

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS

MAESTRIA EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTO DE PERIODOS DE ESPERA VOLUNTARIA SOBRE DÍAS ABIERTOS,
INTERVALO ENTRE PARTOS Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN
DE TECATE, BAJA CALIFORNIA**

**TESIS
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**PRESENTA:
JUAN ANTONIO CASTRO GARCÍA**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. ALBERTO BARRERAS SERRANO**

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

JUNIO DE 2023

Efecto de periodos de espera voluntaria sobre días abiertos, intervalo entre partos y producción de leche en vacas Holstein, de Tecate Baja California. Tesis presentada por Juan Antonio Castro García. Como requisito para obtener el grado de maestro en ciencias veterinarias.

Dr. Alberto Barreras Serrano
Director

Dr. Victor Manuel Gonzalez Vizcarra
Asesor

Dr. Eduardo Sánchez López
Asesor

Dr. Fernando Figueroa Saavedra
Asesor

Mexicali; B.C. México a junio de 2023

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a quienes estuvieron en constante apoyo para mi formación, al Dr. Alberto Barreras Serrano mi director de tesis, el Dr. Víctor Manuel González Vizcarra mi asesor, así como a la Universidad Autónoma de Baja California y al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias y el área de posgrado junto con la coordinadora del programa de maestría la Dra. Olga Maritza Manríquez.

También hacer mención del cuerpo de docentes que formaron parte de mis estudios de maestría, ya que conforman la base del conocimiento aplicado en el presente trabajo de investigación.

Por último, le agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) por el generoso apoyo económico percibido durante estos 2 grandiosos años de formación.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico principalmente a mi señor padre don Rosendo Castro Vidales fundador del Rancho San Antonio, quien en vida fuera mi primer maestro de vida. A mi madre Guadalupe Carmen que a pesar de las adversidades a conseguido guiar a la familia y a su hijo por el camino del éxito y la perseverancia además siéntanse orgullosos que este éxito es en gran parte a ustedes dos.

A mis 3 hermanos Isaac, Carmen y Rosendo que le han traído alegría de nuevo a la familia con la llegada de mis sobrinos.

Finalmente, a mis amigos y compañeros que formaron parte de mi vida dentro y fuera del instituto, gracias por todo.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	Pág vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
La producción de leche en Baja California	3
Eficiencia reproductiva	4
Parámetros reproductivos	5
<i>Periodo de espera voluntaria</i>	5
<i>Tasa de concepción</i>	7
<i>Periodo parto-concepción</i>	7
<i>Intervalo entre partos</i>	9
Manejo del periodo de espera y su impacto en la reproducción	10
<i>El clima como factor para extender el periodo de espera</i>	11
Sincronización de la ovulación como herramienta reproductiva	13
<i>Resultados al utilizar el protocolo Presynch-Ovsynch</i>	16
<i>Resultados al utilizar el protocolo Doble-Ovsynch</i>	18
Modificación del periodo de espera y su impacto en la productividad	20
MATERIALES Y MÉTODOS	27

Área de estudio	27
Origen de la información	27
Criterios de inclusión y exclusión	28
Variables evaluadas	28
Procedimiento de análisis estadístico	28
RESULTADOS Y DISCUSION	30
Estadísticos descriptivos generales y por las variables: período de espera voluntario, año de parto, época de parto y número de parto...	30
Efecto de componentes reproductivos y ambientales sobre la producción de leche	45
Comportamiento de los días abiertos e intervalo entre partos por distintas variables reproductivas	56
Análisis de variables reproductivas para un modelo de regresión	60
CONCLUSIONES	63
LITERATURA CITADA	64

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág
1	Porcentaje de inseminación efectiva utilizando el protocolo Presynch-Ovsynch al final del periodo de espera voluntaria	17
2	Comparación del porcentaje inseminación efectiva en distintos programas reproductivos	19
3	Medias generales para las variables en estudio	31
4	Comportamiento de las variables por año de parto	33
5	Comportamiento de las variables evaluadas por época de parto	34
6	Distribución de frecuencias por categoría de HAEP como factor de corrección para efectos ambientales y de manejo	36
7	Comportamiento de las variables evaluadas por categoría de periodo de espera voluntaria	37
8	Asociación del método de inseminación, periodo de espera, número de parto y época de parto sobre el porcentaje de vacas gestantes o vacías al primer servicio	39
9	Asociación entre el porcentaje de vacas con distinto PEV sobre el intervalo parto-concepción e intervalo entre partos	40
10	Comparación de medias por grupo para variables productivas	49
11	Comparación de medias por grupo para intervalo parto-concepción e intervalo entre partos	54
12	Selección de variables de naturaleza reproductiva para un modelo lineal y su valor predictivo sobre variables de producción láctea	57

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág
1	Tratamientos hormonales utilizados en tres programas de fertilidad para vacas productoras de leche	15
2	Rendimiento mensual de leche (kg/día) para vacas primíparas o multíparas	25
3	Rendimiento mensual de leche (kg/día) para vacas primíparas, primíparas preñadas al primer servicio, multíparas y multíparas preñadas al primer servicio	26
4	Comportamiento de las variables para producción de leche por número de parto	42
5	Comportamiento del intervalo parto-concepción para vacas con distinto número de parto	43
6	Valores medios para los días al primer servicio postparto por distinto número de parto	44
7	Valores medios para número de servicios por concepción en vacas con distinto número de parto	45
8	Valores medios para intervalo entre partos para vacas con distinto número de partos	46
9	Producción total por lactancia para vacas vacías (resultado=0) o gestantes (resultado=1) al primer servicio por número de parto	50
10	Producción ajustada a 305 días para vacas vacías (resultado=0) o gestantes (resultado=1) al primer servicio por número de parto	51

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto del período de espera voluntario (corto: 45-59d, normal: 60-79d y extendido: 80-130d) sobre características productivas y reproductivas. Se utilizaron datos de vacas Holstein ($n=2578$) que parieron entre 2018 y 2020. Se construyeron tablas de contingencia para estimar la asociación de los caracteres reproductivos con el período de espera voluntario (PEV). El efecto de PEV en la producción de leche y en los caracteres reproductivos se determinó utilizando un modelo lineal mixto con efectos fijos de la subclase hato-año-estación (HAEP), número de partos (1, 2, 3, ≥ 4), grupo de PEV, interacción PEV con número de partos, efecto de la covariable largo de lactancia y el efecto aleatorio del residual. Además, para predecir el rendimiento de la producción de leche utilizando variables reproductivas, se definió un modelo utilizando el método de selección de variables por pasos del procedimiento REG. Los resultados mostraron una tasa de preñez al primer servicio de 28.94%, con medias para días de primer servicio, tasa de servicio por concepción, intervalo parto-concepción (IPC), intervalo entre partos (IEP) y producción de leche por día, de 70d, 2.65, 142d, 14m y 32-36 kg, respectivamente. La no asociación fue observada entre el porcentaje de preñez al primer servicio, con el PEV, el número de parto y el protocolo de inseminación. El IPC e IEP fueron mayores en el grupo PEV extendido. Las vacas inseminadas artificialmente (IA) por primera vez al detectarse el estro o sometidas a tiempo fijo, no mostraron diferencia en promedio para IPC (156 vs 154) e IEP (441 vs 439). La producción de leche no resultó diferente entre los grupos de PEV. Las vacas preñadas al primer servicio mostraron menor producción de leche que aquellas sin preñez, siendo el mismo patrón por número de parto. Los días en leche, el número de parto y la tasa de servicio por concepción explicaron el 42% de la variación total en la producción de leche 305d en modelos de regresión lineal.

Palabras clave: periodo de espera voluntaria, características reproductivas, producción de leche.

ABSTRACT

Effect of voluntary waiting periods on open days, calving interval and milk production of Holstein cows in Tecate, Baja California

The objective of this study was to evaluate the effect of voluntary waiting period (short:45-59d, normal: 60-79d and extended: 80-130d) on productive and reproductive traits. Data from Holstein cows (n=2578) that calved between 2018 to 2020 was used. Contingency tables were constructed to estimate association of reproductive traits with voluntary waiting period (VWP). The effect of VWP on milk yield and reproductive performance was determined using a mixed linear model through the inclusion of fixed effects of herd-year-season (HYS) subclass, calving number (1,2,3, ≥ 4), VWP group, VWP with calving number interaction, covariate effect of milk days and random effect of the residual. A model was defined using stepwise method of REG to predict the milk yield performance using reproductive variables. The results showed a first service pregnancy rate of 28.94%, with means for first service days, service rate, open days, calving interval and milk yield per day, of 70d, 2.65, 142d, 14m and 32-36 kg, respectively. No association was observed between the first service pregnancy rate with the VWP, calving number and the insemination protocol. Days open and calving interval were higher in the long VWP group. Cows artificially inseminated (AI) for the first time upon estrus detection or that underwent timed AI because estrus was not detected, showed no difference in open days average (156 vs 154) and calving interval (441 vs 439). The level of milk production showed no difference between VWP groups. Cows' pregnancy at first service showed lower milk production than those with no pregnancy, this same behavior was observed for calving number. The variables days in milk, parity and service rate explained 42% of total variation in milk production 305d in linear regression models.

Keywords: voluntary waiting period, reproductive traits, milk yield.

INTRODUCCION

La medición del desempeño productivo y reproductivo es una parte fundamental para evaluar la sostenibilidad de los hatos lecheros. Debido a que la producción de leche está directamente condicionada por el parto de la vaca, el periodo de producción de ésta depende en gran medida de la eficiencia reproductiva que se maneja en el hato (Secundino D.V., 2018).

Por lo tanto, el utilizar indicadores medibles y cuantificables del rendimiento productivo y reproductivo en el hato permite una evaluación más eficiente y objetiva (Lane et al., 2013; Mariscal et al., 2016).

El intervalo entre partos (IEP), que como su nombre lo indica es determinado por los días que transcurren entre un parto y el siguiente (Hernández, 2016). A su vez, el IEP es influenciado por el periodo de espera voluntario (PEV) definido como el tiempo entre el parto y el momento en que la vaca es elegible para su primera inseminación (Inchaisri et al., 2011).

En función del PEV planteado, será el intervalo entre partos (I/P) esperado siendo para el ganado lechero un óptimo de 12-13 meses, lo cual significa que el periodo parto-concepción no debería sobrepasar los 120 días de lactancia. Sin embargo, no hay garantía de que eso suceda (De Vries, 2006).

El objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de manejar distintos períodos de espera voluntaria sobre la producción de leche, días abiertos e intervalo entre partos, en vacas Holstein de Tecate, B.C.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Clasificar los registros de los animales por grupo de acuerdo con variables como: número de parto (1,2,3 o ≥ 4), período de espera voluntario: cortos (<60 días), normales (60 - 79 días) o extendidos (80 – 130 días), época de parto (primavera, verano, otoño e invierno) y año de parto (2018, 2019 o 2020).

2. Determinar la asociación entre variables como número de parto, período de espera voluntario, método de inseminación (IATF o IAED) y época de parto sobre el porcentaje de preñez al primer servicio y los intervalos entre partos, así como con los días abiertos.

3. Comparar las medias para variables de respuesta como: producción total, producción ajustada a 305 días, producción a 305 días por equivalente maduro, días abiertos e intervalo entre partos por las variables: periodo de espera voluntario (PEV), número de parto, número de servicios por concepción y el resultado al primer servicio (gestante o vacía).

4. Describir el comportamiento de las variables de producción a través de modelos de regresión, integrando como variables predictoras las de naturaleza reproductiva.

REVISION DE LITERATURA

La producción de leche en Baja California

La leche es un alimento natural rico en proteínas, grasas y carbohidratos, que, desde el punto de vista económico representa el tercer producto de importancia pecuaria del país solo por debajo de la carne de bovino y pollo (García and Ruiz 2022).

En el 2020, Baja California contaba con 43,550 cabezas de ganado bovino especializado para la producción de leche, generando un aproximado de 206,879,000 litros, de los cuales los Establos de la cuenca lechera en Tecate aportaron el 27 % (55,905,938 L), con un valor de \$ 353,464,125 pesos (SIAP 2021a,SIAP 2021b). El mismo año se reportó un déficit del producto disponible para satisfacer la demanda nacional con un valor de 1,528 mdd, mismo que debió de ser importado (CANILEC, 2020).

Con el fin de aumentar la producción de leche para satisfacer la demanda de la población, la selección genética de la vaca lechera en la actualidad presta poca atención en rasgos importantes como la salud y la fertilidad (Pryce et al., 2004), enfocándose mayormente en la producción; lo cual sugiere que se ha modificado la misma fisiología de la vaca a través del tiempo para un óptimo desarrollo de la producción lo cual podría explicar parcialmente el deterioro reproductivo (Lucy, 2001).

Debido a que una lactancia está directamente condicionada por el parto, es imprescindible que exista un equilibrio entre la eficiencia reproductiva de la vaca y la producción de leche con la cual se sostiene la economía del hato mismo (Mariscal et al., 2016).

Eficiencia reproductiva

La eficiencia reproductiva (ER) representa un complejo del logro biológico final de la actividad reproductiva en la vaca, conformado por los procesos biológicos del animal que comienzan desde la pubertad, y se manifiestan posteriormente en una correcta ciclicidad de la hembra, una adecuada fertilización, gestación y finalmente el parto (Cavestany, 2005; Bustillo et al., 2020). Aunque también podría definirse como el objetivo de cubrir y preñar a la vaca lo más rápido posible y con el menor número de servicios por concepción, manifestado en la optimización de la producción logrando una economía favorable para el hato (González, 2001).

Para ser económicamente eficiente, una vaca debe parir sin dificultad una cría a término sin presentar mayores problemas durante el periodo posparto, con un adecuado retorno a la ciclicidad para ser servida y criar nuevamente, lo más rápido posible manteniéndose así cada año en lactaciones sucesivas, sin mostrar causales de eliminación por problemas reproductivos. Como meta general se busca un intervalo entre partos cercano a los 12 meses, una elevada fertilidad al primer servicio y un bajo número de servicios por concepción en un porcentaje del rebaño superior al 85% (Gonzalez, 2001; Revelo, 2013).

Parámetros reproductivos

Para tener un panorama claro de la situación actual del hato, se debe contar con registros individuales que nos permitan un análisis real del rebaño siempre y cuando sean registrados adecuadamente. Estos índices nos permiten identificar áreas de mejoramiento, establecer metas a corto y largo plazo, monitorear los progresos e identificar rápidamente nuevos problemas.

Los parámetros reproductivos que mejor reflejan la eficiencia reproductiva del hato son: Periodo de espera voluntaria (PEV) medido por el intervalo parto-primer servicio (IPPS), numero de servicios por concepción (SPC), intervalo parto-concepción o días abiertos (IPC) y el parámetro que engloba a todos, el intervalo entre partos (IEP) (Mariscal et al.,2016; Sánchez,2010).

Periodo de espera voluntaria: Inchaisri et al. (2011) define el periodo de espera voluntaria como el tiempo entre el parto y el momento en que la vaca es elegible por primera vez para la inseminación, mediante Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) o por la detección del estro (IAED). Los datos de una encuesta realizada por DeJarnette et al. (2007) demostraron que el valor medio para el periodo de espera voluntaria (PEV) utilizado en la producción lechera de los Estados Unidos es de 60 días con un rango hasta los 30 o 90 días.

En su mayoría, los establos manejan un PEV entre 30-90 días y su extensión tendría un impacto directamente en la duración de la lactancia, así como en la producción total de leche (Löf et al., 2014).

El periodo de espera voluntario es determinado por una decisión de manejo, basado en un programa reproductivo establecido para las necesidades particulares de la explotación (Campuzano, 2016).

Mientras que el intervalo del parto al primer servicio es de variación entre las vacas y algunas pueden recibir su primer IA al final o cerca del final del PEV, mientras que otras vacas tomaran más tiempo (Fricke, 2001).

Hay dos factores principales que determinarán el periodo parto-primer servicio, la correcta detección del estro para la posterior inseminación y el estado fisiológico del animal. Durante el PEV ocurren eventos reproductivos de gran relevancia como son: el inicio de la lactancia, involución uterina, la primera ovulación posparto y el reinicio de la ciclicidad reproductiva; es común que se presenten desordenes fisiológicos como: retención de placenta, cetosis, metritis o quistes ováricos que condicionan un correcto retorno a la actividad reproductiva de la vaca con un tiempo razonable para alcanzar un balance entre una buena lactancia y el establecimiento de una nueva gestación lo antes posible (Fricke, 2001).

Glauber (2007) explica que esta situación al inicio de la lactancia es más frecuente cuanto mayor sea el nivel productivo de las vacas debido al incremento de sus demandas nutricionales para la producción sin alcanzar al mismo tiempo su máxima capacidad de consumo ocasionando un balance energético negativo compensado en parte con la movilización de reservas corporales de grasa y proteínas lo que conduce a la pérdida de la CC (condición corporal). Esto afecta

el restablecimiento funcional reproductivo postparto, condicionando la fertilidad y comprometiendo el desempeño reproductivo del animal.

Tasa de concepción: El concretar una preñez en un tiempo razonable es esencial para mantener un flujo y producción constante en el hato. El porcentaje de concepción se refiere a la proporción de vacas gestantes de un grupo previamente inseminado en un tiempo determinado. Una meta global por servicio se considera buena entre 35 a 40 % (Hernández, 2016). Dicho porcentaje de concepción se calcula a las 6 a 8 semanas después del servicio mediante diagnóstico de gestación (Hafez, 2000), y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Tasa de concepción (\%)} = \frac{\text{Número de vacas gestantes}}{\text{Numero de vacas inseminadas}} \times 100$$

La tasa de concepción es parte importante de la eficiencia reproductiva del hato y por lo tanto tiene un efecto importante sobre la economía misma puesto que manejar una mala fertilidad se refleja en costos adicionales como: Mayor número de servicios por concepción, costos veterinarios, tratamientos hormonales, extensión del intervalo entre partos, etc. (González-Recio et al., 2004; Ukita et al., 2022). Darwash y colaboradores (1997) indicaron que al aumentar 21 días el PEV puede reducir progresivamente la probabilidad de falla en la inseminación a un 89% de su valor anterior.

Período parto-concepción: El intervalo parto-concepción también conocido como días abiertos corresponde a los días que transcurren desde el parto a la fecha del último servicio fértil en el animal, con un diagnóstico positivo

de preñez cuyo valor óptimo no debe ser mayor a 120 días para mantener un intervalo entre partos cercano a los 13 meses (Hernández, 2016).

Se trata de un índice que refleja la correcta detección del estro, así como el funcionamiento reproductivo de las vacas, y el hato en general. (Hafez, 2000).

Considerando que la gestación de la vaca dura 9 meses y el periodo de espera voluntario 2 meses más, existe una ventana de 2 meses para lograr una preñez en el animal y aun así manejar un intervalo aceptable entre partos de 13 meses (Revelo, 2013).

González (2001) indica que la frecuencia de animales con días abiertos muy elevados permite señalar algunos problemas: antes de 150d deben ocurrir 80% de las gestaciones y solo 20% deben ser >150d; más del 30% del rebaño con intervalos parto-concepción >150d indica la existencia de problemas reproductivos.

Una buena detección de celos puede suponer el correcto aprovechamiento de un servicio y una diferencia de 18-21 días o un ciclo estral en la carrera contra el tiempo que significa reducir los días abiertos.

Algunos factores que pueden modificar los días abiertos son: el nivel de producción, donde animales con baja producción pueden tener entre 1.09 y 1.38 mayores probabilidades de quedar preñadas que las altas productoras ($P < 0.01$); el número de lactancia ya que el número de días hasta la gestación tiende a incrementar linealmente junto con el aumento de lactancias en el animal ($P < 0.01$), incluso la época del año donde los animales que paren en otoño-

invierno presentan un intervalo más corto frente a las vacas que parieron en verano (Piccardia et al., 2013).

Intervalo entre partos: Este parámetro se refiere al tiempo transcurrido entre dos partos consecutivos en la misma vaca. Hace 30 años, el intervalo entre partos recomendado era de 12 meses, donde para lograrlo al menos el 90% de los animales deberían estar ciclando a los 60 días y quedar gestantes entre 85 y 90 días postparto (Hafez, 2000); números cada vez más difíciles de alcanzar con las altas productoras de hoy día.

En la actualidad, tener un intervalo entre partos corto no siempre resulta conveniente, ya que se obtiene menor volumen acumulado de leche y es frecuente que muchas vacas lleguen al momento del secado con altas producciones, lo que constituye una situación nada deseable. (Campuzano, 2016).

Con el nivel de producción actual, es probable que manejar un intervalo entre partos de 12 meses eleve la proporción de vacas que van al secado manteniendo una alta producción. El impacto negativo que puede provocar en la salud de la ubre y el no aprovechar todo el potencial de las altas productoras podría mejorar con la extensión planificada de la lactancia (Österman and Bertilsson, 2003). Permitir lactancias prolongadas se traduce en una vida productiva longeva lo cual genera un mayor ingreso total por animal al final de su ciclo productivo (Rodríguez et al., 2021).

El PEV manejado influye sobre los días abiertos y por consiguiente sobre el intervalo entre partos ya que servir a tiempo las vacas en el posparto es esencial para reducir los días abiertos y el correspondiente intervalo entre partos. Sin embargo, no hay garantía de que eso suceda (De Vries, 2006).

Un programa de servicio exitoso mejora la rentabilidad maximizando el tiempo que las vacas están en la parte más productiva de la lactancia. Para optimizar la rentabilidad, tradicionalmente se ha recomendado un IP promedio de 13 meses ya que al extenderlo más allá el ingreso anual por vaca irá en detrimento (Fricke, 2001).

El intervalo entre partos puede adaptarse al nivel productivo de la vaca, así pues, animales con una producción de leche a 305 días por debajo de los 9.000 kg son más rentables si paren en un periodo entre 340 y 370 días, mientras que animales con una producción superior a los 10.000 kg de leche dan a luz claras ventajas económicas con intervalos entre partos de 400 y 430 días (Römer et al, 2020).

Manejo del período de espera y su impacto en la reproducción

Históricamente el periodo de espera voluntaria se ha manejado de 60 días en la mayoría de las granjas lecheras (DeJarnette et al., 2007).

Extender el primer servicio postparto permite que las vacas tengan más tiempo para recuperarse del parto y de un consiguiente balance energético negativo resultando una ciclicidad ovárica más regular al final del PEV beneficiando al rendimiento reproductivo. Ma y colaboradores (2022) indicaron

que extender el PEV de 50 a 125 o 200 días mejoró la ciclicidad ovárica ($P<0.01$) hacia el final del PEV, como lo indica un mayor porcentaje de ciclos ováricos normales (58 vs 77.5 y 91.9 % respectivamente); pero dicha estrategia también resultó en un desfavorable aumento de días abiertos pasando de 85 (50 días PEV) a 219 días con un PEV DE 200 días ($P<0.01$).

En un estudio desarrollado por Arbel et al. (2001), no reportaron diferencias significativas ($P>0.1$) en el porcentaje de gestaciones al primer servicio con inseminación mediante estro detectado (IAED) en vacas con distintos periodos de espera voluntaria tanto en primíparas (90 vs 150 días; 40.3 vs 43.5%) como en multíparas (60 vs 120 días, 36.6 vs 38.7% respectivamente).

El porcentaje de preñez en primíparas con PEV <60 días no se reporta diferente ($P>0.05$) al obtenido en etapas posteriores de la lactancia (61-81, 82-102, 103-124 y > 124 días), mientras en multíparas se observa un aumento moderado del porcentaje de preñez (40% P/IA; $P<0.05$) en etapas tardías frente a una inseminación temprana (35% P/IA; PEV < 60 días) (Inchaisri et al., 2010).

Niozas et al. (2019a) reporta que en vacas con un PEV de 40 días se presenta un porcentaje menor de P/IA que animales con un periodo extendido de 120 y 180 días PEV y lactancias prolongadas (36.6% P/IA vs 48.9 y 49.6% P/IA; $P<0.05$) utilizando una combinación de IAED e IATF.

El clima como factor para extender el periodo de espera

La modificación en el PEV responde a distintas variables en cada hato, DeJarnette et al. (2007), en base a los resultados de una encuesta realizada en

diferentes hatos de los Estados Unidos, reportaron que la estación del año es el segundo factor de mayor importancia en la toma de decisiones para extender el PEV.

Souames y Berrama (2020), identificaron que la estación del año al primer servicio, así como el PEV tienen efecto sobre la tasa de concepción en el ganado de un hato lechero de Argelia. Cuando se realizó la inseminación durante el otoño la probabilidad de preñez fue 1.67 veces mayor ($OR = 1,67$, $p < 0,05$) y en primavera de 1.65 ($OR = 1,65$, $p < 0,05$). En cuanto al periodo de espera voluntario, las posibilidades aumentaron significativamente para un período de espera de 50-100 días posparto ($OR=1.67$, $p<0.05$). frente a intervalos menores a 50 días o mayores a 100.

En el verano, el ganado lechero experimenta condiciones de estrés debido a un alza en la temperatura que resulta en un detrimento multifacético de la fertilidad afectando desde la expresión del celo con posibles ovulaciones silentes, así como la reducción significativa de la duración del estro de 18 a 10 horas o menos; así como la dinámica folicular y el desarrollo temprano del embrión (Negrón, 2019). En consecuencia, se disminuye considerablemente la ventana de oportunidad para la detección del celo, reflejado en animales con mayor frecuencia de anestros o prolongados intervalos entre calores (Pérez, 1982).

De Vries y Risco (2005) realizaron una revisión histórica de las tendencias y estacionalidad del desempeño reproductivo en hatos de Florida y Georgia en los Estados Unidos de 1976 a 2002 reportando que, para el 2002 existía una constante diferencia en la tasa de preñez anual entre los 71 y 364 días post parto,

donde el invierno superaba al verano por 11 puntos porcentuales (15.8 vs 5.6%; $P<0.05$).

Mellado et al. (2013) observaron los meses de enero a marzo, muestran un porcentaje mayor de gestantes por inseminación con respecto al resto del año (39-41% vs 27-35%; $P<0.05$).

Astiz y Fargas (2013) reportan una diferencia de 10% entre temporadas (37.4 vs 27.4%; $P<0.01$). Así mismo, Mufeed y Mohammed (2014), registraron una pérdida de preñez significativamente menor ($P<0.05$) en animales inseminados en época invernal tanto en primíparas (6.3 vs 23.6%) como en multíparas (40.9 vs 56.6%).

Fricke et al. (2014) afirman que el efecto de disminución en el porcentaje de animales gestantes por efecto del verano se hacía más evidente en animales multíparas (34 vs 15%; $P<0.01$) que en primíparas (41 vs 39%; $P>0.01$).

Gumen et al. (2012) también reporta una disminución en el porcentaje de preñez por inseminación (P/IA), efecto de la estación del año favoreciendo a vacas inseminadas en los meses con menor temperatura (46.4 vs 32.8%; $P<0.05$).

Sincronización de la ovulación como herramienta reproductiva

La eficiencia reproductiva y rentabilidad se maximizan cuando el intervalo entre partos promedio está alrededor de trece meses. Desafortunadamente, los índices del actual desempeño reproductivo muestran intervalos entre partos, que exceden ampliamente de la meta de los 13 meses. Nuevas herramientas de

manejo reproductivo como protocolos de IA programada pueden ser usados en forma efectiva para alcanzar rentabilidad y eficiencia reproductiva (Fricke, 2001).

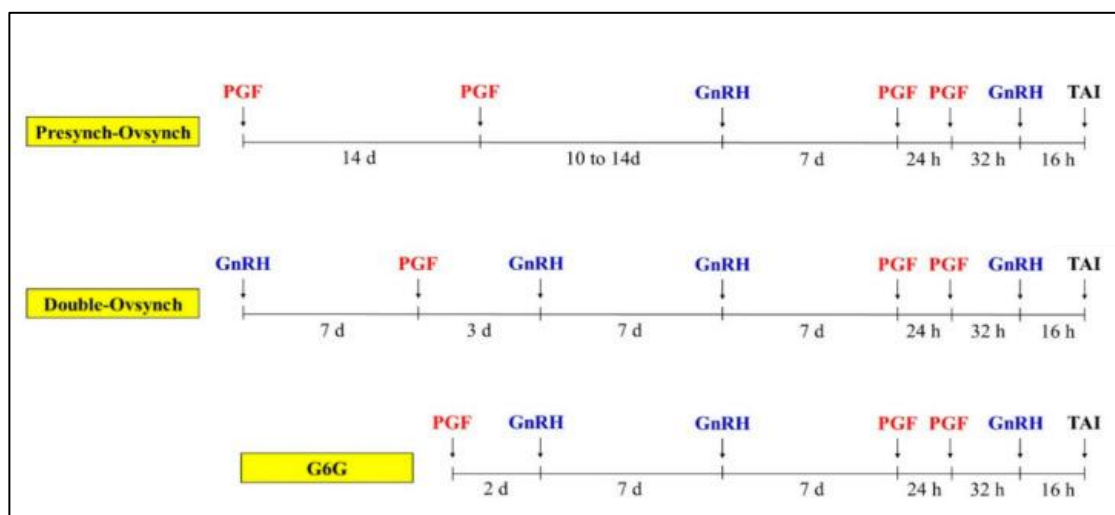
El desarrollo de distintos programas reproductivos (Figura 1), se basa en la sincronización de la ovulación para una inseminar a tiempo fijo (Mufeed y Mohammed, 2014).

Frecuentemente los rebaños lecheros han utilizado protocolos hormonales basados en el protocolo Ovsynch con el fin de aumentar el número de animales disponibles en un solo servicio y optimizar el porcentaje de preñez como una compensación por la extensión del periodo de espera (Giordano et al., 2012).

Dichos programas aumentan sustancialmente el número de animales disponibles para inseminación, además de proporcionar beneficios adicionales como un mayor porcentaje de preñez por inseminación artificial (Chebel y Santos, 2010; Cardoso et al., 2021).

El protocolo presynch-ovsynch es un procedimiento ampliamente adoptado en la industria lechera por presentar dos momentos para inseminación del grupo; la primera mediante la detección del estro (IAED) y otra al finalizar el protocolo (IATF) (Miller et al., 2007; Borchardt et al., 2016).

Santos et al. (2017) reporta un aumento en el porcentaje relativo de gestaciones por inseminación, de 64 % y 58% más en vacas preñadas a los 33 y 63 días post inseminación respectivamente en vacas IATF frente a IAED+IATF con un periodo de espera voluntaria similar de 77 días.



(Cardoso et al.,2021)

Figura 1. Tratamientos hormonales utilizados en tres programas de fertilidad para vacas productoras de leche. Inseminación artificial programada (TAI), período de espera voluntaria (PEV), hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), prostaglandina F_{2α} (PGF).

Por su parte, Fodor et al. (2019) utilizando protocolos de sincronización frente a un programa de detección del celo, observaron que el porcentaje de preñez aumentó ($P<0.05$) a 200 días de producción.

Inchaisri et al. (2010) reporta que el nivel de producción en leche al final del PEV influye sobre el P/IA donde vacas inseminadas antes del punto máximo de producción tuvieron una disminución del porcentaje de P/IA en comparación con animales inseminados después del pico de producción ($P<0.01$; 39% vs 44% respectivamente).

Lo que concuerda con los resultados de Tenhagen et al. (2003), quien reporta que vacas con el mismo nivel de producción en 73 a 81 días PEV presentan una tasa de concepción al primer servicio (TC/1S) más baja ($P<0.05$) respecto a otro grupo inseminado de 94 a 102 días postparto (bajas productoras: 14.4 vs 34.5% TC/1S y altas productoras: 28.2 vs 41.4% TC/1S).

Resultados al utilizar el protocolo Presynch-Ovsynch

Se han registrado diferentes resultados al comparar el protocolo con distintos PEV (Cuadro1). Utilizando un protocolo Presynch-Ovsynch, Gobikrushanth et al. (2014) reportan un aumento del 5.6% P/IA ($P<0.05$) al extender el PEV de 60 a 83 días

Por su parte Gumen et al. (2012) muestran un aumento de 19.9% P/IA entre animales con IATF frente a programas combinados ($P<0.05$) con un PEV similar en ambos grupos (44-50 días).

Cuadro 1. Porcentaje de inseminación efectiva utilizando el protocolo Presynch-Ovsynch al final del periodo de espera voluntaria.

Inseminación	P/IA (%)	Referencia
IAED+IATF	39.6	Chebel y Santos (2010)
IATF	33	
IATF	55.9	
IAED+IATF	36	Gumen et al. (2012)
IAED+IATF	32	Fricke et al. (2014)
IATF	40	
IAED+IATF	32.1	
IAED+IATF	37.7	Gobikrushanth et al. (2014)
IAED+IATF	38.3	Machado et al. (2017)
IATF	42	

IATF= Inseminación Artificial a Tiempo Fijo, IAED= Inseminación Artificial por Estro Detectado, P/IA= Preñez por Inseminación Artificial

Chebel y Santos (2010) reportan en grupos con diferente PEV (49 vs 72 días) un comportamiento similar (39.6 vs 33% P/IA; $P>0.05$) al igual que Machado et al. (2017) con un PEV de 55 y 91 días.

A su vez, Fricke et al. (2014) reportan un aumento ($P<0.05$) de P/IA al primer servicio mediante IATF a 75 días frente a grupos que combinan IAED y IATF con PEV similar (62 y 67 días) .

Resultados al utilizar el protocolo Doble - Ovsynch

En establos que buscan reducir el periodo de espera voluntaria mientras maximizan el porcentaje de éxito al primer servicio, Santos et al., (2017) reportan que utilizando un protocolo Doble-ovsynch e IATF puede resultar más conveniente frente a un programa reproductivo basado en IAED ($P<0.05$).

Stangaferro et al., (2018a) reportan un comportamiento similar en programas reproductivos basados en una combinación entre IATF e IAED (50 días PEV) o inseminación a tiempo fijo solamente a 60 y 88 días PEV ($P>0.05$).

Así mismo, los resultados obtenidos por Astiz y Fargas (2013) demostraron que un programa como C6G puede obtener un porcentaje de éxito equiparable ($P>0.05$) a un Doble-Ovsynch con IATF con un PEV similar (77 días) (Cuadro 2).

Herlihy et al. (2012) con un aumento en el porcentaje P/IA general con un PEV similar (81 días; $P<0.01$) aunque el mayor efecto fue observado en primíparas (52.5 vs 42.3; $P<0.05$).

Cuadro 2. Comparación del porcentaje inseminación efectiva en distintos programas reproductivos

Protocolo	Inseminación	P/IA (%)	Referencia
DO	IATF	46.3	Herlihy et al. (2012)
PO	IATF	38.2	
DO	IATF	36.3	
C6G	IATF	34.8	Astiz y Fargas (2013)
DO	IATF	49	Santos et al. (2017)
ED	IAED	38.6	
DO	IATF	44.4	
PO	IAED+IATF	38.4	Stangaferro et al. (2018a)

DO=Doble Ovsynch; PO=Presynch-Ovsynch; G6C=GnRH + Ovsynch; IATF=Inseminación Artificial a Tiempo Fijo; IAED=Inseminación Artificial por Estro Detectado; P/IA=Preñez por Inseminación Artificial

Stangaferro et al. (2018b) observaron un porcentaje de preñez mayor ($P<0.05$) para vacas con PEV extendido (88 días) frente al periodo de 60 días (47.1 vs 41.1% P/IA) a 39 días post inseminación.

A su vez, Mufeed y Mohammed (2014), respaldan el uso de protocolos para IATF con PEV mayores a 70 días al reportar diferencias entre altas productoras con PEV de 72 días inseminadas a tiempo fijo frente grupos con PEV menor que combinan la detección del estro e inseminación a tiempo fijo ($P<0.05$; 42.8% vs 27.1% y 26.8% respectivamente).

Modificación del periodo de espera y su impacto en la productividad

En vacas sometidas a una extensión del periodo de espera voluntaria, Arbel et al. (2001) reportan una disminución significativa en la producción diaria de multíparas cuyo PEV fue de 120 días frente a un grupo con PEV normal (60 días) ($P<0.1$; diferencia de 1.4 kg/día), mientras que primíparas tuvieron un comportamiento similar ($P>0.1$; 31.4 vs 31.4 kg/día).

Van Amburgh et al. (1997) reportaron que el extender 90 días el PEV en altas productoras suplementadas con somatotropina bovina, es factible aun cuando el intervalo entre partos esperado real sea de 18 meses con un aumento significativo en la producción por lactancia (15,583 kg vs 11,583 kg/lactancia; $P<0.05$).

En animales con una probabilidad de preñez elevada (baja incidencia de problemas al parto y reanudación de la ciclicidad a los 50 días postparto), Pinedo et al. (2020) observaron un aumento (38.7 vs 37.5kg/día; $P<0.1$) en la

producción diaria a los 3 meses post parto frente a vacas con una probabilidad menor de quedar preñada (problemas al periparto y no retorno a la ciclicidad a 50 días postparto).

Carvalho et al. (2014) reportaron que animales sometidos a diferentes protocolos de sincronización cuyo PEV fue de 80 días en ambos grupos, no presentaron diferencia en la producción ($P>0.05$; 47.1 vs 46.7 kg/día) a 30 días después de la inseminación.

Por su parte Machado et al. (2017), reportaron que no se presenta un efecto sobre la producción de leche ($P>0.1$) entre animales sincronizados mediante el protocolo presynch-ovsynch para IATF o una combinación de IAED + IATF con un promedio de 42 kg/día para ambos tratamientos.

Niozas et al. (2019b) reportaron que al utilizar vacas altas productoras con PEV de 40, 120 y 180 días con lactancia ajustada a 305 días no presentaban diferencias significativas en la producción diaria (35.8, 36.5 y 36.9 kg/día respectivamente; $P>0.05$).

En lactancias prolongadas (>306 días) los animales con PEV a 120 y 180 días (26.5 y 25.7 kg/día respectivamente) presentaron una producción mayor ($P<0.05$) frente al grupo con 40 días PEV (23.8 kg/día) (Niozas et al., 2019b).

Stangaferro et al. (2018b) identificaron que la producción total por lactancia en animales con un PEV de 88 días frente a un grupo con 60 días fue significativamente mayor (12,031 vs 11,540 kg; $P<0.05$), el aumento en la producción fue observado en primíparas (+817 kg; $P<0.05$), pero no así en

multíparas (+164 kg; $P>0.1$). Dicha diferencia es más evidente en los animales que son preñados al primer servicio, tanto para primíparas ($P<0.05$; +1,321) como multíparas ($P<0.05$; +913 kg).

Resultados obtenidos por Chebel y Santos (2010) demuestran que en multíparas con PEV de 72 días sometidas a IATF presentaron un mayor rendimiento por lactancia ajustada a 305 días que animales con un PEV reducido al primer servicio con IAED+ IATF de 49-62 días ($P<0.05$; 13,170 vs 12,704 kg), mientras que no se observó diferencia ($P>0.05$) entre animales primíparos (11,015.8 vs 11,252.6 kg).

Por el contrario, Gobikrushanth et al. (2014) reportaron un aumento en la producción sobre la lactancia experimental de 1,594 kg/lactancia en primíparas cuyo PEV fue extendido 23 días para evitar los meses del verano (83 días PEV) frente a un grupo con PEV normal de 60 días (9,943 vs 8,349 kg/lactancia; $P<0.05$).

Machado et al. (2017) observaron que vacas bajo el protocolo presynch-ovsynch para IATF a 91 días frente a vacas inseminadas mediante una combinación de IAED a partir de 55 días más IATF no presentaban diferencias significativas en el promedio de producción durante la lactancia experimental (42 kg/día; $P>0.05$).

Burgers et al. (2021a) reportaron como óptimo un intervalo entre partos de 364 a 531 días para altas productoras donde animales de primer parto mostraban un mayor rendimiento por lactancia efectiva con un PEV de 196-251 días y un I/P

de 476-531 días, mientras que las multíparas tenían un mejor rendimiento con un PEV de 84-140 días y un I/P de 364-419 días.

Mientras que los animales multíparas con PEV de 200 días expresan un menor rendimiento diario frente a vacas con PEV de 50 y 125 días cuyo comportamiento fue similar (27.2kg/día vs 30.4kg/día; $P<0.05$); las vacas de primer parto no presentaron diferencia ($P>0.05$) al manejar distinto PEV (Burgers et al.,2021b).

En animales de primer parto, la persistencia de la lactancia permite que el periodo de espera voluntaria pueda extenderse propiciando una mejor recuperación del animal y manteniendo un buen nivel de producción. Rasmussen y colaboradores (2023) indicaron que vacas danesas cuyo PEV se extendió de 60 a más de 150 días obtuvieron naturalmente una mayor producción total por lactancia (11,872 vs 9,276 kg $P<0.01$), mientras que el promedio diario por día de lactancia no tuvo diferencia (25.7 vs 25.3, $P>0.05$), indicando que se puede extender el PEV sin sacrificar necesariamente la producción de leche.

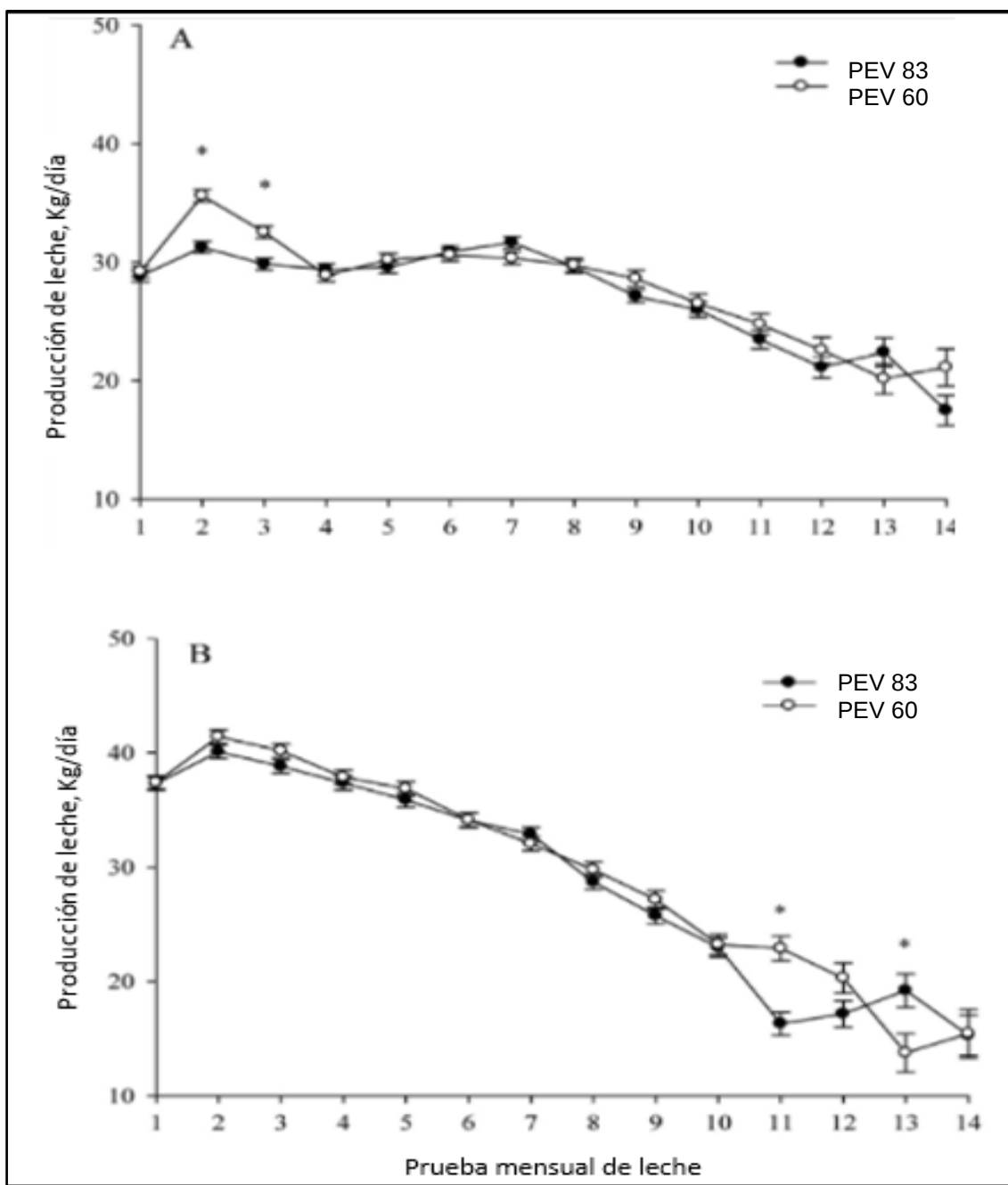
Para evaluar el desempeño de los animales a través de la lactancia se realizan pruebas mensuales de la producción lechera.

Lee et al. (2013) reportan una disminución de la producción en vacas con PEV corto (30-60 días) frente animales con PEV convencional de 60-90 días en la prueba mensual 2 (43.3 vs 47.3 kg/día; $P<0.05$), 3 (41.6 vs 45.3 kg/día; $P<0.05$), 4 (39.3 vs 42.6 kg/día; $P<0.01$) y 5 postparto (37.1 vs 42.2 kg/día; $P<0.01$).

Gobikrushanth et al. (2014) observaron que vacas primíparas con 60 días de PEV mostraron un aumento de la producción en los primeros meses de producción ($P<0.05$) respecto a animales con un PEV extendido (83 días).

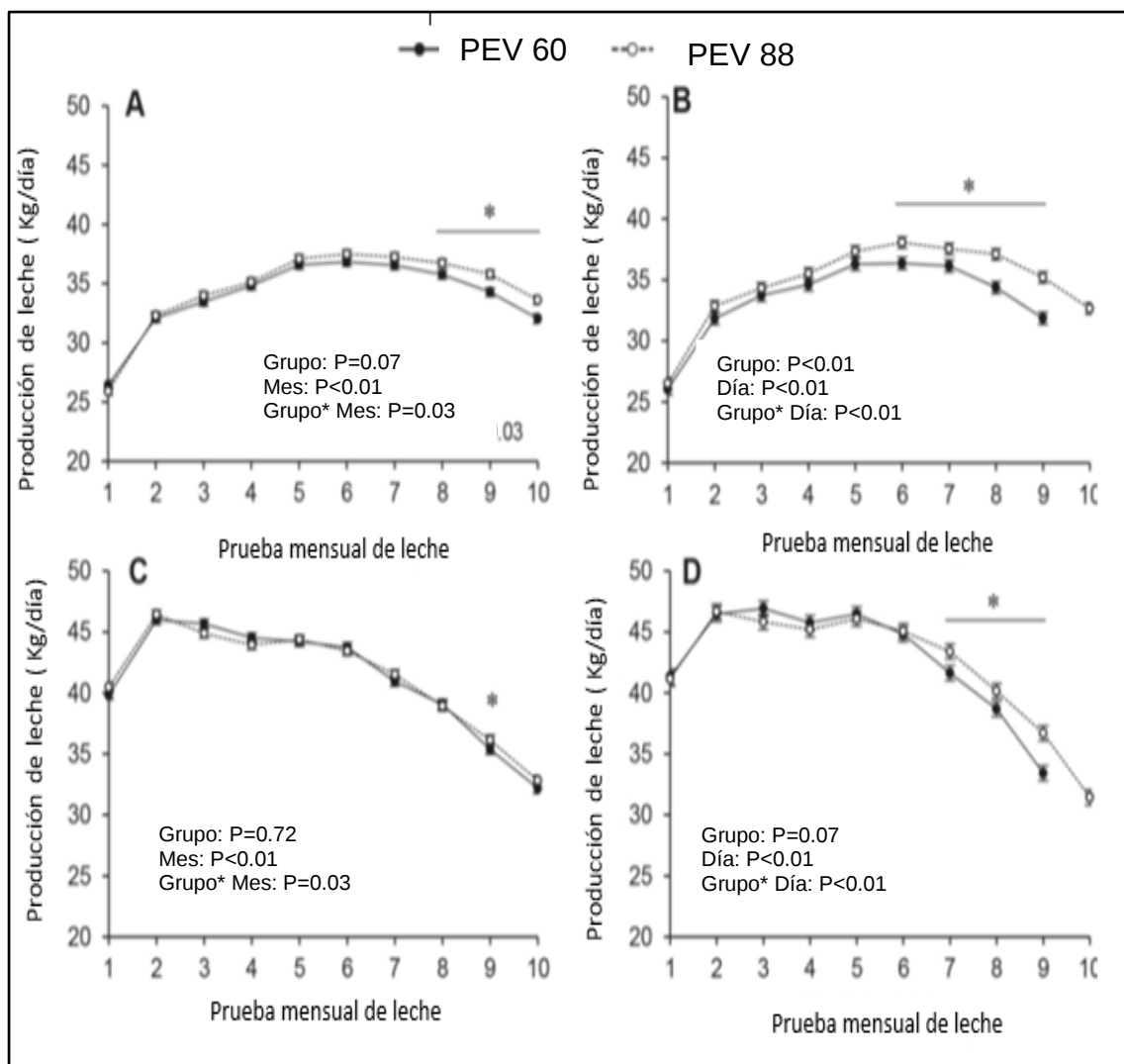
Mientras multíparas con distinto PEV (83 y 60 días) presentaban un comportamiento similar a través de la lactancia, excepto en el mes 11 ($P<0.05$) favorable para el grupo de animales con PEV de 60 días, contrario al mes 13 donde la producción fue mayor ($P<0.05$) en animales con el periodo extendido (Figura 2).

Por su parte Stangaferro et al. (2018b) reportaron que animales con PEV de 88 días sincronizados mediante el protocolo doble-ovsynch para IATF mostraban un mejor desempeño mensual frente a animales con PEV de 60 días, tanto en primíparas ($P<0.05$) como multíparas ($P<0.05$) hacia el final de la lactancia. Dicha diferencia aumentaba en animales preñados al primer servicio tanto en primíparas como en multíparas ($P<0.05$) (Figura 3).



(Gobikrushanth et al., 2014)

Figura 2. Rendimiento mensual de leche (kg/día) para vacas primíparas (A) o multíparas (B). * Indica diferencia significativa.



(Stangaferro et al., 2018b)

Figura 3. Rendimiento mensual de leche (kg/día) para vacas primíparas (A) y primíparas preñadas al primer servicio (B), multíparas (C) y multíparas preñadas al primer servicio (D). * Indica diferencia significativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Establos del municipio de Tecate Baja California, México. Localizado entre los paralelos 32° 14' y 32° 39' de latitud norte; los meridianos 115° 52' y 116° 42' de longitud oeste; altitud entre 200 y 1600 msnm. La zona de Tecate cuenta con climas como el seco mediterráneo templado (68.37%), templado subhúmedo (16.33%), muy seco semifrío (7.23%), muy seco semicálido (4.37%) y semifrío subhúmedo (3.69%). Con lluvias en invierno de 0 a 600 mm y un rango de temperatura que va de 0 a 35°C (INEGI, 2010).

Origen de la información

Se utilizaron los datos productivos y reproductivos de 2578 vacas de la raza Holstein de 11 establos comerciales con frecuencias entre 75 y 407 animales cada uno. Los registros fueron generados durante los años 2018-2020 obtenidos del programa de manejo para ganado lechero: Dairy Comp 305 (Valley Agricultural Software).

Las vacas son manejadas bajo un sistema intensivo, ordeñadas 2 veces al día mediante sistemas mecanizados. La alimentación se basa en una ración integral con niveles de proteína cruda del 18% para vacas lecheras de 670 kg que producen > 35 kg de leche /d (NRC, 2001).

El comportamiento reproductivo es constantemente monitoreado por personal capacitado y se maneja la inseminación por celo detectado, así como el implemento de protocolos de sincronización para inseminación a tiempo fijo.

Criterios de inclusión y exclusión

Las hembras que se incluyeron en la base de datos fueron aquellas con al menos 1 parto, un mínimo de 210 días en leche y con al menos un registro de inseminación postparto, excluyendo aquellos animales con registros incompletos.

Variables registradas

Por vaca se obtuvieron: número de vaca, fecha de nacimiento, hato, número de parto, fecha de parto, estación de parto, año de parto, fecha al primer servicio, fecha al servicio fértil, número de servicios por concepción, fechas de IA, fecha de concepción, períodos de espera voluntario, programa reproductivo, largo de lactancia, producción total de leche (PTL), producción ajustada a 305 días (PL305) y producción ajustada a 305 días por equivalente maduro (PL305EM).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de frecuencias, se construyeron tablas de contingencia para estimar la asociación de los caracteres reproductivos con el período de espera voluntario (PEV). Además, se obtuvieron los estadísticos descriptivos generales y por las variables PEV, año de parto, época de parto y número de parto.

Las variables: días en leche, producción de leche total por lactancia, producción de leche total ajustada a 305, producción de leche a 305 días por equivalente maduro, días abiertos e intervalo entre partos, se analizaron con un modelo lineal estadístico de efectos mixtos que incluyó el efecto común o media general, además los factores fijos períodos de espera voluntario cortos cuyo

rango será de 45 a 59 días, normal entre 60 a 79 días y PEV extendidos de 80 a 130 días, número de parto (1, 2,3 y ≥ 4 partos) , los efectos de la subclase hato año estación (HAEP), todas las posibles interacciones y el efecto aleatorio de error o residual.

Los efectos de hato, año y estación se definieron por estrategia de análisis en una subclase para remover de la variación total los efectos individuales de hato, año y estación de parto, así como los efectos de interacción hato por año, hato por estación, año por estación y hato por año por estación de parto, sobre las variables en análisis.

El análisis se llevó a cabo de aplicar los procedimientos FREQ, MEANS y MIXED del programa estadístico SAS ver 9.4. En el análisis del modelo lineal estadístico la significancia del componente del modelo se declaró cuando $P < 0.05$. Cuando la interacción resultó no significativa ($P > 0.05$) se eliminó del modelo. Se obtuvieron medias mínimo cuadráticas junto con sus errores estándar para cada variable dependiente considerada y cuando la clase fue significativa se realizó la comparación de efectos medios aplicando el procedimiento Tukey.

Además, se utilizó el procedimiento REG y la selección de modelo Stepwise para identificar las variables reproductivas que formen el mejor modelo predictivo para las variables de producción .

RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento promedio de las variables incluidas en el estudio se presenta en el Cuadro 3. Además de éstas se evaluó el porcentaje de preñez al primer servicio, mismo que fue del 28.94% para el total de animales evaluados (N=2578), dicho porcentaje se encuentra por debajo del 35% indicado como mínimo óptimo para explotaciones lecheras (Hernández, 2016) y porcentajes obtenidos en otros trabajos como el de Rodríguez y colaboradores en 2016 (35.4% preñez/IA). El promedio de días en producción al primer servicio está cerca de los 70 días económicamente óptimos recomendado por Inchaisri y colaboradores (2010). Aunque la ventana de oportunidad para inseminar por primera vez a la vaca sea como máximo a los 130 días, un promedio de 2.65 servicios por concepción aunado a diversos factores presenta un margen muy amplio de días abiertos (142.66 ± 78.89 días) dando por consiguiente intervalos entre partos con un promedio de 14 meses, ambos indicadores por encima del esperado (Ramírez y Segura, 1992; Norman et al., 2009). En cuanto al comportamiento productivo, se manejan animales que en promedio cursan su segunda o tercera lactancia y por consiguiente obtienen sus mejores registros de producción, aunque la variación entre los registros es bastante grande, producciones promedio diarias de 31.9 L para lactancias ajustadas a 305 días y de 36.56 L por largo de lactancia indican un buen manejo de la producción en las distintas explotaciones .

Cuadro 3. Medias generales para las variables en estudio

Variable	Media	D. E.	Valor Mínimo	Valor Máximo
DPSP	71.85	15.21	45	130
NSPC	2.65	1.5	1	6
IPC	142.66	76.89	45	626
IEP	427.66	76.89	330	911
LACT	2.475	1.366	1	6
DL	291.71	61.109	201	499
PL305	9743.78	2652.87	4030	17860
PTL	10640.1	1992.03	4600	15980
PL305EM	12150.22	2120.27	4750	20530

DPSP= Días en leche al primer servicio, NSPC= Número de servicios por concepción, IPC= Intervalo parto-concepción, IEP= Intervalo entre partos, LACT= Número de lactancias, DL= Días en leche, PL305= Producción de leche ajustada a 305 días, PTL= Producción total de leche, PL305EM= Producción de leche ajustada a 305 días por equivalente maduro, D.E.= Desviación estándar

Al categorizar los registros por año de parto no se observó diferencia respecto al periodo de espera voluntario medido por la variable DPSP (Cuadro 4), pero fue evidente la disminución de los servicios por concepción, los días abiertos y por ende el intervalo entre parto al pasar de un año a otro acercándose cada vez más a los valores recomendados por Hernández (2016) y Revelo (2013). La variable que cursó un cambio significativo fue la tasa de preñez al primer servicio que mejoró en cada año siendo del 23.5% en el 2018, 28.43% en 2019 y finalmente en 2020 alcanzó los 39 puntos porcentuales lo que podría explicar la disminución de los servicios por concepción a 2.61, muy parecidos a los registrados en la investigación de Norman y colaboradores (2009) beneficiando en consecuencia a la media de días abiertos.

El número de partos promedio de los animales se mantuvo sin cambios mayores, pero se registró una disminución de los días en leche del año 2019 al 2020 lo que repercutió indudablemente en las variables de producción.

Cuando se analizan las variables de respuesta por época de parto, no se presentan diferencias en el PEV promedio, pero si hay un aumento de servicios por concepción, días abiertos e intervalo entre partos al pasar de otoño-invierno (octubre a marzo) a épocas de altas temperaturas como podrían ser primavera-verano (abril-septiembre). Contrario a lo que se esperaría, en invierno se registraron los comportamientos más bajos para producción de leche, lo que concuerda con una disminución en la media de días abiertos, lo cual podría ser la causante de tan atípico comportamiento (Cuadro 5).

Cuadro 4. Comportamiento de las variables por año de parto

Año de parto	n	Variable	Media	D.E.	Valor Mínimo	Valor Máximo
2018	752	DPSP	73.28	14.88	45	129
		NSPC	2.85	1.54	1	6
		IPC	156.38	82.43	45	626
		IEP	441.38	82.43	330	911
		LACT	2.39	1.34	1	6
		DL	300.20	63.66	201	496
		PL305	9582.19	2511.60	4110	17750
		PTL	10443.40	1836.80	4780	15290
		PL305EM	11702.13	1896.23	4750	18240
2019	1354	DPSP	71.62	15.43	45	130
		NSPC	2.68	1.50	1	6
		IPC	142.76	77.11	45	560
		IEP	427.76	77.11	330	845
		LACT	2.46	1.37	1	6
		DL	310.02	53.75	201	499
		PL305	10453.68	2680.11	4030	17860
		PTL	10829.83	2099.48	4600	15960
		PL305EM	12363.38	2216.69	4830	20530
2020	472	DPSP	70.24	14.92	46	125
		NSPC	2.25	1.36	1	6
		IPC	120.52	60.35	46	249
		IEP	405.52	60.35	331	534
		LACT	2.66	1.38	1	6
		DL	225.64	14.73	201	250
		PL305	7964.79	1775.27	4090	13620
		PTL	10409.19	1857.76	5540	15980
		PL305EM	12252.69	2070.41	6820	18880

Cuadro 5. Comportamiento de las variables evaluadas por época de parto

Variable	Primavera				Verano			
	Media	D. E.	Valor mínimo	Valor máximo	Media	D. E.	Valor mínimo	Valor máximo
DPSP	74.34	16.50	46	129	70.30	14.31	45	127
NSPC	2.70	1.59	1	6	3.03	1.45	1	6
IPC	154.37	89.47	49	521	151.50	66.34	51	426
IEP	439.37	89.47	334	806	436.50	66.34	336	711
LACT	2.34	1.37	1	6	2.47	1.31	1	6
DL	307.25	57.11	215	499	303.23	74.22	201	461
PL305	10202.26	2554.68	4090	17490	10111.26	2698.83	4110	17640
PTL	10595.43	1875.22	4940	15980	10808.83	1843.25	5570	15470
PL305EM	12128.47	1989.72	4750	18880	12035.43	1987.07	5980	18880
Variable	Otoño				Invierno			
	Media	D. E.	Valor mínimo	Valor máximo	Media	D. E.	Valor mínimo	Valor máximo
DPSP	72.39	14.85	45	130	71.32	15.43	45	129
NSPC	2.57	1.45	1	6	2.41	1.48	1	6
IPC	139.77	75.25	45	491	133.10	78.11	45	626
IEP	424.77	75.25	330	776	418.10	78.11	330	911
LACT	2.51	1.41	1	6	2.51	1.37	1	6
DL	302.51	44.13	206	491	265.07	57.50	201	496
PL305	10093.93	2620.11	4130	17650	8906.11	2502.57	4030	17860
PTL	10795.35	2172.80	4600	15850	10383	1948.12	4780	15960
PL305EM	12297.99	2258.85	4830	20530	12105.55	2137.03	5070	18380

DPSP= Días en leche al primer servicio, NSPC= Número de servicios por concepción, IPC= Intervalo parto-concepción, IEP= Intervalo entre partos, LACT= Número de lactancias, DL= Días en leche, PL305= Producción de leche ajustada a 305 días, PTL= Producción total de leche, PL305EM= Producción de leche ajustada a 305 días por equivalente maduro, D.E.= Desviación estándar

El porcentaje de preñez se comportó mejor en invierno que en cualquier otra temporada (36%) mientras que otoño y primavera mantuvieron una tasa muy parecida (29.6 y 30.4% respectivamente) por otro lado, los animales que parieron en verano tuvieron el porcentaje de éxito en la primera inseminación más bajo de todos (17.78%), comportamiento que concuerda con diversas investigaciones donde la temporada de mayor temperatura repercute en el éxito reproductivo del hato (Fricke et al.,2014; Mellado et al., 2013 y Gumen et al., 2012).

La época de parto, así como el hato presentaron un alto grado de asociación (chi-cuadrada $P < 0.001$) con el resultado en la primera inseminación ya que la temporada de otoño-invierno presentó un comportamiento similar, mientras que en verano el porcentaje desciende abruptamente.

Para evaluar el efecto ambiental, así como de manejo por hato y año de parto sobre las variables productivas se generó el componente HAEP cuya distribución de frecuencia se presenta en el Cuadro 6.

Se categorizaron los días al primer servicio postparto en 3 periodos de espera distintos acordes a los primeros celos que muestra la vaca en su retorno a la ciclicidad, por lo que la media de días por categoría de PEV varía en aproximadamente 20 días. La diferencia del porcentaje de preñez al primer servicio fue mínima, 30% para periodos cortos, 29% para normales y 28% para extendidos. Y aunque los servicios por concepción fueron disminuyendo conforme el PEV aumentaba, no afectó los días abiertos ya que un aumento en el PEV se manifestó en un incremento tanto en los días abiertos como en el intervalo entre partos esperado (Cuadro 7).

Cuadro 6. Distribución de frecuencias por categoría de HAEP como factor de corrección para efectos ambientales y de manejo

HAEP	Vacas	Porcentaje	HAEP	Vacas	Porcentaje
121	66	2.56	611	36	1.40
122	115	4.46	612	39	1.51
131	18	0.70	722	134	5.20
132	51	1.98	731	15	0.58
321	102	3.96	732	51	1.98
322	194	7.53	811	265	10.28
331	26	1.01	812	107	4.15
332	99	3.84	921	100	3.88
411	49	1.90	922	214	8.30
412	88	3.41	931	27	1.05
421	24	0.93	932	66	2.56
422	52	2.02	1011	113	4.38
521	53	2.06	1012	54	2.09
522	106	4.11	1121	57	2.21
531	13	0.50	1122	138	5.35
532	35	1.36	1131	13	0.50

Cuadro 7. Comportamiento de las variables evaluadas por categoría de periodo de espera voluntaria

PEV	n	Variable	Media	D.E.	Valor mínimo	Valor máximo
CORTO	536	DPSP	54.10	3.79	45	59
		NSPC	2.75	1.58	1	6
		IPC	122.55	71.42	45	510
		IEP	407.55	71.42	330	795
		LACT	2.48	1.33	1	6
		DL	283.50	59.43	201	488
		PL305	9681.75	2534.54	4030	17650
		PTL	10486.31	1896.37	4760	15330
		PL305EM	12047.56	1959.17	5340	16760
NORMAL	1368	DPSP	68.74	5.84	60	79
		NSPC	2.63	1.49	1	6
		IPC	138.96	76.45	60	626
		IEP	423.96	76.45	345	911
		LACT	2.51	1.36	1	6
		DL	290.27	60.05	201	496
		PL305	9736.89	2643.77	4110	17860
		PTL	10723.97	1976.30	4600	15950
		PL305EM	12176.70	2095.02	4830	18880
LARGO	674	DPSP	92.27	10.83	80	130
		NSPC	2.61	1.45	1	6
		IPC	166.18	76.20	80	499
		IEP	451.18	76.20	365	784
		LACT	2.39	1.40	1	6
		DL	301.16	63.41	201	499
		PL305	9807.09	2763.57	4090	17650
		PTL	10592.17	2089.76	4940	15980
		PL305EM	12178.15	2288.45	4750	20530

DPSP= Días en leche al primer servicio, NSPC= Número de servicios por concepción, IPC= Intervalo parto-concepción, IEP= Intervalo entre partos, LACT= Número de lactancias, DL= Días en leche, PL305= Producción de leche ajustada a 305 días, PTL= Producción total de leche, PL305EM= Producción de leche ajustada a 305 días por equivalente maduro, D.E.= Desviación estándar

En el Cuadro 8 se presenta la relación de distintos factores frente al resultado del primer servicio (gestante o vacía). La época de parto presentó un alto grado de asociación, mientras que variables como número de parto, PEV o método de inseminación artificial resultaron ser independientes (chi-cuadrada $P > 0.05$), a diferencia de estudios como Tenhagen et al. (2003) o Chebel y Santos (2010) que reportaron que periodos de espera voluntaria extendidos aumentaban el porcentaje de preñez al primer servicio o Mahmoud et al. (2016) entre otros autores que reportan una gran diferencia entre utilizar un protocolo de sincronización frente a la detección de celo aunque, el éxito de cada protocolo depende de la situación individual del hato y el protocolo hormonal utilizado.

Para variables como días abiertos e intervalo entre partos (Cuadro 9), se analizó las categorías de periodo de espera voluntaria resultando con una asociación significativa (chi-cuadrada $P < 0.01$), ya que al aumentar el PEV también lo hacía el promedio de días abiertos y por consiguiente el tiempo hasta el siguiente parto similar a lo reportado por Stangaferro et al. (2018a).

Los días en leche, así como la producción ajustada a 305 días aumentó a la par que se incrementaron los días en el PEV, pero la producción total por lactancia presentó un mejor comportamiento con un periodo normal. Mientras que la producción a 305 días por equivalente maduro fue menor con un PEV corto respecto a las demás categorías.

Al clasificar los animales por número de parto se observó un aumento en los niveles de producción ascendente al pasar de vacas de primera, segunda y tercera lactancia, pero al llegar al grupo de 4 o más, el comportamiento productivo

Cuadro 8. Asociación del método de inseminación, periodo de espera, número de parto y época de parto sobre el porcentaje de vacas gestantes o vacías al primer servicio

	Resultado del primer servicio		Pr>F
	Gestante	Vacía	
Método de IA			0.35
IATF	27.65	72.35	
IAED	29.4	70.53	
PEV			0.75
Corto	30.04	69.96	
Normal	28.95	71.05	
Extendido	28.04	71.96	
No. de parto			0.32
1	31.26	68.74	
2	27.65	72.35	
3	29.06	70.94	
≥4	27.09	72.91	
Época de parto			<0.01
Primavera	30.39	69.61	
Verano	17.78	82.22	
Otoño	29.64	70.36	
invierno	36.07	63.93	

IA= Inseminación artificial, IATF= Inseminación artificial a tiempo fijo, IAED= Inseminación artificial por estro detectado, PEV= Periodo de espera voluntario

Cuadro 9. Asociación entre el porcentaje de vacas con distinto PEV sobre el intervalo parto-concepción e intervalo entre partos

	PEV			Pr>F
	CORTO	NORMAL	EXTENDIDO	
IEP (días)				<0.01
<400	24.06	55.89	20.05	
401-459	22.15	52.17	25.68	
>460	14.51	49.34	36.15	
IPC (días)				<0.01
≤120	24.36	55.81	19.82	
>120	17.4	50.45	32.15	

PEV= Periodo de espera voluntario, IEP= Intervalo entre partos, IPC= Intervalo parto-concepción

comenzó a disminuir (Figura 4). Los días abiertos (Figura 5), así como el intervalo entre partos siguieron esta misma tendencia (Figura 8).

La media de días al primer servicio fue mayor para los animales de primera lactancia (Figura 6), pero no representaron una diferencia significativa al igual que el número de servicios por concepción (Figura 7).

El porcentaje de preñez presentó poca variación entre las categorías de número de partos, donde los animales de primer parto presentaron el mejor porcentaje (31%) siendo las de segundo (28%), tercero (29%) y las vacas con 4 o más partos (27%), ligeramente inferiores, similar al comportamiento reportado por Herlihy et al. (2012) donde animales de primer parto obtienen una mejor tasa de éxito reproductivo por inseminación frente a vacas multíparas, aunque con una diferencia más marcada.

Efecto de componentes reproductivos y ambientales sobre la producción de leche

En el modelo se incluyen componentes reproductivos como: Número de partos, servicios por concepción, periodo de espera voluntaria, diagnóstico de preñez al primer servicio y días en leche, así como la variable HAEP para la corrección de la variación por efectos ambientales o de manejo por hato y año de parto además del componente aleatorio del residual.

Las variables HAEP, así como DIM resultan altamente significativas ($P < 0.001$) para el comportamiento de la producción de leche ya que, a mayor número de días en leche, mayor producción total como lo reportan Niozas et al. (2019b).

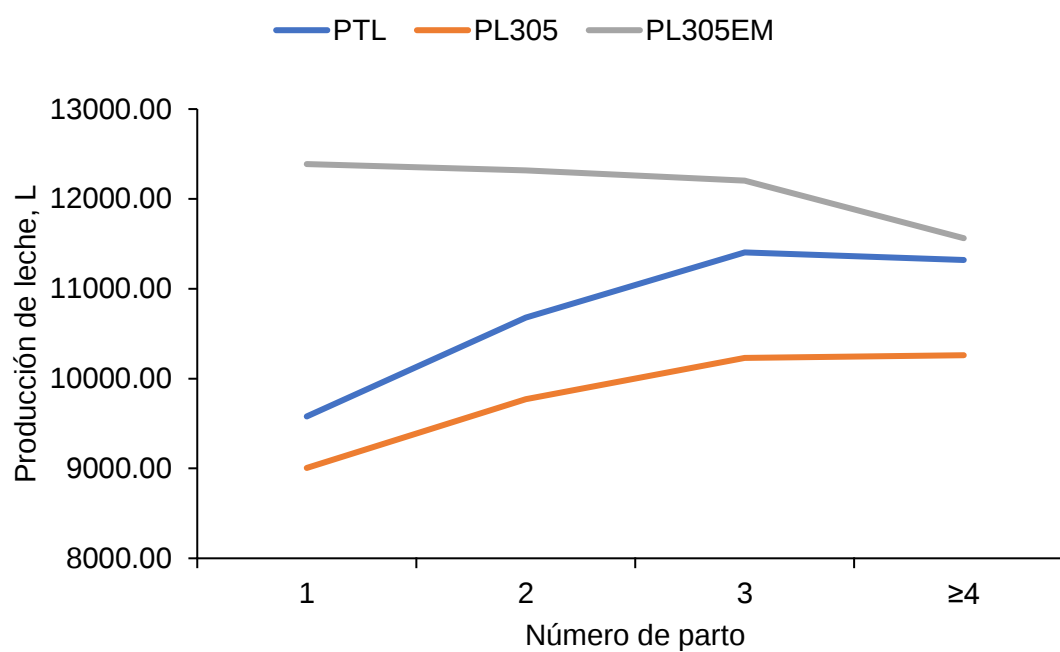


Figura 4. Comportamiento de las variables para producción de leche por número de parto. PTL= Producción total por lactancia, PL305= Producción de leche ajustada a 3005 días, PL305EM= Producción de leche ajustada a 305 días por equivalente maduro

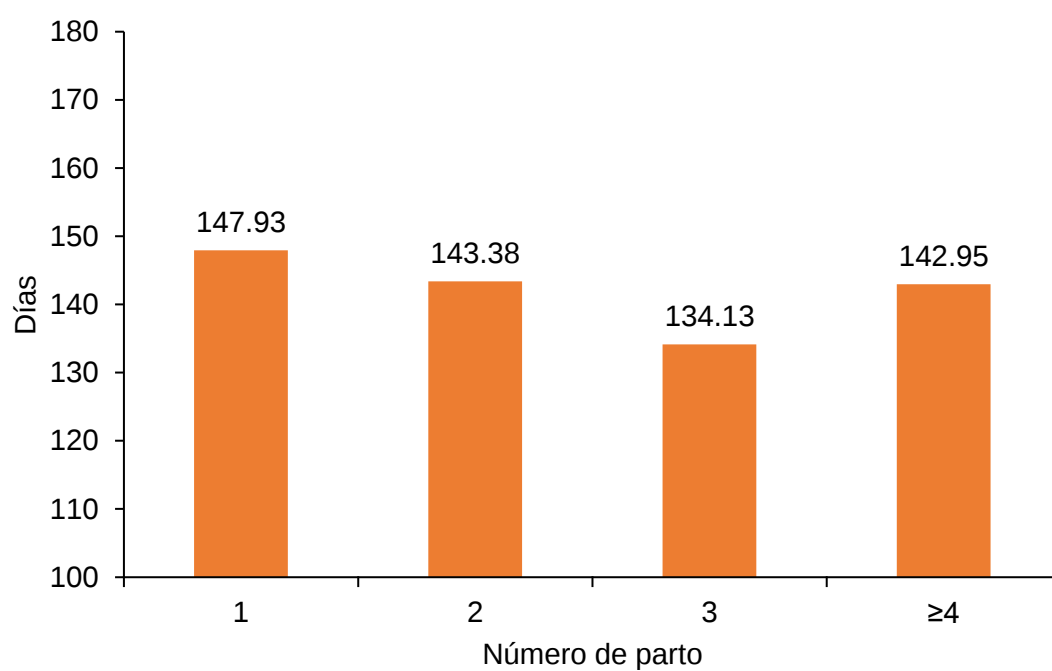


Figura 5. Comportamiento del intervalo parto-concepción para vacas con distinto número de parto. IPC= Intervalo parto-concepción

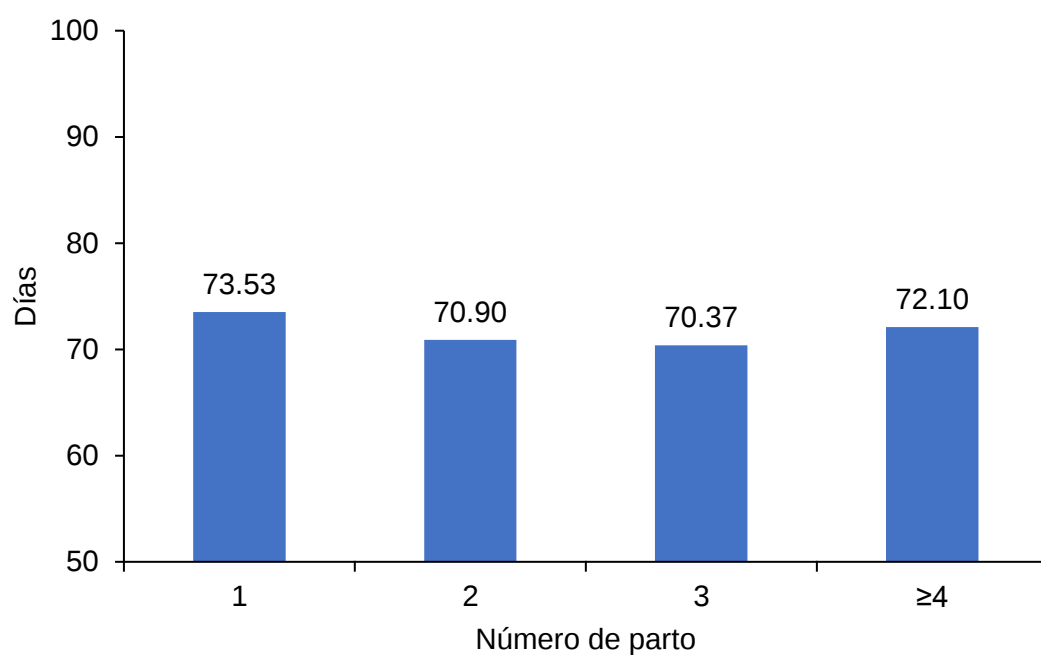


Figura 6. Valores medios para los días al primer servicio postparto por distinto número de parto. DPSP= Días al primer servicio postparto

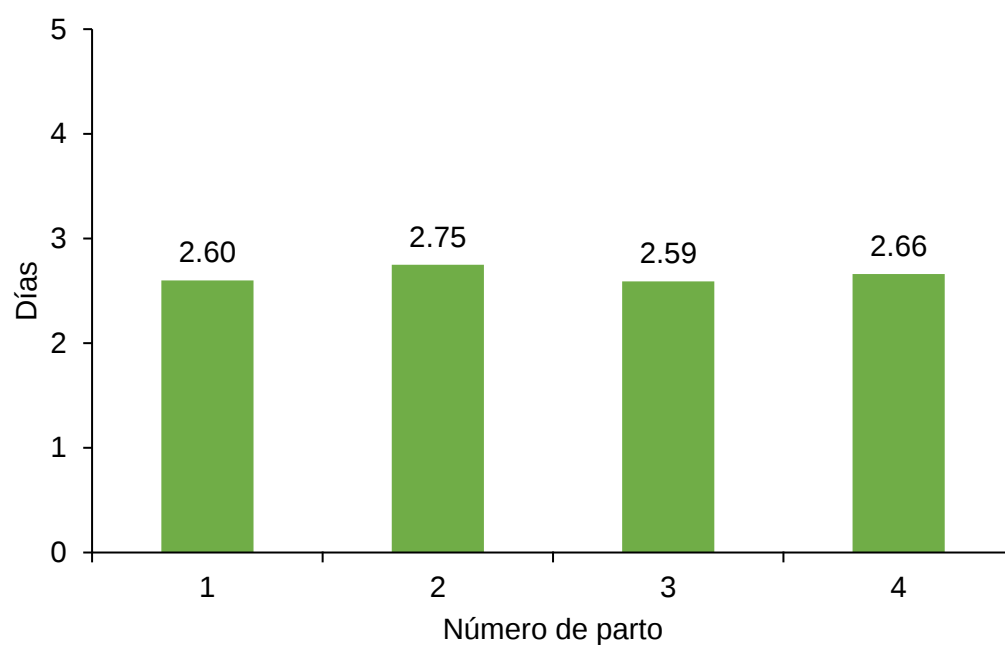


Figura 7. Valores medios para número de servicios por concepción en vacas con distinto número de parto. NSPC= Número de servicios por concepción.

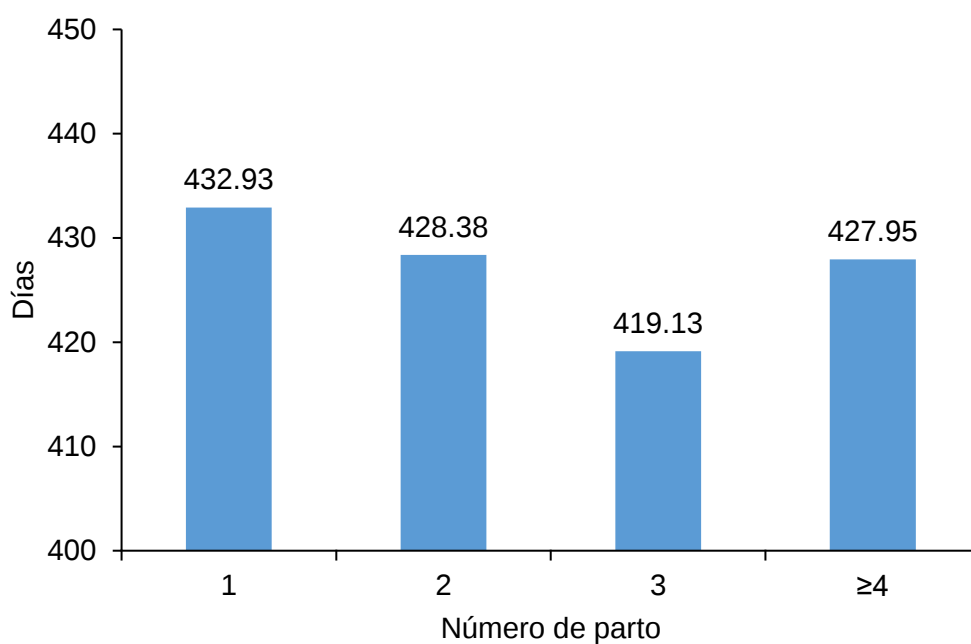


Figura 8. Valores medios para intervalo entre partos para vacas con distinto número de partos. IEP= Intervalo entre partos

Además, existe una gran variación entre hatos, año de parto y la época del año donde la vaca parió como lo indican Souames y Berrama (2020).

El número de partos influyó altamente en la producción de leche beneficiando a los animales multíparas. Las vacas de más de 3 partos obtienen una producción mayor que las primíparas ($P < 0.01$), solamente para la producción ajustada a 305 días por equivalente maduro, favorece a animales de 3er parto o menos sobre las vacas adultas por encima de su 4ta lactancia (Cuadro 10).

La producción no se vio afectada solamente por manejar un distinto periodo de espera voluntario como se presenta en el Cuadro 10 ($P > 0.05$), contrario a los reportes de Chebel y Santos (2010), pero concordando con Carvalho et al. (2014) y Machado et al. (2017) donde no se presentó una diferencia marcada por manejar un PEV distinto.

Por otro lado, se demuestra que si el animal quedó gestante al primer servicio presentó un rendimiento menor por lactancia para las 3 variables evaluadas, aunque solo fue estadísticamente significativo para la producción total y la ajustada a 305 días por equivalente maduro ($P < 0.01$); los resultados presentados por Stangaferro et al. (2018b) concuerdan con los del estudio ya que ellos reportaron un mejor comportamiento productivo al evaluar el total de animales, frente al grupo que quedó gestante al primer servicio tanto en primíparas (+1115 L) como en multíparas (+126.5 L).

El excedente en la producción para el grupo de vacas que resultó vacía al primer servicio podría deberse a un aumento en los días abiertos y por

consiguiente en los días en leche debido al retraso en el tiempo hasta la gestación y por ello mayores días en producción siempre y cuando el nivel de producción del animal lo permita.

En la Figura 9 se puede apreciar el comportamiento cuadrático (alcanza un punto máximo y después desciende) de la producción total por grupo para animales que quedaron gestantes o vacías al primer servicio.

Existe una diferencia favorable al grupo de animales que resultaron vacías (Vacías= resultado igual a 0, Preñadas= resultado igual a 1), el cual es constante por número de parto aun cuando la dispersión de los datos es tan grande.

La producción ajustada a 305 días presenta un aumento lineal al aumentar el número de lactancias en la vaca (Figura 10), además de esto y pese a la gran dispersión que presentan los datos evaluados, los animales que resultan gestantes al primer servicio tienen una producción menor respecto al grupo vacío y dicho comportamiento se mantiene igual al avanzar en grupos con distinto número de parto.

La producción mayor en el grupo de vacas vacías en el primer servicio podría deberse a que al acercarse los 305 días de producción, los animales que quedaron gestantes al primer servicio tendrán una gestación más avanzada y por ello una mayor demanda para la formación del becerro respecto a animales que su intervalo parto-concepción fue mayor y por ende gran parte de su gasto energético solamente se destina a la producción láctea.

Cuadro 10. Comparación de medias por grupo para variables productivas

Criterio	Variables de producción		
	PTL	PL305	PL305EM
No. de parto			
1	9347 ^c	8250.59 ^c	12326 ^a
2	10534 ^b	9537.8 ^b	12299 ^a
3	11284 ^a	10208 ^a	12166 ^a
≥ 4	11321 ^a	10264 ^a	11708 ^b
E.E.	(95.95)	(90.09)	(108.64)
PEV			
Corto	10546	9556.11	12069
Normal	10654	9606.36	12137
Extendido	10665	9533	12168
E.E.	(0.6947)	(85.65)	(103.28)
P/1S			
Gestante	10494 ^b	9518.7	12032 ^b
Vacía	10749 ^a	9611.62	12217 ^a
E.E.	(79.24)	(74.4)	(89.71)

PEV= Periodo de espera voluntario, P/1S= Preñez al primer servicio, PTL= Producción total de leche, PL305= Producción de leche ajustada a 305 días, PL305EM= Producción de leche ajustada a 305 días por equivalente maduro, E.E.= Error estándar

Medias con distinto superíndice por columna dentro de cada criterio son diferentes ($P \leq 0.05$)

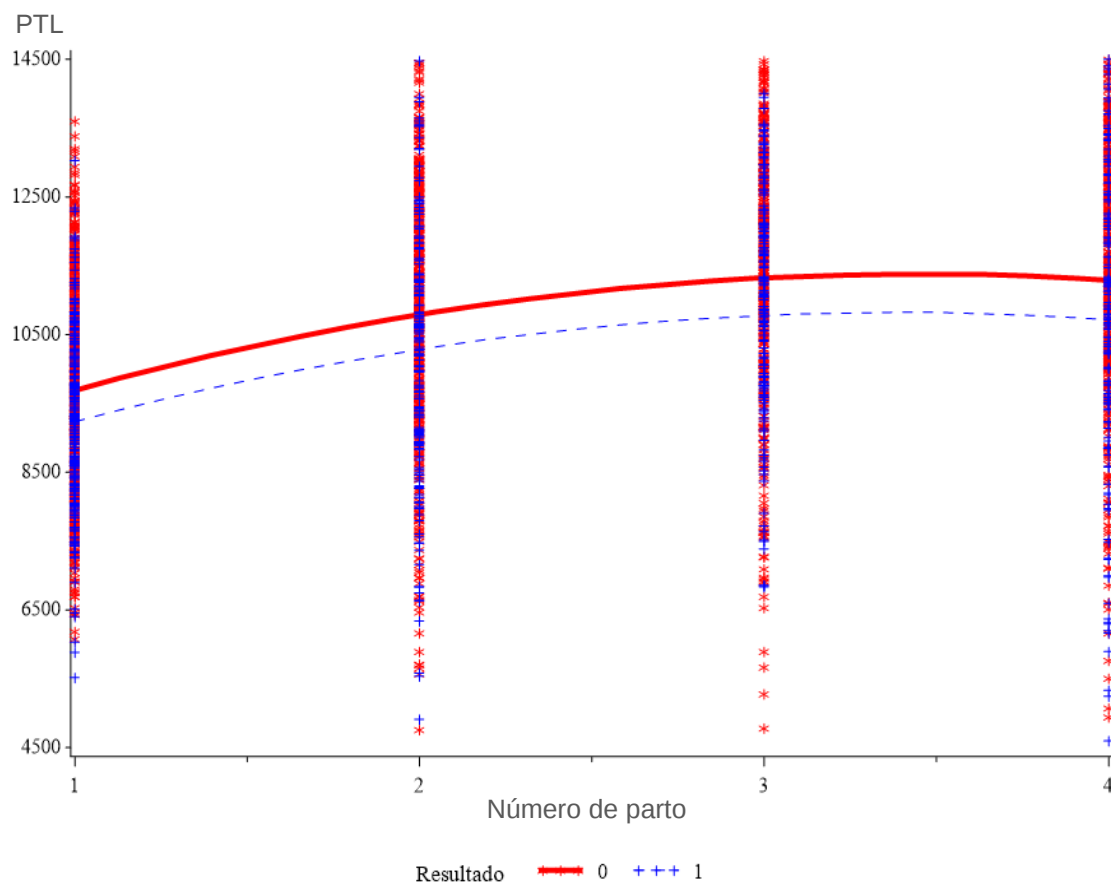


Figura 9. Producción total por lactancia para vacas vacías (resultado=0) o gestantes (resultado=1) al primer servicio por número de parto

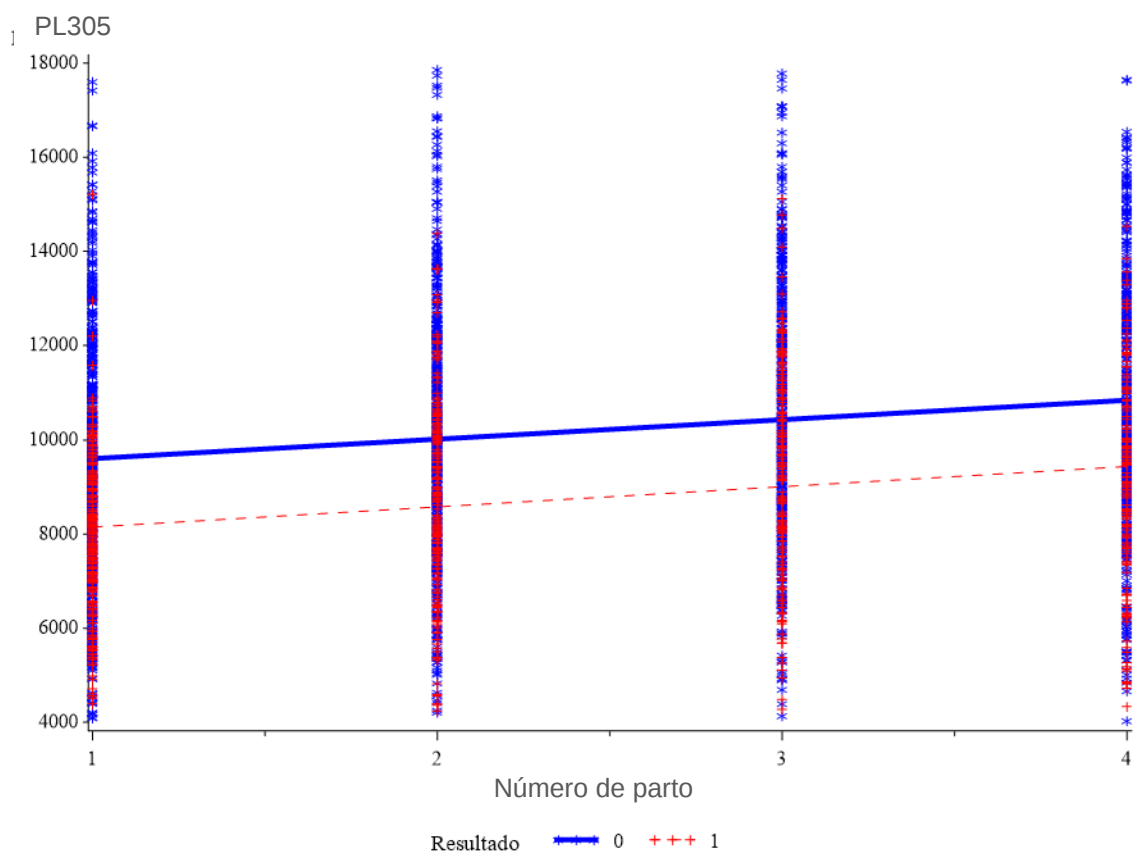


Figura 10. Producción ajustada a 305 días para vacas vacías (resultado=0) o gestantes (resultado=1) al primer servicio por número de parto

Comportamiento de los días abiertos e intervalo entre partos por distintas variables reproductivas

Para evaluar el comportamiento de los días abiertos y el intervalo entre partos se utilizó un modelo lineal que contempló variables de importancia reproductiva. Además del factor de corrección por variables ambientales o de manejo HAEP ($P < 0.01$) los Días en leche o DIM ($P < 0.01$) resultaron de gran influencia sobre la respuesta a la extensión del intervalo parto concepción y el IEP.

El manejar la primera inseminación mediante un protocolo de inseminación a tiempo fijo (IATF) o por estro detectado (IAED) no presentó una diferencia significativa para la media de días abiertos o el intervalo entre partos (Cuadro 11) a diferencia de resultados obtenidos por Pursley et al. (1997) o Stangaferro et al. (2018a) donde animales sometidos a distintos manejos para la inseminación respondieron de manera diferente en cuanto a la media de días abiertos.

Al medir la variable número de parto (Cuadro 11), se presentó una ligera diferencia entre grupos al igual que en el análisis de Mariscal et al. (2016), siendo los animales de primera lactancia los que presentaron la mayor cantidad de días abiertos, así como IEP mientras que los animales de 3er parto presentaron el mejor comportamiento. Aunque las 4 categorías caerían en una cifra problema según Ortiz et al. (2005) al sobrepasar los 140 días, pero con un intervalo entre partos promedio según Fricke (2001).

Los animales que resultaron vacíos al primer servicio aumentaron 57 días respecto a las vacas gestantes desde la primera inseminación (Cuadro 11), lo cual propició que se alejaran de los 120 días óptimos como meta general en los establos para un intervalo entre partos de 12-13 meses. Las vacas gestantes al primer servicio están dentro del rango de 120 -130 días abiertos manejado como sano u óptimo por la mayoría de las lecherías (Hafez, 2000;Fricke, 2001).

Para la variable PEV el aumento de 15 a 25 días entre categorías se vio reflejado en un lapso equivalente sobre los días abiertos y el intervalo entre partos (Cuadro 11). Al no estar presente un efecto sobre el porcentaje de preñez al primer servicio al aumentar los días a la primera inseminación, los grupos de animales vacíos se mantienen similares a lo largo de los posteriores servicios por concepción manteniendo una regla de PEV extendidos=mayor días abiertos e intervalo entre partos, resultados que concuerdan con Gobikrushanth et al. (2014) y Stangaferro et al. (2019).

Conforme el número de servicios por concepción aumenta, igual lo hace la media de días abiertos o el intervalo parto-parto lo que concuerda con Burgers et al. (2021a) quienes indican que un intervalo entre partos más prolongado se relacionó con un aumento de los servicios por concepción y una disminución de la tasa de concepción en la primera inseminación. Aunque no se presenta diferencia estadística ($P>0.05$) para los animales gestantes con 1, 2 o 3 servicios, al aumentar la cifra el posterior incremento de las variables evaluadas es evidente en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de medias por grupo para intervalo parto-concepción e intervalo entre partos

Criterio	Variables	
	Intervalo parto-concepción	Intervalo entre partos
No. de parto		
1	159.18 ^a	444.18 ^a
2	153.61 ^{ab}	438.61 ^{ab}
3	152.12 ^b	437.12 ^b
≥ 4	155.77 ^{ab}	440.77 ^{ab}
E.E.	2.45	2.45
PEV		
Corto	136.76 ^c	421.72 ^c
Normal	152.51 ^b	437.51 ^b
Extendido	176.28 ^a	461.28 ^a
E.E.	2.3359	2.3359
P/1S		
Gestante	126.65 ^b	411.65 ^b
Vacía	183.69 ^a	468.69 ^a
E.E.	15.4032	15.4032
NSPC		
1	111.77 ^{de}	396.67 ^{de}
2	96.24 ^e	381.25 ^e
3	134.77 ^d	419.77 ^d
4	167.11 ^c	452.11 ^c
5	196.34 ^b	481.34 ^b
6	224.78 ^a	509.78 ^a
E.E.	15.44	15.4439
PIA		
IATF	156.22	441.22
IAED	154.12	439.12
E.E.	1.9416	1.9416

PEV= Periodo de espera voluntario, P/1S= Preñez al primer servicio, NSPC= Número de servicios por concepción, PIA= Programa de inseminación, IATF= Inseminación a tiempo fijo, IAED= Inseminación artificial por estro detectado, E.E.= Error estándar

Medias con distinto superíndice por columna dentro de cada criterio son diferentes ($P \leq 0.05$)

Análisis de variables reproductivas para un modelo de regresión

Para las 3 variables de respuesta (PTL, PL305 y PL305EM), se evaluaron modelos lineales, integrando distintas variables reproductivas (periodo de espera voluntario, días en leche, número de servicios por concepción, número de parto e intervalo parto-concepción) con el fin de definir el mejor modelo predictivo para el comportamiento de la producción láctea.

Mediante el procedimiento Stepwise se determinó que, para producción total por lactancia, producción ajustada a 305 días y producción a 305 días por equivalente maduro, solamente 3 variables fueron de significancia: días en leche (DL), número de parto y servicios por concepción (NSPC).

Para producción total por lactancia (PTL), los días en leche, el número de parto, así como el número de servicios por concepción, pese a que fueron las únicas variables predictoras seleccionadas, sólo explican el 16.46% de la variación en la variable de producción (Cuadro 12).

El coeficiente de determinación para el modelo de P305M indica que el modelo explica el 42% de la variación total en la producción de leche ajustada a 305 días (Cuadro 12).

En el Cuadro 12 se muestra que el modelo predictor para PL305EM solo representa el 4% de la variación para el estimado de producción de leche ajustado a 305 días por equivalente maduro, por lo que dicho modelo no representa en gran medida el comportamiento de la variable..

Los efectos periodo de espera voluntaria, así como el método empleado para la inseminación (IATF o IAED) al igual que en análisis anteriores como comparación de medias o asociación no representa un efecto de variación que explique de manera directa el comportamiento de los datos analizados, por ende, no representa significancia estadística y no se incluye en los modelos. Mientras que el número de partos, los días en leche y los servicios por concepción influyen en mayor o menor medida sobre la extensión de la lactancia y generalmente en un aumento de la producción.

Existe una gran variación en los datos registrados por lo que el modelo no tiene un gran poder predictivo ya que el margen de error es bastante amplio. Y se reduce para variables más concretas como la producción ajustada a 305 días.

Cuadro 12. Selección de variables de naturaleza reproductiva para un modelo lineal y su valor predictivo sobre variables de producción láctea

Variable	Intercepto	NP	DL	NSPC	R ²	Pr > F
PTL	7385.52	640.23	4.98	113.28	0.1646	<0.01
E.E.	(198.06)	(31.97)	(0.66)	(26.99)		
PL305	618.87	558	25.71	118.61	0.4238	<0.01
E.E.	(219.07)	(35.36)	(0.74)	(29.86)		
PL305EM	11380	-232.28	3.58	102.05	0.0402	<0.01
E.E.	(225.97)	(36.48)	(0.76)	(30.80)		

NP= Número de partos, DL= Días en leche, NSPC= Número de servicios por concepción, PTL= Producción total de leche, PL305= Producción de leche ajustada a 305 días, PL305EM= Producción de leche ajustada a 305 días por equivalente maduro, R²= Coeficiente de determinación, E.E.= Error estándar.

CONCLUSIONES

Manejar distintos periodos de espera voluntario, inseminar a tiempo fijo o mediante la detección de celos no influyó sobre el porcentaje de preñez al primer servicio. Mientras que el porcentaje se beneficia en gran medida con las bajas temperaturas.

Extender el periodo de espera voluntario por encima de los 80 días traerá como consecuencia el aumento de días abiertos y un intervalo entre partos mayor, lo que puede resultar en pérdidas para el productor ya que no se presenta un beneficio en la producción al aumentar el PEV.

La producción total por lactancia, producción ajustada a 305 días y producción ajustada a 305 días por equivalente maduro, aumentó significativamente conforme el número de partos se incrementaba siendo los animales de 3 partos o más quienes presentan los mejores promedios de producción.

Si una vaca queda vacía al primer servicio independientemente del número de lactancia en curso, se obtiene una producción total de leche mayor debido al aumento significativo de días abiertos y potenciales de producción. Aunque también se ve comprometida la relación costo-beneficio.

Al generar el modelo para cada una de las 3 variables de respuesta en producción de leche, solamente el número de parto, días en leche y el número de servicios por concepción en conjunto resultaron significativas con un coeficiente de correlación de 0.65 para PL305.

LITERATURA CITADA

- Arbel R., Y. Bigun, E. Ezra, H. Sturman and D. Hojman. 2001. The effect of Extended Calving Intervals in High Lactating Cows on Milk Production and Profitability. *J. Dairy Sci.* 84:600-608.
- Astiz S. and O. Fargas. 2013. Pregnancy per AI differences between primiparous and multiparous high-yield dairy cows after using Double Ovsynch or G6G synchronization protocols. *Theriogenology*. 79:1065-1070.
- Borchardt S., P. Haimerl and W. Heuwieser. 2016. Effect of insemination after estrous detection on pregnancy per artificial insemination and pregnancy loss in a Presynch-Ovsynch protocol: A meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 99:2248-2256.
- Burgers E.E.A., A. Kok, R.M.A. Goselink, H. Hogeveen, B. Kemp and A.T.M. Van Knegsel. 2021a. Fertility and milk production on commercial dairy farms with customized lactation lengths. *J. Dairy Sci.* 104:443-458.
- Burgers E.E.A., A. Kok, R.M.A. Goselink, H. Hogeveen, B. Kemp and A.T.M. Van Knegsel. 2021b. Effects of extended voluntary waiting period from calving until first insemination on body condition, milk yield, and lactation persistency. *J. Dairy Sci.* (In Press) (Abstr.).
- Bustillo P.J.C. and Melo C.J.A. 2020. Parámetros reproductivos y eficiencia reproductiva en ganado bovino. Seminario de Profundización de Reproducción Bovina. Universidad Cooperativa de Colombia. Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/b5334883-6e6a-4364-853a-26ebf486f3ad/content> . Acceso: abril 15, 2023.
- Campuzano R. L.O. 2016. Evaluación de la duración del periodo de espera voluntario en vacas especializadas en producción de leche. Disponible en: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/evaluacion-duracion-periodo-espera-t33047.htm>. Acceso: mayo 01, 2023.
- CANILEC, 2021. Estadísticas del sector lácteo 2010-2020. Disponible en: <https://www.canilec.org.mx/estadisticas-2/>. Acceso: septiembre 30, 2021.

- Cardoso C.C.E., M.C. Wiltbank and M.C. Sartori. 2021. Factors That Optimize Reproductive Efficiency in Dairy Herds with an Emphasis on Timed Artificial Insemination Programs. *Animals*. 11(2):301.
- Carvalho P.D., J.N. Guenther, M.J. Fuenzalida, M.C. Amundson, M.C. Wiltbank and P.M. Fricke. 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. *J. Dairy Sci.* 97:6305-6315.
- Cavestany D. 2005. Manejo reproductivo en vacas de leche: ¿ Producir o no producir?. *Revista INIA Uruguay*. 4:2-5.
- Chebel R.C. and J.E.P. Santos. 2010. Effect of inseminating cows in estrus following a presynchronization protocol on reproductive and lactation performances. *J. Dairy Sci.* 93:4632-4643.
- Darwash A.O., G.E. Lamming and J.A. Woolliams. 1997. The phenotypic association between the interval to post-partum ovulation and traditional measures of fertility in dairy cattle. *Anim. Sci.* 65:9-16.
- DeJarnette J.M., C.G. Sattler, C.E. Marshall and R.L. Nebel. 2007. Voluntary Waiting Period Management Practices in Dairy Herds Participating in a Progeny Test program. *J. Dairy Sci.* 90:1073-1079.
- De Vries A. 2006. Ranking Dairy Cows for Optimal Breeding Decisions. *Proceedings 43rd Florida Dairy Production Conference, Gainesville, May 2, 2006*. 46-66.
- De Vries A. and Risco C.A. 2005. Trends and Seasonality of Reproductive Performance in Florida and Georgia Dairy Herds from 1976 to 2002. *J. Dairy Sci.* 88:3155-3165.
- Fodor I., G. Gabor, Z. Lang, Z. Abonyi – Tóth and L. Ózsvári. 2019. Relationship between reproductive management practices and fertility in primiparous and multiparous dairy cows. *Can. J. Vet. Res.* 83:218 (Abstr.).

- Fricke P.M., J.O. Giordano, A. Valenza, G. Lopes Jr., M.C. Amundson and P.D. Carvalho. 2014. Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity-monitoring system. *J. Dairy Sci.* 97:2771-2781.
- Fricke P.M. 2001. Aggressive Management Strategies for Improving Reproductive Efficiency. *Dairy Updates*. The Babcock Institute, University of Wisconsin. *Reproduction and Genetics* No.604.
- García R.A. and F.J. Ruiz. 2022. Evaluaciones genéticas de Ganado Holstein para producción de leche. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Disponible en: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/evaluaciones-geneticas-de-ganado-holstein-para-produccion-de-leche?idiom=es>. Acceso: marzo 19,2023.
- Giordano J.O., A.S. Kalantari, P. M. Fricke, M.C. Wiltbank and V.E. Cabrera. 2012. A daily herd Markov-chain model to study the reproductive and economic impact of reproductive programs combining timed artificial insemination and estrus detection. *J. Dairy Sci.* 95:5442-5460.
- Glauber C.E. 2007. Manejo reproductivo en el rodeo bovino lechero: propuestas y reflexiones. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/87-bovino_lechero.pdf. Acceso: abril 10, 2023.
- Gobikrushanth M., A. De Vries, J.E.P. Santos, C.A. Risco and K.N. Galvão. 2014. Effect of delayed breeding during the summer on profitability of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:4236-4246.
- González-Recio O., M.A. Pérez-Cabal and P. Alenda. 2004. Economic Value of Female Fertility and its Relationship with Profit in Spanish Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 87:3053-3061.
- González S.C. 2001. REPRODUCCIÓN BOVINA. Fundación Grupo de Investigación de la Reproducción Animal en la Región Zuliana (Fundación GIRARZ). Maracaibo, Venezuela.

- Gumen A., A. Keskin, G. Yilmazbas-Mecitoglu, E. Karakaya, A. Alkan, H. Okut and M.C. Wiltbank. 2012. Effect of presynchronization strategy before Ovsynch on fertility at first service in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 78:1830-1838.
- Hafez E.S.E. and B. Hafez. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. (7th ed.). McGraw-Hill interamericana editores, S.A. de C.V. México, D.F.
- Herlihy M.M., J.O. Giordano, A.H. Souza, H. Ayres, R.M. Ferreira, A. Keskin, A.B. Nascimento, J.N. Guenther, J.M. Gaska, S.J. Kacuba, M.A. Crowe, S.T. Butler and M.C. Wiltbank. 2012. Presynchronization with Double-Ovsynch improves fertility at first postpartum artificial insemination in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:7003-7014.
- Hernández C.J. 2016. Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Inchaisri C., H. Hogeveen, P.L.A.M. Vos, G.C. Van der Weijden and R. Jorritsma. 2010. Effect of milk yield characteristics, breed, and parity on success of the first insemination in Dutch dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:5179-5187.
- Inchaisri C., R. Jorritsma, P.L.A.M. Vos, G.C. Van der Weijden and H. Hogeveen. 2011. Analysis of the economically optimal voluntary waiting period for first insemination. *J. Dairy Sci.* 94:3811-3823.
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal. Tecate, Baja California.
- Lane E.A., M.A. Crowe, M.E. Beltman and S.J. More. 2013. The influence of cow and management factors on reproductive performance of Irish seasonal calving dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 141:34-41.
- Lee, S.-C., Lee, T.-H., Jeong, J.-K., Kang, H.-G. and Kim, I.-H. 2013. Effect of the interval from calving to first insemination and days open on the subsequent reproductive performance in dairy cows. *J. Vet. C.* 30:435 (Abstr.).

- Löf E., H. Gustaffson y U. Emanuelson. 2014. Factors influencing the chance of cows being pregnant 30 days after the herd voluntary waiting period. *J. Dairy Sci.* 97:2071-2080.
- Lucy M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End? *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293.
- Ma J., Burgers E.E.A., A. Kok, R.M.A. Goselink, Lam J.G.M., B. Kemp and A.T.M. Van Knegsel. 2022. Consequences of extending the voluntary waiting period for insemination on reproductive performance in dairy cows. *Anim. Reprod.Sci.* 244.
- Machado V.S., R.C. Neves, F.S. Lima and R.C. Bicalho. 2017. The effect of Presynch-Ovsynch protocol with or without estrus detection on reproductive performance by parity, and the long-term effect of these different management strategies on milk production, reproduction, health and survivability of dairy cows. *Theriogenology.* 93:84-92.
- Mahmoud S.E., A.E. Akram and M.R. Elshimaa, 2016. Impact of parity on the efficiency of ovulation synchronization protocols I Holstein cows. *Theriogenology.* 86:2230-2237.
- Mariscal-Aguayo V., A.P. Cervantes, H.E. Quintero, M.H. Bravo, R.R. Santos and R.N. Domínguez. 2016. Indicadores reproductivos de vacas lecheras en agroempresas con diferente nivel tecnológico en Los Altos de Jalisco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo.* 13:493-507.
- Mellado M., A. Sepulveda, C. Meza-Herrera, F.G. Veliz, J.R. Arevalo, J. Mellado and A. De Santiago. 2013. Effects of heat stress on reproductive efficiency of high yielding Holstein cows in a hot-arid environment. *Rev. Col. Cs. Pec.* 26:193-200.
- Miller R.H., H.D. Norman, M.T. Kuhn, J.S. Clay and J.L. Hutchison. 2007. Voluntary Waiting Period and Adoption of Synchronized Breeding in Dairy Herd Improvement Herds. *J. Dairy Sci.* 90:1594-1606.

- Mufeed A.A. and M.A. Mohammed. 2014. Effect of estrus expression prior to ovulation synchronization protocols on reproductive efficiency of lactating dairy cow. *Livest. Sci.* 163:172-180.
- Negrón P.V.M. 2019. Invited review: Management strategies capable of improving the reproductive performance of heath-stressed dairy cattle. *J. Dairy Science.* 102:10695-10710.
- Niozas G., G. Tsousis, I. Steinhöfel, C. Brozos, A. Römer, S. Wiedemann, H. Bollwein and M. Kaske. 2019a. Extended lactation in high-yielding dairy cows. I. Effects on reproductive measurements. *J. Dairy Sci.* 102:799-810.
- Niozas G., G. Tsousis, C. Malesios, I. I. Steinhöfel, C. Boscos, H. Bollwein and M. Kaske. 2019b. Extended lactation in high-yielding dairy cows. II. Effects on milk production, udder health, and body measurements. *J. Dairy Sci.* 102:811-823.
- Norman H.D., J.R. Wright, S.M. Hubbard, R.H. Miller and J.L. Hutchison. 2009. Reproductive status of Holstein and Jersey cows in the United States. *J. Dairy Sci.* 92:3517-3528.
- Ortiz S.J. A., O. T. García y G. T. Morales. 2005. Manual de manejo de bovinos productores de leche. Colegio de Posgraduados y Secretaría de la Reforma Agraria. México. p. 53.
- Österman S., J. Bertilsson. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: effects on milk production and milk composition. *Livest. Prod. Sci.* 82:139-149.
- Piccardia M., A. Capitan, M. Balzarini and G.A. Bó. 2013. Some factors affecting the number of days open in Argentinean dairy herds. *Theriogenology.* 79:760-765.
- Pinedo P., J.E.P. Santos, R.C. Chebel, K.N. Galvão, G.M. Schuenemann, R.C. Bicalho, R.O. Gilbert, S.L. Rodríguez-Zas, C.M. Seabury, G. Rosa y W. Thatcher. 2020. Associations of reproductive indices with fertility outcomes, milk yield, and survival in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 103:6647-6660.

- Pryce J.E., M.D. Royal, P.C. Garnsworthy y I.L. Mao. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livest. Prod. Sci.* 86: 125-135.
- Pursley J.R., M.R. Kosorok and M.C. Wiltbank. 1997. Reproductive management of lactating dairy cows using synchronization of ovulation. *J. Dairy Sci.* 80:301-306.
- Ramírez R. y J.C. Segura. 1992. Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de México. *Livestock Research for Rural Development*. Vol.4. Art.14.
- Rasmussen A.E., K. Holtenio, R. Bagge, E. Strandberg, M. Akerlind and C. Krongvist. 2023. A randomized study on the effect of extended voluntary waiting period in primiparous dairy cows on milk yield during first and second lactation. *J. Dairy Sci.* 106:2510-2518.
- Revelo L.G.A. 2013. Evaluación del desempeño reproductivo del hato lechero de la Hacienda "Sandial" localizada en el cantón Montufar, provincia del Carchi en el período 2011 – 2013. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero en Agroempresas. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador.
- Rodríguez G.I.J., J.E. García, J. Mellado, C.J.L. Morales, V. Contreras, C.U. Macías, R.L. Avendaño y M. Mellado. 2021. Permanence time in the herd and milk production of Holstein cows with up to five successive extended lactations. *Trop. Anim. Health and Production*. 53:141.
- Rodríguez C.O.A., B.R. Díaz, G.O. Ortiz, C.G. Gutiérrez, H.H. Montaldo, O.C. García y C.J. Hernández. 2009. Porcentaje de concepción al primer servicio en vacas Holstein tratadas con hormona bovina del crecimiento en la inseminación. *Veterinaria México*. 40:1-7.
- Römer A., A. Boldt and J. Harms. 2020. One calf per cow and year – not a sensible goal for high-yielding cows from either an economic or an animal welfare perspective. *J. Sustainable Organic Agric. Syst.* 70:39–44.
- Sánchez S.A. 2010. Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México. Monografía para obtener el título de Médico Veterinario

Zootecnista. Universidad Veracruzana, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Veracruz, Veracruz.

Santos V.G., P.D. Carvalho, C. Maia, B. Carneiro, A. Valenza and P.M. Fricke. 2017. Fertility of lactating Holstein cows submitted to a Double-Ovsynch protocol and timed artificial insemination versus artificial insemination after synchronization of estrus at a similar day in milk range. *J. Dairy Sci.* 100:8507-8517.

Secundino D.V. 2018. Diagnóstico y evaluación de indicadores reproductivos de vacas Holstein y su efecto productivo en un sistema semi-intensivo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Temascaltepec de González, México.

SIAP. 2021a. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Anuario estadístico de la producción ganadera. Disponible en: https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ . Acceso marzo 17, 2023.

SIAP. 2021b. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Inventario bovino para leche (2012-2021). Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/744950/Inventario_2021_bovino_para_leche.pdf. Acceso: marzo 18, 2023.

Souames S. and Z. Berrama. (2020). Factors affecting conception rate after the first artificial insemination in a private dairy cattle farm in North Algeria. *Veterinary World*, 13: 2608-2611.

Stangaferro M.L., R.W. Wijma and J.O. Giordano. 2019. Profitability of dairy cows submitted to be first service with the Presynch-Ovsynch or Double Ovsynch protocol and different duration of the voluntary waiting period. *J. Dairy Sci.* 102:4546-4562.

Stangaferro M.L., R. Wijma, M. Masello and J.O. Giordano. 2018a. Reproductive performance and herd exit dynamics of lactating dairy cows managed for first service with the Presynch-Ovsynch or Double-Ovsynch protocol and different duration of the voluntary waiting period. *J. Dairy Sci.* 101:1673-1686.

- Stangaferro M.L., R. Wijma, M. Masello, J.T. Mark and J.O. Giordano. 2018b. Extending the duration of the voluntary waiting period from 60 to 88 days in cows that received timed artificial insemination after the Double-Ovsynch protocol affected the reproductive performance, herd exit dynamics, and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 101:717-735.
- Tenhagen B.A., V. Corinna, D. Marc, T. Gerhard and H. Wolfgang. 2003. Influence of stage of lactation and milk production on conception rates after timed artificial insemination following Ovsynch. *Theriogenology*. 60:1527-1537.
- Ukita H., T. Yamazaki, S. Yamaguchi, H. Abe, T. Baba, H. Bai, M. Takahashi and M. Kawahara. 2022. Environmental factors affecting the conception rates of nulliparous and primiparous dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 105:6947-6955.
- Van Amburg M.E., D.M. Galton, D.E. Bauman and R.W. Everett. 1997. Management and economics of extended calving intervals with use of bovine somatotropin. *Liv. Prod. Sci.* 50:15-28.