diestro, debido a que la prostaglandina ejerce su acción solo ante un cuerpo lúteo funcional que es entre el día 6 al 17 del ciclo estral y su respuesta varía de acuerdo al día del ciclo estral en el que se aplica la prostaglandina (Cavestany, 2002). En base a lo anterior, se ha demostrado que el aplicar la prostaglandina en etapas tempranas del ciclo estral (día 7) o en etapas tardías (día 16), por lo general la mayoría de las vacas presentan estro dentro de las primeras 48 a 72 horas después de la aplicación respondiendo de una forma mayormente sincronizada, sin embargo, cuando se aplica en etapas intermedias tempranas (8-10 días) ocurre la mayor distribución de los estros que en cualquier otro día del ciclo estral después de la aplicación de la hormona (Macmillan y Henderson, 1984). Esta variabilidad se debe principalmente a la etapa de la onda folicular o desarrollo del folículo en el que se encuentra la hembra al momento de aplicar la prostaglandina (Diskin *et al.*, 2002; Cavalieri *et al.*, 2006).

Existen protocolos de sincronización del estro a base de una o dos aplicaciones de prostaglandinas; con una sola inyección de prostaglandina se sincroniza y se realiza una detección de mismo en un lapso de 6 días realizando una inseminación artificial en aquellas vacas que se encuentren en estro (Celhay y Rodríguez, 2011) o inyectar solamente a todas aquellas vacas que presentan un cuerpo lúteo detectado por palpación rectal (Heuwieser *et al.*, 1997). Mientras que los protocolos con doble prostaglandina consisten en la aplicación de esta hormona con intervalos de 11 a 14 días de la primera aplicación y se detectan celos en la mañana y en la tarde (Folman *et al* 1990). Con la finalidad de responder mayormente de forma sincronizada se realiza la aplicación de dos prostaglandinas actuando de la siguiente manera: con la aplicación de la primera inyección todas las hembras que se encuentran en la etapa de diestro con un cuerpo lúteo, por lo general exhiben un estro a la primera aplicación, posteriormente todas las vacas que exhiben un estro tanto a la primera  $PGF2\alpha$  como las que no exhiben estro estarán en diestro con un cuerpo lúteo sensible a la aplicación de la hormona, por lo tanto ambas responderán a la segunda inyección de  $PGF2\alpha$  de forma sincronizada, procediendo posteriormente a detectar celos e inseminar (Algorta y Barbosa, 2011).

Con respecto a los intervalos Cavestany (2002) menciona que la administración de la prostaglandina en vaquillonas con intervalo de 11 días, resulta en una mayor proporción de vacas en etapas tempranas del ciclo al momento de la segunda inyección. Aunque, se ha demostrado que el aplicar la hormona en intervalos de 14 días en vaquillas a mostrado mayores resultados que al aplicarlo a intervalos de 11 días, mientras que en vacas multíparas por lo general se administran con intervalos de 14 días (Folman *et al.*, 1990).

### **2.3.2 Sincronización de estro con progestágenos**

El uso de progestágenos para sincronizar estros en bovinos puede ser suministrados bajo diferentes métodos de aplicación de forma oral a través del alimento como acetato de melengestrol, dispositivos intravaginal como CIDR o PRID (Steverson, y Ahmadzadeh, 2011) e implantes subcutáneos de norgestomet (Kastelic *et al.*, 1999) aunque se pueden encontrar en diferentes presentaciones. Sin embargo, todos tienen la misma función de alargar la fase lútea, debido a la liberación de progesterona exógena la cual suprime el aumento de la LH que

ocasiona la ovulación y a su vez inhibe la manifestación de estro en las vacas, por lo que al retirarlos permite la exhibición del estro sincronizado (Lucy *et al.*, 2004).

La administración de progestágenos durante periodos prolongados (14-21 días) suelen tener tasas de sincronización altas dentro de las primeras 48h, sin embargo, a pesar de la alta sincronización la administración de dispositivos durante periodos más cortos (7 días) han demostrado obtener tasas de parto mayores a las obtenida con periodos prolongados, lo cual probablemente se debe a la presencia de folículos persistentes cuando se administra por periodos prolongados (Macmillan y Peterson, 1993). Debido a lo mencionado, actualmente los protocolos a base de progestágenos en bovinos se administran dentro de periodos cortos.

Los diferentes protocolos de sincronización de celos a base de la utilización de dispositivos intravaginales son; la aplicación del CIDR durante un periodo de 7 días, posteriormente se administra PGF<sub>2α</sub> a las 24 horas antes de la remoción del CIDR y la detección de celo comienza 48 horas después del retiro del dispositivo de progesterona (Mapletoft *et al.*, 2007). A diferencia de este protocolo existen protocolos en lo que al momento de colocar el dispositivo se aplica también algún análogo de GnRH, que permite sincronizar el desarrollo de una onda folicular al inicio del protocolo, mostrando tasas de preñez mayores y tasas de concepción similares a las vacas que no reciben el protocolo, cuando el dispositivo se retira al momento de aplicar la PGF<sub>2α</sub> (Xu y Burton, 2000).

Por otro lado, existen protocolos donde el progestágeno al momento de ser insertados paralelamente se administra una inyección de benzoato de estradiol, la colocación del CIDR se mantiene en la vaca durante un lapso de 7 días y al momento de retirarlo se aplica una inyección intramuscular de PGF<sub>2α</sub> y se realiza la detección de celo 24 horas después de haber retirado el dispositivo (Solorzano *et al.*, 2008). La adición de benzoato de estradiol al comienzo de un protocolo de sincronización provoca la lisis de un cuerpo luteo y la finalización de una onda folicular (Solorzano *et al.*, 2008), esto debido a la disminución especialmente de la FSH que se ha relacionado con la supresión del crecimiento folicular presente (Mapletoft *et al.*, 2003) y aumentos de FSH posteriores que dan origen a la emergencia de una onda folicular (Cavalieri *et al.*, 2003). Mientras que otros estudios han demostrado que la administración de diferentes

dosis de benzoato de estradiol al inicio del protocolo resulta en una emergencia de una onda folicular a los 3 días posteriores a la aplicación, mientras que la emergencia de una onda sincronizada y ovulación resulta ser mayor en aquellas que reciben una dosis normal (Monteiro *et al.*, 2015).

### **2.3.3 Sincronización de estros usando GnRH y PGF<sub>2</sub> $\alpha$**

Los protocolos a base de la administración de GnRH y PGF<sub>2</sub> $\alpha$  de forma secuencial en bovinos, permiten sincronizar tanto el desarrollo folicular como la luteólisis de un cuerpo lúteo, resultante de la ovulación inducida por la GnRH, por lo que contribuye en una mayor sincronización y precisión del estro (Giraldo, 2008). El protocolo Select-Synch es un protocolo que consiste en la administración de GnRH el día 0, 7 días posteriores se aplica prostaglandina y se realiza una detección del celo durante 96 horas posteriores a la aplicación de prostaglandina (Stevenson *et al.*, 1999). La aplicación de este protocolo permite sincronizar el desarrollo folicular con la aplicación de GnRH y a su vez la regresión del cuerpo lúteo con la aplicación de PGF<sub>2</sub> $\alpha$ , obteniendo mayor sincronización al reducir la variación en cuanto al intervalo de crecimiento y maduración del folículo y de la presentación de estro, además de que permite lograr tasas de concepción mayores a las de un protocolo de sincronización de la ovulación a tiempo fijo, con la desventaja que una mala expresión del estro o deficiente detección puede afectar en las tasas de preñez (Steverson *et al.*, 1999).

### **2.4 Protocolos para sincronizar la ovulación**

Los protocolos de sincronización de la ovulación son técnicas de manejo reproductivo que se han utilizado en bovinos de leche y carne, los cuales permiten realizar una inseminación artificial de forma más eficiente al implementarla durante un momento conocido de la ovulación y reducir o eliminar la dependencia de la detección de estro (Pursley *et al.*, 1995; Barros *et al.*, 2000). Debido a las bajas tasas de concepción, baja expresión de estro y deficiente detección del estro, en vacas lecheras de alta producción el desarrollo de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo como una estrategia de manejo reproductivo han permitido reducir la dependencia de la detección del estro y a su vez el aumento del número de vacas

inseminadas, dando como resultado en algunas ocasiones mayores o similares tasas de concepción que bajo estro detectado, lo que ha llevado a que estos protocolos sean utilizados en bovinos lecheros (Carvalho *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2008).

Actualmente existe una gran cantidad de protocolos que permiten sincronizar la ovulación y realizar una inseminación a tiempo fijo a través de la utilización de una combinación de diferentes hormonas que participan directamente en el ciclo estral normal de una vaca, siendo esta combinación basada en análogos de estradiol (estrógenos), progestágenos (progesterona), hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) y prostaglandinas (PGF<sub>2α</sub>).

Estos protocolos pueden ser simples como un Ovsynch o complejos como aquellos que utilizan presincronizaciones (G6G, Doble-Ovsynch, Presynch-PGF<sub>2α</sub>) antes de aplicar un Ovsynch que se desarrollaron con la finalidad de aumentar la respuesta ovulatoria de la primera GnRH del Ovsynch y a su vez mejorar la fertilidad de las vacas lecheras en la primera inseminación posparto (Bello *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2008; Galvão *et al.*, 2007).

#### **2.4.1 Protocolo Co-Synch 5 días**

El protocolo Co-Synch consiste en una modificación del protocolo Ovsynch en donde la última aplicación de GnRH se realiza al mismo tiempo que la inseminación artificial, aunque es un protocolo más comúnmente utilizado en bovinos de carne (Bridges *et al.* 2008), sin embargo, durante los últimos años también se ha utilizado en bovinos de leche y se han realizado modificaciones tanto en el intervalo entre la aplicación de GnRH y PGF<sub>2α</sub>, como en la administración de un dispositivo intravaginal, una de las modificaciones fue el protocolo Co-Synch-5 días con o sin dispositivo intravaginal (Rabaglino *et al.*, 2010). Este protocolo consiste en la administración de GnRH y un dispositivo intravaginal (CIDR) el día 0, posteriormente a los 5 días se retira el dispositivo y se agrega una inyección de PGF<sub>2α</sub> y finalmente se aplica una inyección de GnRH e inseminación artificial a las 72 horas de la inyección de prostaglandina (Bridges *et al.*, 2008).

Posteriormente se le realizaron modificaciones en cuanto a la administración de dos dosis de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  con la finalidad de determinar si una o dos inyecciones son suficientes para inducir mayormente la regresión de un cuerpo lúteo y permitir una mayor sincronización siendo demostrado que el aplicar un protocolo Co-Synch 5 días sin dispositivo intravaginal ha mostrado obtener más vacas preñadas por inseminación cuando se aplica el protocolo con dos inyecciones de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  con un intervalo de 24 h en comparación con un protocolo Cosynch-72h en vacas lecheras (Santos *et al.* 2010), aunque el aplicar un Co-Synch con un dispositivo intravaginal (CIDR) también se ha demostrado obtener adecuadas preñeces por inseminación artificial en becerras lecheras cuando se aplica una inyección de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  tanto en el primer como en el segundo servicio (Rabaglino *et al.* 2010).

#### **2.4.2 Protocolo basado en GnRH y $\text{PGF}_{2\alpha}$**

Uno de los protocolos utilizados en hatos lecheros es el protocolo Ovsynch. El cual fue desarrollado con la finalidad sincronizar la ovulación a través de la utilización de GnRH y  $\text{PGF}_{2\alpha}$  de forma secuencial permitiendo establecer la inseminación artificial a tiempo fijo al conocer aproximadamente el momento en el que ocurre la ovulación (Pursley *et al.*, 1995). Este protocolo consiste en una aplicación de GnRH seguida de una inyección de  $\text{PGF}_{2\alpha}$  7 días después y posteriormente una segunda inyección de GnRH administrada 48-56 horas después de la  $\text{PGF}_{2\alpha}$  y a las 16 a 20 horas se realiza la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) resultando en una ovulación sincronizada dentro de un periodo de 24 a 32 horas después de segunda inyección de GnRH (Pursley, 1995; Carvalho *et al.*, 2014). Sin embargo, se han demostrado que la mayor preñez por inseminación artificial se obtiene entre las 8 a las 24 horas de la última aplicación de GnRH, siendo ideal realizar la inseminación a las 16 horas (Pursley *et al.*, 1998).

Debido a que el protocolo Ovsynch se implementa bajo un esquema de manejo reproductivo o bajo ciertos días establecidos al momento de implementar el protocolo, cuando las vacas se encuentran en diferentes etapas del ciclo estral, se ha mostrado variadas respuestas al protocolo siendo demostrado que la etapa del ciclo estral en la que se aplica GnRH del Ovsynch influye en la tasa de sincronización del protocolo, la cual puede llegar a reducir las

tasas de preñez (Moreira *et al.*, 2000). En base a lo mencionado, en otro estudio también se ha demostrado que el aplicar un protocolo Ovsynch durante el diestro temprano (días 5 a 9 del ciclo estral) resulta en una mayor tasa de ovulación a la primera inyección de GnRH en comparación cuando se aplica en etapas aleatorias al ciclo estral, resultando en una mayor sincronización de la ovulación general, sin embargo, en caso contrario cuando se aplica durante el metaestro (1 a 4 días del ciclo estral) y diestro tardío (10-16 del ciclo estral) resulta en una baja respuesta al GnRH, lo que se debe probablemente a la baja capacidad ovulatoria de los folículos durante el metaestro y a la mayor probabilidad de pérdida de dominancia del folículo durante el diestro tardío, dando como resultado mayores tasas de preñez cuando el protocolo se aplica en la mitad del ciclo (Vasconcelos *et al.*, 1999).

## **2.5 Modificaciones del protocolo Ovsynch**

Como una estrategia para lograr una mayor respuesta al iniciar un protocolo Ovsynch, se realizaron combinaciones del protocolo original con protocolos de presincronización (Presynch), que tiene como finalidad lograr que las vacas se encuentren en un momento óptimo del ciclo estral al iniciar el Ovsynch, permitiendo lograr un aumento de la fertilidad de las vacas en la primera inseminación artificial posparto (Giordano *et al.*, 2013). Estas modificaciones que se desarrollaron con el paso del tiempo incluyen la presincronización con dos inyecciones de PGF<sub>2α</sub>, presincronización utilizando una combinación de GnRH y PGF<sub>2α</sub> y protocolos que incluyen una segunda aplicación de PGF<sub>2α</sub> 24 h después de la primera inyección de PGF<sub>2α</sub> del protocolo Ovsynch, las cuales han sido aplicadas principalmente en vacas lecheras lactantes (Santos *et al.*, 2017).

### **2.5.1 Presynch-Ovsynch con dos aplicaciones de PGF<sub>2α</sub>**

El Presynch es un protocolo que consiste en una presincronización a base de prostaglandina antes de aplicar el protocolo Ovsynch, con la finalidad de sincronizar el ciclo estral en etapas más apropiadas antes de aplicar el Ovsynch, la presincronización se basa en la aplicación de dos prostaglandinas a intervalos de 14 días y a los 10 o 14 días posteriores se aplica el protocolo Ovsynch, esta última variación del intervalo se debe a las modificaciones

que actualmente se le han hecho al protocolo entre el intervalo de la última aplicación de PGF $2\alpha$  y el inicio del protocolo Ovsynch comenzando con un: Presynch-14 días, 12 días, 11 días y 10 días (Stevenson *et al.*, 2012).

La utilización de protocolos de Presynch-12 y Presynch-14 como estrategia de presincronización en vacas lecheras lactantes han mostrado una mejoría en la preñez por inseminación artificial en comparación con el protocolo Ovsynch en la primera inseminación artificial posparto, sin embargo, con respecto a los intervalos, la ventaja del Presynch-14 días es la aplicación de las primeras hormonas un mismo día de la semana, lo cual puede contribuir en un mayor cumplimiento del protocolo (Moreira *et al.*, 2001; Navanukraw *et al.*, 2004) Por otra parte, se ha demostrado que la disminución del intervalo de 14 a 11 días puede resultar en un aumento de la ovulación al primer GnRH y de la proporción de vacas con un cuerpo lúteo al momento de aplicar la PGF $2\alpha$ , logrando una mejora en la preñez por inseminación artificial en vacas lecheras inseminadas con esta presincronización seguida del protocolo Heat-Synch (Galvão *et al.* 2007). Con la desventaja de una mayor distribución de las inyecciones por semana cuando se aplican a intervalos más cortos.

### **2.5.2 Presynch-Ovsynch aplicaciones de PGF $2\alpha$ y GnRH**

Debido a que es poco probable que las vacas anovulares respondan a un Presynch con dos aplicaciones de PGF $2\alpha$ , por la falta de un cuerpo lúteo que responda a la aplicación de la hormona, se desarrollaron protocolos de presincronización que integran la utilización de GnRH con la finalidad de inducir la ciclicidad de las vacas anovulares y lograr optimizar y sincronizar el desarrollo folicular de estas vacas al iniciar un protocolo de reproducción (Ribeiro *et al.*, 2012).

Uno de los protocolos de presincronización utilizados en bovinos de leche es el protocolo G6G que combina la aplicación de GnRH y PGF $2\alpha$  antes de aplicar un Ovsynch. Este protocolo se ha desarrollado con el objetivo de aumentar el porcentaje de vacas que ovulan en respuesta a la primera inyección de GnRH del protocolo Ovsynch, por lo que ha demostrado obtener una mayor proporción de vacas preñadas en comparación con un protocolo Ovsynch,

debido al mayor porcentaje de vacas que ovulan en respuesta al GnRH y a la aplicación de PGF2 $\alpha$ , incluso en comparación con diferentes intervalos entre la última aplicación del Presynch y del Ovsynch, además de obtener una mayor tasa de sincronización general en respuesta al Ovsynch (Bello *et al.*, 2006). Este protocolo de G6G ha demostrado ser una alternativa beneficiosa para vacas lactantes anovulares, además de lograr una mayor tasa de preñez en comparación con otros protocolos de reproducción que utilizan otra combinación de hormonas en la presincronización o con un solo protocolo de sincronización de la ovulación a tiempo fijo (Yu *et al.*, 2018).

### **2.5.3 Protocolo Doble-Ovsynch**

Debido a la baja respuesta ovulatoria del primer tratamiento con GnRH y la falta de luteólisis adecuada con la aplicación de prostaglandina del Ovsynch que se obtiene antes de la inseminación artificial se desarrolló el protocolo Doble-Ovsynch, ha permitido aumentar la respuesta ovulatoria, la sincronización y la fertilidad de las vacas primíparas (Souza *et al.*, 2008; Giordano *et al.*, 2013). Siendo demostrado que este protocolo en vacas lecheras lactantes puede inducir la ciclicidad de las vacas anovulares y mejorar la fertilidad, debido a que se usa como presincronización un Ovsynch antes de comenzar con un protocolo Ovsynch normal, por lo que puede ser una buena alternativa para sincronizar a las vacas en la primera inseminación posparto (Herlihy *et al.*, 2012).

El esquema del Doble-Ovsynch se basa en la aplicación con GnRH, 7 días después se aplica PGF2 $\alpha$ , 3 días posteriores se aplica GnRH y a los 7 días comienza el protocolo Ovsynch (modificado) con una aplicación de GnRH, posteriormente a los 7 días se aplican dos inyecciones de PGF2 $\alpha$  con un intervalo de 24 horas, a las 56 horas posteriores a la penúltima aplicación de PGF2 $\alpha$  se aplica nuevamente GnRH y finalmente a las 16 horas se realiza la inseminación artificial (Santos *et al.*, 2017). La ventaja de este protocolo es la mejora en la fertilidad, el mayor porcentaje de vacas lecheras con un ciclo estral sincronizado en comparación con protocolo tradicional de sincronización de la ovulación a tiempo fijo (Giordano *et al.*, 2012), al igual que una mayor preñez por inseminación en vacas de primer parto en comparación con protocolos que utilizan otra presincronización diferente de esto antes

de un Ovsynch (Souza *et al.*, 2008) y por la inducción de la ciclicidad que se puede obtener en vacas anovulares al comienzo del protocolo Ovsynch (Herlihy *et al.*, 2012). Por lo que, la mejora de la fertilidad con un Doble-Ovsynch se puede deber a la mayor sincronización en vacas cíclicas e inducción de la ciclicidad en vacas acíclicas al comienzo del protocolo Ovsynch, demostrado a través de la reducción del porcentaje de vacas con bajos niveles de progesterona en la primera GnRH del protocolo Ovsynch (Souza *et al.*, 2008).

## **2.6 Dinámica ovárica con el Ovsynch**

La administración de GnRH el día 0 del protocolo induce el aumento de la LH el cual ocasiona la ovulación en vacas con folículos mayores a 10 mm y la emergencia de una onda folicular (Pursley *et al.*, 1995). La administración de GnRH al comienzo de un Ovsynch en etapas tempranas (día 2) y en etapas intermedias (día 10) da como resultado bajas tasas de ovulación, debido a que en etapas tempranas no se encuentra un folículo dominante, mientras que en etapas intermedias es más probable que se presente el inicio de la emergencia de una segunda onda folicular, lo que ocasiona una baja respuesta a la hormona, en cambio en etapas tempranas del diestro temprano (día 5) es más probable que se encuentre un folículo dominante proveniente de la primera onda folicular respondiendo mayormente a la aplicación de GnRH (Moreira *et al.*, 2000).

Por otra parte, si un cuerpo lúteo resulto de la ovulación ocasionada por la inyección inicial de GnRH, el intervalo de siete días es suficiente para que el cuerpo madure y sea sensible a la aplicación de PGF<sub>2α</sub>, la cual ocasiona la regresión de un cuerpo lúteo formado después de la ovulación (Pursley *et al.*, 1995). Por lo general, las vacas que inician el protocolo en el diestro tardío (día 15) es probable que presenten una regresión del cuerpo lúteo antes de la aplicación de PGF<sub>2α</sub> debido a la regresión del cuerpo lúteo de forma endógena (Moreira *et al.*, 2000). Un dato importante mencionado por Pursley *et al.* (1995) es que las vaquillas por lo general responden a la prostaglandina desde el día seis del inicio del ciclo estral, mientras que las vacas lecheras lactantes responden a la prostaglandina a partir de los siete del comienzo del ciclo estral.

Posteriormente la segunda inyección de GnRH permite aumentar la sincronización de la ovulación, el intervalo entre la primera GnRH y la segunda GnRH es tiempo suficiente para que los folículos adquieran un adecuado tamaño preovulatorio y con los receptores de LH necesarios para responder a la aplicación de esta hormona dando lugar a la ovulación de las 24 a las 32 horas posteriores a la aplicación de GnRH (Vasconcelos *et al.*, 1999; Pursley *et al.*, 1995) permitiendo realizar la inseminación artificial a las 16 a 20 h de la aplicación de la última hormona (Cartmill *et al.*, 2001).

## **2.7 Dinámica ovárica con el Doble-Ovsynch**

El aplicar el protocolo en una etapa óptima del desarrollo folicular cuando se encuentra un folículo dominante mayor a 10 mm, la aplicación del primer GnRH inducirá el aumento de la LH, lo cual ocasionará la ovulación (Vasconcelos, 1999) dando como resultado la formación de un cuerpo lúteo y la emergencia de una nueva onda folicular aproximadamente a los 2 días desde la inyección (Pursley, 1995), posteriormente la administración de la PGF<sub>2α</sub> ocasiona la regresión del cuerpo lúteo dando lugar a la ovulación de forma espontánea o en repuesta a la segunda aplicación de GnRH (Diskin, 2002).

Siete días posteriores a la anterior aplicación, la tercera aplicación de GnRH nuevamente ocasiona la ovulación, si las vacas lograron ovular un folículo tanto en la segunda aplicación de GnRH como en la tercera GnRH deben tener ahora dos cuerpos lúteos resultantes de ambas aplicaciones al momento de inyectar la segunda aplicación de PGF<sub>2α</sub> favoreciendo en el aumento de las concentraciones de progesterona y creando un entorno alto de progesterona durante el crecimiento del folículo preovulatorio (Fricke *et al.*, 2016). Por lo tanto, la segunda PGF<sub>2α</sub> dará lugar a la regresión de los dos cuerpos lúteos (Steverson, 2012), mientras que, la última inyección de GnRH dará lugar nuevamente a la ovulación del folículo preovulatorio de las 24 a 32 horas posteriores a la aplicación de GnRH, permitiendo realizar la inseminación artificial a tiempo fijo (Pursley *et al.*, 1995) a las 16 h posteriores a la aplicación de GnRH. La adición de un segundo tratamiento de PGF<sub>2α</sub> 24 h después del primer tratamiento dentro del segundo Ovsynch permite inducir la regresión lútea completa de los cuerpos lúteos presentes bajo el protocolo Doble-Ovsynch (Santos *et al.*, 2017).

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Descripción del sitio experimental**

El presente estudio se realizó en la Agropecuaria Lula SPR de RL de CV, ubicada en el Municipio de Gómez Palacio localizado al noroeste del Estado de Durango, con las coordenadas de 103° 29' 47" longitud oeste y 25° 34' 12" latitud norte. Con una altitud de 1130 msnm. (INEGI, 2021). Con clima seco semicálido, con lluvias en verano y con una vegetación predominante de matorral (INEGI, 2010).

### **3.2 Condiciones del clima durante el experimento**

Las condiciones climatológicas registradas durante la realización del experimento son; temperaturas máximas de 37°C alcanzadas durante el mes de marzo, mientras que las temperaturas mínimas fueron de 1°C obtenidas durante el mes de febrero. El viento alcanzó máximas de 55.6 km/h durante los últimos meses. Estos datos fueron obtenidos del sistema meteorológico del Aeropuerto Internacional de Torreón, Coahuila, México (Meteored, 2022).

### **3.3 Manejo de animales y alimentación**

La presente investigación inició el día 22 de enero del 2022 y finalizó el día 14 de abril del 2022. Se utilizaron 989 vacas de la raza Holstein (626 multíparas y 363 primíparas). La alimentación de vacas recién paridas (frescas), estuvo basada en paca de alfalfa de primera calidad, paja de avena, ensilaje de maíz, ensilaje de sorgo, semilla de algodón, bagazo de cerveza, melaza, cloruro de colina, alimento MFP de Novus ® y Palma Lac de Apelsa ®, con una premezcla de maíz rolado, pasta de soya, 3566-SS complemento mineral de Nuplen®, pasta de canola y Soy 70 Nutrilag®.

Durante el manejo rutinario del establo, cuando las vacas pasan al corral de alta producción, la ración alimenticia y los ingredientes normalmente utilizados son: semilla de algodón, pasta de canola, melaza, paca de alfalfa de primera, maíz rolado, ensilaje de maíz,

ensilaje de sorgo, pasta de soya, pulpa citrica, MFP de Novus ®, eskalin, palma lac de Apelsa®, bagazo de cervecería, Lactomil Hp95 de Oleofinos®, paja de avena, Soy 70 Nutrilag®, y 3566-SS complemento mineral de Nuplen®.

El manejo de las vacas y animales de primer parto recién paridas consiste en lo siguiente: ordeñarse durante las primeras horas para la obtención de calostros, posteriormente son programados para la ordeña rutinariamente (3 ordeños por día) y son movidas al corral de vacas recién paridas (frescas). Durante el verano y el impacto del estrés calórico presente en la región, las vacas y animales de primer parto de alta producción son mojadas por el sistema de microaspersores recibiendo un ligero baño durante 25 minutos entre cada ordeño. El manejo que reciben los animales recién paridos consiste en separar vacas adultas y vacas de primer parto por corrales limpios y con acceso a agua de calidad, fresca y a libre acceso, los corrales están diseñados de tal manera que sean ventilados y con un área de sombra.

Los primeros 40 días posparto, todas las vacas y animales de primer parto permanecen en el corral de vacas recién paridas (frescas), donde son monitoreadas bajo el esquema del manejo de la vaca posparto que consiste en revisar las enfermedades más comunes como: retención de membranas fetales, metritis, endometritis, piometra, mastitis, hipocalcemia, cetosis, desplazamiento de abomaso, principalmente. El monitoreo de la salud de la vaca posparto es fundamental, dado que al detectar cualquier anomalía deberá atenderse de manera inmediata, permitiendo curar a la vaca lo más pronto posible, favoreciendo su involución uterina, reactividad ovárica, condición corporal y un estatus general que permitirá programar a los animales para que reciban su primera inseminación durante los primeros 60 a 70 días posparto.

El diagnóstico de las enfermedades se realizaba de la siguiente forma: cuando la placenta no se expulsaba por completo después de 12 a 24 horas de parida, se aplicaba tratamiento (oxitocina) para su expulsión. Las vacas que presentaban una descarga vaginal anormal color rojo-marrón y con olor desagradable se diagnosticaban como vacas con metritis y se les aplicaba Ceftiofur 50mg: Minoxel®; Lapisa, S.A de C.V. A los  $34 \pm 4$  días posparto para evaluar el estatus de salud e involución uterina se realizaba una evaluación veterinaria que consistía en el

diagnostico de enfermedades uterinas asociadas al parto, con el objetivo de identificar a los animales con secreciones anormales utilizando un metricheck y aplicando un tratamiento con Cefapirina benzatina 640 mg; Metricure<sup>®</sup>; MSD salud animal. Mientras que el diagnóstico de mastitis se realizó constantemente durante la ordeña, cuando presentaban alguna anomalía en la ubre o en la leche, se apartaban y el encargado del área de vacas recién paridas (frescas) determinaba su estado de salud y aplicación de tratamiento.

A partir del día 41 posparto, las vacas son removidas a los corrales de alta producción, donde reciben una dieta balanceada de acuerdo a sus requerimientos nutricionales y se comienza con el protocolo de reproducción Doble Ovsynch. En vacas de primer parto (primíparas) el protocolo comienza a los  $47 \pm 3$  días posparto, mientras que, en vacas adultas (multíparas) comienza a los  $40 \pm 3$  días posparto, realizando la inseminación a tiempo fijo (IATF) a los  $74 \pm 3$  días y  $67 \pm 3$  días posparto para primíparas y multíparas, respectivamente. El diagnóstico de preñez se realiza a los 33 ( $\pm 4$  días) después de haber sido inseminadas y el diagnóstico de confirmación se realiza a los 63 ( $\pm 4$  días). Para diagnosticar la preñez se usa un ecógrafo (Easi-Scan: Go Curve), y es realizada por un especialista en reproducción.

### **3.4 Grupos experimentales**

Para esta investigación se utilizaron 989 vacas en producción de la raza Holstein (363 primíparas y 626 multíparas) bajo un sistema de estabulación. Los animales previos al experimento se aleatorizaron a los  $30 \pm 3$  días de su lactancia. Previo a los protocolos de sincronización se asignaron al azar en dos grupos por concentración de GnRH. Un total de 496 animales (primíparas y multíparas) recibieron vía intramuscular (i.m) 2.5 ml de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble-Ovsynch y 493 animales (primíparas y multíparas) recibieron vía intramuscular (i.m) 5.0 ml de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble-Ovsynch. Para los análisis estadísticos se dividieron en 8 grupos experimentales según la patología posparto (retención de placenta, metritis y mastitis) que presentaron antes de aplicar el protocolo incluyendo a las vacas con buen estatus de salud. Las hormonas exógenas utilizadas para esta investigación fueron GnRH (Gonaxal<sup>®</sup>; Acetato de buserelina; Biogénesis Bago) y PGF<sub>2</sub> $\alpha$  (Croniben<sup>®</sup>; D-Cloprostenol; Biogénesis Bago). La dosis de GnRH fue de 2.5 ml

(equivalente a 10.5 mcg de acetato de buserelina) y 5 ml (equivalente a 21 mcg de acetato de buserelina) y PGF<sub>2α</sub> fue de 2.0 ml (equivalente a 0.150 mcg). El esquema del protocolo Doble – Ovsynch modificado se ilustra en el apartado de ANEXOS (pág. 80).

**Tratamiento 1 (T1):** Se agruparon 14 vacas con presencia de retención de membranas fetales después del parto y recibieron el protocolo Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 2.5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (25) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16 h.

**Tratamiento 2 (T2):** Se agruparon 20 vacas con presencia de retención de membranas fetales después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (25) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16 h.

**Tratamiento 3 (T3):** Se agruparon 12 vacas con presencia de metritis después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 2.5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (25) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16 h.

**Tratamiento 4 (T4):** Se agruparon 13 vacas con presencia de metritis después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (25) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16 h.

**Tratamiento 5 (T5):** Se agruparon 27 vacas con presencia de mastitis después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF<sub>2α</sub>, día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 2.5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de

PGF2 $\alpha$ , día (25) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16 h.

**Tratamiento 6 (T6):** Se agruparon 23 vacas con presencia de mastitis después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , día (25) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16 h.

**Tratamiento 7 (T7):** Se agruparon 448 vacas saludables después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 2.5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , día (25) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16h.

**Tratamiento 8 (T8):** Se agruparon 444 vacas saludables después del parto y recibieron el protocolo de Doble-Ovsynch. Consistió en lo siguiente: día (0) 2.5 ml de GnRH, día (7) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , día (10) 2.5 ml de GnRH, día (17) 5 ml de GnRH, día (24) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , día (25) 2.0 ml de PGF2 $\alpha$ , 56 h después 2.5 ml de GnRH y finalmente la IATF se realizó a las 16h.

### **3.5 Variables evaluadas**

#### **Variables cualitativas**

Patologías post-parto: se llevó un registro en el programa Dairy Comp 305 de aquellas vacas que presentaron una patología post-parto como: retención de placenta, metritis y mastitis, al igual que los tratamientos clínicos que recibieron. Se determinó como retención de membranas fetales aquellas vacas que no expulsaron la placenta durante las primeras 12 a 24 horas después del parto. La metritis se determinó como aquellas vacas que presentaron una descarga uterina anormal y con olor fétido, principalmente durante los primeros 21 días posparto. La mastitis se determinó como una inflamación de la ubre (en uno o más cuartos) y

anormalidades en la leche de las vacas. El diagnóstico y el tratamiento de enfermedades clínicas fueron realizados por personal capacitado.

### **Variables cuantitativas**

Bajo los criterios y formulas propuestas por Martínez (2022) y Heuwieser *et al.* (2011) se calcularon los siguientes índices zootécnicos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índices zootécnicos establecidos para estimar la tasa de servicios, tasa de concepción, tasa de preñez, tasa de abortos, días abiertos en ganado lechero.

Variables	
Tasa de servicios (TS)	$\frac{\text{Vacas inseminadas}}{\text{Vacas aptas}} \times 100$
Tasa de concepción (TC)	$\frac{\text{Numero de preñadas en la primera IA}}{\text{Número de vacas inseminadas}} \times 100$
Tasa de preñez (TP)	$\frac{\text{Vacas preñadas}}{\text{Vacas aptas}} \times 100$
Tasa de abortos (IA)	$\frac{\text{Vacas gestantes que abortaron}}{\text{Vacas confirmadas como preñadas}} \times 100$
Intervalo parto – concepción (Días abiertos)	Corresponde al número de días que transcurren desde el parto hasta la siguiente preñez.
Aborto	Perdida de la preñez una vez diagnosticada gestante a partir del día 34 ( $\pm 2$ ).

### 3.6 Diseño experimental y análisis de frecuencias

Se llevaron a cabo dos diseños experimentales y un análisis de frecuencia:

Se estableció un diseño en bloques completos al azar, para las variables tasa de concepción, tasa de preñez y tasa de servicios a las que se les efectuó un análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), usando el programa SAS-PC System ® versión 9.4 para Windows (SAS, 2011).

#### *Modelo estadístico*

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_i + \varepsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = valor de la variable de respuesta en el tratamiento  $i$ , repetición  $j$

$\mu$  =Media general de la población estudiada

$\tau_i$  =Efecto del  $i$ -esimo tratamiento

$\beta_i$  =Efecto del  $i$ -esimo bloque

$\varepsilon_{ij}$  = Error estándar de la media

#### *Segundo diseño experimental*

El trabajo, se distribuyó de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, con ocho tratamientos y diferente número de repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Para lo anterior se empleó el paquete SAS-PC System® versión 9.4 para Windows (SAS, 2011).

#### *Modelo estadístico*

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = valor de la variable de respuesta en el tratamiento  $i$ , repetición  $j$

$\mu$  =Media general de la población estudiada

$\tau_i$  =Efecto del  $i$ -esimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error estándar de la media

### *Análisis de frecuencia*

El análisis de frecuencia consistió en sacar la incidencia de enfermedades según la paridad tomando en cuenta el número de animales que presentaron cada enfermedad y dividirlo entre el número total de animales por paridad para posteriormente multiplicarlo por cien y sacar el promedio. Para la incidencia general se tomó en cuenta el número total de animales que presentaron cada enfermedad, el cual se dividió entre el número total de animales que se utilizaron en el presente estudio y se multiplico por cien para sacar el promedio general de cada enfermedad.

### **3.7 Estimación de costos por vaca sincronizada**

Para estimar los costos de las hormonas utilizadas en el protocolo de reproducción Doble Ovsynch, se realizaron los cálculos en una tabla de excel en base al precio actual en el momento de la compra en el mercado mexicano de las siguientes hormonas. Gonaxal (50 ml), \$886.00 pesos (M.N.), Croniben (20 ml), \$262.00 pesos (M.N.). En base a estos precios se estimaron los costos por vaca sincronizada para cada tratamiento.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Incidencia de enfermedades

La incidencia general de las principales patologías posparto del presente estudio fue de: 3.4% de RMF, 2.5% de metritis, 5% de mastitis y 90.1% vacas sanas (Cuadro 2). Diversos estudios conducidos en diferentes partes del mundo reportan que la incidencia de retención de membranas fetales puede presentarse desde 2 a 16% (Hossain *et al.*, 2015; Sheldon *et al.*, 2008), en un 5 a 50 % en vacas con mastitis (Córdova *et al.*, 2017) y desde un 5% a 47% en vacas con metritis (Ehsanollah *et al.*, 2021).

La incidencia de retención de membranas fetales fue de (4.23%) y (1.90%), siendo más incidente en vacas multíparas que en primíparas, (Cuadro 2). Al respecto, Melendez *et al.* (2006) reportaron de 7.42% con una mayor incidencia en vacas multíparas en comparación con las vacas primíparas (9.6% vs 4.5%) en ganado Holstein, mientras que Xolalpa *et al.* (2003) encontraron el 3.1% en vacas Holstein.

Las vacas con metritis mostraron una incidencia de (5.20%) y (0.94%), siendo más incidente en vacas primíparas que en multíparas, (Cuadro 2). Con respecto a los resultados, Giuliadori *et al.* (2013) reportan una incidencia de metritis puerperal de 29.7% y metritis clínica de 9.6% en vacas Holstein con menores probabilidades de metritis en vacas multíparas que en vacas primíparas. Por otro lado, Merenda *et al.* (2021) reportan incidencias de 19.0% en vacas con metritis y 8.1% en vacas con metritis puerperal de vacas lecheras.

En vacas con mastitis la incidencia obtenida fue de (7.0%) y (1.64%), siendo más incidente en vacas multíparas que en primíparas, (Cuadro 2). Estudios previos realizados por Hagnestam *et al.* (2009) en vacas de raza Sueca roja y Sueca Holstein reportan un riesgo de incidencia de mastitis clínica de 19.9% en vacas primíparas y 28.9% en vacas multíparas. Por otro lado, en un estudio realizado en vacas Holstein, Jersey x Holstein y cruizas reportan prevalencias de 39.5% en vacas con mastitis subclínica y 1.7% en vacas con mastitis clínica (Ramirez *et al.*, 2011).

Según los resultados obtenidos en esta investigación se deduce que la incidencia de las patologías analizadas posparto: retención de placenta y mastitis, coinciden con los rangos mencionados por diversos autores y con resultados semejantes a los reportados en investigaciones conducidas en diferentes partes del mundo y bajos sistemas diferentes en la raza Holstein en animales de primer parto y vacas adultas, a excepción de la metritis que se encuentra por debajo del rango mencionado por diversos autores (Figura 1).

Cuadro 2. Incidencia de enfermedades clínicas en vacas lecheras en condiciones estabuladas durante el posparto temprano.

Enfermedades	Primíparas	%	Múltiparas	%	Generales (%)
RMF	7	1.90	27	4.23	3.4
Metritis	19	5.20	6	0.94	2.5
Mastitis	6	1.64	44	7.06	5.0
Saludables	336	91.23	556	88.7	90.1
Total					989

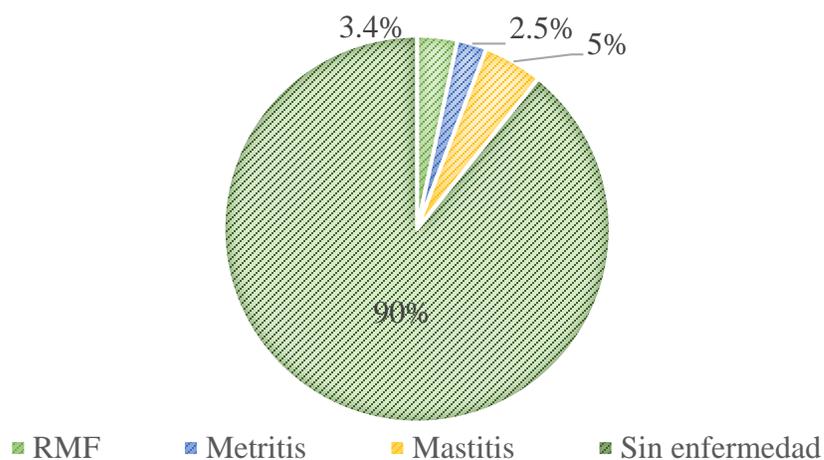


Figura 1. Incidencia de enfermedades clínicas en vacas lecheras en condiciones estabuladas durante el posparto temprano.

## 4.2 Tasa de concepción y tasa de preñez con diferente concentración de GnRH

La variable tasa de preñez, tasa de concepción y tasa de servicio fueron calculados en base a los resultados obtenidos del diagnóstico de preñez efectuado a los 33 ( $\pm$  4 días) después de la inseminación artificial. En el Cuadro 3, se reporta el estado fisiológico de los animales según las evaluaciones que se les hizo a cada animal durante el experimento en sus diferentes etapas.

Cuadro 3. Estado fisiológico de vacas lecheras en condiciones estabuladas durante el posparto temprano.

	Preñadas	Vacías	Abortadas	No inseminadas	Total
T1	5	9	1	0	14
T2	4	14	1	2	20
T3	7	5	0	0	12
T4	2	7	1	4	13
T5	7	19	2	1	27
T6	7	14	0	2	23
T7	197	236	17	15	448
T8	203	224	13	17	444

\*T1: 2.5 ml de GnRH y RMF; T2: 5.0 ml de GnRH y RMF; T3: 2.5 ml de GnRH y presencia de metritis; T4: 5.0 ml de GnRH y presencia de metritis; T5: 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T6: 5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T7: 2.5 ml de GnRH en vacas saludables; T8: 5.0 ml de GnRH en vacas saludables.

En la variable tasa de preñez se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, obteniendo las menores tasas de preñez en vacas con presencia de metritis (15.3%) y retención de membranas fetales (20%) cuando recibieron 5.0 ml de GnRH ( $p < 0.05$ ), sin embargo, las mayores tasas se obtuvieron en vacas con metritis que recibieron 2.5 ml (58.3%) Figura 2. Al respecto, en un estudio realizado por Giuliadori *et al.* (2013) reporta que la tasa de preñez a los 100 días posparto se vio afectada por metritis, obteniendo una menor probabilidad de gestación en vacas con metritis puerperal y probabilidades similares en vacas con metritis clínica en comparación con vacas saludables. Mientras que, en un estudio realizado en vacas Holstein-Fresian se obtuvieron porcentajes de preñez de 25% con metritis clínica y

44% con metritis puerperal siendo porcentajes menores a los obtenidos en vacas sanas 71% (Pinto, 2016).

Por otra parte, LeBlanc, (2008) menciona que la tasa de preñez puede reducirse en un 15% en vacas con RMF y que la disminución del rendimiento reproductivo es probable que ocurra sobre todo cuando se desarrollan infecciones uterinas. Al respecto, en un estudio realizado en vacas Holstein el porcentaje de vacas preñadas dentro de 180 días posparto se obtuvieron porcentajes de 75 y 90.6% en vacas con RMF, mientras que en vacas saludables fue de 93.3% (Huang *et al.*, 2018).

Debido a la baja tasa de preñez obtenida en el presente estudio en vacas con mastitis (25.9%), diversos estudios han demostrado que la mastitis, puede reducir el porcentaje de preñez hasta en un 20%, sobre todo aquellas vacas con mastitis subclínica (García *et al.*, 2021). Mientras que, otras investigaciones reportaron porcentajes de preñez de 58.5 y 93.1% en vacas con mastitis clínica y 85.4% en vacas saludables a 320 días posparto (Santos *et al.*, 2004).

En la variable tasa de concepción se mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos, obteniendo las menores tasas de concepción en vacas con presencia de metritis (22.2%) y retención de membranas fetales (22.2%) cuando recibieron 5.0 ml de GnRH ( $p < 0.05$ ), sin embargo, las mayores tasas se obtuvieron en vacas con metritis que recibieron 2.5 ml (58.3%) Cuadro 4. Al respecto, Fourichon *et al.* (2000) reportan que las vacas con retención de membranas fetales se asociaron con una tasa de concepción de 4 a 10% más baja en el primer servicio, mientras que en vacas con metritis la tasa de concepción al primer servicio se asocia con un 20% menos en vacas afectadas. En un estudio conducido por Lima *et al.* (2014) reportaron tasas de concepción en vacas lecheras con metritis 29.1 y 28.9% a los 34 días, mientras que a los 62 días fue de 28.3 y 27.9%. Así mismo, Oliveira *et al.* (2020) reportan tasas de concepción de 24.7 y 35.8% en vacas Holstein con metritis.

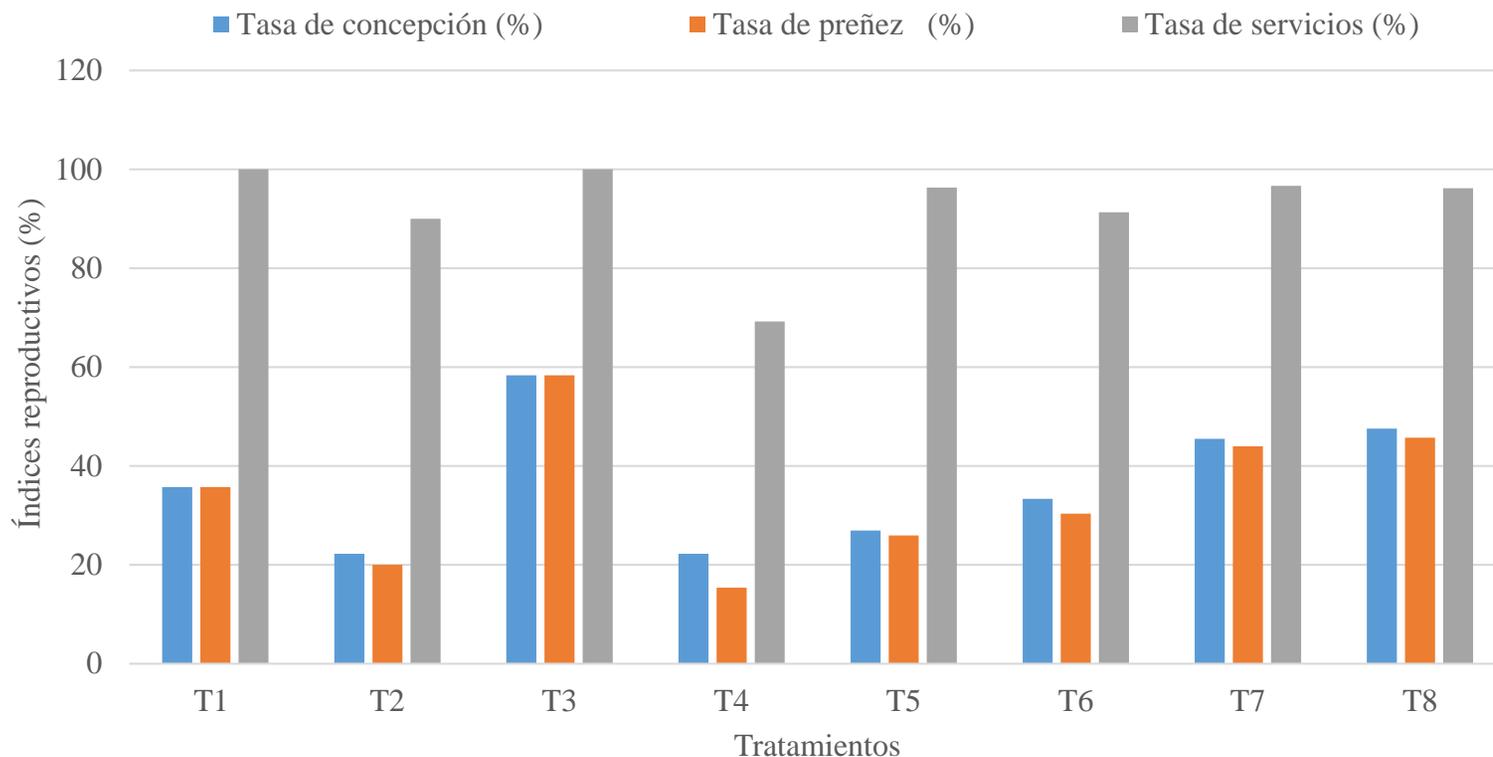
Las tasas de concepción en vacas con mastitis se muestran en el Cuadro 4, al respecto Córdova *et al.* (2008) menciona que la mastitis subclínica y clínica puede reducir el porcentaje de concepción hasta un 50% en la primera inseminación artificial sobre todo cuando se presenta

Cuadro 4. Tasa de servicios, tasa de concepción y tasa de preñez de vacas lecheras al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch considerando las principales patologías posparto en condiciones estabuladas.

Tratamientos	Enfermedad	Concentración de GnRH	Tasa de servicios (%)	Tasa de concepción (%)	Tasa de preñez(%)
T1	RMF	2.5 ml de GnRH	100a (14/14)	35.7bc (5/14)	35.7bc (5/14)
T2	RMF	5.0 ml de GnRH	90a (18/20)	22.2c (4/18)	20de (4/20)
T3	Metritis	2.5 ml de GnRH	100a (12/12)	58.3 <sup>a</sup> (7/12)	58.3a (7/12)
T4	Metritis	5.0 ml de GnRH	69.2a (9/13)	22.2c (2/9)	15.3e (2/13)
T5	Mastitis	2.5 ml de GnRH	96.2a (26/27)	26.9bc (7/26)	25.9cde (7/27)
T6	Mastitis	5.0 ml de GnRH	91.3a (21/23)	33.3bc (7/21)	30.3cd (7/23)
T7	Saludables	2.5 ml de GnRH	96.6a (433/448)	45.4ba (197/433)	43.9b (197/448)
T8	Saludables	5.0 ml de GnRH	96.1a (427/444)	47.5ba (203/427)	45.7b (203/444)
Coeficiente de variación (%)			11.6	19.7	12.2
Pr > F			P>0.05	P<0.0002	P<0.0001

\*T1: 2.5 ml de GnRH y RMF; T2: 5.0 ml de GnRH y RMF; T3: 2.5 ml de GnRH y presencia de metritis; T4: 5.0 ml de GnRH y presencia de metritis; T5: 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T6: 5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T7: 2.5 ml de GnRH en vacas saludables; T8: 5.0 ml de GnRH en vacas saludables.

<sup>abcde</sup> Diferente literal indica diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre las medias de las columnas.



\*\*T1: 2.5 ml de GnRH y RMF; T2: 5.0 ml de GnRH y RMF; T3: 2.5 ml de GnRH y presencia de metritis; T4: 5.0 ml de GnRH y presencia de metritis; T5: 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T6: 5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T7: 2.5 ml de GnRH en vacas saludables; T8: 5.0 ml de GnRH en vacas saludables.

Figura 2. Impacto de la tasa de preñez, tasa de servicio y tasa de concepción, según la patología posparto en comparación con las vacas de estatus saludable.

antes del servicio. Por otra parte, Santos *et al.* (2004) en vacas Holstein con mastitis clínica reporta tasas de concepción al primer servicio de 22.1% cuando se presentó previa a la inseminación artificial, 10.2% cuando se presentó entre la primera inseminación y el diagnóstico de preñez y 37.9% cuando se presentó después del diagnóstico de preñez y 28.7% en vacas saludables.

Cuadro 5. Tasa de servicios, tasa de concepción y tasa de preñez de vacas lecheras saludables al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch en condiciones estabuladas.

Tratamientos*	Tasa de servicios	Tasa de concepción	Tasa de preñez
T7, primera lactancia (%)	94.5a	54.1a	51.2a
(n/n)	(157/166)	(85/157)	(85/166)
T7, multíparas (%)	97.8a	40.5a	39.7a
(n/n)	(276/282)	(112/276)	(112/282)
T8, primera lactancia (%)	94.7a	57.7a	54.7a
(n/n)	(161/170)	(93/161)	(93/170)
T8, multíparas (%)	97.0a	41.3a	40.1a
(n/n)	(266/274)	(110/266)	(110/274)
Coef. Var.		25.121	23.779
Pr > F		P>0.05	P>0.05

\*T7, primera lactancia: vacas de primer parto saludables con 2.5 ml de GnRH; T7, multíparas: vacas saludables con 2.5 ml de GnRH; T8, primera lactancia: vacas de primer parto saludables con 5 ml de GnRH; T8, multíparas: vacas saludables con 5 ml de GnRH.

\*Diferentes literales indican diferencia significativa ( $P<0.05$ ) entre las medias de las columnas.

Los animales saludables posparto, fueron similares ( $p>0.05$ ) para la tasa de concepción y tasa de preñez ( $p>0.05$ ), sin embargo, es necesario comentar que las vacas de primera lactancia fueron mayores numéricamente en tasa de concepción y tasa de preñez comparadas con vacas de segunda lactancia o más (Cuadro 5). Al respecto, Giordano *et al.* (2013), condujeron un trabajo de investigación para probar el efecto de la GnRH (gonadorelina; 100 vs. 200  $\mu$ g) y PGF $2\alpha$  (cloprostenol; 500 frente a 750  $\mu$ g) después del Pre-Ovsynch; tomando en cuenta solo el aumento de la dosis de GnRH como en el presente estudio las tasas de concepción reportadas son de 43.0% vs 47.7% a los 29 días, 38.0% vs 46.3% a los 39 días y 34.6% vs 40.8% a los 74

días respectivamente, después de la inseminación artificial con dosis de 100 vs. 200 µg de GnRH.

Ahora tomando en cuenta la aplicación de ambas hormonas a los 29 días después de la I.A.T.F., la dosis de GnRH y PGF<sub>2α</sub> no afecta la tasa de concepción. Sin embargo, las vacas que recibieron dosis de 750 µg tendió a tener mayor tasa de concepción (45.4% vs 41.5%) que las vacas que recibieron dosis de 500 µg (40.9% vs 37.8%), independientemente de la dosis de GnRH a los 39 y 74 días posteriores a la inseminación artificial. Por otra parte, la tasa de concepción fue mayor en vacas primíparas en comparación con las vacas multíparas a los 29 días (53,8 % vs 40,7 %; P < 0,001), 39 días (50,1 % vs 36,8 %; P < 0,001) y 74 días (46,1 % vs 33,8 %; P < 0,001) posteriores a la inseminación. Por lo que ellos concluyeron, que a pesar del aumento de la respuesta ovulatoria al primer GnRH del segundo Ovsynch y mejorar de la regresión lútea, no hubo diferencia significativa en la tasa de concepción.

Por otra parte, en un estudio realizado por Herlihy *et al.* (2012) en vacas Holstein bajo un protocolo Doble-Ovsynch con dosis de 100 µg de GnRH reportaron una tasa de concepción general de 46.3%, siendo mayor en vacas primiparas en comparación con las vacas multíparas (52.5% vs 40.3%).

### **4.3 Días abiertos**

En la presente investigación se hizo un análisis sobre el efecto de la RMF, metritis, mastitis y vacas que no presentaron ninguna anomalía posparto sobre los días abiertos mostrando resultados no significativos ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 6). Sin embargo, numéricamente ( $p > 0.05$ ) las vacas con metritis que recibieron 2.5 ml de GnRH en la tercera aplicación mostraron menos días para concebir después del parto (97.8%). Los días abiertos se considera como el factor más limitante en la eficiencia reproductiva de una vaca lechera, para poder ser eficiente en esta variable, se considera ideal un periodo parto – concepción de 85 a 90 días, permitiéndonos obtener una cría y una lactancia cada año.

Los días abiertos están ampliamente influenciados por el manejo nutricional que se le da al animal en el posparto al igual que el amamantamiento de la cría en vacas de carne, ya que

estos factores afectan la producción y liberación de las hormonas que se necesitan para restablecer los ciclos estrales, prolongando de esta manera los días abiertos e intervalos entre parto (Montiel *et al.*, 2020).

Diversos autores reportan que las patologías de índole inmunológico como retención de membranas fetales, metritis y mastitis en el ganado lechero tienen un efecto negativo en el intervalo parto concepción (días abiertos) entre ellos, Martin *et al.* (1986) reporta un aumento de 19 días abiertos en vacas con retención de membranas fetales en vacas Holstein. Mientras que en un metaanálisis realizada por Fourichon *et al.* (2000) en vacas lecheras reporta que la cetosis, distocia y retención de placenta se asocian con un aumento de 6 a 12 días abiertos y 19 días abiertos en vacas con metritis. Sin embargo, Guliodori *et al.* (2013) reportan un aumento de días abiertos en vacas con metritis, constituidos por 111 días abiertos en vacas con metritis clínica, 129 días abiertos en vacas con metritis puerperal y 109 días abiertos en vacas sanas.

Cuadro 6. Días abiertos de vacas lecheras al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch considerando las principales patologías posparto en condiciones estabuladas.

Tratamientos	Enfermedad	Concentración	Días abiertos
T1	Retención de placenta	2.5 ml de GnRH	112.14a
T2	Retención de placenta	5.0 ml de GnRH	106.65a
T3	Metritis	2.5 ml de GnRH	97.83a
T4	Metritis	5.0 ml de GnRH	114.08a
T5	Mastitis	2.5 ml de GnRH	107.89a
T6	Mastitis	5.0 ml de GnRH	104.79a
T7	Sin enfermedad	2.5 ml de GnRH	99.59a
T8	Sin enfermedad	5.0 ml de GnRH	100.16a
Coef. Var.			31.845
Pr > F			P>0.05

\*T1: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de retención de placenta; T2: Concentración 5.0 ml de GnRH y presencia de retención de placenta; T3: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de metritis; T4 : Concentración 5.0 ml de GnRH y presencia de metritis; T5: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T6: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T7 : Concentración 2.5 ml de GnRH y sin presencia de enfermedades; T8: Concentración 5.0 ml de GnRH y sin presencia de enfermedades.

\*Diferentes literales indican diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las medias de las columnas.

Por otra parte, Dalanezi *et al.* (2020) reporta un aumento de días abiertos en vacas con mastitis de  $191 \pm 7.4$  causada por bacterias Gram negativas;  $172 \pm 4.1$  causada por bacterias Gram positivas, en comparación con  $129 \pm 1.9$  días abiertos en vacas sin evento de mastitis. Mientras que Mellado *et al.* (2018) reporta un aumento de 5 días abiertos ( $123 \pm 80$  vs  $128 \pm 86$ ) en vacas Holstein con mastitis. Por lo que el impacto sobre todo de la mastitis y metritis puede ir desde intervalos de parto concepción largos hasta casi nulo como en los resultados obtenidos en el presente estudio.

#### **4.4 Tasa de aborto**

El aborto en bovinos se define como la pérdida del producto resultante de la concepción cuando ocurre durante el periodo fetal que abarca aproximadamente desde los 42 días hasta antes de los 260 días de la gestación, en cambio, cuando la pérdida del producto resulta antes del periodo fetal es considerada como perdida embrionaria (Hamali *et al.*, 2011). De manera general se puede establecer que la pérdida de la gestación, independientemente de la etapa en que ocurre, es un fenómeno multicausal y complejo, lo que hace difícil su diagnóstico.

Las principales causas de desecho en las unidades de producción lechera son aquellas asociadas con baja producción o por causas reproductivas. En un trabajo realizado por Vitela *et al.* (2004) en cinco establos lecheros reportaron que la tasa de desecho general fue de 22.2 %, siendo una de las causas principales de desecho aquellas relacionadas por causas reproductivas constituyendo el 34%; conformada por baja infertilidad (14%), abortos (11.2%), metritis (6.4%) y otras causas (2.5%).

Ademas de ser una de las causas de desecho el aborto es considerado como uno de los eventos de falla reproductiva con mayor número de días abiertos (Xolalpa *et al.*, 2002), las vacas con problemas de metritis y que recibieron 5.0 ml de GnRH en la tercera aplicación mostraron el mayor número de abortos (50%;  $p < 0.05$ ) comparada con las vacas que recibieron 2.5 ml de GnRH y que presentaban la misma enfermedad, así mismo, fue diferente con aquellas vacas del tratamiento 6 que recibieron 2.5 ml de GnRH y que presentaron mastitis ( $p < 0.05$ ; Cuadro 7). La presencia de metritis puerperal en las vacas fue asociada como un factor de riesgo de aborto en

el estudio citado, sin embargo, en base a los resultados, las vacas que presentaron esta enfermedad tuvieron un riesgo reducido de aborto, por lo que el mismo autor menciona que la asociación de esta enfermedad con el aborto aun no es muy clara, debido a su alta recuperación cuando es tratada (Mellado *et al.*, 2021).

Cuadro 7. Tasa de aborto de vacas lecheras al incrementar la dosis de GnRH en la tercera aplicación de un protocolo Doble Ovsynch considerando las principales patologías posparto en condiciones estabuladas.

Tratamientos	N	Preñadas	Abortos	Tasa de aborto (%)
T1	14	5	1	20.0cbd
T2	20	4	1	25.0cb
T3	12	7	0	0.00e
T4	13	2	1	50.0a
T5	27	7	2	28.5b
T6	23	7	0	0.00e
T7	448	197	17	8.0ced
T8	444	203	13	6.40ed
Coef. Var.				37.259
Pr > F				P<0.0001

\*T1: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de retención de placenta; T2: Concentración 5.0 ml de GnRH y presencia de retención de placenta; T3: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de metritis; T4 : Concentración 5.0 ml de GnRH y presencia de metritis; T5: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T6: Concentración 2.5 ml de GnRH y presencia de mastitis; T7: Concentración 2.5 ml de GnRH y sin presencia de enfermedades; T8: Concentración 5.0 ml de GnRH y sin presencia de enfermedades.

<sup>abcde</sup>Diferentes literales indican diferencia significativa (P<0.05) entre las medias de las columnas.

Por otra parte, la presencia de mastitis ya sea subclínica o clínica en las unidades de producción lechera, se han asociado con cierta probabilidad de abortos, sobre todo durante los primeros meses de gestación, debido a que pueden presentar de un 1.22 a 2.7 veces mas probabilidad de riesgo de abortar en comparación con las vacas no afectadas (Pinedo *et al.*, 2009; Risco *et al.*, 1999).

En base a lo mencionado y a los resultados de la presente investigación en un estudio realizado por Santos *et al.* (2004) en vacas Holstein con mastitis clínica reporta incidencias de

aborto de 11.8% cuando se presentó previa a la inseminación artificial, 11.6% cuando se presentó entre la primera inseminación y el diagnóstico de preñez y 9.7% cuando se presentó después del diagnóstico de preñez. Siendo asociado el aborto con esta patología debido a que bacterias Gram negativas pueden favorecer la síntesis de mediadores inflamatorios y la liberación de PGF<sub>2α</sub> ocasionando la regresión del cuerpo lúteo y provocando abortos, mientras que la presencia de bacterias gram positivas se asocian mas con pérdidas embrionarias (Risco *et al.*, 1999; Cordova *et al.*, 2008).

#### 4.5 Estimación de los costos por vaca sincronizada

Los costos de las hormonas pueden variar dependiendo del mercado internacional y de la zona de distribución en México, sin embargo, los costos estimados del presente estudio fueron de \$886.00 pesos/M.N. para el GnRH y \$262.00 pesos/M.N. para el PGF<sub>2α</sub> (Cuadro 5). La sincronización de la ovulación para el protocolo Doble-Ovsynch utilizando 2.5 ml de GnRH tuvo un costo de \$255.80 pesos M.N/vaca (Anexo Figura 3). La sincronización de la ovulación para el protocolo Doble-Ovsynch utilizando 5.0 ml de GnRH tuvo un costo de \$300.10 pesos M.N/vaca (Anexo Figura 4).

Cuadro 8. Estimaciones de los costos por vaca sincronizada usando un protocolo Doble-Ovsynch

Producto	Precio unitario/ M.N.	Aplicaciones	Costo total/vaca/M.N.
<b>2.5 ml de GnRH</b>			
Gonaxal de 50 ml	\$886.00	4	\$177.20
Croniben 20 ml	\$262.00	3	\$78.60
			\$255.80
<b>5.0 ml de GnRH</b>			
Gonaxal de 50 ml	\$886.00	5	\$221.50
Croniben 20 ml	\$262.00	3	\$78.60
			\$300.10

## **V. CONCLUSIONES**

La mastitis fue la enfermedad de mayor incidencia, sin embargo, la tasa de abortos se incrementó en animales con metritis cuando recibieron una dosis de 5 ml de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble Ovsynch.

La tasa de concepción y tasa de preñez fue mayor en animales que presentaron metritis y que recibieron una dosis de 2.5 ml de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble Ovsynch lo que mejoró el intervalo parto – concepción.

La aplicación de una dosis de 5 ml de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble Ovsynch no mejoro la tasa de concepción en vacas saludables de primer parto *versus* vacas multíparas.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir evaluando el efecto del aumento de la dosis de GnRH en la tercera aplicación del protocolo Doble Ovsynch, dado que en la presente investigación los resultados no están claros, no obstante, es importante mencionar que las enfermedades asociadas al parto tienen efecto directo sobre la salud del útero de la vaca posparto.

## VI. LITERATURA CITADA

- Algorta I. y Barbosa J. 2011. Evaluación de un protocolo de sincronización de celos con prostaglandinas en vaquillonas de leche luego de la administración parenteral de minerales. [Tesis] Universidad de la Republica Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay.
- Amin, Y.A., Ali, R.A. Fouad, S.S. and Ibrahim, R.M. 2021. The deleterious effect of postpartum pyometra on the reproductive índice, the metabolic profile, and oxidant/antioxidant parameters of dairy cows. *Vet. World* 14(2):329-338.
- Anta, J.E., 1987. Análisis de la información publicada sobre la eficiencia reproductiva del ganado bovino en el trópico mexicano. [Tesis] Facultad de veterinaria. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arana, D.C., Echeverría, C.L. and Segura, C.J. (2006). Factores que afectan el intervalo parto-primer servicio y primer servicio-concepción en vacas lecheras del Valle del Mantaro durante la época lluviosa. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 17(2):108-113. <https://doi.org/10.15381/rivep.v17i2.1519>
- Arbel, R., Bigun, Y., Ezra, E., Sturman, H. and Hojman, D. 2001. The effect of extended calving intervals in high-yielding lactating cows on milk production and profitability. *Journal of Dairy Science* 84(3):600-608. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)74513-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)74513-4)
- Ballent M., Landi, H.G., Bilbao, G., and Dick A. 2003. Pubertad, peso vivo y desarrollo corporal en diferentes biotipos bovinos productores de leche: una actualización bibliográfica. *ITEA* 99(2):130-138.
- Barros, C.M., Moreira, M.B.P., Figueiredo, R.A., Texeira, A.B. and Trinca, L.A. 2000. Synchronization of ovulation in beef cows (*bos indicus*) using GNRH, PGF<sub>2α</sub> and estradiol benzoate. *Theriogenology* 53(5):1121-1134.
- Beagley, J.C., Whitman, K.J., Baptiste, K.E. and Scherzer, J. 2010. Physiology and treatment of retained fetal membranes in cattle. *J. Vet. Intern. Med.* 24(2):261-8
- Bello, N.M., Steibel, J.P. and Pursley, J.R. 2006. Optimizing Ovulation to First GnRH Improved Outcomes to Each Hormonal Injection of Ovsynch in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 89(9):3413-3423. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72378-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72378-5)

- Bogado, Pascottini, O. and Opsomer, G. 2017. Diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del posparto uterino en vacas lecheras: una revisión con énfasis en la endometritis subclínica. *Compendio de Ciencias Veterinarias* 7(1); 29-40. <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2017.07.01.29-40>
- Bridges, G.A., Helser, L.A., Grum, D.E., Mussard, M.L., Gasser, C.L. and Day, M.L. 2008. Decreasing the interval between GnRH and PGF<sub>2α</sub> from 7 to 5 days and lengthening proestus increases timed-IA pregnancy rates in beef cows. *Theriogenology* 69(7):843-851. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.12.011>
- Britt, J.H. 1974. Early postpartum breeding in dairy cows. A review. *Journal of Dairy Science* 58(2):266-271. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(75\)84558-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(75)84558-9)
- Bruno, R.G.S., Farias A.M. Hernandez, R.J.A., Navarette, A.E., Hawkins, D.E. and Bilby, T.R. 2013. Effect of gonadotropin-releasing hormone or prostaglandin F<sub>2α</sub>-based estrus synchronization programs for first or subsequent artificial insemination in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5885>
- Busanello, M., Rossi, R.S., Cassoli, L.D., Pantoja, J.C.F and Machado, P.F. 2017. Estimation of prevalence and incidence of subclínica mastitis in a large population of Brazilian dairy herds 100(8):6545-6553. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12042>
- Bustillo Parrado J.C y Melo Colina J.A. 2020. Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino. Seminario de Profundización de Reproducción Bovina. Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Villavicencio, Meta.
- Calderón, A and Rodríguez V.C. 2008. Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el antiplano cundiboyacense (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21:582-589.
- Cardoso, C.C.E., Charles, W.M. and Sartori. R. 2021. Factors That Optimize Reproductive Efficiency in Dairy Herds with an Emphasis on Timed Artificial Insemination Programs. *Animals* 11(2):301
- Cartmill, J. A., El-Zarkouny, S.Z., Hensley, B.A., Rozell, T.G., Smith, J.F. and Stevenson, J.S. 2001. An Alternative AI Breeding Protocol for Dairy Cows Exposed to Elevated Ambient Temperatures before or after Calving or Both. *J. Dairy Sci.* 84:799–806.
- Carvalho, P.D., Guenther, J.N. Fuenzalida, M.J. Amundson, M.C. Wiltbank, M.C. and Fricke, P.M. 2014. Presynchronization using a modified Ovsynch protocol or a single

- gonadotropin-releasing hormone injection 7 d before an Ovsynch-56 protocol for submission of lactating dairy cows to first timed artificial insemination. *Journal of Dairy Science* 97(10):6305-6315. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8222>
- Cavalieri, J., Hepworthc, G., Fitzpatrickb, L.A., Shephard, R.W., Macmillan, K.L. 2006. Manipulation and control of the estrous cycle in pasture-based dairy cows. *Theriogenology*. 65(1):45-64
- Cavalieri, J., Hepworth, G., and Macmillan, K. 2004. Ovarian follicular development in Holstein cows following synchronisation of oestrus with oestradiol benzoate and an intravaginal progesterone releasing insert for 5–9 days and duration of the oestrous cycle and concentrations of progesterone following ovulation. *Animal Reproduction Science*, 81(3-4):177–193. [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00156-8](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00156-8)
- Cavalieri, J., Hepworth, G., Parker, K.I., Wright, P.J. and Macmillan, K.L. 2003. Effect of treatment with progesterone and oestradiol when starting treatment with an intravaginal progesterone releasing insert on ovarian follicular development and hormonal concentrations in Holstein cows. *Animal Reproduction Science* 76:177-193. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(02\)00260-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(02)00260-9)
- Cavestany D. 1993. Eficiencia reproductiva en vacas lecheras. Parámetros reproductivos. Montevideo, Uruguay. Boletín de divulgación N°37. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INTA.
- Cavestany, D.D. 2002. Sincronización o inducción de celos con o sin inseminación artificial a tiempo fijo en rodeos Uruguay. XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, 143-163 p.
- Celhay Barreto, S. y Rodríguez Martínez, A. 2011. Comparación de dos dispositivos vaginales con diferentes cantidades de progesterona en dos protocolos de sincronización de celo con inseminación artificial a tiempo fijo en vaquillonas de carne. [Tesis]. Universidad de la Republica Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay.
- Chang, Y.M., Andersen, R.M.I., Heringstad, B., Gianola, D. and Klemetsdal, G. 2006. Bivariate Analysis of Number of Services to Conception and Days Open in Norwegian Red Using a Censored Threshold-Linear Model. *Journal of Dairy Science* 89(2):772-778 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72138-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72138-5)

- Chebel, R.C., Santos J.E.P., Reynolds J., La Cerri R. Juchem S.O. and Overton, M. 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 84(3-4):239-255. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.012>
- Córdova, I.A., Córdova, J.C.A., Córdova, J.M.S., Saltijeral, O.J.A. Lang, R.C.G., Xolalpa, C.V.M., Cortes, S.S. and Guerra, L.J.E. 2008. Efecto de la mastitis y el estrés sobre la reproducción de la vaca. *Sitio Argentino de Producción Animal. Univ. Autónoma de Sinaloa, México.*
- Cordova, I.A., Guerra, L.J.E., Espinosa, C.R., Inzunza, C.J.F., Villa, M.E.A., Huerta, C.R., Juarez, M.M.L., Gomez, V.A., Olivares, P.J., Sanchez, A.P. and Rodriguez, D.B.E. 2017. Production of Milk and Bovine Mastitis. *Journal Advances in Dairy Research* 5(2):2-4. <https://doi.org/10.4172/2329-888X.1000174>
- Cornwell, J.M., McGilliard, M.L., Kasimanickam, R., and Nebel, R.L. 2006. Effect of Sire Fertility and Timing of Artificial Insemination in a Presynch + Ovsynch Protocol on First-Service Pregnancy Rates. *Journal of Dairy Science* 89(7):2473-2478. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72321-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72321-9)
- Cunha, F., Jin J.S., Daetz, R., Vieira, N.A., Laporta, J., Jeong, C.K., Barbet, A.F., Risco, C.A. and Galvão, K.N. 2018. Quantifying known and emerging uterine pathogens, and evaluating their association with metritis and fever in dairy cows. *Theriogenology*. 114(1):25-33. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.03.016>
- Dalanezi, F.M., Joaquim, S.F., Guimarães, F.F., Schmidt, C., Guerra, S.T., Lopes, B.C. Cerri, R.L.A. and Langoni, H. 2020. Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103(4):3648-3655. <https://doi.org/10.3168/jds.2019.16841>
- Dersa, B., Tulu, D and Begna, D.F. 2020. Epidemiological Investigation of Cattle Abortion and Its Association with Brucellosis in Jimma Zone, Ethiopia. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 87-98
- De Vries, A., Steenholdt, C. and Risco, C.A. 2005. Pregnancy Rates and Milk Production in Natural Service and Artificially Inseminated Dairy Herds in Florida and Georgia. *Journal of Dairy Science* 88(3):948-956.

- Diskin, M.G., Austin, E.J and Roche, J.F. 2002. Exogenous hormonal manipulation of ovarian activity in cattle. *Domestic Animal Endocrinology*. 23(1-2):211-228. [https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(02\)00158-3](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(02)00158-3)
- Diskin, M.G., Murphy, J.J. and Sreenan. 2006. Embryo survival in dairy cows managed under pastoral conditions. *Animal Reproduction Science* 96(3-4):297-311.
- Domecq, J.J., Nebel, R.L., Mcgilliard, M.L. and Pasquino A.T. 1991. Experiment System for evaluation of reproductive performance and managment. *Journal of Dairy Science* 74:3446-3453.
- Drillich M., Pfützner A., Sabin, H.J., Sabin M. and Heuwieser W. 2003. Comparison of two protocols for the treatment of retained fetal membranes in dairy cattle. *Theriogenology* 59(3-4):951-960. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01132-9](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01132-9)
- Dubuc, J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Walton, J.S. and LeBlanc, S.J. 2010. Risk factors for postpartum uterine diseases in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:5764–5771. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3429>
- Dutta, C., Deka, R.J., Amonge, T.K., Bhuyan, M., Bora, J.R., Bezbarua, N. and Chutia, J.P. 2020. Behavioral responses and reproductive performances of cross bred dairy cows on soil and concrete bedded floors in small holders' production system in Assam 8(8):1790-1794. <http://www.entomoljournal.com/>
- Ehsanollah, S., Pouya, R., Risco, C.A. and Hernandez, J.A. 2021. Observed and expected combined effects of metritis and other postpartum diseases on time to conception and rate of conception failure in first lactation cows in Iran. *Theriogenology* 164(1):36-41.
- Espósito G., Irons P.C., Webb E.C., and Chapwanya A. 2014. Interactions between negative energy balance, metabolic diseases, uterine health and immune response in transition dairy cows. *Animal Reproduction Science* 144(3-4):60-71. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>
- Földi, J., Kulcsár, M., Pécsi, A., Huygheb, B. Sa, C., Lohuisb, J.A.C.M, Coxb, P. Huszenicza, G. Bacterial complications of postpartum uterine involution in cattle. *Animal Reproduction Science*. 96(3-4):265-281. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.006>

- Folman, Y., Kaim, M., Herz, Z. and Rosenberg, M. 1990 Comparison of methods for the synchronization of estrous cycles in dairy cows. Effects of progesterone and parity on conception. *J. Dairy Sci* 73:2817-2825.
- Fourichon, C., Seegers, H. and Malher, X. 2000. Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology*. 53(9):1729-1759. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(00\)00311-3](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(00)00311-3)
- Fricke, P.M., Carvalho, P.D., Lucy, M.C., Curran, F., Herlihy, M.M., Waters, S.M., Larkin, J.A., Crowe, M.A. and Butler, S.T. 2016. Effect of manipulating progesterone before timed artificial insemination on reproductive and endocrine parameters in seasonal-calving, pasture-based Holstein-Frisian cows. *Journal Dairy Science*. 99(8):6780-6792.
- Galina, C. Valencia, J. 2008. Reproducción de animales domésticos. México Limusa S.A. de C.V. [Libro Electrónico]. 3ra ed.
- Galvão, K.N. 2012. Postpartum uterine diseases in dairy cows. *Animal Reproduction*. 9(3):290-296. <https://www.animal-reproduction.org/article/5b5a6058f7783717068b46e8>
- Galvão, K.N., Sá Filho, M.F. and Santos J.E.P. 2007. Reducing the interval from presynchronization to initiation of time artificial insemination improves fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90(9):4212-4218. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0182>
- Galvis R.D., Munera E.A. and Martin A. M. 2005. Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 18(3): 228-239.
- García, M.J.I., Zambrano, J.J., Matute, D.T.X., Pinos, R.E.E., Dutan, S.J.B. and Ayala, G.L.E. 2021. Efecto de mastitis subclínica sobre la fertilidad en vacas Holstein, criadas en el trópico alto. *La Técnica: Revista de las Agrocencias*. 82-94
- Gautama, G., Nakao, T., Yusuf, M. and Kana K. 2009. Prevalence of endometritis during the postpartum period and its impact on subsequent reproductive performance in two Japanese dairy herds. *Anim. Reprod. Sci*. 116(3-4):175-187
- Giordano, J.O., Wiltbank, M.C., Guenther, J.N., Bas, S., Cunha, A.P. and Fricke, P.M. 2012. Increased fertility in lactating dairy cows resynchronized with Double-Ovsynch compared with Ovsynch initiated 32 d after timed artificial insemination. *Journal of Dairy Science* 95(2):639-653. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4418>

- Giordano, J.O., Wiltbank, M.C., Fricke, P.M., Bas S., Pawlischc, R., Guenther, J.N. and Nascimento, A.B. 2013. Effect of increasing GnRH and PGF<sub>2α</sub> dose during Double-Ovsynch on ovulatory response, luteal regression, and fertility of lactating dairy cows. *Theriogenology* 80(7):773-783. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.07.003>
- Giraldo G. and Jairo J. 2008. Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. Antioquia, Colombia. *Revista Lasallista de Investigación* 5(2):90-99.
- Giuilodori, M.J., Magnasco, R.P Becu, V.D., Lacau, M.I.M. and Risco, C.A. and de la Sota, R.L 2013. Metritis in dairy cows: Risk factors and reproductive performance. *Journal of Dairy Science* 96(6):3621-3631. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5922>
- Gonzales-Stagnaro C. 2001. Parámetros, cálculos e índices aplicados en la evaluación de la eficiencia reproductiva. *Reproducción Bovina*: 203-247.
- González, S.C. 2003. Análisis de la tasa de preñez en vacas doble propósito. *Revista científica* 13(6):440-447
- Gutierrez, A.J.C., Palomares, N.R., Sandoval, M.J., Ondiz, S.A., Portillo, M.G. and Soto, B.E. 2005. Uso del protocolo ovsynch en el control del anestro posparto en vacas mestizas de doble propósito. *Revista científica FCV-LUZ*. 15(1):7-13.
- Hagnestam, N.C., Emanuelson, U., Berglund, B. and Standberg, E. 2009. Relationship between somatic cell count and milk yield in different stages of lactation. *Journal of Dairy Science* 92(7):3124-3133
- Hamali, H. Nofouzi, K. and Jafari, R. 2011. A molecular(PCR) survey on abortus caused by *Campylobacter spp.* in the dairy cattle of Tabriz-Iran. *Online Journal of Animal and Feed Research* (1):5-205-208.
- Hare, E., Norman, H. and Wright, J. 2006. Trends in calving age and calving intervals for Dairy cattle breeds in the United States. *Journal of Dairy Sci.* 89(1):365-370. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72102-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72102-6)
- Haxhijaj K., Wishart D.S. and Ametaj B.N. 2022. Mastitis: qué es, diagnósticos actuales y el potencial de la metabolómica para identificar nuevos biomarcadores predictivos. *Lacteos* 3(4)722-746. <https://doi.org/10.3390/dairy3040050>
- Herlihy, M.M., Giordano, J.O., Souza, A.H., Crowe, M.A., Butler, S.T. and Wiltbank, M.C. 2012. Presynchronization with Double-Ovsynch improves fertility at first postpartum

- artificial insemination in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95(12):7003-7014. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5260>
- Hernández Cerón, J. 2016. *Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros*. [Libro Electrónico]. Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán. Ciudad de México. DCV F. <https://doi.org/10.22201/fmvz.9786070286902e.2016>
- Heuwieser, W., Iwersen, S. and Goetze, L. 2011. Efficacy of carprofen on conception rates in lactating dairy cows after subcutaneous or intrauterine administration at the time of breeding. *Journal of Dairy Science*. 94(1):146-151
- Heuwieser, W., Oltenacu, P.A., Lednor, A.J., and Foote R.H. 1997. Evaluation of different protocols for prostaglandin synchronization to improve reproductive performance in dairy herds with low estrus detection efficiency. *J Dairy Sci* 80:2766–2774.
- Hossain, M.K., Billah, M.N., Aziz, S.A., Rahman, M.A., Islam, M.N., Muslehuddin, A.H.M, Lucky N.S., Hossain, M.M, Aktaruzzaman, M. and Islam M.R. 2015. Factors affecting retained fetal membrane and its therapeutic management in dairy cows. *International Journal of Natural Science* 5(2):93-97.
- Huang, X., Shengyi, W., Wang, L., Wang, H., Li, Xi and Dongan, C. 2018. Administration of an herbal powder based on traditional Chinese veterinary medicine enhanced the fertility of Holstein dairy cows affected with retained placenta. *Theriogenology* 121(s/n):67-71. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.08.008>
- Imhof, S., Laternauer, M., Hüsler, J., Steiner, A. Hirsbrunner, G. 2019. Therapy of retained fetal membranes in cattle: Comparison of two treatment protocols. *Animal Reproduction Science* 206(s/n):11-16. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.04.013>
- INEGI. 2021. *Aspectos Geográficos de Durango, Mexico*. 6p
- INEGI. 2010. *Compendio de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Gómez Palacio, Durango clave geoestadística*.
- Kabir K.M.R., Uddin, J. and Royhan, G. 2015. Effect of age, parity and breed on conception rate number of service per conception in artificially inseminated cows. *Bangladesh livestock journal* 1:1-4.
- Kasimanickam, R., Duffield, T.F. Foster, R.A., Gartley C.J., Leslie, K.E., Walton, J.S. and Johnson, W.H. 2004. Endometrial cytology and ultrasonography for the detection of

- subclinical endometritis in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 62(1-2):9-23.  
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.03.001>
- Kastelic, J.P., Olson, W.O., Martinez, M., Cook, R.B. and Mapletoft, R.J. 1999. Synchronization of estrus in beef cattle with norgestomet and estradiol valerate. *Can. Vet. J.* 40(3):173-178
- Kenny, D.A., Heslin, J. and Byrne, C.J. 2017. Early onset of puberty in cattle: implications for gamete quality and embryo survival. *Reprod. Fertil. Dev* 30(1):101-117.
- Krpálková, L., Cabrera, V.E., Vacek, M., Stipková, M., Stádnik, L. and Crump, P. 2014. Effect of pubertal and postpubertal growth and age at first calving on production traits during the first 3 lactations in Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 97(5):3017-3027.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2013.7419>
- Lammoglia, V.M., Huerta, P. J and Marini, P.R 2021. Patologías posparto y origen de vacas infértiles en ganado lechero en el Altiplano Mexicano. *Revista de Ciencias de la Vida* 33(1) 44-52. <https://doi.org/10.17163/igr.n33.2021.04>
- La Roche-Loaiza, A., Vargas-Leitón, B., Camacho-Sandoval, J., Castillo-Badilla G. and Romero-Zúñiga J.J. 2019. Intervalo parto-concepción en ganado lechero especializado de Costa Rica. *Rev. Ciencias Veterinarias* 37(1)27-45.  
<http://dx.doi.org/10.15359/rcv.37-1.3>
- Laven, R.A and Peters, A.R. 1996. Bovine retained placenta: aetiology, pathogenesis and economic loss. *The Veterinary Record*. 139(19):465-471.  
<https://doi.org/10.1136/vr.139.19.465>
- Lavon Y., Leitner G., Kressel Y., Ezra E. and Wolfenson D. 2019. Comparing effects of bovine *Streptococcus* and *Escherichia coli* mastitis on impaired reproductive performance. *Journal of Dairy Science* 102(11):10587-10598. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16673>
- Lavon, Y., Leitner, G., Voet, H. and Wolfenson, D. 2010. Naturally occurring mastitis effects on timing of ovulation, steroid and gonadotrophic hormone concentrations, and follicular and luteal growth in cows. 93(3):911-921. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2112>
- LeBlanc S.J. 2008. Postpartum uterine disease and dairy herd reproductive performance: A review. *The Veterinary Journal* 176(1):102-114.  
<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.019>

- LeBlanc S.J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Bateman, K.G., Keefe, G.P., Walton, J.S. and Johnson, W.H. 2002. Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85(9):2223-2236. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74302-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74302-6)
- Lefebvre, R. Larroque, H., Barbey, S., Gallard, Y., Colleau, J.J., Lainé, A.L., Boichard, D. and Martin, P. 2021. Genome-wide association study for age at puberty and resumption of cyclicity in a crossbred dairy cattle population. *Journal of Dairy Science*. 104(5):5794-5804. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18228>
- Lima, F.S., Vieira, N.A., Vasconcellos, G.S.F.M., Mingoti, R.D., Karakaya, E., Solé, E., Bisinotto, R.S., Martinez, N., Risco, C.A., Galvão, K.N. and Santos, J.E.P. 2014. Efficacy of ampicillin trihydrate or ceftiofur hydrochloride for treatment of metritis and subsequent fertility in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97(9):5401-5414
- Lincke, A., Drillich, M. and Heuwieser, W. 2007. Subclinical endometritis in dairy cattle and its effect on fertility a review of recent publications. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr.* 120(5-6):245-250.
- Loera, J. and Banda, J. 2017. Dairy industry in Mexico: parameters of the production of milk and supply of the internal market. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 19(4): 419 – 426. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.317>
- Lucy, M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End?. *Journal of Dairy Science*. 84(6):1277-1293. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0)
- Lucy, M.C., McDougall, S. and Nation, D.P. 2004. The use of hormonal treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture-based management systems. *Animal Reproduction Science* 82-83:495-512.
- Lucy, M.C., Steverson, J.S. and Call, E.P. 1986. Controlling First Service and Calving Interval by Prostaglandin F<sub>2e</sub>, Gonadotropin-Releasing Hormone, and Timed Insemination. *J. Dairy Sci.* 69:2186–2194. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(86\)80652-x](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(86)80652-x)
- Machado, V.S., Celestino, M.L., Oliveira, E.B., Lima, F.S., Bullou, M.A. and Galvão, K.N. 2020. The association of cow-related factors assessed at metritis diagnosis with metritis cure risk, reproductive performance, milk yield, and culling for untreated and ceftiofur-

- treated dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103(10):9261-9276.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2020-18643>
- Macmillan, K.L and Henderson, H.V. 1984. Analyses of the variation in the interval from an injection of prostaglandin F<sub>2α</sub> to oestus as a method of studying patterns of follicle development during dioestus in dairy cows. *Animal Reproduction Science* 6(4):245-254. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(84\)90003-4](https://doi.org/10.1016/0378-4320(84)90003-4)
- Macmillan, K.L. and Petersonb, A.J. 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) for oestrous synchronisation, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. *Animal Reproduction Science* 33(1-4):1-25
- Magata, F., Sone, A., Watanabe, Y. Deguchi, Y. Aoki, T., Haneda S. and Ishii, M. 2021. Prevention of retained fetal membranes and improvement in subsequent fertility with oxytocin administration in cows with assisted calving. *Theriogenology* 176:200-205. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.09.037>
- Mapletoft, R.J., Martínez, M.F., Colazo, M.G. and Kastelic, J.P. 2003. The use of controlled internal drug release devices for the regulation of bovine reproduction. *Journal of Animal Science* 81(2):28-36.
- Martin, J.M., Wilcox, C.J., Moya, J., and Klebanow, E.W. 1986. Effects of retained fetal membranes on milk yield and reproductive performance. *J. Dairy Sci.* 69(4):1166-1168
- Martínez, H.M.F. 2022. Fertilidad en vacas Brangus x Brahman tratadas con PGF<sub>2α</sub> y GNRH. [Tesis de IAZ]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 20p
- Meléndez, P. y Bartolomé, J. 2017. Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias* 8(4):407-417. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i4.4160>
- Meléndez, P., González, G., Benzaquen, M. Risco, C. and Archbald, L. 2006. The effect of a monensin controlled-release capsule on the incidence of retained fetal membranes, milk yield and reproductive responses in Holstein cows. *Theriogenology* 66(2):234-241.
- Mellado, M., García, J.E., Veliz, D.F.G., Santiago, M.A., Mellado, J., Gaytan, L.R., García, O.A. 2018. The effects of periparturient events, mastitis, lameness and ketosis on reproductive performance of Holstein cows in a hot environment. *Austral Journal Veterinaria Science* 50(1):1

- Mellado, M. Najera, O. Mellado, J. García, J.E., Macías, C.U., Rodríguez, A.F., Meza, H.C.A. and Avendaño, R.L. 2021. Vaccination programs, party, and calving season as factors affecting the risk of fetal losses and memmified fetuses in Holstein cows. Spanish Journal of Agricultural Research 19(3):1-13.
- Melo, L.F., Monteiro, P.L.J., Surjus, R.S., Drum J.N., Wiltbank M.C. and Sartori R. 2016. Progesterone-based fixed-time artificial insemination protocols for dairy cows: Gonadotropin-releasing hormone versus estradiol benzoate at initiation and estradiol cypionate versus estradiol benzoate at the end. Journal of Dairy Science 99(11):9227-9237. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11220>
- Merenda, V.R., Lezier, D. Odetti, A., Figueiredo, C.C., Risco, C.A., Bisinotto, R.S., Chebel, R.C. 2021. Effects of metritis treatment strategies on health, behavior, reproductive, and productive responses of Holstein cows. Journal of Dairy Science 104(2):2056-2073
- Meteored. 2022. Clima de Gómez Palacio, Durango. <https://www.meteored.mx/gomez-palacio/historico>.
- Monteiro, P.L.J., Borsato, M. Silva, F.L.M., Prata, A.B., Wiltbank, M.C. and Sartori, R. 2015. Increasing estradiol benzoate, pretreatment with gonadotropin-releasing hormone, and impediments for successful estradiol-based fixed-time artificial insemination protocols in dairy cattle. Journal of Dairy Science 98(6):3826-3839.
- Moreira, F., Sota, R.L., Diaz, T. and Thatcher, W.W. 2000. Effect of dayr of the estrous cycle at the initiation of a timed artificial insemination protocolo in reproductive responses in dairy heifers. J. Anim. Sci.78(6):1568-1576. <https://doi.org/10.2527/2000.7861568x>
- Navanukraw C., Redmer D.A., Reynolds L.P., Kirsch J.D., Grazul-Bilska A.T. and Fricke P.M. 2004. A Modified Presynchronization Protocol Improves Fertility to Timed Artificial Insemination in Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science 87(5):1551-1557. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73307-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73307-X)
- Nebel, R.L. and Jobst, S.M. 1998. Evaluation of systematic breeding programs for lactating dairy cows: a review. J. Dairy Sci. 81(4):1169-1174. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(98\)75679-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(98)75679-6)
- Negasee KA. 2020. Clinical metritis and endometritis in diary cattle: A review. Veterinary Medicine Open Journal 5(2): 51-56. <http://dx.doi.org/10.17140/VMOJ-5-149>

- Nilforooshan, M.A. and Edriss, M.A. 2004. Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. *Journal of Dairy Science* 87(7):2130-2135. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70032-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70032-6)
- Odde, K. G. (1990). A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *Journal of Animal Science*, 68(3), 817-830. <https://doi.org/10.2527/1990.683817x>
- Oktofianus R.F. 2010. Puberty in Beef Heifers: A Review. *Journal Ilmu Peternakan*. 5(1):20-27
- Oliveira, E.B., Cunha, F., Daetz, R., Figueiredo, C.C., Chebel, R.C., Santos, J.E., Risco, C.A., Jeong, K.C., Machado, V.S. and Galvão, K.N. 2020. Using chitosan microparticles to treat metritis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 103(8):7377-7391.
- Ortiz, S.J., García, O.T., and Morales T.G. 2005. Manual de bovinos productores de leche. Colegio de posgraduados. Secretaria de la reforma agraria. México. 15-16 p.
- Pérez-Ruiz. E., Quezada-Casasola A., Carrera-Chávez, J. M., Álvarez-Holgún, A., Ochoa-Rivero, J. M., Chávez-Ruiz M.G., and Román-Ponce S.I. 2022 Función ovárica y respuesta a la sincronización del estro en ganado criollo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 13(2):422-45
- Pursley, J.R., Mee, M.O. and Wiltbank, M.C. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF<sub>2α</sub> and GnRH. *Theriogenology*. 44(7):915-923. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(95\)00279-H](https://doi.org/10.1016/0093-691X(95)00279-H)
- Pursley, J.R., Silcox, R.W. and Wiltbank, M.C. 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 81(2):2139-2144.
- Piccardi, M., Capitaine, F.A., Bó, G.A. and Balzarini, M. 2011. Impacto del nivel de producción, estación de parto y el tipo de servicio sobre la tasa de preñez acumulada a 100 días en vacas lecheras en la Argentina. *Agriscientia* 28(2):127-135.
- Pinedo, P.J., Meléndez, P., Villagómez, C.J.A. and Risco, C.A. 2009. Effect of high somatic cell counts on reproductive performance of Chilean dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 92(4):1575-1580. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1783>
- Pinedo, P., Santos, J.E., Chabel, R.C., Galvão, K.N., Schuenemann, G.M., Bicalho, R.C., Gilbert, R.O., Rodríguez, S.L., Seabury, C.M., Rosa, G., and Thatcher, W. 2020. Associations of reproductive indices with fertility outcomes, milk yield, and survival

- in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 103(7):6647-6660.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17867>
- Pinto, V.N.S. 2016. Metritis en vacas primíparas y su relación con parámetros reproductivos. [Tesis] Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 13-14.
- Qu, Y., Fadden, A.N. Traber, G.M and Bobe, G. 2014. Potential risk indicators of retained placenta and other diseases in multiparous cows. *Journal of Dairy Science* 97(7):4151-4165. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7154>
- Quispe, S.E. and Vega, B.W.O. 2017. Evaluacion de le eficiencia productiva y reproductiva en ganado vacuno lechero de la comunidad ganadera el invernillo, localidad de pomalca departamento de Lambayeque. [Tesis]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- Rabaglino, M.B., Risco, C.A., Thatcher, M.J., Kim, I.H., Santos, J.E.P. and Thatcher W.W. 2010. Application of one injection of prostaglandin F<sub>2α</sub> in the five-day Co-Synch + CIDR protocol for estrous synchronization and resynchronization of dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 93(3):1050-1058. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2675>
- Ramírez, V.N., Arroyave, H.O., Cerón, M.M., Jaramillo, M. Cerón, J. and Guillermo, P.L. 2011. Factors associated to mastitis in cows from the dairy production basin in the northern highlands of Antioquia, Colombia. *Rev. Med. Vet.* 22:31-42
- Ribeiro, E.S., Cerri, R.L.A., Bisinotto, R.S., Lima, F.S. Silvestre, F.T. Greco, L.F., Thatcher, W.W. and Santos, J.E.P. 2011. Reproductive performance of grazing dairy cows following presynchronization and resynchronization protocols. *Journal of Dairy Science* 94(10):4984-4996.
- Ribeiro, E.S., Monteiro, A.P.A. Lima F.S. Ayres, H., Bisinotto, R.S. Favoreto, M., Greco, L.F., Marsola, R.S, Thatcher, W.W. and Santos, J.E.P. 2012. Effects of presynchronization and length of proestrus on fertility of grazing dairy cows subjected to a 5-day timed artificial insemination protocol. *Journal of Dairy Science* 95(5):2513-2522.
- Risco, C.A., Donovan, G.A. and Hernández J. 1999. Clinical mastitis associated with abortion in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82(8):1684-1689.
- Ramirez, V.N., Arroyave, H.O., Cerón, M.M., Jaramillo, M., Cerón, J. and Guillermo, P.L. 2011. Factors Associated to Mastitis in Cows from the Dairy Production Basin in the Northern Highlands of Antioquia, Colombia. *Rev. Med. Vet.* 22:31-42

- Rocha J.C. and Córdova I.A. 2008. Causas de retención placentaria en el ganado bovino. *RECVET, Revista Electrónica de Clínica Veterinaria*, 3(2):1-16.
- Roth, Z., Dvir, A., Kalo, D. Lavon, Y. Krifucks, O., Wolfenson, D. and Leitner, G. 2013. Naturally occurring mastitis disrupts developmental competence of bovine oocytes. *Journal of Dairy Science* 96(10):6499-6505
- Rutter, B. 2015. Diagnostico de endometritis subclínica en vacas lecheras. Maskana, 1er congreso internacional de producción animal especializada en bovinos. Facultad Ciencias Agropecuarias, UC. 131-142
- Salazar-Carranza, M., Castillo-Badilla, G., Murillo-Herrera, J., Hueckmann-Voss, F. and Romero-Zúñiga, J.J. 2013. Edad al primer parto en vacas Holstein de lechería especializada en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 24(2):233-243. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43729228001.pdf>
- Sánchez S.A. 2010. Parámetros reproductivos en bovinos en regiones tropicales de México. [Monografía M.V.Z.] Universidad Veracruzana Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, México.
- Santos J.E.P., Cerri R.L.A., Ballou M.A., Higginbotham G.E. and Kirk J.H. 2004. Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactational and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Animal Reproduction Science*. 80(1-2):31-45. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00133-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00133-7)
- Santos, V.G., Carvalho, P.D., Maia, C., Carneiro, Valenza, A. and Fricke, P.M. 2017. Fertility of lactating Holstein cows, submitted to Double-Ovsynch protocol and timed artificial insemination versus artificial insemination after synchronization of estrus at a similar day in milk range. *Journal of Dairy Science* 100(10):8507-8517.
- Santos, J.E.P., Narciso, C.D., Rivera, F., Thatcher, W.W. and Chebel, R.C. 2010. Effect of reducing the period of follicle dominance in a timed artificial insemination protocolo n reproduction of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93(7):2976-2988.
- Schuller, L.K., Burfeind, O. and Heuwieser, W. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load índices. *Theriogenology*. 81(8):1050-1057. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.01.029>

- Schrick, F.N., Hockett, M.E., Saxton, A.M., Lewis, M.J., Dowlen, H.H. and Oliver, S.P. 2001. Influence of Subclinical Mastitis During Early Lactation on Reproductive Parameters. *Journal of Dairy Science*. 84(6):1407-1412
- Sheidegger G.A., Meléndez R.P., Duchens A.M. and Ausin H.J. 1993. Retención de placenta y otras alteraciones reproductivas del puerperio: su efecto sobre la fertilidad post-parto en bovinos Holstein. *Avances en Ciencias Veterinarias* 8(1) <http://doi.org/10.5354/acv.v8i1.6104>
- Sheldon, I.M., Cronin, J., Goetze, L., Donofrio, G. and Schuberth, H.J. 2009. Defining postpartum uterine disease and the mechanisms of infection and immunity in the female reproductive tract in cattle. *Biol. Reprod.* 81(6):1025-1032.
- Sheldon I.M., Williams, E.J, Miller, A.N.A, Nash, D.M. and Herath, S. 2008. Uterine diseases in cattle after parturition. 176(1):115-121. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.031>
- Sheldon, I.M. and Dobson, H. 2004. Postpartum uterine health in cattle. *Animal Reproduction Science*. 82-83:295-306. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.006>
- Sheldon, I.M., Lewisb, G.S., LeBlanc, S.J., Gilbert, R. 2006. Defining postpartum uterine disease in cattle. *Theriogenology* 65(8):1516-1530. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.08.021>
- Siatka, K., Sawa, A., Kręże, C.S., Piwczyński, D. and Mariusz, B. 2017. Effect of Some Factors on Number of Services per Conception in Dairy Cows. *J. of Veterinary Science y Technology*. 8(5):1-4. <https://doi.org/10.4172/2157-7597.1000465>
- Silva, J.C., Siqueira, L.C., Rodrigues M.X., Wolkmer, P., Pomeroy, B., Bicalho, R.C and Zinicola, M. 2022. Intrauterine infusion of a pathogenic bacterial cocktail is associated with the development of clinical metritis in postpartum multiparous Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 106(1):607-623. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21954>
- Sintex, 2005. Manejo reproductivo en bovinos de leche. Laboratorio de especialidades veterinarias. Argentina.
- Slama, H., Wells, M.E., Adams, G.D. and Morrison D. 1976. Factors Affecting Calving Interval in Dairy Herds. *Journal of Dairy Science*. 59(7):1334-1339. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84364-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84364-0)
- Solórzano, H.C.W., Hernán, M.J., Galina, H.C., Villa, G.A., Vera, A.H.R. and Romo, G.S. 2008. Reuse of a progesterone releasing device (CIDR-B) for estrus synchronization

- within an embryo transfer program in bovines. *Técnica Pecuaria en México* 2008;46(2):119-135.
- Souza, A.H., Ayres, H., Ferreira, R.M. and Wiltbank, M.C. 2008. A new presynchronization system (Double-Ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology* 70(2):208-215. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.03.014>
- Stevenson, J.S. and Ahmadzadeh, A. 2011. Replacement management in cattle, breeding standards and pregnancy management. *Encyclopedia of Dairy Science*. 2:410-416. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00446-5>
- Stevenson, J. 2012. Ovsynch goes double. *Hoard's Dairyman*. 1
- Stevenson, J.S., Kobayashi, Y. and Thompson, K.E. 1999. Reproductive Performance of Dairy Cows in Various Programmed Breeding Systems Including OvSynch and Combinations of Gonadotropin-Releasing Hormone and Prostaglandin F2 $\alpha$ . *Journal of Dairy Science* 82(3):506-515. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75261-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75261-6)
- Stevenson, J.S. y Pulley, S.L. 2012. Pregnancy per artificial insemination after presynchronizing estrous cycles with the Presynch-10 protocol or prostaglandin F2 $\alpha$  injection followed by gonadotropin-releasing hormone before Ovsynch-56 in 4 dairy herds of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95(11):6513-6522. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5707>
- Valdés-Pérez, L.A., Hernández, C.J., Luzbel S.R., Arechiga-Flores, C.F., Salgado-Hernández, E.G. and Romero-Arredondo A. 2018. Retención de membranas fetales y patologías uterinas en vacas lecheras tratadas con PGF2 $\alpha$  después del parto. *Rev. Mex. de Cienc. Pecuarias* 9(3):576-587. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4295>
- Vallejo-Timarán, D.A., Benavides-Melo, C.J., Murillo-Patiño, D.P., Astaíza-Martínez, J.M., and Chaves-Velásquez, C. A. 2017. Efecto de las enfermedades en posparto temprano sobre el intervalo parto concepción: estudio de cohorte en vacas lecheras de Pasto, Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12(1):33-43. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.1.3>
- Vasconcelos, J.L.M., Silcox, R.W., Rosa, G.J.M., Pursley, J.R. and Wiltbank, M.C. 1999. Synchronization rate, size of the ovulatory follicle, and pregnancy rate after

- synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 52(6):1067-1078.
- Villasmil, Y., & Yañez, L. (2012). Edad al primer servicio y primer parto de novillas Doble Propósito. *Cuadernos Científicos GIRARZ* 6, January.
- Vierira-Nieto, A., Lima F.S., Santos J.E.P, Mingoti R.D., Vasconcellos G.S., Risco C.A. and Galvao K.N. 2016. Vulvovaginal laceration as a risk factor for uterine disease in postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99(6):4629-4637. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10872>
- Vitela, M.I., Cruz, V.C. and Ramos, P.M. 2004. Identificación de las causas de desecho en cinco establos lecheros de Aguascalientes, Mexico. *Téc. Pecu. Méx.* 42(3):437-444
- Wathes, D.C., Pollott, G.E., Johnson, K.F., Richardson, H., Cooke, J.S. 2014. Heifer fertility and carry over consequences for life time production in dairy and beef cattle. *Animal* 8(1):91-104. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000755>
- Wittrock, J.M., Proudfoot, K.L., Weary D.M., and Von Keyserlingk, M.A.G. 2011. Short communication: Metritis affects milk production and cull rate of Holstein multiparous and primiparous dairy cows differently. *Journal of Dairy Science* 94(5):2408-2412 <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3697>
- Xolalpa, C.V., Pérez Ruano M. and García O.C. 2003. Incidencia de eventos de falla reproductiva y su impacto sobre el intervalo parto-concepción (días abiertos) de bovinos hembras de la cuenca lechera de Tizayuca Hidalgo, México, durante los años 2001 y 2002. *Rev. Salud Anim.* 25(1): 45-49.
- Xu Z.Z. y Burton L.J. 2000. Estrus Synchronization of Lactating Dairy Cows with GnRH, Progesterone, and Prostaglandin F2 $\alpha$ . *Journal of Dairy Science* 85(3):471-476. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74905-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74905-8)
- Yu, G.M., Wu, Y., Wang, X.L., Zhao, S., Maeda, T. and Zeng, S.M. 2018. Evaluation of three hormonal protocols for anovulatory lactating cows under regulations restricting the use of estrogenic compounds. *J. Anim. Sci.* 82(4):640-647.

## VII. ANEXOS

Esquema de protocolos de sincronización de la ovulación utilizados en el presente trabajo experimental.

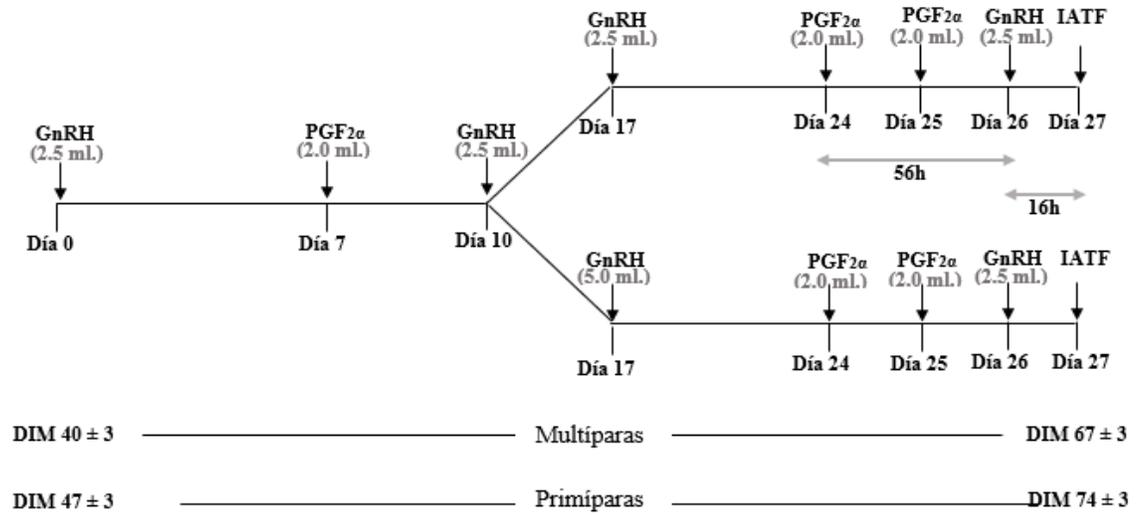


Figura 7. Protocolo Doble Ovsynch modificado.