

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS

MAESTRIA EN CIENCIAS VETERINARIAS



**EFFECTO DE LA DURACIÓN DEL PERIODO SECO SOBRE DÍAS AL PICO
MAXIMO DE PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO MAXIMO Y PRODUCCIÓN TOTAL
DE LECHE EN VACAS HOLSTEIN, DE TECATE, BAJA CALIFORNIA**

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

**PRESENTA:
MANUEL GABRIEL ROA MARTÍNEZ**

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

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

JUNIO DE 2023

“Efecto de la duración del período seco sobre los días al pico máximo de producción, rendimiento máximo y producción total de leche en vacas Holstein, de Tecate, Baja California”. Tesis presentada por el M.V.Z. Manuel Gabriel Roa Martínez, como requisito parcial para obtener el grado de maestro en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el comité particular indicado:

Dr. Alberto Barreras Serrano
Director

Dr. Eduardo Sánchez López
Asesor

Dr. Victor Manuel Gonzalez Vizcarra
Asesor

Ph. D. Cristina Pérez Linares
Asesor

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater, la Universidad Autónoma de Baja California en especial al Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, por haberme brindado la oportunidad de consagrar mis estudios de licenciatura y hoy de maestría en Ciencias Veterinarias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgar el apoyo para la realización de mi posgrado.

A mi director de tesis, el Dr. Alberto Barreras Serrano, quien fungió como guía académico a lo largo de este trayecto, compartiendo siempre su conocimiento y consejos, brindando siempre su amistad.

Al cuerpo de sinodales, por brindar de su tiempo y colaboración para mejorar la estructura del presente, así como la evaluación de este para obtener el grado.

A mis maestros de posgrado, que, a lo largo del trayecto, compartieron siempre el conocimiento necesario para concluir con este reto.

A mis amigos, que hicieron que la estancia se sintiera más corta, los momentos de estrés, más relajados y, sobre todo, hacerme sentir en casa estando lejos de ella.

A mis mascotas, Doroteo, Molly y Cheto, por siempre estar incondicionalmente en los momentos de mayor estrés y ser mi compañía cuando estaba solo.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme culminar con este reto que inicié lleno de dudas, por darme protección, luz y sabiduría a lo largo de las decisiones que he tomado en mi vida y por siempre estar aun cuando todo se torna oscuro.

A mis padres, que siempre mostraron con determinación su apoyo, por no dejarme desistir cuando quería dejarlo todo, por siempre alentarme a dar el extra, por ese consejo en momentos de aflicción, por ese beso y abrazo de consolación, por mostrar esa fortaleza cuando yo me sentía débil, enseñándome a mostrar carácter ante las adversidades. Por darme la herencia más grande, mis estudios. Esto de ustedes, los amo y respeto.

A mis abuelitos, mis segundos padres, con plata en su cabello y oro en su corazón, que siempre me han brindado su apoyo incondicional, grandes pilares de la familia y de mi vida, este logro, es de ustedes también, por siempre ser y estar para mí, en mi licenciatura y hoy en la maestría. Mi más grande amor y respeto.

A mi hermana, mi compañera de aventuras, la bebé de la casa, por siempre brindarme de tu ayuda, compañía y consejos, sin ti, esto no hubiera sido posible, te amo infinitamente.

A la familia Méndez Martínez, que siempre brindaron su apoyo incondicional, consejos de vida y amor infinito, les dedico con mucho amor una de mis más grandes metas, los amo.

CONTENIDO

	Pág
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS EN EL APÉNDICE	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	2
Panorama de la producción de leche en México y Baja California.....	2
Factores que inciden en la producción de leche	3
<i>Pico de producción y persistencia</i>	3
<i>Edad y número de parto</i>	4
<i>Época de parto</i>	5
<i>Preñez</i>	7
<i>Condición corporal</i>	7
<i>Alimentación</i>	9
<i>Periodo seco</i>	10
MATERIALES Y MÉTODOS	18
Origen de la información	18
Descripción del área de estudio	18
Variables evaluadas	18

Manejo de la información	19
Análisis estadístico	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
Promedios generales	30
Análisis de longitudes del periodo seco expresados en diferentes agrupaciones	37
<i>Agrupación 1. Tres clases (≤ 45, 46-65, y 66-85 días):</i>	37
<i>Agrupación 2. Cuatro clases (≤ 45, 46-65, 66-85 y ≥ 86 días):</i>	37
<i>Agrupación 3. Cinco clases (≤ 30, 31-45, 46-60, 61-75 y ≥ 76):</i>	40
<i>Agrupación 4. Siete clases (≤ 35, 36-50, 51-60, 61-70, 71-85, 86-110 y ≥ 111):</i>	40
Análisis de la clase de parto	44
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	50
APENDICE	61

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Número de vacas por subclase de HYS: ható, año y estación para la corrección por efectos ambientales y de manejo.....	24
2	Promedios generales para rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.....	31
3	Promedios generales por año de parto para rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.	32
4	Promedios generales por estación de parto para rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.	34
5	Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.	38
6	Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.	39

7	Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.	41
8	Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.	42
9	Efecto de la clase de parto en manejo de secado sobre los días en alcanzar el pico de producción, rendimiento máximo, producción de leche ajustada a 305 días, equivalente maduro y producción total de leche.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Distribución en porcentaje de animales por número de lactancia.	20
2	Distribución en porcentaje de animales por categoría de parto.	21
3	Distribución en porcentaje de animales por estación de año ...	22
4	Distribución en porcentaje de animales por año de parto	23
5	Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 1	25
6	Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 2	26
7	Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 3	27
8	Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 4	28

LISTA DE CUADROS EN EL APÉNDICE

Cuadro		Pág.
1	Valores de probabilidad $>F$ en el ANOVA para variables productivas por agrupación de tres clases de longitud de periodo seco.....	62
2	Valores de probabilidad $>F$ en el ANOVA para variables productivas por agrupación de cuatro clases de longitud de periodo seco.....	63
3	Valores de probabilidad $>F$ en el ANOVA para variables productivas por agrupación de cinco clases de longitud de periodo seco.....	64
4	Valores de probabilidad $>F$ en el ANOVA para variables productivas por agrupación de siete clases de longitud de periodo seco.....	65

RESUMEN

La duración del periodo seco se ha cuestionado en las últimas dos décadas por los avances genéticos, nutricionales, manejos del hato y la implementación de biotecnologías en la industria lechera. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes estrategias de manejo de periodos secos sobre el rendimiento total y ajustado de leche en la lactancia subsiguiente. Se analizaron un total de 747 registros de lactancia de vacas Holstein pertenecientes a nueve hatos lecheros. Se definieron cuatro grupos con diferentes longitudes del período seco (GLPS): 3 categorías (≤ 45 , 46-65 y 66-85 días), 4 categorías (≤ 45 , 46-65, 66-85 y ≥ 86 días), 5 categorías (≤ 30 , 31-45, 46-60, 61-75 y ≥ 76 días) y 7 categorías (≤ 35 , 36-50, 51-60, 61-70, 71-85, 86-110 y ≥ 111 días). Las vacas se agruparon por parto en vacas primíparas y multíparas. El efecto de GLPS en la producción de leche en la siguiente lactancia se determinó usando un modelo lineal mixto que incluyó además de la media general, los efectos fijos de la subclase hato-año-estación de parto (HYS), la clase para parto (primíparas y multíparas), el grupo con diferentes longitudes del período seco, la interacción clase de parto por GLPS, las covariables edad al parto y días en leche y el componente aleatorio del residual. No se observó interacción GLPS con la clase para parto ($P > 0.05$). Los resultados mostraron una menor producción de leche ($P < 0.05$) en la siguiente lactancia cuando LPS era menor de 46 d, con reducciones de entre un 6% a un 14%. Los valores de producción de leche no se vieron afectados ($P > 0.05$) por longitudes de período seco mayores de 80 días. La mayor producción se presentó en periodos secos que duraron 61 a 75 días, pero no diferente ($P > 0.05$) al compararlo con la producción de leche en los periodos secos que duraron 46 a 65 días. Las vacas primíparas produjeron entre un 7% y un 12% menos de leche que las vacas multíparas. En conclusión, longitudes de periodos secos menores de 45 días no son suficientes para que la vaca restaure el tejido mamario, reduciendo el rendimiento de leche en la siguiente lactancia.

Palabras clave: Período seco, rendimiento en leche, Holstein.

ABSTRACT

Due to genetic advancements, nutrition, herd management, and the use of biotechnologies in the dairy industry during the last two decades, the duration of the dry period has been questioned. The objective of this study was to determine the effect of different dry period lengths on the total and adjusted milk yield in the subsequent lactation. A total of 747 lactation records on Holstein cows in nine commercial dairy herd were analyzed. Four groups with different length of the dry period management strategy (DPLG) were defined: 3 categories (≤ 45 , 46-65, and 66-85 days), 4 categories (≤ 45 , 46-65, 66-85, and ≥ 86 days), 5 categories (≤ 30 , 31-45, 46-60, 61-75, and ≥ 76 days), and 7 categories (≤ 35 , 36-50, 51-60, 61-70, 71-85, 86-110, and ≥ 111 days). Cows were grouped by parity: primiparous and multiparous cows. The effect of DPLG on milk yield performance in subsequent lactation was determined using a mixed linear model through the inclusion of fixed effect of herd-calving year-calving season combination (HYS), parity, DPLG with parity interaction, covariate effect of age at first calving (FCA), covariate effect of milk days and random effect of the residual. No DPLG with parity interaction was observed ($P > 0.05$). The results showed lower milk yield ($P < 0.05$) during the next lactation with DPL of < 46 d. The decrease in milk yields was by 6% to 14% range. No effect ($P > 0.05$) was observed in milk yield with DPL > 80 d. Higher production was in than dry periods lasting 61 to 75 d, but was not different compared with dry periods lasting 46 to 65 d. Primiparous cows produced between 7% and 12% less milk than multiparous cows. In conclusion, short dry periods are not sufficient for the cow to restore mammary tissue, thereby reducing milk production in the subsequent lactation.

Keywords: Dry period length, milk yield, Holstein

INTRODUCCIÓN

En la industria lechera uno de los manejos que se implementa en el ciclo productivo de la vaca y que es de gran importancia en la producción de leche, es el periodo seco (PS), el cual se define como el tiempo de reposo transcurrido entre dos lactancias donde la vaca no produce leche o no es ordeñada.

La importancia del periodo seco se encuentra en el impacto que ejerce sobre la producción de leche y el desempeño reproductivo en la lactancia subsiguiente, lo que se manifiesta de manera positiva o negativa en la rentabilidad del establo (Rivas, 2005).

El periodo seco se ha estandarizado en un intervalo promedio de 51 a 60 días. Sin embargo, hay investigaciones que establecen que la cantidad de leche que se obtiene en la lactancia después de un periodo seco menor a 45 días es igual a la obtenida cuando se tiene un periodo seco de 60 días. Por lo que, si la duración en días de secado se pudiera modificar sin sacrificar la producción de leche en la siguiente lactancia e inclusive mejorar, podría considerarse como una alternativa de manejo, lo cual beneficiaría al productor (Bachman y Shairer 2003; Zobel et al., 2015).

Con base en lo anterior el objetivo fue evaluar diferentes agrupaciones de período seco para determinar su efecto sobre los días al pico de producción máxima, rendimiento máximo y la producción total de leche en vacas Holstein de Tecate, Baja California.

REVISION DE LITERATURA

Panorama de la producción de leche en México y Baja California

En México la producción de leche varía de acuerdo con el nivel biotecnológico y grado de tecnificación de la granja, además de la diversidad de climas en diferentes regiones y cultura de las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos y subproductos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, aportando el 24% al PIB agropecuario (Secretaría de Economía, 2012).

En el año 2018 México ocupó el octavo lugar a nivel mundial como productor de leche con más de 12 mil millones de toneladas de leche de los cuales más del 50% se produce en Jalisco, Coahuila, Durango y Chihuahua (SIAP, 2021; CANILEC, 2021).

Baja California en el año 2018 produjo 186 millones de litros de leche con un incremento en su producción del 10% para el año 2021, siendo la zona costa de esta región la que produce el 85% del total. La cuenca lechera de Tecate aporta alrededor del 25% de la producción estatal (Agricultura Baja California, 2020).

La baja producción de leche por estado puede estar asociada a la falta de apoyo financiero por parte del gobierno a este sector, asesoría técnica, factores ambientales, disponibilidad de insumos, grado de tecnificación de la finca lechera, genética e información sobre mejoras en los manejos que se implementan en cada explotación, lo cual repercute de manera negativa en los

niveles productivos del hato. Una alternativa para incrementar los parámetros productivos a considerar sería modificar manejos en el hato lechero, acorde a las condiciones de cada explotación.

Factores que inciden en la producción total de leche

En la industria lechera existen factores que comprometen el nivel de producción total de leche en las vacas, algunos de ellos pueden ser modificados por el productor para integrar nuevos cambios en estrategias de crianza y manejo del hato y así eficientar su rendimiento productivo y reproductivo (Castillo et al., 2019).

Los factores que afectan la producción de leche se pueden dividir en fisiológicos o propios del animal y ambientales o modificables. Los factores fisiológicos incluyen aquellos propios del animal como la edad y la genética, los cuales no son modificables. Los factores ambientales son aquellos que pueden ser identificados y modificados por el hombre para obtener un beneficio en particular, como lo es la época de parto y prácticas de manejo como salud, alimentación, infraestructura del establo y periodo seco. Siendo estos factores los de mayor efecto sobre la producción de leche (Sikka, 1950).

Pico de producción y persistencia: la representación gráfica de la producción de leche en función del tiempo es una curva de lactancia y nos resume el patrón de producción de leche determinado por la eficiencia biológica de la vaca. El estudio del comportamiento de las curvas de la lactancia es importante ya que posibilita la identificación de posibles errores de un

determinado hato lechero, como la deficiente nutrición, estado sanitario y de manejo y la incidencia de condiciones medio ambientales. Permite también conocer la evolución de la producción lechera, así como sus variaciones a lo largo de la lactancia mediante el seguimiento de un animal o un grupo de ellos, estimándose de este modo el comportamiento de la producción en una o varias lactancias durante su vida productiva. Con la estimación de las curvas de lactancia, se puede identificar los animales altamente productivos de un hato, generando una herramienta útil y aplicable a la situación de cada establo y la toma de decisiones sobre el manejo productivo y reproductivo de las vacas (Sherchand et al., 1995; León et al., 2007).

Macciota et al. (2011) mencionan que la expresión fenotípica de la forma estándar de la curva de lactancia se caracteriza por una primer fase ascendente desde el parto hasta un máximo, el pico de lactancia, seguido de una pendiente descendente que finaliza con el secado del animal. Siendo estos dos últimos, los componentes básicos de la curva de lactancia (Barreras, 1985). Además de que Sikka (1950) reportó que el rendimiento máximo es más importante que la persistencia para evaluar la producción total de leche y en conjunto expresarla completamente.

Edad y número de partos: el efecto de la edad sobre la reproducción y la producción de leche esta extensamente documentado en diversas investigaciones, reportando un incremento en la producción de leche en vacas con tres o más partos que vacas de primer parto. Del mismo modo vacas de mayor edad tienen poseen un completo desarrollo fisiológico, por lo tanto,

producen más que vacas que aún se encuentran en crecimiento (Montaldo et al., 1991; Montovanni et al 2008; Atashi et al., 2013). La producción de leche de las vacas que paren antes de los 22 meses es menor que las vacas que paren a los 24 meses o más (Hoffman and Funk, 1992; Rojas et al., 2021).

Nielsen et al. (2005) determinó que la edad de producción máxima se encuentra cuando la vaca tiene entre 7 u 8 años, es decir, cuando corren por su quinta lactancia.

Shagñay et al. (2020) reportaron que las vacas son más eficientes en la sexta lactancia, y que la productividad de las vacas está estrechamente relacionada con la madurez fisiológica y la secreción de la leche se incrementa a medida que alcanza su madurez productiva y Miller (1975) que la producción aumentaba de manera sucesiva conforme al número de partos, alcanzando el punto máximo en la tercer o cuarta lactancia.

Este incremento de producción de leche se asocia al crecimiento de tamaño de la vaca, lo que le confiere ubres más grandes y las lactancias recurrentes permiten una mayor proliferación del tejido secretor mamario.

Barreras (1985) reportó que a medida que las vacas aumentan su edad, alcanzan picos de producción más elevados, pero menor persistencia, contrario a lo que sucede con vacas más jóvenes, que presentan menores rendimientos al máximo de su producción, pero mejores niveles de persistencia.

Época de parto: el momento de la parición afecta la producción de leche producida y es que diferentes estudios demuestran que el efecto de la

temperatura se puede observar en los cambios de consumo de agua, alimento, tasa de preñez y producción de leche, entre otros. En donde el rango de temperatura fluctúa entre los 4°C y 23°C para lograr los mejores niveles de producción de leche, pues entre 24°C y 26°C el consumo de alimento tiende a disminuir por ende los niveles de producción láctea igual y a temperaturas mayores a estas el consumo de alimento aumenta, aunque no siempre es así, pero los niveles de producción disminuyen por estrés calórico (García y García, 1990).

La mayor producción de leche ocurre en vacas con parto en época de otoño e invierno, principalmente por las temperaturas frescas en esos meses del año, además que las vacas paridas en otoño alcanzan su pico de producción de leche cuando la calidad de los forrajes es buena, aunado a otros motivos que causan estrés como ectoparásitos, tienen tendencia a disminuir en esas fechas.

Pérez et al. (2007) evaluaron la producción de leche de vacas Holstein en dos épocas del año, que fue otoño y primavera, donde reportaron una diferencia positiva para el otoño de 179 kg de leche y una mejor persistencia, además que, en el mes dentro de la época evaluada, tuvieron mejores resultados en las que el parto ocurrió al inicio de cada categoría. Lo cual puede explicarse además de las temperaturas, por la calidad del forraje disponible en esas épocas del año, contrario a las vacas que paren en marzo, las cuales presentan su segundo tercio de lactancia en el mes de verano, con temperaturas más elevadas y las limitaciones de calidad y disponibilidad de forraje.

De igual forma Castillo et al. (2018) observó una mayor producción de leche en vacas que tuvieron su parto en los meses de octubre a febrero, que corresponden a la época de otoño e invierno que aquellas en las que su parto fue en primavera y verano correspondientes a los meses de marzo a septiembre, si bien las vacas que parieron al inicio de primavera tuvieron una buena producción de leche, al aún estar lactando durante la transición de primavera a verano, hay una caída en su producción.

Preñez: la gestación reduce la producción de leche, concretamente en el último tercio de la lactancia donde el feto se encuentra en su último tercio de desarrollo, donde se reporta una disminución de hasta un 19% de producción de leche al comparar una vaca gestante y una vacía en el último tercio de la lactancia. La causa de la disminución en la producción de leche, no se sabe de manera específica. Si bien el feto demanda una cantidad de nutrientes para su desarrollo, la vaca solo destina a esa demanda menos del 3% de los requerimientos nutricionales propios. Por otro lado, se puede asociar a los cambios fisiológicos, particularmente hormonales, que ocurren en el organismo de la vaca, como el incremento de progestágenos y estrógenos (López et al., 2004).

Condición corporal: los registros de condición corporal son una herramienta que por más de 25 años ha sido evaluada y correlacionada con parámetros reproductivos y productivos, se presenta como la forma más fácil, económica y subjetiva para medir en forma cuantificable dichas relaciones.

La condición corporal es básicamente una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos, o el grado de pérdida de masa muscular en el caso de vacas flacas con muy poca grasa. Por lo tanto, es un indicador del estado nutricional de la vaca (López, 2006). Otros autores, definen la condición corporal como una manera indirecta de evaluar las reservas energéticas o equilibrio nutricional en vacas lecheras (Edmonson et al., 1989; del Campo et al., 2014).

Al incrementar la calificación de condición corporal, los contenidos de agua, proteína y cenizas bajan mientras que la grasa se incrementa, reemplazando el agua en los tejidos orgánicos. Por lo que cada unidad de incremento en la condición corporal puede significar ganancias de hasta 56 kg de peso vivo (Mendoza et al., 2015). De manera que los registros de condición corporal son una medida subjetiva del almacenamiento de grasa corporal (Ferguson and Otto, 1989). El sistema típico usa una escala de 1 a 5 para el registro de la condición corporal en vacas lecheras. Una vaca con una condición de 1. es considerada emaciada, 2. delgada, 3. promedio, 4. grasosa y 5. obesa.

La condición corporal también ayuda a determinar la cantidad y tipo de suplemento que requiere la vaca durante las diferentes etapas de lactancia. Las vacas con una buena condición corporal pueden movilizar sus reservas corporales sin que sufran problemas metabólicos expresando su eficiencia productiva y reproductiva. Por otra parte, vacas flacas con pocas reservas corporales, requieren de una mayor suplementación para evitar pérdidas

excesivas de peso y además de una disminución en la producción de leche y porcentaje de preñez (López, 2006).

Alimentación: la alimentación es uno de los factores con mayor incidencia en la producción de leche y esto tiene más importancia cuando consideramos que el costo de alimento significa por lo menos entre el 50% al 80% del costo de producción por cada litro de leche. Además, una buena alimentación tendrá efecto positivo en los niveles de producción, salud y reproducción del ganado (Arévalo, 1999; Vélez, 2013).

La influencia del sistema de alimentación en la lactancia se refleja en la cantidad de leche y su composición, ya que el estado fisiológico determina principalmente las necesidades nutricionales (Riquelme, 1982).

Las vacas deben ser alimentadas de acuerdo con sus requerimientos nutritivos, variando de acuerdo con el peso vivo, nivel de producción y momento de la lactancia que se encuentran los animales, pues animales jóvenes necesitarán más cantidad y calidad de alimento ya que aún siguen en desarrollo. De forma general, considerar una buena nutrición en el periodo de secado de la vaca ya que se logrará incrementar la producción en la siguiente lactancia (Copa, 2010).

Todos estos aspectos deben ser considerados para formular una ración en lo que se considera una proporción de forraje y concentrado para que la vaca manifieste su potencial productivo, acorde a las necesidades fisiológicas que requiera.

Periodo Seco: uno de los manejos que se implementa en la industria lechera, es el periodo seco (PS), que se define como el tiempo de reposo transcurrido entre dos lactancias donde la vaca no produce leche. La ausencia de estimulación de los pezones y el vaciado de la ubre favorece a la restauración de los tejidos mamarios, dando como resultado una gran concentración de células mamarias renovadas al momento del parto, preparadas para una nueva lactancia (Steeneveld et al., 2019; Zhao et al., 2019).

A través de los años, el tiempo ampliamente adoptado para que ocurra de manera completa el proceso de involución y regeneración del epitelio mamario es de 60 días, para evitar una disminución significativa de la síntesis y secreción de leche en lactancias posteriores que pueden variar de un 4% hasta a un 19% en promedio en la producción total de leche en vacas con un periodo seco corto (Makuza yzobel McDaniel, 1996; Capuco et al., 1997; Knegsel et al., 2013). Por otro lado, un periodo seco mayor a 65 días puede ocasionar una involución de los conductos de excreción de leche, además de favorecer la acumulación de tejido adiposo en la glándula mamaria y en el cuerpo, lo que ocasiona de igual forma una disminución en la producción de leche, altas probabilidades de padecer algún problema metabólico después del parto y reducir la vida productiva de la vaca (Hurley, 1989; Rivas, 2005).

Sin embargo, diversos estudios reportan que al darles a las vacas un manejo adecuado, buena alimentación y lograr una buen condición corporal, periodos secos cortos de 30 días son suficientes para remplazar el tejido mamario dañado o muerto. Además, la producción de leche ha aumentado al transcurrir

del tiempo debido a mejoramiento genético, nutrición y el manejo del hato, por lo que nada indica que un periodo seco de 60 días no se pueda modificar (Santchi et al., 2011; Zaho et al., 2019). Entonces si la producción de leche se puede mantener igual o mejorar después de periodos secos cortos menores a 60 días, entonces se está perdiendo una cantidad considerable de leche al continuar empleando secados convencionales y sería conveniente modificar las longitudes del secado. (Bachman et al., 2003; Gulay et al., 2003; Pezeshki et al., 2007; Zobel et al., 2015).

Kok et al. (2017) evaluaron el efecto de PS en la producción de leche ajustada a 305 d, los periodos que se compararon se categorizaron en: la categoría 1 fue un PS de 0-14 d, la categoría 2 fue un PS 21-35 d y la tercer categoría fue un PS de 42-56 d. Reportaron una diferencia ($P < 0.05$) entre las tres categorías en la producción media de leche por día (26.9, 28.9 y 30.6 kg/día, respectivamente) teniendo un mayor rendimiento la categoría 3. La producción de leche ajustada a 305 d fue diferente ($P < 0.05$) para cada uno de los grupos (8204.5 kg, 8814.5 kg y 9333 kg) obteniendo una mayor producción la categoría 3.

Steenefeld et al. (2014) informaron sobre la producción media de leche y la producción ajustada a 305 d en vacas que fueron sometidas a distintas longitudes de PS. Los PS evaluados fueron la omisión de este, PS 30 d y PS de 60 d. Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los tres PS en sus medias de producción de leche por día (25.19, 29.83 y 31.97 kg/día, respectivamente), siendo mayor para un PS de 60 d. De igual modo reportaron una diferencia (P

<0.05) en la producción de leche ajustada a 305 d (7685 kg, 9101 kg y 9753 kg) siendo el mayor rendimiento para PS de 60 d.

Knegsel et al. (2014) reportaron que acortar u omitir el PS, redujo el rendimiento total de leche, así como la producción de leche en las primeras 14 semanas después del parto fueron menores ($P < 0.01$) en vacas con un PS de 30 días (3795 kg) y PS omitido (3192 kg) en comparación con PS de 60 días (4238 kg).

Por otro lado, Chen et al. (2016) observaron que en vacas mayores al segundo parto, sometidas por segundo año consecutivo a un PS omitido y PS 30 d mejoraron su producción de leche/día en comparación con su primer año de evaluación (35.1 a 37.4 y 39.6 a 40 kg respectivamente), contrario a vacas con un PS convencional (60 d), donde su producción de leche por día promedio al segundo año de evaluación redujo -2.1 kg en comparación con el primero (45 kg a 42.9 kg), concluyen que si bien mejoró la producción de leche por día en comparación con el primer año para PS omitido y corto, la producción de leche sigue siendo mayor para vacas con un PS convencional.

Safa et al. (2013) evaluaron la producción de leche 60 d posparto en vacas primíparas y multíparas asignadas a un PS de 60 d y 20 d, donde hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ambas longitudes de secado, con una media de 36.23 kg/d de leche para PS 60 d contra 28.85 kg/d de leche para PS de 20 d.

Kuhn et al. (2005) reportaron una diferencia significativa ($P < 0.01$) en vacas de primer y segunda lactancia sometidas a un PS de 0-10 d (1), 11-20 d (2) y 21-30 d (3), produjeron (419, 572 y 264 kg/leche, respectivamente) menos leche al final de la lactancia a 305 d que vacas con un PS de 60 d (4). Para vacas de tercera lactancia reportaron un efecto similar en la lactancia posterior con producciones de 981, 1039 y 675 kg/leche, respectivamente, menores para PS 1, 2 y 3 en comparación con PS 4.

O'Hara et al. (2020) observaron el efecto de distintos PS en los primeros tres meses de lactancia y a 305 d de producción, los PS < 40 d y > 79 d produjeron en promedio menos leche que vacas con un PS de 50-69 días ($P < 0.001$). En el primer mes las vacas con un PS corto de 30-39 días produjeron 1.7 kg menos leche que las vacas con un PS de 60-69 días, sin embargo, en el tercer mes, esta diferencia se redujo a solo 0.6 kg/día. La producción de leche a 305 días en promedio por vaca fue mayor para aquellas con un PS de 50-69 d con 10540.5 kg/leche, para PS < 49 d disminuyó en promedio 1.17% y para PS > 70 días disminuyó 1.7% en comparación con la producción de leche a 305 d para un PS 50-69 d ($P < 0.001$).

En un estudio realizado por Kok et al. (2016) donde evaluaron el efecto en vacas con PS omitido, corto (20-40 d) y convencional (49-90 d), observaron una diferencia ($P < 0.05$) en la producción media de leche en los tres PS (23.8, 28.4 y 30.8 kg/día) siendo la mejor producción para un PS convencional, la producción de leche a 305 d fue de 7259 kg, 8662 kg y 9394 kg, la mayor producción fue para un PS convencional.

Andersen et al. (2005) reportaron la producción diaria de leche durante las primeras cinco semanas pos-parto en vacas con PS de 49 d frente a PS omitido, obteniendo resultados donde las vacas sometidas a un PS omitido produjeron 22% menos de leche que PS de 49 d ($P < 0.01$) y el rendimiento de leche promedio fue de 35.9 y 44.6 kg/d de leche respectivamente.

Weglarzy, (2009) analizó en vacas Holstein el efecto del PS en lactancia ajustada a 305 días, agrupando a los animales en PS 0-30 d (A), 31-60 d (B), 61-90 d (C) y >90 d (D), observó una diferencia significativa ($P < 0.01$) en el rendimiento de leche a 305 d en el grupo C en comparación con A, B y D (rendimiento entre estos grupos sin diferencia ($P > 0.01$), el mayor rendimiento se observó en el grupo C con una producción de 9337.15 kg. En los grupos A, B y D, el rendimiento de leche fue 16.39%, 12.59% y 13.40% menor que en el grupo C.

Gümen et al. (2005) reportaron el efecto del periodo seco sobre la producción media de leche por día y la producción máxima alcanzada en vacas Holstein asignadas a 3 grupos. A dos de los grupos se les sometió a periodos secos de 56 y 28 días y un grupo con una lactancia continua. La producción media de leche fue diferente ($P < 0.05$) para los tres grupos (42.3 kg/d, 37.1 kg/d y 32.4 kg/d respectivamente) al igual que para la producción de leche máxima (53.6 kg/d, 47.4 kg/d y 43.2 kg/d).

Un estudio realizado por Useni et al. (2014) evaluaron vacas de segunda número de parto y PS con longitudes de <61 d (A), 61-90 d (B), 91-120 d (C) y >120 d (D), reportaron que la producción de leche mejoró positivamente con la

longitud del PS, hubo una diferencia significativa ($P < 0.05$) del grupo A en comparación con los grupos B, C y D (no hubo diferencia entre estos grupos ($P > 0.05$)). La producción total media de leche a 305 d para el grupo A fue de 6490 kg, para los grupos B, C y D fue de 7026 kg, 7240 kg y 7505 kg respectivamente.

De acuerdo con Kuhn et al. (2007), observaron una diferencia ($P < 0.05$) al final de la lactancia a 305 d, en vacas con un PS de 0-20 d y 21-30 d las cuales produjeron (1457 y 1080 kg/leche, respectivamente) menos leche que aquellas con un PS de 61-65 d, por lo que concluyeron que un PS óptimo para lograr una producción óptima es de 61-65 d y los autores recomiendan evitar longitudes de PS > 65 d ya que sería costoso para el productor.

Por su parte Watters et al. (2008) evaluaron el efecto de la longitud del PS en la producción de leche. Las vacas fueron asignadas a PS de 55 d y PS 34 d, la producción de leche por día, a los 300 d, fue mayor ($P < 0.001$) para las vacas con un PS de 55 d en comparación con un PS de 34 d (39,5 vs 37,7 kg/día leche), concluyeron que una reducción de un PS 55 d a un PS de 34 d disminuyó la producción de leche.

El estudio realizado por Vries et al. (2015) estimaron la asociación del PS sobre la producción de leche en vacas que fueron asignadas a PS con duraciones de 0, 30 y 60 d, y reportaron una media de producción de leche diferente entre los tres PS evaluados ($P < 0.05$), durante las primeras 12 semanas las vacas con PS 0 d produjeron por día 35.5 kg/leche, el grupo de PS 30 d con una producción de 39.2 kg/leche y PS 60 d produjeron 44.1 kg/leche.

Shoshani et al. (2014) evaluaron cinco granjas lecheras, donde las vacas se manejaron con un PS de 40 y 60 d en cada una de ellas, solamente en dos de las cinco granjas, reportaron una diferencia ($P < 0.05$), la granja registró 37.64 kg/día de leche para PS 40 d y 39.04 kg/día de leche para PS 60 d, en la granja cuatro fue de 43.71 kg/día de leche para PS 40 d y para PS 60 d 45.37 kg/día de leche, el promedio de producción de leche por día para cada PS en las cinco granjas a 305 d, fue diferente ($P < 0.05$) mayor para PS 60 en comparación con PS 40 d (39.96 vs 38.76 kg/día de leche, respectivamente).

El estudio realizado por Sorensen et al. (1991) evaluaron el efecto de tres longitudes del PS sobre la producción de leche en vacas, los PS fueron de 28 d, 49 d y 70d. Durante los primeros 84 días de lactancia, reportaron una producción de 2.8 kg/día leche mayor ($P < 0.05$) para las vacas con un PS de 49 d comparadas con aquellas pertenecientes al grupo de PS 28 d, pero no hubo una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los PS 49 d y 70 d (0.5 kg/día más para PS 70 d). La producción de leche a los 168 d, fue diferente ($P < 0.05$) mayor para vacas con PS 49 d en comparación con un PS 28 d (2.7 kg/día de leche más) pero no reportaron una diferencia de producción de leche entre longitudes de PS de 49 d y 70 d (0.4 kg/día), por lo que concluyeron que en la lactancia posterior a longitudes de PS de 49 d o más, se incrementa la producción de leche.

A su vez, Cermakova et al. (2014) evaluaron vacas sometidas a PS 60 d y corto 30 d no observaron diferencias ($P > 0.05$) en la media de producción de leche/día. En los primeros 100 días de producción pos-parto con 40.02 y 37.24 kg/leche respectivamente, la producción total de leche a 305 días fue 900 kg

mayor para vacas con PS convencional en comparación con PS corto, sin embargo, no se consideró la producción de leche de los 30 días adicionales de ordeña de las vacas con un periodo seco corto.

Santshi et al. (2011) observaron en vacas de segunda y tercer parto asignadas a dos grupos de PS de 35 y 60 d, diferencias ($P < 0.05$) en la producción total de leche en vacas de segundo parto entre los grupos asignados a PS de 60 y 35 d (10,813 y 10,091 kg, respectivamente) con un promedio de producción por día de 31.5 kg y 30.1 kg, aunque en vacas de tercer parto (PS 60 y 35 d) no observaron una diferencia ($P > 0.05$) en el total de producción de leche (11,125 y 11,029, respectivamente) con un promedio de producción de leche por día de 32.7 kg para ambos PS.

Se evaluaron dos PS en vacas, PS 60 d y 30 d y se compararon sus rendimientos de leche diarios de la semana 1 a 20, los resultados fueron de 38.7 y 38.4 kg/leche por día respectivamente y la producción total de leche a 305 d, para PS corto 9586 y 9700 kg/leche por día, sin diferencias PS ($P > 0.05$) entre ambos, reportando que no hubo evidencia en que un PS 30 d causara una reducción o una mejora en la producción de leche (Gulay et al., 2003).

Annen et al. (2004) estudiaron los efectos en la producción de leche en la lactancia posterior de vacas multíparas agrupadas en PS de 60 d y 30 d. Los resultados no muestran diferencias ($P > 0.05$) en la producción de leche a las 17 semanas de lactancia entre ambos grupos. La media de producción de leche para las vacas con PS 60 d fue de 47.7 kg/d y para las vacas con PS de 30 d fue de 46.6 kg/d.

MATERIALES Y METODOS

Origen de la información

Los datos provienen de registros productivos y reproductivos de aproximadamente 2000 vacas Holstein pertenecientes a 9 hatos en el área de Tecate, Baja California. Generados durante los años 2012 al 2020, obtenidos del programa de manejo para ganado lechero: Dairy Comp 305 (Valley Agricultural Software).

Descripción del área de estudio

La región de Tecate, BC se localiza 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 1 600 m, los veranos son cálidos, áridos y mayormente despejados y los inviernos son largos, fríos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura varía de 4 °C a 31 °C con un promedio de 16.5°C y rara vez baja a menos de 0 °C o sube a más de 35 °C, el rango de precipitaciones es de 0 a 600 mm con un promedio de 401 mm anual. Las vacas son manejadas en un sistema intensivo, se mantienen en instalaciones especializadas y con procesos mecanizados en la ordeña, la alimentación se basa en forrajes de buena calidad, que se complementan con alimento concentrado, basado en granos. Además, se cuenta con atención veterinaria preventiva y personal capacitado con experiencia en el manejo del ganado en cada una de las etapas productivas.

Variables evaluadas

Por cada vaca se registró el hato de procedencia, fecha de parto, año de parto, número de parto, longitud del período seco, longitud de la lactancia,

rendimientos subsecuentes de leche total, leche total ajustada a 305d y leche total ajustada a 305 d y equivalente maduro. Además, se incluyó en el análisis las variables rendimiento máximo, y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo, las cuales fueron calculadas a partir de la linealización logarítmica de la función gama incompleta propuesta por Wood (1967) $Y = A + \frac{b}{c} (1 - e^{-ct})$ donde Y es el rendimiento diario de leche (kg/d) en el tiempo t (días) a partir de la fecha de parto, A , b y c son los parámetros que definen la función. El tiempo en alcanzar el rendimiento máximo se generó como el cociente de b/c , mientras el rendimiento máximo fue calculado como $A (1 - \frac{b}{c}) e^{-b/c}$.

Manejo de la información

Las hembras fueron clasificadas por número de lactancia: 2, 3, ≥ 4 (Figura 1), en primíparas y multíparas (Figura 2), año de parto (Figura 3), estación de parto (primavera: marzo, abril y mayo; verano: junio, julio, agosto; otoño: septiembre, octubre, noviembre; invierno: diciembre, enero y febrero) (Figura 4), así como la distribución de los registros por subclase HYS: hato, año y estación para la corrección por efectos ambientales y de manejo (Cuadro 1). Solo se consideraron lactancias con al menos 210 días en producción.

Para evaluar la longitud del periodo seco, se consideraron cuatro estrategias distintas y la distribución porcentual de los registros por cada una de ellas se presenta en las Figuras 5, 6, 7 y 8. Se excluyeron del estudio todas aquellas vacas con registros incompletos, dando un total de 747 vacas para considerar en el análisis.

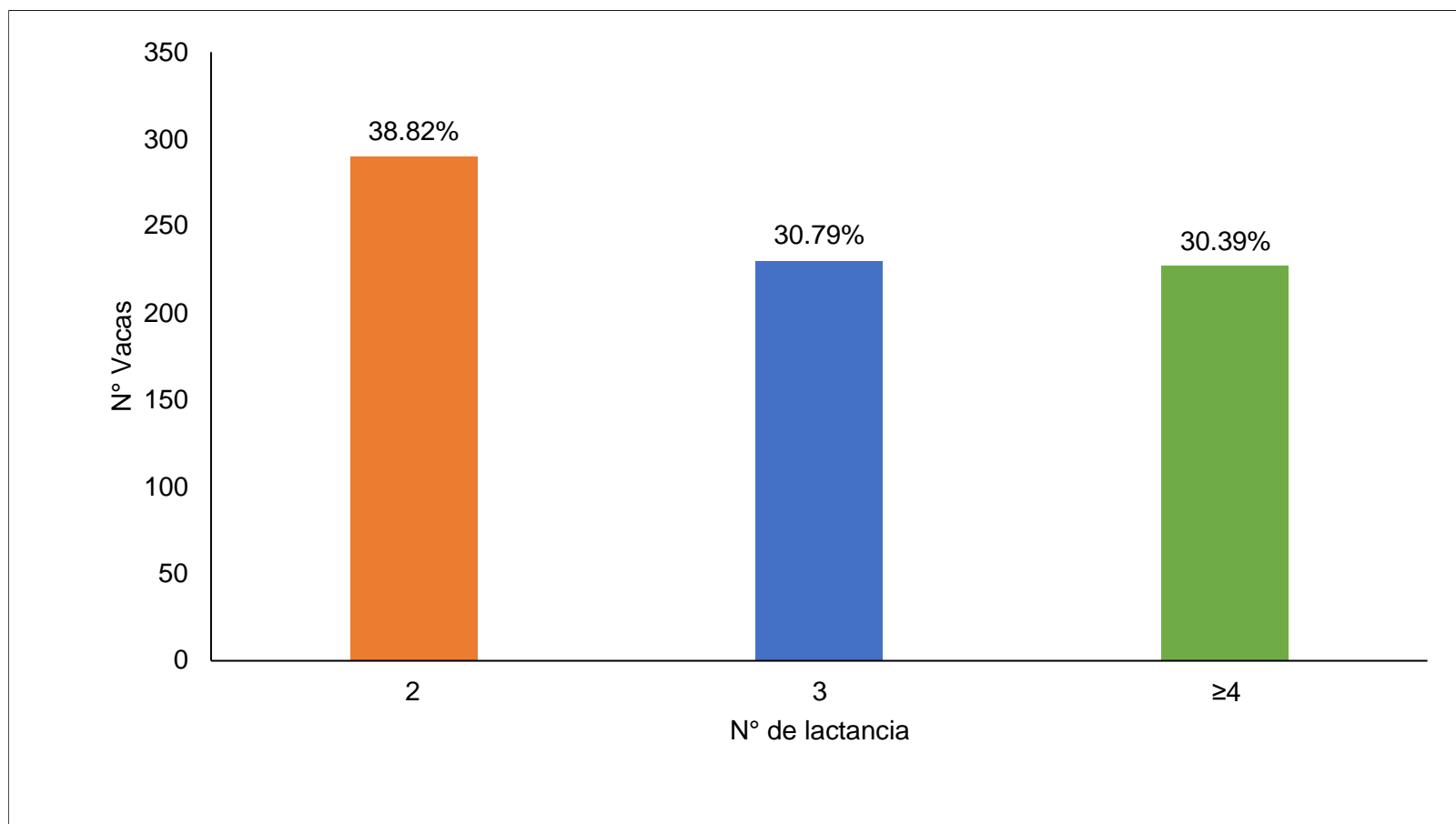


Figura 1. Distribución en porcentaje de animales por número de lactancia.

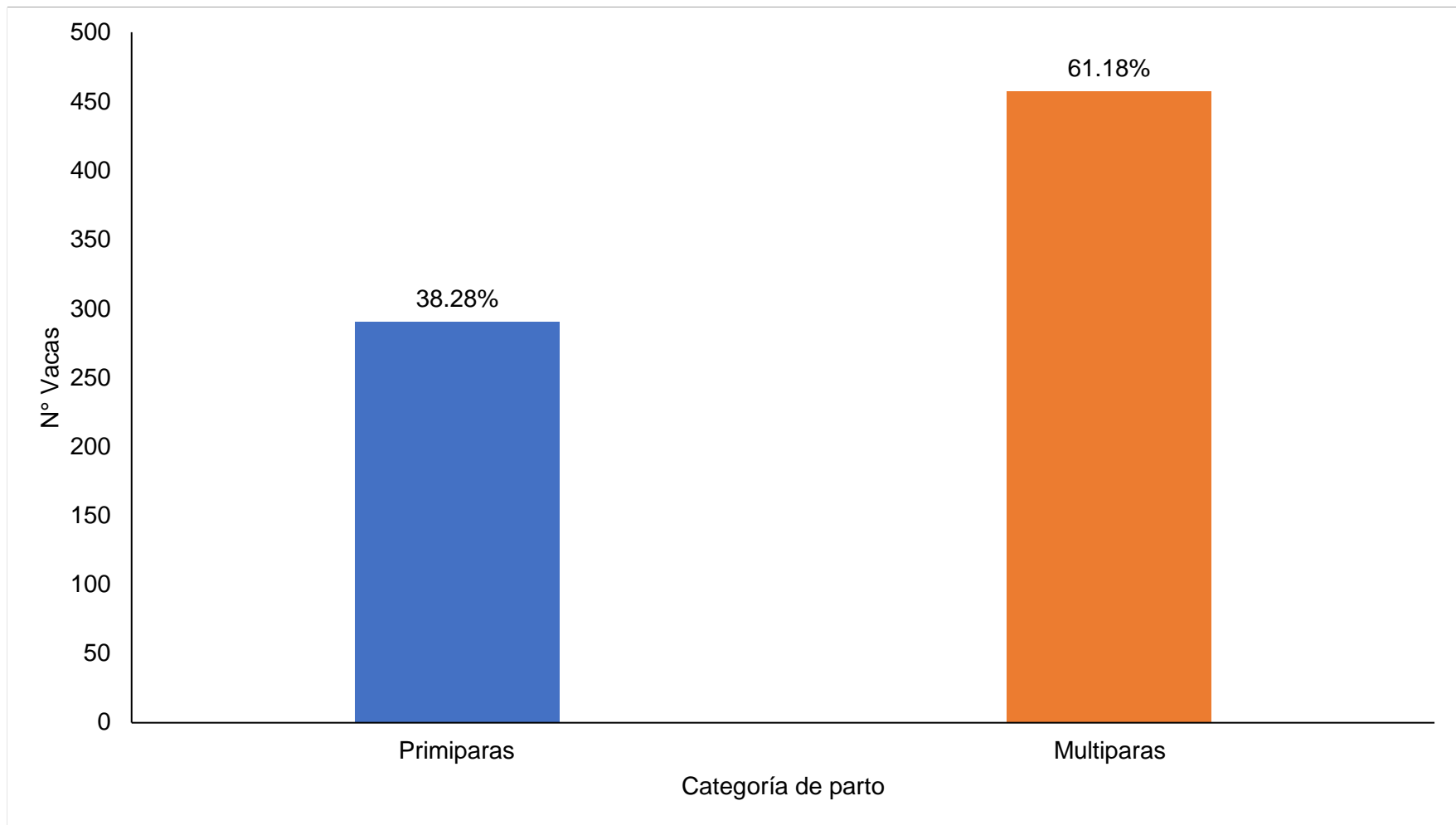


Figura 2. Distribución en porcentaje de animales por categoría de parto

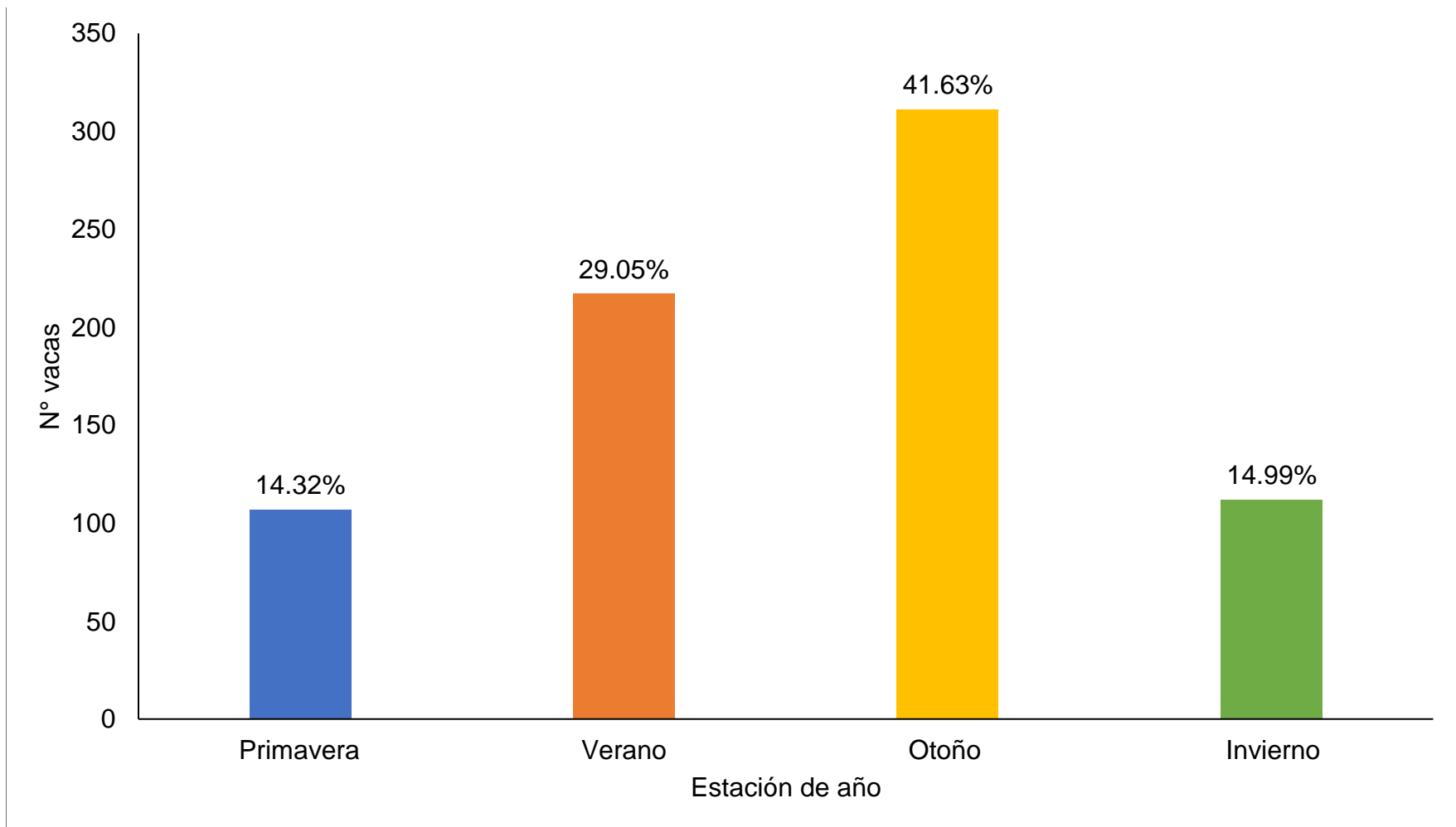


Figura 3. Distribución en porcentaje de animales por estación de año

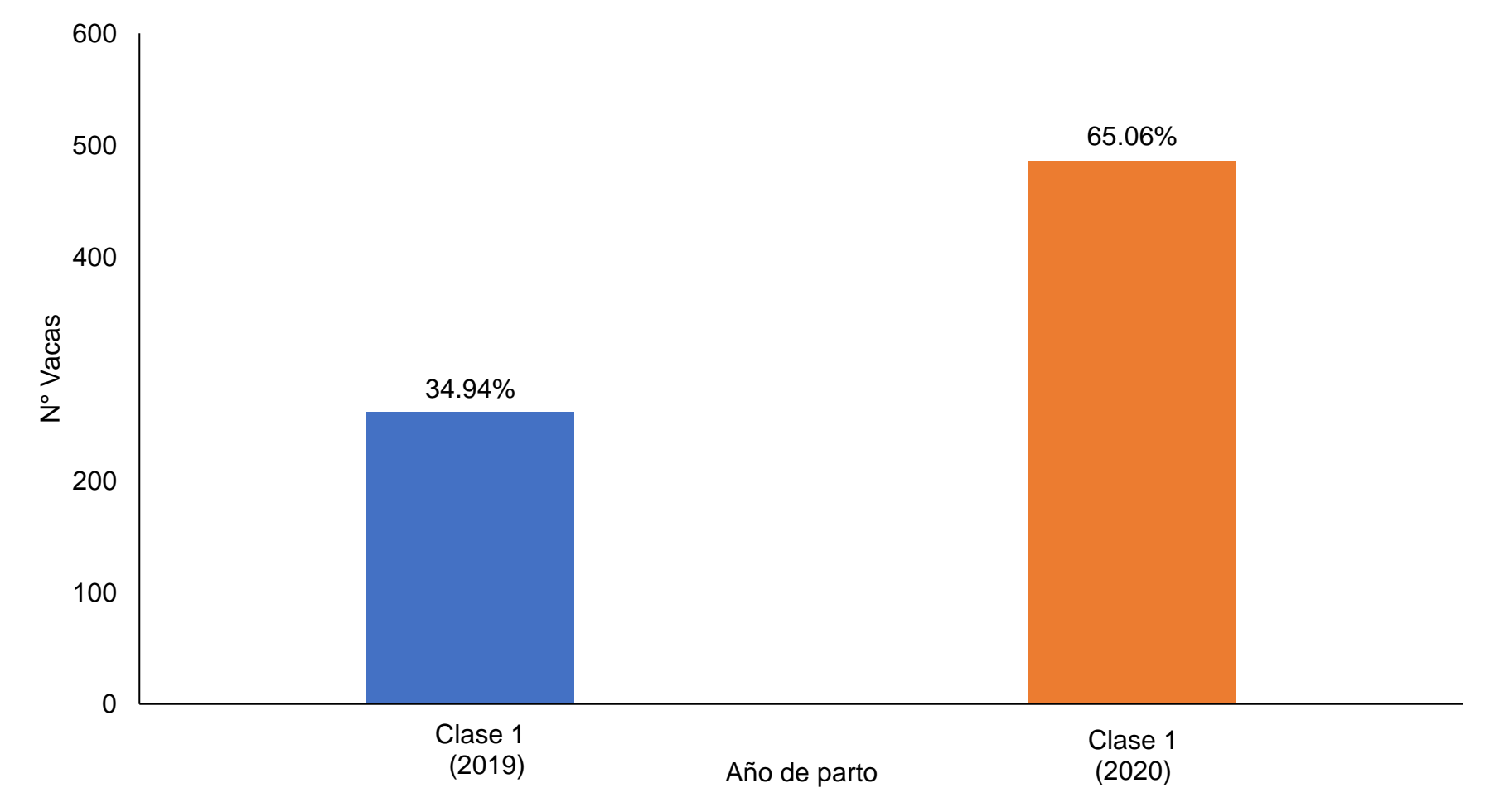


Figura 4. Distribución en porcentaje de animales por clase de año de parto

Cuadro 1. Número de vacas por subclase de HYS: ható, año y estación para la corrección por efectos ambientales y de manejo

HYS	Número de vacas	Porcentaje
122	39	5.2%
123	51	6.8%
222	38	5.1%
223	49	6.6%
312	26	3.5%
313	35	4.7%
422	31	4.1%
423	37	5.0%
512	41	5.5%
513	46	6.2%
623	50	6.7%
711	37	5.0%
714	37	5.0%
822	54	7.2%
823	65	8.7%
911	18	2.4%
914	20	2.7%
922	31	4.1%
923	42	5.6%

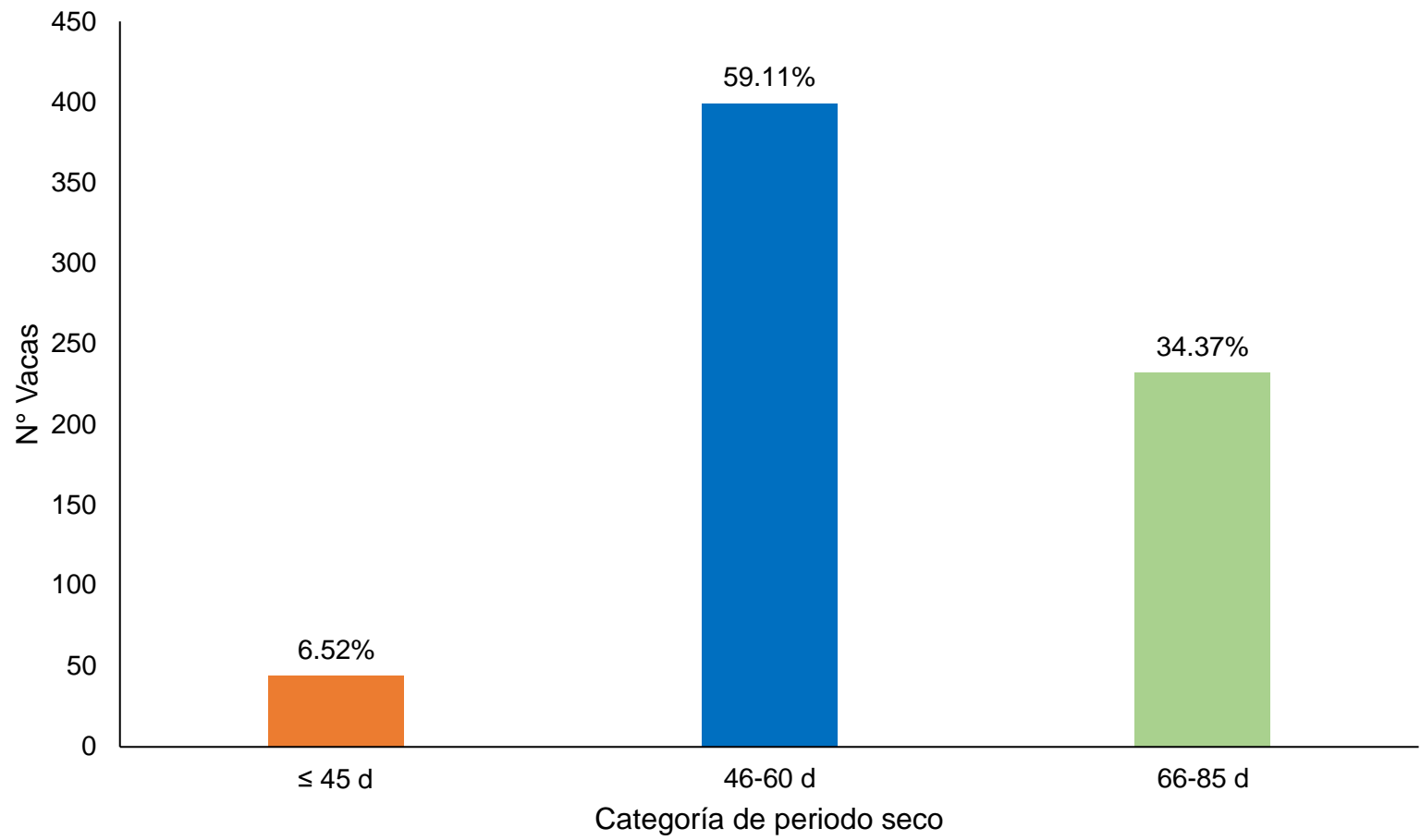


Figura 5. Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 1

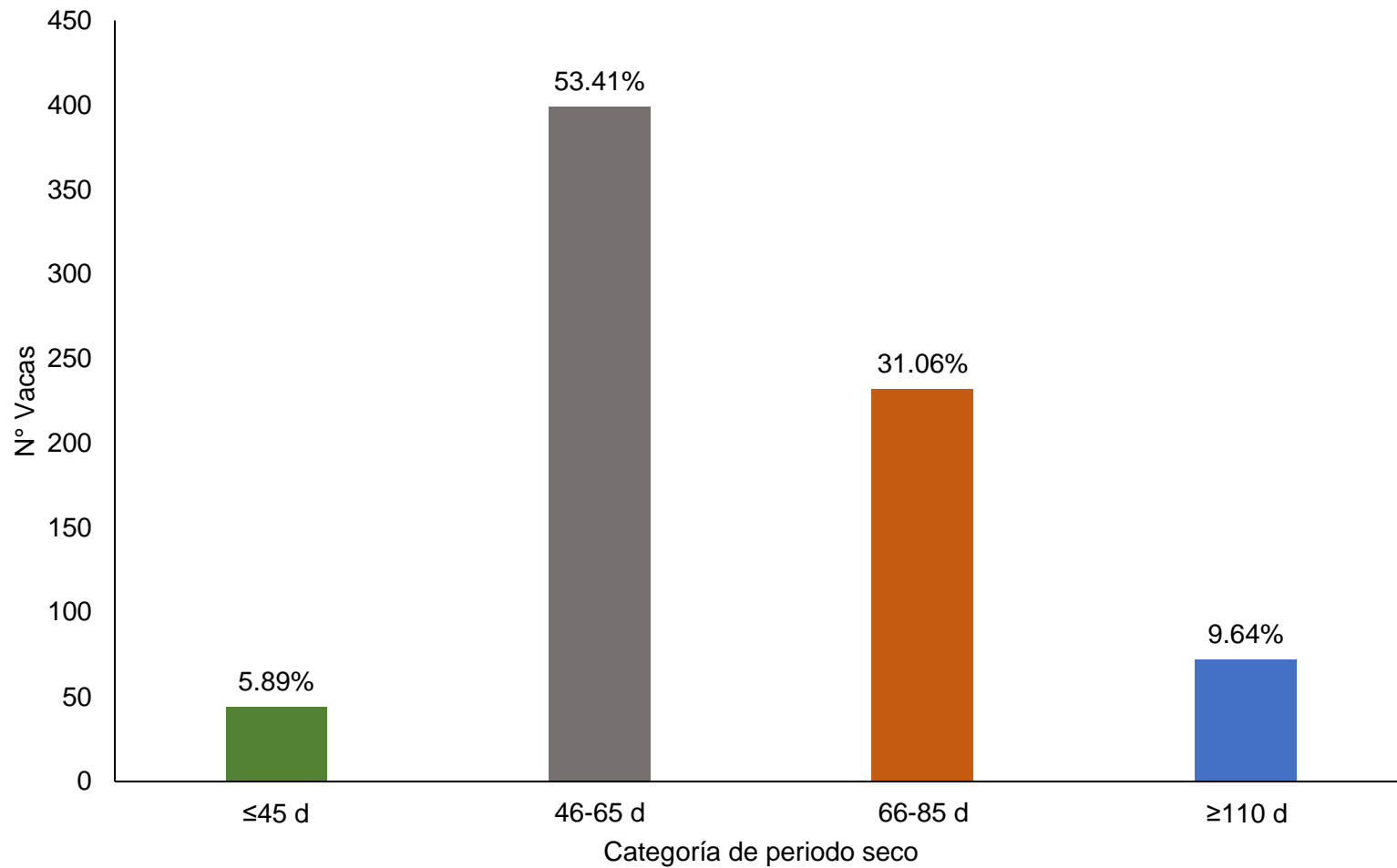


Figura 6. Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 2

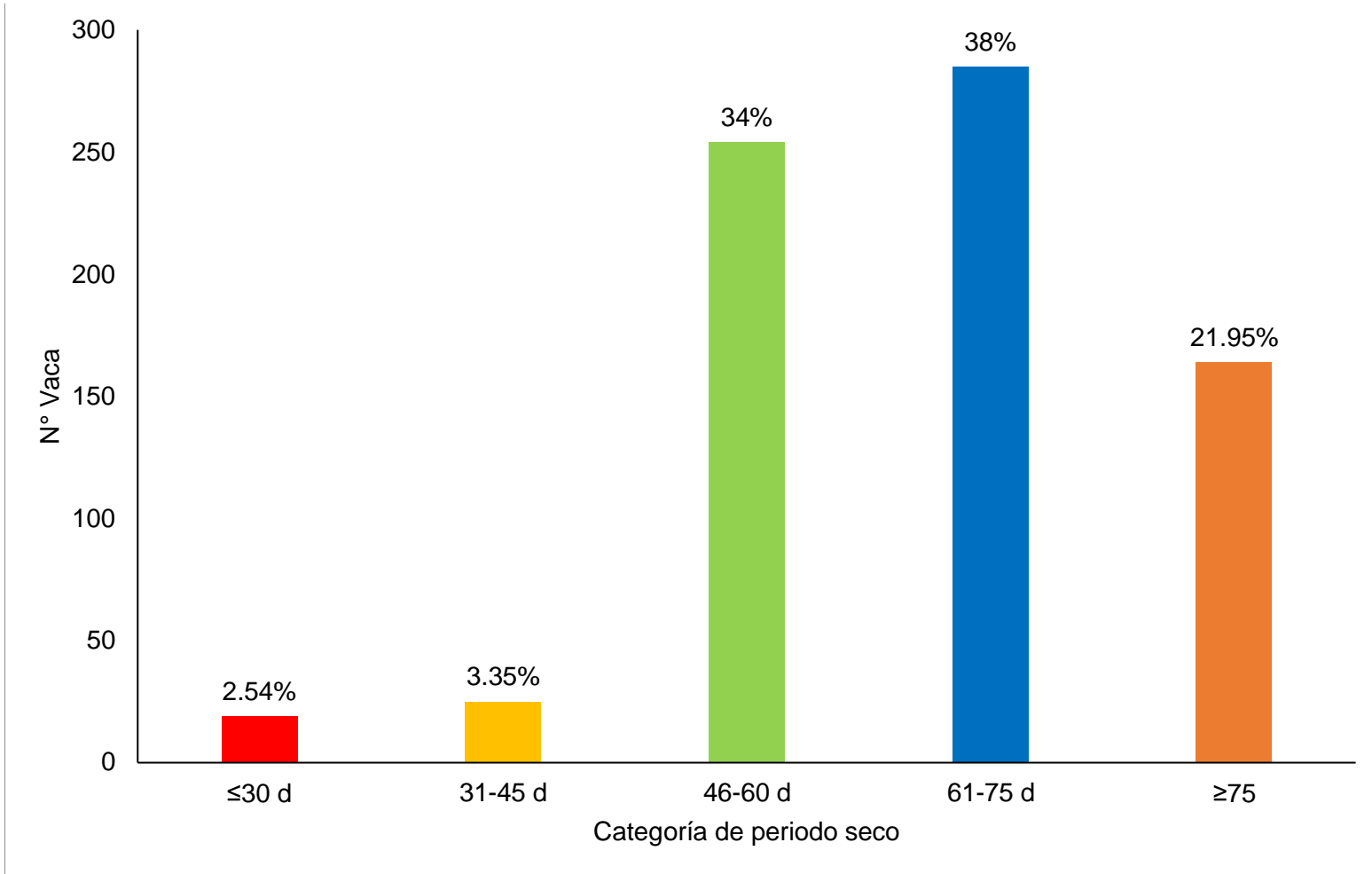


Figura 7. Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 3

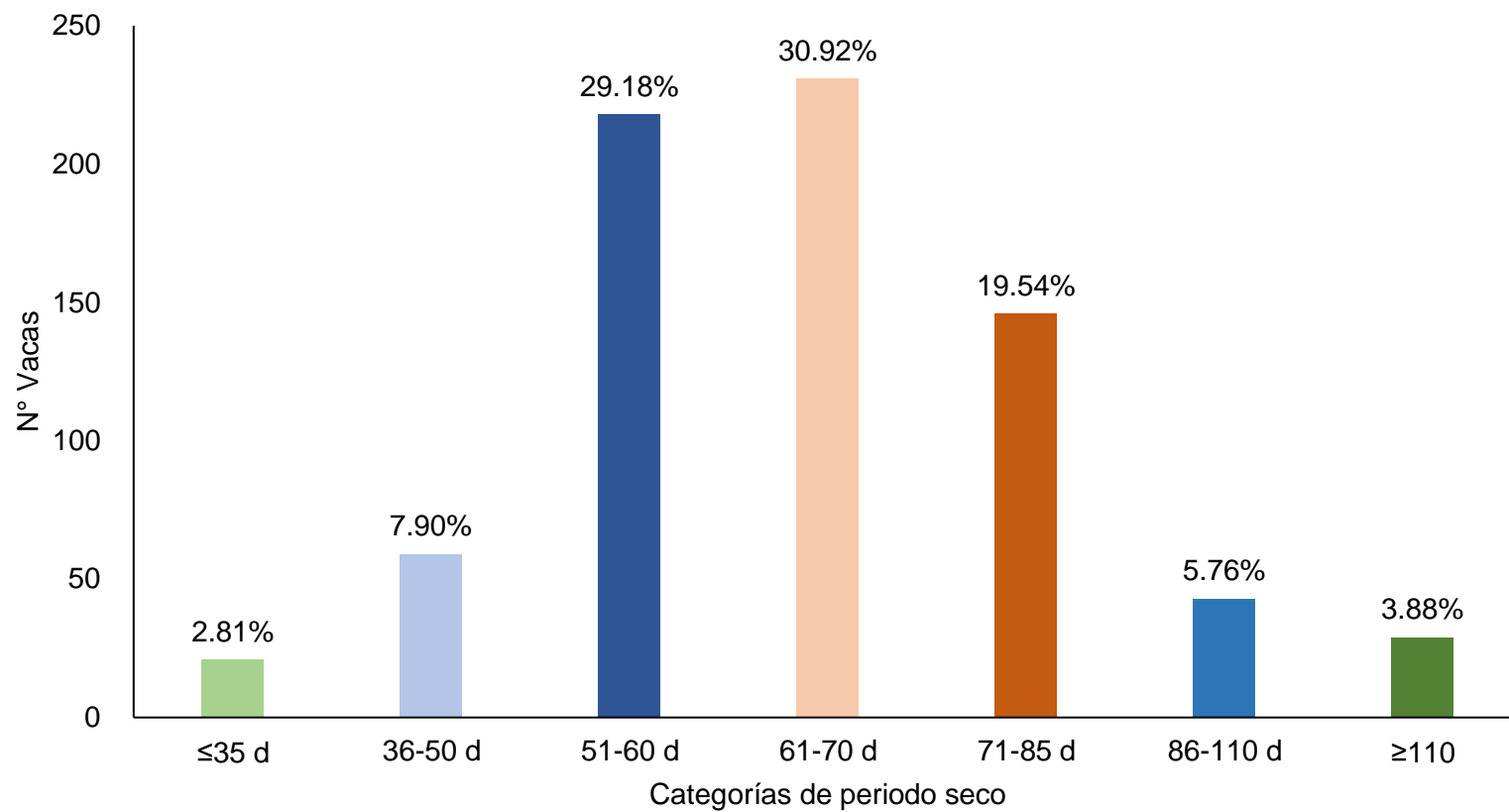


Figura 8. Distribución en porcentaje de animales por manejo de periodo seco 4

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de frecuencias, además se obtuvieron los estadísticos descriptivos generales y por las variables de clasificación año de parto y estación de parto.

Para evaluar cada una de las estrategias definidas para longitud del período seco, sobre las variables de respuesta en estudio se utilizó un modelo lineal estadístico que incluyó además de la media general, los efectos categorizados de la subclase hato año estación, la clase por número de parto (primíparas y multíparas), la clase de período seco, la interacción número de parto por clase de período seco, las covariables edades al parto y días en leche y el componente de error aleatorio.

Los efectos de hato-año y estación se definieron por estrategia de análisis en una subclase para remover de la variación total generada por 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 $P < 0.05$. 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Promedios generales

En el Cuadro 2 se muestra el valor promedio para el periodo seco fue de 68.67 días, lo cual se encuentra dentro del rango óptimo 50 a 70 días que indican un buen manejo general según Bustillo y Melo (2020), quienes además sugieren que los rangos <46 y >70 indican problemas en el manejo de secado, por lo que los valores mínimos de 0 días y máximos de 237 señalan un foco rojo de atención en algunas vacas del hato. La edad promedio 3.13 años para las vacas, lo cual muestra que de forma general la mayoría de los hatos están conformados por vacas jóvenes alrededor de su segunda lactancia.

En cuanto a los rendimientos de producción de leche, los días en leche se encontraron en promedio en los 314 días con valores mínimos de 280 días y máximos de 364 días. Los niveles de producción de leche total, ajustada 305 días de producción y equivalente maduro, en promedio es de entre 10,000 kg y 12,000 kg de leche, presentando en promedio su rendimiento máximo a los 68.67 días y un rendimiento máximo (RMax) de 48.65 kg/día, rangos productivos que se encuentran dentro de los parámetros generales e inclusive por encima de estos, según Blanco y Gasque (2001) quienes informan que un buen hato debe tener sus rendimientos productivos a 305 días de 9000 kg, presentar su RMax entre 45 a 60 días y una producción de este entre 35-45 kg/día según el número de parto.

En el Cuadro 3, el promedio se observa que para días secos difirió por año 5.5 días respecto entre el año 2019 y 2020, sin embargo, aún se conservó dentro

Cuadro 2. Promedios generales para rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Variable	Media	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor Máximo
Total de leche (kg)	10308.15	3071.03	1470.00	16540.00
P305M (kg)	11174.50	2020.92	1410.00	14920.00
P305d, EM (kg)	12017.10	2186.60	1700.00	17140.00
RMax (kg/d)	48.65	8.52	6.00	82.00
Días al RMax	68.67	40.93	7.00	280.00
Días en leche	314.88	23.93	280.00	364.00
Edad (años)	3.13	1.23	2.00	7.00
Periodo Seco	66.21	21.69	0	237.00

Cuadro 3. Promedios generales por año de parto para rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Año de parto	Variable	Media	DE	Valor mínimo	Valor Máximo
2019	Total de leche (kg)	8843.91	3829.73	1860.00	16210.00
	P305M (kg)	10720.50	1841.79	4780.00	14900.00
	P305d, EM (kg)	11595.40	1988.62	5070.00	16590.00
	RMax (kg/d)	46.80	7.76	24.00	65.00
	Días al RMax	67.82	40.80	14.00	217.00
	Días en leche	316.79	25.22	280.00	364.00
	Edad (años)	3.05	1.16	2.00	7.00
	Periodo seco (días)	70.08	24.26	0	237.00
2020	Total de leche (kg)	11094.51	2206.93	1470.00	16540.00
	P305M (kg)	11418.31	2071.94	1410.00	14920.00
	P305d, EM (kg)	12243.56	2255.46	1700.00	17140.00
	RMax (kg/d)	49.65	8.74	6.00	82.00
	Días al RMax	69.13	41.04	7.00	280.00
	Días en leche	313.85	23.17	280.00	364.00
	Edad (años)	3.18	1.27	2.00	7.00
	Periodo seco (días)	64.13	19.89	0	204.00

del límite el rango en días en secado en el año 2019. La edad promedio de las vacas en ambos años fue similar (3 años), indicando una buena tasa de reposición de los establos lecheros. Los días en leche disminuyeron en promedio 3 días del año 2019 al 2020.

En cuanto a los rendimientos de producción de leche, el total de leche se incrementó en 2250 kg del año 2019 al 2020, la producción ajustada a 305 días y equivalente maduro fue 698 kg mayor para el año 2020, lo que demuestra los incrementos de producción de leche por edad y número de parto.

Si bien los días en alcanzar el pico máximo de producción tendieron a ser mayores para el año 2020 que para el 19 (69.13 vs 67.82) el rendimiento máximo mejoró en más de 2 kg/día de leche, lo cual indica que hubo mejoras en los manejos para los hatos de un año a otro y que quizás los efectos del ambiente fueron más favorables este último.

El promedio de días en seco (Cuadro 4), por estación de año tendió a aumentar en los meses de primavera e invierno (69.33 y 68.35 días respectivamente) frente a los meses de verano y otoño (64.17 y 65.78 días) aunque en todas las estaciones el parámetro se observó dentro de los rangos de un manejo adecuado de secado.

La edad de las vacas fue similar para las 4 estaciones, registrándose alrededor de los 3 años. El promedio de los días en leche fue similar en las temporadas de invierno y primavera con 315 y 314 días respectivamente, para la estación de otoño fue de 306 días y la más larga fue para verano con 327 días,

Cuadro 4. Promedios generales por estación de parto para rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Estación de parto	Variable	Media	D E	Valor mínimo	Valor Máximo
Primavera	Total de leche (kg)	10214.49	3247.29	1470.00	16210.00
	P305M (kg)	10984.86	1992.40	1410.00	14900.00
	P305d, EM (kg)	11710.93	2146.78	1700.00	16510.00
	RMax (kg/d)	47.86	8.23	6.00	76.00
	Días al RMax	75.75	45.33	7.00	203.00
	Días en leche	314.86	22.78	281.00	364.00
	Edad (años)	3.12	1.32	2.00	7.00
	Periodo Seco (días)	69.33	26.75	0	237.00
Verano	Total de leche (kg)	10490.55	2896.03	2040.00	16540.00
	P305M (kg)	11060.18	1982.95	5170.00	14870.00
	P305d, EM (kg)	11775.30	2107.42	5020.00	16300.00
	RMax (kg/d)	47.44	7.79	24.00	65.00
	Días al RMax	66.51	39.49	7.00	238.00
	Días en leche	327.28	23.11	280.00	364.00
	Edad (años)	3.12	1.27	2.00	7.00
	Periodo seco (días)	64.17	21.72	0	191.00

Otoño	Total de leche (kg)	10201.64	3124.93	2170.00	15480.00
	P305M (kg)	11359.23	2103.50	4200.00	14920.00
	P305d, EM (kg)	12283.02	2273.60	4830.00	17140.00
	RMax (kg/d)	49.85	9.25	19.00	82.00
	Días al RMax	67.56	37.79	14.00	203.00
	Días en leche	306.02	19.76	280.00	364.00
	Edad (años)	3.18	1.21	2.0000000	7.00
	Periodo seco (días)	65.78	20.79	0	204.00
Invierno	Total de leche (kg)	10340.00	3100.90	2020.00	15610.00
	P305M (kg)	11064.20	1865.52	4780.00	14590.00
	P305d, EM (kg)	12039.64	2061.51	5070.00	15910.00
	RMax (kg/d)	48.41	7.61	28.00	64.00
	Días al RMax	69.18	47.06	14.00	280.00
	Días en leche	315.44	26.52	280.00	364.00
	Edad (años)	3.04	1.13	2.00	7.00
	Periodo seco (días)	68.35	18.14	0	149.00

lo cual podría estar asociado a vacas con algún parámetro reproductivo alterado o por las temperaturas más elevadas en esa época del año.

Para los promedios de rendimientos de producción de leche, los más bajos fueron observados en la época de otoño y primavera con 10,201 y 10,214 kg de leche respectivamente, los meses con mayor producción fueron invierno con 10,340 kg y verano con 10,490.55 kg. Esto indicaría que los sistemas de producción lechera de Tecate, B.C., cuentan con infraestructura para mitigar las temperaturas que se presentan en el verano al no mostrar un descenso en verano o primavera como se esperaría según (Petres et al., 2015) quienes reportaron que las épocas de primavera y verano (11,108 y 11,193.99 kg/) alcanzaron la menor producción de leche siendo otoño e invierno (11,791.35 y 11,651.06) las épocas con mayor producción total de leche.

Para la producción de leche ajustada a 305 días (Cuadro 4), el promedio más bajo fue para la época de primavera (10,984.06 kg), entre verano e invierno las producciones fueron similares (11,060.18 y 11,064.20 kg, respectivamente) siendo la mayor producción para el mes de otoño (11,359.3 kg), los días en alcanzar el pico se observan dentro del rango de 65 a 70 días, sin embargo, en primavera se extendió hasta los 75 días. El promedio de RMax fue similar en primavera y verano con una diferencia entre ambos de 0.42 kg/día. Para otoño e invierno hubo una diferencia a favor de otoño en su Rmax de 1.44 kg/día y fueron las épocas con mayor producción al pico. Estas diferencias fueron similares a lo reportado por Lemus et al. (2008) donde los días al RMax fueron mejores en los meses de otoño (40.8 días) e invierno (37.5 días) que los meses de primavera

(31 días) y verano (33.4 días) aunque no reportaron una diferencia ($P>0.05$) al RMax entre épocas, la mayor producción se alcanzó en primavera (24 kg/día) seguido de invierno (23.9 kg/día), para verano fue de 22.6 kg/día y el promedio más bajo fue para otoño con 22.2 kg/día.

Análisis de longitudes del periodo seco expresados en diferentes agrupaciones

Agrupación 1. Tres clases (≤ 45 , 46-65, y 66-85 días): La duración del periodo seco afectó las variables de respuesta (Cuadro 5). Los resultados muestran que las vacas con un periodo seco ≤ 45 d alcanzaron más rápido el pico de lactancia, sin embargo, la diferencia con respecto a los periodos secos de 46-65 y 66-85 días fue 4.06 kg/d y 4.82 kg/d respectivamente. Un periodo seco de 46-65 días se asoció con una mejor producción con un diferencial a 305 días, equivalente maduro y producción total de leche (1,096.53 kg, 1,258 kg y 1,176.52 kg, respectivamente) que periodos secos más cortos.

Agrupación 2. Cuatro clases (≤ 45 , 46-65, 66-85 y ≥ 86 días): Los resultados de la agrupación 2 para periodos secos no mostraron significancia para los días en alcanzar el pico de producción (Cuadro 6). El periodo seco de 66-85 días muestra un mejor rendimiento máximo que periodos secos menores a 45 días, pero no que periodos secos de 46-65 días y mayores a 86 días, esto último fue similar a el RMax en el periodo seco más corto. Para los parámetros de producción de leche ajustados a 305 días, periodos secos de 66-85 días produjeron 1,077 kg más que periodos secos cortos y 253 kg más que periodos

Cuadro 5. Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Variable	Clase del período seco (TRAT)			EE	Pr>F
	≤45	46-65	66-85		
Total de leche (kg)	9172.48 ^b	10349 ^a	10296 ^a	298.6	0.0004
P305M (kg)	9954.47 ^b	11051 ^a	11104 ^a	292.8	0.0007
P305d, EM (kg)	10703 ^b	11961 ^a	11932 ^a	319.6	0.0004
RMax (kg/d)	43.49 ^b	47.55 ^a	48.31 ^a	1.25	0.0017
Días al RMax	68.51	70.19	71.86	6.56	.8654

Medias mínimo cuadráticas con diferente letra en superíndice, difieren por Tukey (P<0.05)

Cuadro 6. Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Variable	Clase del período seco (TRAT)				EE	Pr>F
	≤45	46-65	66-85	≥86		
Total de leche (kg)	9,255.71 ^b	10,368 ^a	10,303 ^a	10,067 ^{ab}	284.9433	0.0029
P305M (kg)	10,033 ^b	11,072 ^a	11,110 ^a	10,857 ^{ab}	278.9133	0.0045
P305d, EM (kg)	10,787 ^b	11,982 ^a	11,934 ^a	11,576 ^{ab}	304.8383	0.0021
RMax (kg/d)	43.73 ^b	47.63 ^a	48.26 ^a	47.44 ^{ab}	1.1616	0.0082
Días al Rmax	69.13	70.57	71.57	65.91	6.2110	0.8082

Medias mínimo cuadráticas con diferente letra, difieren por Tukey (P<0.05)

mayores a 86 días, estos últimos si bien produjeron 824 kg de leche más que periodos secos menores a 45 días, no fueron diferentes entre sí. La producción en equivalente maduro y total de leche fue mejor para periodos secos de 46-65 días.

Agrupación 3. Cinco clases (≤ 30 , 31-45, 46-60, 61-75 y ≥ 76): Para la agrupación con 5 clases, de agrupación para categorías de periodo seco (Cuadro 7), no se observaron una diferencias en los días en alcanzar el pico ($P > 0.05$). El mayor rendimiento máximo observado fue para vacas con un periodo seco de 61-75 días, con una diferencia de 10.54% y 9.74% para periodos secos ≤ 30 d y 31-45 días respectivamente. Los periodos secos que mostraron producciones más elevadas ajustadas a 305 días, equivalente maduro y producción total de leche, fueron para las categorías de periodo seco de 46-60 días y 61-75 días. Lo que indica que periodos secos dentro del rango de días antes mencionado, eficientizan la producción de leche posterior.

Agrupación 4. Siete clases (≤ 35 , 36-50, 51-60, 61-70, 71-85, 86-110 y ≥ 111): En el criterio número 4 de agrupación por categoría de periodo seco (Cuadro 8), solo se registró diferencia ($P < 0.05$) para la producción de leche en equivalente maduro, el más alto nivel de producción fue para un periodo seco de 61-70 días con 12,174 kg de leche. Los niveles más bajos se reportaron en periodos secos ≤ 35 días con 10,748 kg de leche.

Cuadro 7. Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

variable	Clase del período seco (TRAT)					EE	Pr>F
	≤30	31-45	46-60	61-75	≥76		
Total de leche (kg)	9,039.79 ^b	9,427.24 ^{ab}	10,403 ^a	10,408 ^a	10,051 ^{ab}	375.905	0.0022
P305M (kg)	9,885.52 ^b	10,150 ^b	11,061 ^{ab}	11,215 ^a	10,833 ^{ab}	368.612	0.0026
P305d, EM (kg)	10,640 ^b	10,900 ^b	11,944 ^{ab}	12,116 ^a	11,613 ^{ab}	402.566	0.0010
RMax (kg/d)	43.49 ^b	43.90 ^b	47.39 ^{ab}	48.64 ^a	47.20 ^{ab}	1.5354	0.0036
Días al RMax	60.94	75.51	71.31	72.55	66.53	8.2231	0.5020

Medias mínimo cuadráticas con diferente letra en superíndice, difieren por Tukey (P<0.05)

Cuadro 8. Efecto de longitud de período seco sobre subsecuentes rendimientos de producción de leche, rendimiento máximo y tiempo en alcanzar el rendimiento máximo en vacas Holstein de Tecate, B.C.

Clase del período seco (TRAT)	Total de leche (kg)	P305M (kg)	P305d, EM (kg)	RMax (kg/d)	Días al RMax
≤35	9,151.48	10,029	10,748 ^b	44.22	66.40
36-50	9,869.23	10,552	11,430 ^{ab}	45.30	77.25
51-60	10,425	11,073	11,964 ^{ab}	47.49	70.21
61-70	10,411	11,211	12,174 ^a	48.67	73.48
71-85	10,197	10,985	11,735 ^{ab}	47.66	66.84
86-110	10,145	10,929	11,710 ^{ab}	48.04	68.57
≥111	9,858.38	10,652	11,260 ^{ab}	46.26	61.66
EE	382.0804	374.8252	409.1142	0.0513	0.5535
Pr>F	0.0558	0.0739	0.0190	1.5339	8.3610

Medias mínimo cuadráticas con diferente letra en superíndice por columna, difieren por Tukey (P<0.05)

Cuadro 9. Efecto del número de parto en manejo de secado sobre los días en alcanzar el pico de producción, rendimiento máximo, producción de leche ajustada a 305 días, equivalente maduro y producción total de leche.

N° de parto	Días al pico	Rendimiento máximo (kg/d)	P305M (kg/d)	P305d, EM (kg/d)	Producción total de leche (kg/d)
primíparas	71.01 ^a	43.95 ^b	10,147 ^b	11,119 ^b	9,358 ^b
multíparas	69.36 ^b	48.95 ^a	11,280 ^a	11,945 ^a	10,520 ^a

Medias mínimo cuadráticas con diferente letra, difieren por Tukey (P<0.05)

Análisis del número de parto

Las vacas primíparas tuvieron un rendimiento 10% menor y diferente ($P < 0.05$) en el rendimiento máximo y la producción de leche a 305 días que las multíparas. De la misma forma se observa que las vacas primíparas presentaron 2 días después el pico máximo de producción. Referente a la producción de leche equivalente maduro y la producción total en vacas primíparas hubo una disminución de un 7% y 12% respectivamente y diferente ($P < 0.05$) comparado con lo registrado en vacas multíparas. Por lo tanto, desde el punto de vista técnico, es recomendable, implementar un periodo seco en un rango de 46 a 75 días para obtener mayores rendimientos productivos en la siguiente lactancia. Aunque no se observaron diferencias ($P > 0.05$) en alargar periodos secos mayores 75 días, estos tienen una tendencia a disminuir la producción total de leche y ajustada alrededor de un 1% a 5%.

Los resultados de las diferentes agrupaciones de categorías de periodo seco mostraron un efecto sobre las producciones de leche subsiguiente, donde las categorías de periodo seco que se encontraban entre los 46-65 días, tuvieron un mayor rendimiento en la producción de leche que periodos secos más cortos o largos a estos. Esto coincide con Atashi et al. (2013) quienes reportaron que las vacas con un periodo seco de 51-60 días tuvieron mejores rendimientos de leche, que aquellas que tuvieron un periodo de seco de 0 a 35 días y de 36-50 días y cuando los días en seco eran mayores a 85 días, había una tendencia a disminuir la producción de leche.

Kok et al. (2017) observaron una producción de leche del 12% y 5% mayor al final de la lactancia, en vacas con periodo seco de 42-56 días que en aquellas con un periodo seco de 0-14, 21-35 y 42-56 días respectivamente. Por su parte Steeneveld et al. (2014) en un estudio en vacas con una lactancia continua y un periodo seco de 30 días produjeron 21% y 6.6% menos leche en su producción total frente a un periodo seco de 60 días. A su vez, Kneegsel et al. (2014) reportaron que las vacas con un periodo seco de 60 días produjeron 1046 kg más de leche a los 305 días que aquellas con una lactancia continua y 446 kg que las que tuvieron un periodo seco de 30 días.

De igual forma, los hallazgos de este estudio guardan relación con Guadagnini et al. (2023) quien clasificó el periodo seco en 5 categorías (<40, 40-49, 50-60, 61-70 y >70 días) donde determinaron una asociación con producción total de leche, informando que las categorías de 61-70 días (10,830kg) y 50-60 días (10,817.48 kg) tuvieron la producción más alta y la más baja en la categoría <40 días (10,200.96 kg), además de que los grupos de 40-49 y >70 días tuvieron un producción más baja. Kuhn et al. (2007) registraron una reducción en la producción de leche ajustada a 305 días, de 1457 kg para periodos secos de 0-20 días y de 1080kg para 21-30 días en comparación con secados de 61-65 días. Por su parte Vries et al. (2015) reportaron hallazgos similares al observar una disminución en la producción de leche en vacas con periodos secos de 30 días o aquellas con un omisión del periodo seco en comparación con aquellos que tuvieron un duración de 60 días.

Los resultados de este estudio difieren con lo observado por otros autores los que indicaron que una reducción del periodo seco menor a 40 días es suficiente para que la vaca restaure su tejido mamario y muestre su potencial de producción biológico sin sacrificar la producción de leche en la subsiguiente lactancia, lo cual no se observó en el estudio, donde reducir el periodo seco a menos de 46 días se tradujo en una disminución en la producción de la lactancia posterior a este en comparación con periodos secos de 46 a 65 días (Bachman, 2002; Gulay et al., 2003; Annen et al. 2004; Santshi et al., 2011).

Las vacas que tuvieron un periodo seco de 46-65 o 50-60 días alcanzaron en general, su pico de rendimiento máximo más tarde (71 y 73 días, respectivamente) que periodos secos menores o mayores a estas categorías (60 a 69 días, en promedio). Estos resultados difieren a lo reportado por Atashi et al. (2013) quienes observaron que las vacas con una duración de secado de 51-60 días, alcanzaron el pico de producción antes que vacas con periodo seco más corto, sin embargo, los resultados de este estudio concuerdan al observar un mayor rendimiento máximo que las vacas con periodos secos más cortos. Por otro lado, Montovani et al. (2010) reportaron que una lactancia continua alcanzó más rápido los días al pico de producción, pero el rendimiento máximo fue menor en comparación con un periodo seco de 55 días, esto coincide con lo observado en el estudio, donde los días en alcanzar el rendimiento máximo de producción fue más tardío para vacas con un periodo seco de 50 días que para aquellas que tuvieron periodo seco menor a 46 días o una lactancia continua sin descanso.

Hallazgos similares fueron reportados por López et al. (2015) quienes reportaron una tendencia de aumento en la producción de leche cuando incrementaba el número de partos de las vacas, donde la producción a 305 días fue mayor en vacas de tercer parto (9,773 kg) que para vacas de segundo parto (9,526), al igual el rendimiento máximo fue de 41.5 kg/día para vacas de tercer parto contra los 39.4 kg/ día de segunda lactancia, además el pico de producción se alcanzó 28 días más rápido en vacas de tercera lactancia que en aquellas de menor parto (78.4 d).

Las vacas multíparas presentaron una mayor producción de leche ajustada a 305 días (11,945 kg) que las vacas primíparas (11,119 kg) y producción total de leche (10,520 kg y 9,358 kg, respectivamente). De igual manera Ray et al. (1992) observaron una tendencia positiva en producción de leche ajustada a 305 días en vacas de 3,4 y 5 partos con una producción promedio de 7,884 kg que en aquellas de 2 partos (7,335 kg) y la producción total de leche también fue mayor para vacas multíparas (8,222 kg) que para vacas primíparas (7,667 kg). Amira et al. (2020) informaron que a medida que el número de partos incrementa, la producción de leche a 305 días incrementa, vacas multíparas tuvieron en promedio una producción de 12,496 kg de leche y vacas primíparas de 10,068.8 kg.

En los resultados observados en este estudio, las vacas multíparas alcanzaron su rendimiento máximo antes que vacas primíparas (69.71 días vs 71.01 días) y el rendimiento máximo fue mayor en multíparas (48.95 kg/día) que vacas primíparas (43.95 kg/día). Concuerdan con los registrados por Marumo et

al. (2020) quienes mencionan que vacas primíparas presentaron el tiempo al pico máximo más tarde (113 días) que las multíparas (60.3 días), además el rendimiento máximo fue más elevado para estas últimas con un promedio de 47.3 kg/día contra 34.25 kg/día de primíparas, destacando que la producción ajustada a 305 días fue superior en multíparas (11,558 kg) en comparación con vacas primíparas (9,349.23 kg). A su vez, Montovani et al. (2010) reportaron que vacas primíparas alcanzaron el pico de producción a los 54 días frente a los 49 días de vacas multíparas, estas últimas tuvieron un mejor rendimiento máximo (36.3 kg/día) que las primíparas (31.6 kg/día) y una producción a los 305 días de 13.3% mayor eficiencia (7502 kg vs 8653 kg).

CONCLUSIONES

Vacas con un periodo seco inferior a 46 días disminuyeron su producción total de leche entre un 6% y 14% y periodos secos superior a 75 días disminuyó entre un 1% y un 5% en comparación con periodos secos con duración de entre 46 a 70 días.

Las diferentes categorías de duración de periodo seco no tuvieron efecto sobre los días en alcanzar el rendimiento máximo de producción.

El rendimiento máximo de la lactancia fue mayor para las vacas con un periodo situado entre los 46 a 75 días de secado y se asoció con una mayor producción total de leche, ajustada y equivalente maduro. De igual manera, períodos secos mayores a 75 días, tendieron a disminuir su rendimiento máximo y sus producciones totales de leche.

Un periodo seco optimo se sitúa entre 46 y 70 días, para que el tejido mamario involucione y se restaure para mejorar la eficiencia productiva de la vaca en la lactancia subsiguiente. Períodos secos menores o mayores a este, reducen el potencial productivo de la vaca.

No se observó una interacción entre periodo seco y número de parto de la vaca, sin embargo, con diferencias entre vacas primíparas y multíparas. Donde estas últimas alcanzaron en menos días el pico máximo de producción y el rendimiento máximo fue mayor. De igual manera la producción de leche total y ajustada fue mayor para vacas multíparas.

LITERATURA CITADA

Agricultura Baja California, 2020. Sector lechero, vital en el desarrollo económico, social y alimentario del país: Agricultura. Gobierno de México. En <https://www.gob.mx/agricultura%7Cbajacalifornia/articulos/sector-lechero-vital-en-el-desarrollo-economico-social-y-alimentario-del-pais-agricultura-236955#:~:text=En%20el%20estado%20de%20Baja,el%2085%25%20de%20total%20estatal>. Fecha de acceso: 06/03/2020.

Amira, M. A.E. Hamed, S.T. Atallah y E.R. Kamel. 2020. Effect of calving season and parity on the productivity and profitability of Holstein Friesian dairy farms. Benha Veterinary Medical Journal. 39(1): 146-153.

Andersen J.B., T.G. Madsen, T.Larsen, K.L.Ingvartsen and M.O. Nielsen. 2005. The Effects of Dry Period Versus Continuous Lactation on Metabolic Status and Performance in Periparturient Cows. J. Dairy Sci. 88(10): 3530-3541.

Annen, E.L., R.J. Collier, M.A. McGuire, J.L. Vicini, J.M. Ballam and M.J.Lormore. 2004. Effect of Modified Dry Period Lengths and Bovine Somatotropin on Yield and Composition of Milk from Dairy Cows. J. Dairy. Sci. 87(11): 3746-3761.

Arévalo, F. 1999. Manual de Bovinos Productores de Leche. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba – Ecuador.

- Atashi, H., M.J. Zamiri and M. Dadpasand. 2013. Association between dry period length and lactation performance, lactation curve, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows in Iran. *J. Dairy Sci.* 96(6): 3632-3638.
- Bachman, K.C and M.L. Shairer. 2003. Invited review: Bovine studies on optimal lengths of dry periods. *J. Dairy Sci.* 86(10): 3027-3037.
- Barreras, S.A. 1985. Predicción de lactancias completas en base a lactancias parciales y curvas de producción en ganado Holstein. Tesis Profesional. Dpto. de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Blanco, O., M.A. y G. Gómez. 2001. Zootecnia en bovinos productores de leche, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Bustillo P. J. C., y J. A Melo Colina. 2020. Parámetros y eficiencia reproductiva en ganado. Seminario de profundización de reproducción bovina. Repositorio de Universidad Cooperativa de Colombia.
- CANILEC, 2021. Estadísticas del sector lácteo 2010-2020. En <https://www.canilec.org.mx/estadisticas-2/> Fecha de acceso: 16/09/21.
- Capuco, A.V., R.M. Akers y J.J. Smith. 1997. Mammary Growth in Holstein Cows During the Dry Period: Quantification of Nucleic Acids and Histology. *J. Dairy Sci.* 80(3): 477-487.
- Castillo B.G., B. Vargas-Leitón, F. Hueckmann-Voss y J.J Romero-Zúñiga. 2019. Factores que afectan la producción en primera lactancia de vacas lecheras de Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 30(1):209-227.

- Castillo, B. G., B. Vargas Leitón, F. Hueckmann Voss y J.J Romero Zúñiga. 2018. Factores que afectan la producción en primera lactancia de vacas lecheras de Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 30(1):209-227
- Cermakova, J., V. Kudrna, M. Simeckova, A. Vyborna, P. Dolezal y J. Illek. 2014. Comparison of shortened and conventional dry period management strategies. *J. Dairy. Sci.* 97(9): 5623-5636.
- Chen, J., G.J. Remmelink, J.J. Gross, R.M.Bruckmaier, B. Kemp y A.T.M.van Knegsel. 2016. Effects of dry period length and dietary energy source on milk yield, energy balance, and metabolic status of dairy cows over 2 consecutive years: Effects in the second year. *J. Dairy Sci.* 99(6): 4826-4838.
- Copa, A. 2010. Nutrición y alimentación del ganado lechero. Soluciones Prácticas- Fundación Sartawi Sayariy. La Paz, Bolivia.
- Del Campo, M. B. G., F. Montossi, J.M. Solares de Lima, R. San Julián. 2014. Animal welfare and meat quality: the perspective of Uruguay, a “small” exporter country. *Meat Science.* 98(3)470-476.
- Dirección General de Industrias Básicas, 2012. Análisis del sector lácteo en México. Secretaría de Economía. En <http://ru.iiec.unam.mx/3744/1/052-Robledo.pdf>
Fecha de acceso: Marzo, 2012.
- Edmonson, A.J., I.J. Lean, L.D. Weaver, T. Faver y G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 72(1): 68-78.

- Ferguson, D.J and K.A Otto.1989. Managing Body condition in Dairy Cows.Cornell university; Ithaca, NY.;75 p.proceedings of the 1989 Cornell Nutrition conference for Feed Manufacturers.
- García, T. y G. López. 1990. Mecanismos que desencadenan la producción de leche. Bases para la producción de leche. I. Lactancia y Reproducción. Editorial EDICA. La Habana, Cuba. p. 21.
- Guadagnini, M., P. Amodeo, F. Biscarini, A. Bolli y P. Moroni. 2023. Observational study on dry period length and its associations with milk production, culling risk, and fertility in Italian dairy farms. *J. Dairy Sci.* 106(4): 2630-2641.
- Gulay, M.S., M.J. Hayen, K.C. Bachman, T. Belloso, M. Liboni and H.H. Head. 2003. Milk Production and Feed Intake of Holstein Cows Given Short (30-d) or Normal (60-d) Dry Periods. *J. Dairy Sci.* 86(6): 2030-2038.
- Gümen, A., R.R. Rastani, R.R. Grummer and M.C. Wiltbank. 2005. Reduced Dry Periods and Varying Prepartum Diets Alter Postpartum Ovulation and Reproductive Measures. *J. Dairy Sci.* 88(7): 2401-2411.
- Hoffman, P.C y D.A Funk. 1992. Applied dynamics of dairy replacement growth and management. *J. Dairy Sci.* 75(9): 2504-2516.
- Hurley, W.L. 1989. Mammary Gland Function During Involution. *J. Dairy Sci.* 72(6): 1637-1646.
- Knegsel, A.T.M van., S.G.A. van der Drift, J. Čermáková and B. Kemp. 2013. Effects of shortening the dry period of dairy cows on milk production, energy balance, health, and fertility: A systematic review. *T. Vet. J.* 198(13): 707-713.

- Knegsel, A.T.M. van., G.J. Remmelink, S. Jorjong, V. Fievez and B. Kemp. 2014. Effect of dry period length and dietary energy source on energy balance, milk yield, and milk composition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97(3): 1499-1512.
- Kok, A., A.T.M. van Knegsel, C.E. van Middelaar, B. Engel, H. Hogeveen, B. Kemp and I.J.M. de Boer. 2017. Effect of dry period length on milk yield over multiple lactations. *J. Dairy Sci.* 100(1): 739-749.
- Kok, A., C.E. van Middelaar, B. Engel, A.T.M. van Knegsel, H. Hogeveen y B. Kemp I.J.M. de Boer. 2016. Effective lactation yield: A measure to compare milk yield between cows with different dry period lengths. *J. Dairy Sci.* 99(4): 2956-2966.
- Kuhn, M.T., J.L. Hutchison and H.D. Norman. 2007. Dry Period Length in US Jerseys: Characterization and Effects on Performance. *J. Dairy Sci.* 90(4): 2069-2081.
- Kuhn, M.T., J.L. Hutchison and H.D. Norman. 2005. Dry Period Length to Maximize Production Across Adjacent Lactations and Lifetime Production. *J. Dairy Sci.* 89(5): 1713-1722.
- Lemus, R.V., A. Guevara-Escobar y J.G. García-Muñiz. 2008. Curva de lactancia y cambio en el peso corporal de vacas Holstein-Friesian en pastoreo. *Agrociencia.* 42(7): 753-765.
- León, J., J. Quiroz, J. Pleguezuelos, E. Martínez y J. Delgado. (2007). Curva de lactación para el número de lactación en cabras murciano-granadinas. *Arch. Zootec.* 56(1): 641-646.

- López, J.F. 2006. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 4(1): 77-86.
- Lopez, H., L.D. Satter and M.C. Wiltbank. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim Reprod Sci*. 81(3-4): 209-223.
- López,S.,J. France, N.E. Odongo, R.A. McBride, E. Kebreab, O. AlZahal, B.W. McBride and J. Dijkstra. 2015. On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions. *J. Dairy Sci*. 98(4): 2701-2712.
- Macciotta, N.P.P., D. Corrado, P.G., S.P.G. Rasso, R. Steri and G. Pulina. 2011. The mathematical description of lactation curves in dairy cattle. *Italian J. of Animal Sci*. 10(4): 213-223.
- Makuza, S.M. and T. McD. Ben 1996. Effects of Days Dry, Previous Days Open, and Current Days Open on Milk Yields of Cows in Zimbabwe and North Carolina. *J. Dairy Sci*. 79(4): 702-709.
- Mantovani, R., L. Marinelli, L. Bailoni, G. Gabai and G. Bittante. 2010. Omission of dry period and effects on the subsequent lactation curve and on milk quality around calving in Italian Holstein cows. *Ital. J. Anim. Sci*. 9(1): 101-108.
- Marumo, J.L., D. Lusseau, J.R. Speakman, M. Mackie and C. Hambly. 2022. Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. *J. Dairy Sci*. 105(2) 1225-1241.

- Mendoza, C.J, R. Martínez Yañez, D. Díaz Placencia y F. Ávila-Ramos. 2015. Efecto de la condición corporal de vacas holstein sobre la capacidad para retener agua, colágeno insoluble y esfuerzo de corte en Longissimus dorsi. *Abanico Vet.* 5(2): 19-27.
- Montaldo, H. Juárez, Al y Sánchez, F. 1991. Corrección de lactancias para edad y época de parto en programas de selección de cabras en México. *Vet. Mex.* 22(3): 279
- Nielsen, N.I., Friggens, N.C., Chagunda, M.G., Ingvarsen, K.L. (2005). Predicting risk of ketosis in dairy cows using in-line measurements of betahydroxybutyrate: a biological model. *J. Dairy Sci.* 88(7): 2441-53.
- O'Haraa, E.A., K. Holteniusa, R. Bågeb, C. von Brömssen and E. Ulf. 2020. An observational study of the dry period length and its relation to milk yield, health, and fertility in two dairy cow breeds. *Prev. Veterinary Med.* 175(2): 1048-1076.
- Pérez L., R. Anrique y H. González. 2007. Factores no genéticos que afectan la producción y composición de la leche en un rebaño de pariciones biestacionales en la décima región de los lagos, Chile. *Agricultura Técnica Chile.* 67(1):39-48.
- Petres, C.A., F.B. Mujica y H.C. Uribe. 2015. Influencia de la época de parto sobre la producción y calidad de leche de un predio con estabulación completa en la Región de los Ríos, Chile. *Agro Sur.* 43(1): 61-66.

- Pezeshki, A., J. Mehrzad, G.R. Ghorbani, G.R. Rahmani, R.J. Collier and C. Burvenich. 2007. Effects of Short Dry Periods on Performance and Metabolic Status in Holstein Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 90(12): 5531-5541.
- Ray, D.E., T.J. Halbach and D.V. Armstrong. 1992. Season and Lactation Number Effects on Milk Production and Reproduction of Dairy Cattle in Arizona. *J. Dairy Sci.* 75(11): 2976-2983.
- Riquelme, V.E. 1982. Principios básicos de nutrición aplicada. En: Pérez, D. M. 1982. Manual sobre el Ganado Productor de Leche. Ed. Diana. México.
- Rivas, J. 2005. Manual de ganadería doble propósito: Secado de la vaca lechera. Ed. Gonzáles, C., E. Soto. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. 701 p.
- Rojas R.O., M.L. Murguía Olmedo, J. Tepal Chale y M.G Lozano-Contreras. 2021. Efecto del número de lactancia y edad sobre la producción láctea en bovinos. *Revista del Centro de Graduados e Investigación. Instituto Tecnológico de Mérida.* 36(88):14-17.
- Safa, S., A. Soleimani and H. Moussavi. 2013. Improving productive and reproductive performance of holstein dairy cows through dry period management. *Assian-Australian J. Animal Sci.* 26(5): 630-637.
- Santschi, D.E., D.M. Lefebvre, R.I. Cue, C.L. Girard and D. Pellerin. 2011. Complete-lactation milk and component yields following a short (35-d) or a conventional (60-d) dry period management strategy in commercial Holstein herds. *J. Dairy. Sci.* 94(5): 2302-2311.

- Shagñay Rea, S. M., L. S. Arias Alemán y S. E. Vaca Zambrano. 2020. La evaluación de las curvas de producción lechera de las vacas Holstein Friesian en la estación experimental Tunshi Espoch. *Ciencia Digital*. 4(1): 85-96.
- Sherchand, L., R.W.Mcnew, D.W.Kellogg and Z.B.Johnson. 1995. Selection of a Mathematical Model to Generate Lactation Curves Using Daily Milk Yields of Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 78(11): 2507-2513.
- Shoshani E., S. Rozen and J.J. Doekes. 2014. Effect of a short dry period on milk yield and content, colostrum quality, fertility, and metabolic status of Holstein cows. *J. Dairy. Sci.* 97(5): 2909-2922.
- SIAP, 2021. Información estadística pecuaria nacional. En <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria> Fecha de acceso: 16/09/21.
- Sikka, L.C. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. *J. Dairy Research*. 17(1): 231-252.
- Sorensen, T.J., and C. Enevoldsen. 1991. Effect of Dry Period Length on Milk Production in Subsequent Lactation. *J. Dairy. Sci.* 74(4): 1277-1283.
- Steeneveld, A., A. P. Taranilla, K. Krogh and H. Hogeveen. 2019. The economic impact of drying off cows with a dry-off facilitator (cabergoline) compared with 2 methods of gradual cessation of lactation for European dairy farms. *J. Dairy Sci.* 102(8): 7483-7493.

- Useni B.C., C.J.C Muller and C.W Cruywagen. 2014. Milk production of dairy cows as affected by the length of the preceding dry period. *South African J. Anim. Sci.* 44(5): 21-24.
- Vélez, de V.E. 2013. Factores de origen ambiental que afectan la producción de leche en vacunos bajo pastoreo semi-intensivo. Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Vries, R., A. Knegsel, M. Johansson, H.L. Månsson, T. Hooijdonk, K. Holtenius and K. Hettinga. 2015. Effect of shortening or omitting the dry period of Holstein-Friesian cows on casein composition of milk. *J. Dairy. Sci.* 98(12): 8678-8687.
- Watters, R.D., J.N. Guenther A.E. Brickner, R.R. Rastani, P.M. Crump, P.W. Clark and R.R. Grummer. 2008. Effects of Dry Period Length on Milk Production and Health of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 91(7): 2595-2603.
- Weglarzy, K. 2009. Lactation productivity of dairy cows as affected by the length of preceding dry period. *Anim. Sci. Papers and Reports.* 27(4): 303-310. (Abstr.).
- Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature (Lond.)* 216:164–165.
- Zhao, X., B. Ponchon, S. Lanctot and P. Lacasse. 2019. Invited review: Accelerating mammary gland involution after drying-off in dairy cattle. *J. Dairy. Sci.* 102(8): 6701-6717.

Zobel, G., D.M. Weary, K. E.Leslie and M.A.G. von Keyserlingk. 2015. *Invited review: Cessation of lactation: Effects on animal welfare.* J. Dairy Sci. 98(12): 8263-8277.

APÉNDICE

Cuadro 1. Valores de probabilidad >F en el ANOVA para variables productivas por agrupación de tres clases de longitud de periodo seco

Fuente de variación	Grados de libertad	Valores de probabilidad >F para variables productivas				
		P305M	RMax	Días al RMax	P305, EM	Producción total de leche
HYS	18	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Paridad	1	0.0008	0.0004	0.8231	0.0216	0.0006
Periodo seco	2	0.0007	0.0017	0.8654	0.0004	0.0004
Periodo seco*Paridad	2	0.7029	0.9983	0.3580	0.4373	0.3014
Edad	1	0.6242	0.7712	0.9202	0.0019	0.5396
Días en leche	1	<.0001	0.1320	0.4503	<.0001	<.0001
Error	649					

Cuadro 2. Valores de probabilidad >F en el ANOVA para variables productivas por agrupación de cuatro clases de longitud de periodo seco

Fuente de variación	Grados de libertad	Valores de probabilidad >F para variables productivas				
		P305M	RMax	Días al RMax	P305, EM	Producción total de leche
HYS	18	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Paridad	1	0.0008	0.0004	0.8231	0.0216	0.0006
Periodo seco	3	0.0007	0.0017	0.8654	0.0004	0.0004
Periodo seco*Paridad	3	0.7029	0.9983	0.3580	0.4373	0.3014
Edad	1	0.6242	0.7712	0.9202	0.0019	0.5396
Días en leche	1	<.0001	0.1320	0.4503	<.0001	<.0001
Error	649					

Cuadro 3. Valores de probabilidad >F en el ANOVA para variables productivas por agrupación de cinco clases de longitud de periodo seco

Fuente de variación	Grados de libertad	Valores de probabilidad >F para variables productivas				
		P305M	RMax	Días al RMax	P305, EM	Producción total de leche
HYS	18	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Paridad	1	0.0027	0.0012	0.6605	0.0512	0.0022
Periodo seco	4	0.0026	0.0036	0.5020	0.0010	0.0022
Periodo seco*Paridad	4	0.5298	0.8729	0.4005	0.4232	0.4146
Edad	1	0.8998	0.9851	0.5867	0.0066	0.8319
Días en leche	1	<.0001	0.0983	0.2913	0.0001	<.0001
Error	717					

Cuadro 4. Valores de probabilidad >F en el ANOVA para variables productivas por agrupación de siete clases de longitud de periodo seco

Fuente de variación	Grados de libertad	Valores de probabilidad >F para variables productivas				
		P305M	RMax	Días al RMax	P305, EM	Producción total de leche
HYS	18	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Paridad	1	0.0033	0.0011	0.7269	0.0569	0.0068
Periodo seco	6	0.0739	0.0513	0.5535	0.0190	0.0558
Periodo seco*Paridad	6	0.2695	0.9558	0.2297	0.2029	0.2442
Edad	1	0.8248	0.9332	0.6519	0.0045	0.7814
Días en leche	1	<.0001	0.0989	0.2187	0.0002	<.0001
Error	713					