Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Algunos factores que afectan la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva en Lima

TESIS

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinaria

AUTOR

Katya Elena OLIVERA CHACÓN

ASESOR

Mg. Luis Felipe RUIZ GARCÍA

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Olivera K. Algunos factores que afectan la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva en Lima [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2023.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Katya Elena Olivera Chacón
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41260554
URL de ORCID	-------
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Luis Felipe Ruiz García
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41316107
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-1756-768X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Wilfredo Huanca López
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10036341
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Víctor Hernán Bazán Rodríguez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09535736
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Víctor Hugo Castillo Doloriert
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40723051

Datos de investigación	
Línea de investigación	B.4.2. Producción y economía pecuaria
Grupo de investigación	GIRESA (Grupo de investigación en reproducción y sanidad animal
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Latitud: -12.056445 Longitud: -77.085994
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Enero 2021- diciembre 2021
URL de disciplinas OCDE	Agronomía https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú, Decana de América
Facultad de Medicina Veterinaria
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIA

En el Auditorio Principal de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día **jueves 16 de febrero de 2023**, a las **11:00** horas, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante Resolución Directoral **Nº 0245-EPMV/FMV-2022**, integrado por los siguientes profesores:

MV. Mg. Huanca López, Wilfredo	**Presidente del Jurado**
MV. Mg. Ruiz García, Luis Felipe	**Asesor de la Tesis**
MV. Mg. Bazán Rodriguez, Victor	**Hernán Miembro del Jurado**
MV. Mg. Castillo Doloriert, Víctor Hugo	**Miembro del Jurado**

Luego de la instalación del Jurado, a cargo del Presidente del Jurado y bajo la dirección del mismo, la Bachiller Doña: **OLIVERA CHACÓN, KATYA ELENA** para optar el Título Profesional de Médico Veterinaria, procedió a sustentar públicamente la Tesis:

"ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN LA TASA DE PREÑEZ EN LOS ESTABLOS LECHEROS DE CRIANZA INTENSIVA EN LIMA",

Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria de la Asesor de la Tesis y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **diecisiete (17)**.

Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesis, el Presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIA** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que ésta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **12:25,** concluyó el acto académico de sustentación pública de Tesis en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:

Huanca López, Wilfredo: MV. Mg. Prof. Principal DE

Ruiz García, Luis Felipe: MV. Mg. Prof. Asociado DE

Bazán Rodriguez, Victor: MV. Mg. Prof. Asociado DE

Castillo Doloriert, Víctor Hugo: MV. Mg. Prof. Auxiliar TC

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

Facultad de Medicina Veterinaria

ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA

Trabajo sustentado y aprobado ante el Jurado designado por la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria mediante Resolución Directoral N° 0245-EPMV/FMV-2022.

PRESIDENTE: .....
HUANCA LÓPEZ, WILFREDO

MIEMBROS : .....
RUIZ GARCÍA, LUIS FELIPE
ASESOR DE LA TESIS

: .....
BAZÁN RODRIGUEZ, VICTOR

: .....
CASTILLO DOLORIERT, VÍCTOR HUGO

San Borja, 23 de febrero de 2023

V° B°

UNMSM Firmado digitalmente por SANTIANI ACOSTA Alexei Vicent FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.06.2023 15:55:30 -05:00

.....
Dr. Alexei Vicent Santiani Acosta
Director EPMV
Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América

Vicerrectorado de Investigación y Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Luis Felipe Ruiz García, en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Directoral N° 0146-EPMV/FMV-2021 de la tesis, cuyo título es "Evaluación de algunos factores que afectan la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima", presentado por el bachiller Katya Elena Olivera Chacón para optar el título de Médico Veterinario CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y deSimilitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según larevisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documentoevaluado cuenta con el 8% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuarcon los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor _____

DNI: 41316107

Nombres y apellidos del asesor:
Luis Felipe Ruiz García

Huella digital

Dedicatoria

Dedico mi tesis principalmente, a mis queridos padres Mirta y Alejandro por todo su amor y apoyo incondicional, incentivándome siempre para seguir adelante con mis proyectos y estudios; y no dejarme vencer por los problemas de salud y otras vicisitudes. Incluso hoy que ya no estás aquí terrenalmente Papito, sigues guiándome desde el cielo.

Asimismo, a mis hermanos Fátima y Martín; por las vivencias compartidas en las buenas y en las malas. Y a mis padrinos Leonor y Ramiro; por también estar presentes, ya sea con una sonrisa o con sus consejos; sobretodo a lo largo de mi vida estudiantil.

A mis sobrinos engreídos: Dana, Paquito, Frankie y Annicita por traer gran alegría a mi vida.

A todos mis amigos: Rocío, Felipe, Milena, Lucía, Christian, Erika, Mariella, Denisse Q., Silvia, Eliane, Roxana, Verito, Janine, Natalia; Patty, Pepito, Angélica, …. con quienes alguna vez compartí momentos de alegrías, tristezas y maratónicas desveladas estudiando, en las guardias, en los establos, o en alguna reunión.

Agradecimientos

Agradezco principalmente; a mis asesores, mentores y guías, pero principalmente amigos: Luis Felipe Ruiz García y Rocío Silvia Sandoval Monzón, por sus consejos, orientación y apoyo en el desarrollo de esta tesis y otros proyectos anteriores, así como por compartir muchas vivencias dentro y fuera de la Universidad.

También agradezco a mis maestros en todas las etapas de mi educación; ya que ellos me brindaron enormes conocimientos y las bases para lograr ser una gran profesional de esta carrera tan interesante y bonita.

Y a todas aquellas personas especiales con las que alguna vez compartí algún momento, ya sea de alegrías o tristezas, y que quizás hasta alguna vez me dieron algún jalón de orejas cuando fue necesario; lo cual hizo que no me doblegue ante los problemas aún cuando a veces uno parecía ahogarse en un vaso de agua. Gracias familia y amigos.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 14
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 17
2.1. Desempeño reproductivo 17
2.1.1. Desempeño reproductivo de los bovinos lecheros a nivel mundial 19
2.1.2. Desempeño reproductivo de los bovinos lecheros en el Perú 21
2.2. Registro de información para evaluar el desempeño reproductivo 23
2.3. Indicadores convencionales que evalúan el desempeño reproductivo 25
2.3.1. Intervalo entre partos o intervalo parto - parto (IEP ó IPP) 26
2.3.2. Días abiertos (DA) 28
2.3.3. Servicios por concepción (SC) 30
2.3.4. Tasa de concepción (TC) general 32
2.3.5. Porcentaje de saca por fallas reproductivas (%SPFR) 38
2.4. Indicadores empleados en la actualidad para evaluar desempeño reproductivo 39
2.4.1. Tasa de detección de celo (TDC) 40
2.4.2. Tasa de servicio 41
2.4.3. Tasa de preñez: 45
2.4.4. Relación entre la tasa de preñez y los indicadores convencionales del desempeño reproductivo 48
2.5. Factores que afectan la tasa de detección de celo y la tasa de servicio 49
2.5.1. Factores a tener en cuenta para la detección de celo 49
2.5.2. Métodos hormonales que permiten mejorar la tasa de servicios 52
2.5.2.1. Mediante el empleo de Progestágenos 53
2.5.2.2. Mediante el empleo de Prostaglandinas (PG): 55
2.5.3. Efectos del factor humano sobre la tasa de detección de celos y la tasa de servicios 59
2.5.4. Efecto del factor infraestructura sobre el desempeño reproductivo 60
2.5.5. Efecto del factor medioambiental sobre el desempeño reproductivo 61
2.5.6. Efecto del nivel productivo sobre el desempeño reproductivo 63
2.6. Factores que afectan en la Tasa de Preñez 64
2.6.1. Factores que limitan la detección de celo 64
2.6.2. Factores que limitan el servicio o inseminación 67

2.6.3. Factores que afectan la fertilidad 69
2.7. Estrategias para mejorar la tasa de preñez 71
III. MATERIALES Y MÉTODOS 75
3.1. Lugar de ejecución y periodo de duración del estudio: 75
3.2. Descripción del material experimental: 75
3.2.1. Criterios de inclusión de los establos 75
3.2.2. Criterios de inclusión de las vacas 76
3.3. Procedimiento de muestreo 76
3.3.1. Datos recolectados: 77
3.3.2. Cálculo de variables de interés: 78
3.4. Diseño experimental u observacional: 81
3.5. Análisis de la información: 82
IV. RESULTADOS 84
4.1. Comportamiento de la tasa de preñez a lo largo de los meses del año 84
4.2. Factores que influyen sobre la tasa de preñez 86
4.2.1. De acuerdo al efecto del personal de trabajo de cada hato sobre la tasa de preñez: 86
4.2.2. De acuerdo al efecto de las instalaciones de cada hato sobre la tasa de preñez: 87
4.2.3. De acuerdo al efecto del tipo de manejo y programas reproductivos de cada hato sobre la tasa de preñez: 88
4.2.4. De acuerdo al efecto medioambiental sobre la tasa de preñez: 91
4.3. Análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez 93
V. DISCUSIÓN 98
VI. CONCLUSIONES 103
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 105

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
Cuadro 1.	Resumen de índices reproductivos de vacas lecheras	25
Cuadro 2.	Efecto del mes de servicio sobre la tasa de preñez	84
Cuadro 3.	Efecto del incentivo económico del personal para detección de celo sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	87
Cuadro 4.	Efecto de la distribución de corrales sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	87
Cuadro 5.	Efecto de la calidad del piso sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	88
Cuadro 6.	Efecto del porcentaje del uso de prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$) sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	89
Cuadro 7.	Efecto del porcentaje del uso de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	90
Cuadro 8.	Efecto del índice de sobrecarga calórica sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	91

Cuadro 9.	Efecto de la duración del estrés calórico sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	92
Cuadro 10.	Resultados del análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez	95
Cuadro 11.	Efecto directo, indirecto y total estandarizado	97

LISTA DE FIGURAS

N°	Título	Pág.
Figura 1.	Score de la condición corporal establecido por Edmonson et al. (1989)	36
Figura 2.	Modelo senoidal del índice de temperatura-humedad dentro de 1 día y el cálculo de la duración del estrés por calor y la carga de calor acumulada (ITH sobrecarga)	80
Figura 3.	Modelo explicativo del efecto de los factores incentivo económico (M.Person), porcentaje del uso de prostaglandinas (PG), porcentaje del uso de IATF (IATF), sobrecarga calórica (ITH sobrecarga70), duración del estrés calórico (Duración70), calidad del piso (Confort pisos) y distribución de corrales sobre la tasa de preñez (TP)	82
Figura 4.	Comportamiento de la tasa de preñez a lo largo de los diferentes meses del año en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	86
Figura 5.	Relación entre el porcentaje del uso de prostaglandinas ($PGF_{2\alpha}$) y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	89
Figura 6.	Relación entre el porcentaje del uso de inseminación artificial a tiempo fijo y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	90

Figura 7.	Relación entre el índice de sobrecarga calórica y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	92
Figura 8.	Relación entre la duración del estrés calórico y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima	93
Figura 9.	Diagrama del análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez indicando los coeficientes de regresión estandarizados	94

RESUMEN

La reproducción es un factor muy importante para lograr la eficiencia productiva de un animal y la rentabilidad de un hato. La tasa de preñez es el parámetro reproductivo más importante ya que se relaciona con la tasa de servicio y la tasa de concepción y refleja de manera directa, dinámica y real la eficiencia reproductiva de un establo. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo la finalidad de identificar y evaluar algunos de los factores asociados a la tasa de preñez de los establos de crianza intensiva. El estudio se realizó en el departamento de Lima, específicamente en las provincias de Huaura, Lima y Cañete. El estudio contó con 2 fases de estudio: en la primera fase se analizaron de manera individual los factores que influyeron sobre la tasa de preñez, con el objetivo de seleccionarlos para ser utilizados en la segunda fase. En la segunda fase se analizaron todos los factores seleccionados en la primera fase con el objetivo de obtener un modelo explicativo de los factores que influyeron sobre la tasa de preñez. Para esto, las variables que resultaron presentando una significancia menor a 0.20 en la primera fase fueron introducidas en un modelo de ecuaciones estructurales. En la primera fase, se determinó que el incentivo económico al personal y el empleo de Prostaglandina F2$\propto$, no tienen un efecto significativo sobre la tasa de preñez; mientras que la distribución de corrales, la calidad del piso, el empleo de la sincronización a tiempo fijo (IATF), la sobrecarga y la duración del estrés calórico sí tuvieron un efecto significativo. En la segunda fase, se determinó que el incentivo económico al personal ($p=0.07$), la distribución de corrales ($p<0.01$), la calidad de piso ($p<0.01$) y la IATF ($p=0.04$) tuvieron un efecto positivo sobre la tasa de servicio, mientras que el uso de prostaglandinas ($p=0.12$) y la sobrecarga calórica ($p<0.01$) tuvieron un efecto negativo. Por otro lado, la IATF ($p<0.01$), la sobrecarga calórica ($p<0.12$) y la duración del estrés calórico ($p<0.01$) tuvieron un efecto negativo sobre la tasa de concepción, mientras que la distribución de corrales ($p=0.01$) tuvo un efecto positivo.

Frases clave: Tasa de Preñez, Eficiencia Reproductiva, Parámetros Reproductivos, Inseminación Artificial, Tasa de Servicio.

ABSTRACT

Reproduction is a very important factor to achieve the productive efficiency of an animal and the profitability of a herd. The pregnancy rate is the most important reproductive parameter since it is related to the service rate and the conception rate and reflects in a direct, dynamic and real way the reproductive efficiency of a herd. Therefore, the present work had the purpose of identifying and evaluating some of the factors associated with the pregnancy rate of intensive rearing stables. The study was carried out in the department of Lima, specifically in the provinces of Huaura, Lima and Cañete. The study had 2 study phases: in the first phase, the factors that influenced the pregnancy rate were analyzed individually, with the aim of selecting them to be used in the second phase. In the second phase, all the factors selected in the first phase were analyzed in order to obtain an explanatory model of the factors that influenced the pregnancy rate. For this, the variables that turned out to present a significance of less than 0.20 in the first phase were introduced into a structural equation model. In the first phase, it was determined that the economic incentive to the staff and the use of Prostaglandin F2∝, do not have a significant effect on the pregnancy rate; while the distribution of pens, floor quality, the use of fixed time synchronization (IATF), overload and the duration of heat stress did have a significant effect. In the second phase, it was determined that the economic incentive to the staff ($p=0.07$), the distribution of pens ($p<0.01$), the floor quality ($p<0.01$) and the IATF ($p=0.04$) had a positive effect. on the service rate, while the use of prostaglandins ($p=0.12$) and caloric overload ($p<0.01$) had a negative effect. On the other hand, the IATF ($p<0.01$), caloric overload ($p<0.12$) and the duration of heat stress ($p<0.01$) had a negative effect on the conception rate, while the distribution of pens ($p= 0.01$) had a positive effect.

Keywords: Pregnancy Rate, Reproductive Efficiency, Reproductive Parameters, Artificial Insemination, Service Rate

I. INTRODUCCIÓN

La reproducción es un factor muy importante para lograr la eficiencia productiva de un animal y la rentabilidad de un hato. Por muchos años, la eficiencia reproductiva en la ganadería lechera ha sido evaluada bajo ciertos criterios o parámetros convencionales; como son el intervalo entre partos, el índice parto- concepción, los porcentajes de concepción, el número de servicios por concepción y los porcentajes de saca por fallas reproductivas. Dichos parámetros, nos ofrecen datos interesantes de eventos que ocurren en los hatos ganaderos, y nos pueden indicar si hay problemas, pero no necesariamente nos indican dónde se encuentran estos problemas; además de que al ser evaluaciones retrospectivas no nos permiten corregir las deficiencias oportunamente. Hecho que se ha reflejado en una baja eficiencia reproductiva en los últimos años; por lo que en la actualidad ya no tienen una relevancia absoluta por sí solos.

Más bien, en la actualidad se está tratando de emplear otros parámetros reproductivos más determinantes, como son la tasa de detección de celos, la tasa de servicio y la tasa de preñez; para hacer un real análisis de la situación de la ganadería lechera de crianza intensiva a nivel mundial; y así poder corregir a tiempo las deficiencias que existan. Y dentro de estos parámetros señalados, la Tasa de Preñez (TP) es el más importante ya que

se relaciona y/o engloba a otros parámetros (como la tasa de servicio y la tasa de concepción) y refleja de manera más directa, dinámica y real la eficiencia reproductiva de un establo (Ferguson y Galligan, 2000).

Este índice (la TP) se basa en un principio muy simple de la función reproductiva que menciona que: *"sólo las vacas que se observan se pueden identificar en celo; sólo las vacas en celo se pueden inseminar; y sólo las vacas que se inseminan pueden quedar preñadas"* (González-Stagnaro et al., 2003).

Además, en la tasa de preñez se reflejan rápidamente los cambios que se realicen en los programas de manejo reproductivo, de manera que sea posible hacer correcciones continuas y observar mejores resultados pronto (Olivera, 2010). Dentro de los programas reproductivos que se emplean en los establos lecheros, la inseminación artificial es el método más empleado; sin embargo, cuando se emplea de forma inadecuada sin seguir los procedimientos correspondientes trae como consecuencia una disminución de la eficiencia reproductiva. Asimismo, un programa de inseminación artificial exitoso depende estrechamente de la eficiencia en la detección de celos (DC) (Jiménez-Pérez et al., 2009) como corresponde. Pero, si ésta es deficiente (DC) y a su vez se combina con una baja tasa de servicio y concepción, entonces reflejan una baja tasa de preñez (Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996); y como consecuencia todo el programa reproductivo y productivo de un establo se ve comprometido.

Para lograr dicha eficiencia reproductiva, debemos mejorar todas las condiciones del hato (manejo, salubridad, instalaciones) y al igual que en cualquier otro rubro empresarial debemos invertir el dinero necesario para ver los resultados y obtener las ganancias esperadas. Es así como, el porcentaje de retorno económico por cada cantidad de dinero invertido en reproducción será alto; incluso mayor al obtenido en otros sectores como alimento y recría (Charmandarian, 2013); y por ende todo se alinea en cuanto a eficiencia reproductiva, productiva y a rentabilidad del establo.

El presente trabajo tiene la finalidad de identificar y evaluar algunos de los factores asociados a la tasa de preñez en los establos de crianza intensiva de la Cuenca lechera de Lima. La razón es bastante sencilla, conocer estos factores permitirá administrarlos y mejorarlos correctamente. Lamentablemente, la gran mayoría de los ganaderos de Lima, no son capaces de identificar a tiempo los problemas y mejorar oportunamente la eficiencia reproductiva de sus hatos; y mucho menos saben cómo calcular la tasa de preñez. Algunos trabajos de estudio sostienen que a pesar del incremento de la productividad lechera y de las bajas tasas de concepción, el incremento de la tasa de servicio en los establos permite obtener una mejor tasa de preñez y por lo tanto, un mejor desempeño reproductivo (LeBlanc, 2013).

Por estas razones, realizar un estudio ecológico transversal puede ayudarnos a revelar los factores asociados a la tasa de preñez y corregir lo que sea necesario mejorar en base a esto.

Los objetivos de este estudio fueron: recolectar información de la tasa de preñez; recolectar, parametrizar y clasificar los factores que pueden afectar la tasa de preñez de los principales establos lecheros de Lima y; finalmente, analizar estadísticamente la relación entre la tasa de preñez mensual y los factores que pueden afectarla.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desempeño reproductivo

El manejo reproductivo es uno de los factores más importantes en los establos lecheros, pues es a partir de que las vacas paren, que su vida productiva (láctea) se inicia; por ello se vienen desarrollando nuevas tecnologías y programas de manejo con el fin de lograr una reproducción eficiente. Manejar la reproducción con seguridad y eficiencia nos permitirá lograr una mayor cantidad de pariciones en el hato y consecuentemente más campañas durante la vida productiva de las vacas (Glauber, 2012); y esto se verá reflejado en la rentabilidad del hato.

En las últimas décadas, se ha planteado la idea de que las vacas de alta producción tienen una menor tasa de fertilidad (Lucy, 2001; García, 2019). La explicación para este suceso sería que, cuanto mayor sea la producción láctea sobre todo en el post-parto inmediato, habrá una mayor necesidad de ingesta de materia seca, lo que incrementará el metabolismo general y por ende el metabolismo de las hormonas esteroideas (progesterona y estrógenos) a nivel hepático, generando una tendencia a la baja concentración de éstas (hormonas esteroideas) (García, 2019). Además, es probable que durante el post- parto inmediato las vacas de alta producción tengan un balance energético negativo (BEN) mayor al esperado, es decir que tengan una mayor demanda para producir pero que no logren alcanzar los suficientes requerimientos nutricionales que necesitan; por lo que habrá una mayor exigencia y repercusión en los aspectos reproductivos, productivos y sanitarios (Glauber, 2012; García, 2019).

Glauber (2012) también nos dice que, la alta producción lechera puede ser contraproducente para el desempeño reproductivo, debido a que aquellos animales que tienen una alta producción no evidencian una adecuada expresión de los signos de celo; y por ende si no hay signos de celo no hay inseminación artificial y mucho menos un buen desempeño reproductivo; aunque esto se podría corregir empleando métodos como la inseminación artificial a tiempo fijo entre otros. Por otro lado, Gorosito (2007) sustenta que la frase: "las vacas de alta producción son muy difíciles de preñar", está incompleta, ya que debería decir: "las vacas de alta producción son difíciles de preñar si están mal alimentadas", pues sólo el 3% de las vacas de alta producción pueden tener problemas de preñez, mientras que el 97% no los tendrá si están bien alimentadas. Es decir que, el concepto clásico sólo se usa para justificar ineficiencias en la reproducción y manejo.

Análisis recientes concluyen que no hay necesariamente antagonismo entre los niveles de producción láctea y la eficiencia reproductiva; más bien debemos mencionar que la baja eficiencia reproductiva también coincide con un cambio en el manejo y crecimiento económico de los establos lecheros en las últimas décadas, pues muchos de ellos pasaron de ser familiares a comerciales e incrementaron el número de sus animales, el número de empleados y el tipo de tecnologías empleadas en el manejo (LeBlanc; 2013).

Además, existen otros factores que influyen en el manejo reproductivo de los establos, como son los mencionados por Lucy (2001), Caraviello et al. (2006), y Acero (2009) entre otros autores; y estos son:

- Fisiopatológicos: a nivel reproductivo netamente (como son ciclos estrales anormales, anestros prolongados, celos irregulares, celos silentes, ninfomanía, mortalidad embrionaria, metritis, etc), a nivel metabólico (cetosis, balance energético negativo prolongado), infecciosos propios del animal o precedentes en

el establo (brucelosis, leptospirosis, entre otros), o a nivel de la ubre (mastitis clínica o subclínica)

- Ambientales (clima, tipo de instalaciones, comederos, bebederos, sombras; y la limpieza y ubicación de estas)
- Nutricionales (calidad y cantidad de concentrados, forrajes y suplementos; que influyen en la salud y condición corporal del animal)
- Tamaño del hato
- Manejo reproductivo por parte de los operarios y encargados del establo (detección de celo, manejo del semen; y los programas de inseminación artificial y sincronización de celos)

Asimismo, la baja performance reproductiva determina diversas consecuencias negativas; como son menos pariciones por vaca, con un menor número de campañas lácteas en su vida y un mayor porcentaje de bajas, menor porcentaje de vaquillonas de reemplazo, y la imposibilidad de aumentar el número de animales productivos con un progreso genético, así como menores ingresos económicos del hato (Ricagni, 2006).

2.1.1. Desempeño reproductivo de los bovinos lecheros a nivel mundial

Uno de los principales objetivos de la ganadería lechera es producir leche (valga la redundancia) por lo que muchos productores cuando no logran los niveles productivos deseados, prefieren aumentar el consumo de materia seca (García, 2019) o emplear métodos como la lacto-inducción (Lucy, 2001) entre otros para aumentar la producción láctea dejando de lado otros aspectos. Sin embargo, en vez de ello, debería primar la eficiencia reproductiva de las vacas que realmente traería un aumento de la producción; pues como ya se mencionó, la producción láctea de un animal inicia cuando ocurre el parto.

Para evaluar el desempeño reproductivo debemos realizar controles constantes de los animales, ya sea a nivel grupal o individual de ser necesario, para saber si estamos

trabajando adecuadamente o de lo contrario para poder tomar las decisiones correctas y precisas para corregir ciertas deficiencias si es que las hubiése (Lo Greco, 2015). Para realizar dicha evaluación, se emplean los parámetros de eficiencia reproductiva como son la Tasa de Detección de Celos (TDC), la Tasa de Servicio (TS); y por sobretodo la Tasa de Preñez (TP).

Es así que, cuando hay una buena detección de celos (TDC), habrán más servicios (TS), y por ende mejores porcentajes de preñez (TP); y una mejor eficiencia reproductiva. En cambio, si la TP es muy baja, quiere decir que la TS es muy baja; y los porcentajes de concepción es probable que también sean bajos; y si esto último ocurre puede implicar que hay alteraciones en cuanto a la fertilidad de los animales. Asimismo, cuando la TS es baja, quiere decir que los celos no se están detectando como corresponde (TDC baja) o por alguna de las alteraciones descritas a lo largo del texto, ya sea en el propio animal o en el hato, éste (el celo) no se ha manifestado adecuadamente. Y si la TP es muy baja y se mantiene así por mucho tiempo se verá afectada la producción láctea y habrá mayores porcentajes de saca por fallas reproductivas (Ruiz y Sandoval, 2014).

En algunas partes del mundo se señala que las TP y los parámetros asociados aún son muy bajos en comparación a lo esperado (recuerden que la TP debería ser ≥ 20%); lo cual refleja que aún hay muchos problemas por resolver en los hatos ganaderos. Es así que, según:

- LeBlanc (2013), en un estudio realizado en establos de Ontario- Canadá entre los años 1999 al 2011; reportó una TP de 12.5%, una TS de 33.9% y una TC de 37.2%.

- Hernández (2016) en cambio, reportó una TP de 15% en establos de EEUU.

Esta baja TP que está resultando ser una tendencia en el mundo, según diversas encuestas (también en EEUU) publicadas por Caraviello et al. (2006); están asociadas

muchas veces a bajas TS en conjunto con bajas TC y aunadas a la problemática de un gran número de infecciones uterinas. De estos, se menciona que un gran porcentaje (86%) de los primeros servicios realizados son producto del empleo de protocolos hormonales, y otro gran porcentaje (77%) de los servicios requirieron protocolos de re-sincronizaciones (Caraviello et al., 2006). Sin embargo, no olvidar que la sofisticación de nuevos protocolos no excluye corregir deficiencias generales.

El desempeño reproductivo influye sobre el rendimiento económico; por lo que las variaciones en la TP aunque sea en un punto porcentual, reflejarán dichos cambios; es así que en EEUU la disminución de la TP generará de 12 a 15 dólares que se dejará de percibir por cada vaca al año; mientras que en México el incremento de la TP producirá una ganancia adicional de 748 pesos anuales por vaca (Hernández, 2016).

2.1.2. Desempeño reproductivo de los bovinos lecheros en el Perú

La Cuenca Lechera de Lima es una de las cuencas tradicionales del país donde por más de 100 años se ha venido criando ganado lechero de la raza Holstein principalmente debido a que por sus características fenotípicas son productoras de leche por excelencia, es decir que sus campañas lácteas suelen ser altas y con una leche de alta calidad y digestibilidad, en comparación con otras razas (Gutiérrez, 2009; Pallete et al., 2018). La mayoría de establos de Lima (capital y provincias) tienen una crianza intensiva, con ordeño mecánico (2-3 ordeños por día); alimentación a base de forrajes y concentrado; y en el aspecto reproductivo emplean como base la Inseminación Artificial (Pallete et al., 2018).

Ahora bien, en Perú y en Lima no es la excepción, para medir la eficiencia reproductiva de los establos; también se han venido aplicando de forma equivocada los parámetros convencionales (como el intervalo entre partos y el número de días abiertos entre otros). Aunque actualmente, ya se sabe la importancia que tienen los parámetros de eficiencia reproductiva reales (TDC, TS y por sobretodo la TP) y se vienen empleando cada vez con más frecuencia.

El hecho de que, en la mayoría de los establos de explotación intensiva de Lima se cuente con un médico veterinario, ingeniero zootecnista o técnico encargado en el mismo establo, además de un asesor externo que realiza visitas periódicamente; sin duda alguna ayudará a que se pueda realizar una adecuada monitorización del desempeño reproductivo del establo de forma constante (Sandoval et al., 2017).

A pesar de ello, la Tasa de Preñez de los establos de la Cuenca Lechera de Lima; así como sus variables relacionadas (la TS y TC) todavía tienen muchos aspectos por mejorar; pues de acuerdo a los diversos estudios realizados, según:

- Ruiz y Sandoval (2014), en un estudio realizado en establos de Huaral y Cañete entre enero del 2013 a febrero del 2014; hallaron una TP de 10.1%, así como una TS de 47.29%.
- Sandoval et al. (2017), en un estudio donde se evaluó los datos de 4 establos de Lima capital y provincias entre los años 2010 al 2013; hallaron una TP de 15%, una TS de 44.6%; y una TC del 35% aproximadamente.

Dichos resultados reflejan valores menores a lo esperado y corroboran que aún existen muchas deficiencias, pues la TP debía ser igual o mayor al 20% (TP ≥ 20%) (Glauber, 2012), mientras que la TS debería oscilar alrededor del 70% (Sandoval et al., 2017). Esto puede deberse, dentro de muchos factores, a que:

- Muchos ganaderos de forma equivocada creen que incrementando solo la TC lograrán de igual forma mejorar la TP, por lo que no se preocupan en mejorar la TS, al menos no de forma directa; cuando en la realidad sería esto lo que podría ayudar a mejorar más la TP.
- Asimismo, aún hay muchos ganaderos que no saben cómo calcular dichos parámetros (TS y TP); por lo que es probable que no se den cuenta a tiempo de si hay o no fallas de importancia en el hato.

Para mejorar la eficiencia reproductiva de los hatos de Lima; primero debemos analizar la situación de éstos y trabajar con todas las herramientas que tenemos a nuestro alcance, desde las cosas más evidentes pero que quizás no estamos manejando bien, hasta la implementación de programas hormonales y otros pero con la capacitación pertinente.

2.2. Registro de información para evaluar el desempeño reproductivo

Para realizar estas mediciones se necesita llevar registros detallados (Wattiaux, 1999), anotando las variables de importancia de cada vaca como son:

- ***Identificación del animal***: debe registrarse el nombre y número de la vaca; así como su fecha de nacimiento.

- ***Raza***: en los establos lecheros de la cuenca de Lima, la raza predominante es la Holstein (Pallete et al., 2018) por su gran potencial genético lechero, seguida de Brown Swiss, y Jersey en mucho menor número.

- ***Número de partos, así como la fecha del último parto*** (éste último dato es de mucha importancia); y también el sexo de su cría.

- ***Fechas de celo*** (ya sea que se haya empleado o no un programa de sincronización); es importante este dato porque nos indica si el animal tiene ciclicidad ovárica.

- ***Fecha del cruce y/o Inseminación Artificial; así como el número de servicios***

- ***Diagnóstico de gestación***: (Fecha y resultado - ya sea preñada o vacía). Usualmente este diagnóstico se realiza mediante palpación rectal a los 60 días post- inseminación artificial (Soto, 2005; Gutiérrez, 2009); pero si el evaluador es muy experimentado puede realizar el diagnóstico tempranamente a los 35-45 días en promedio después del cruce (Soto, 2005; Ruiz et al., 2017).

- ***Fecha probable de parto***: Se calcula considerando el periodo que dura la gestación, que es aproximadamente 9 meses o para ser más exactos alrededor de 283 días después del último cruce o Inseminación Artificial.

- ***Periodo de seca:*** Es el período obligatorio donde la vaca debe dejar de estar en producción; y debe iniciarse 60 días antes del parto, pues es en este período donde la cría termina su última fase de desarrollo en el útero de la madre y se requiere que la mayor parte de aportes nutricionales que recibe la madre sean para la cría y no para otros propósitos (Soto, 2005). Además de que permite la recuperación del tejido mamario y su preparación para una nueva lactancia o campaña (Soto, 2005; Gutiérrez, 2009).

- ***Las observaciones médicas*** (como mastitis, metritis, cojeras y cuadros infecciosos variados) entre algunos datos adicionales también deben ser mencionados.

Todos estos datos mencionados en los registros nos ayudarán para poder calcular de manera más precisa los índices reproductivos y así predecir los eventos posteriores (a nivel reproductivo) así como corregir las deficiencias que existan en el establo (Wattiaux, 1999; Bonilla et al., 2014). Pero, no olvidar que debe haber una capacitación o conocimiento del tema por parte de los administradores y operarios de cada hato lechero, pues la entrada de datos irregulares puede comprometer los cálculos de la eficiencia reproductiva disminuyendo por ende la posibilidad de tomar las decisiones correctas (Wattiaux, 1999).

2.3. Indicadores convencionales que evalúan el desempeño reproductivo

Según Fetrow et al. (1990), estos son los parámetros reproductivos más empleados por los ganaderos. Su objetivo es evaluar de manera global el desempeño reproductivo del hato. Entre estos tenemos: al intervalo entre partos, el número de días abiertos, el porcentaje de saca por fallas reproductivas, los servicios por concepción y la tasa de concepción.

Se sabe que los parámetros reproductivos convencionales mencionados son de mucha importancia; porque nos dan indicios del manejo y la situación de los establos; sin embargo; éstos hacen una evaluación retrospectiva; es decir, en tiempo pasado; o para ser más claros, de algo que ya ocurrió, pero no nos dicen qué es lo que está sucediendo en el momento; razón por la cual es difícil que los ganaderos puedan resolver oportunamente los problemas reproductivos, que como ya se ha descrito afectarán el manejo productivo y de rentabilidad del hato. En el Cuadro 1 se aprecia un breve resumen de los parámetros descritos anteriormente.

Cuadro 1. Resumen de índices reproductivos de vacas lecheras

Índice Reproductivo	Valor óptimo	Indicador de problemas
Intervalo entre Partos (IEP)	12.5 - 13 meses	> 14 meses
N° Días abiertos ó Interv. Parto-Concepción (DA ó IPC)	85 - 110 días	> 140 días
Tasa de Concepción con 1 servicio (vacas en producción)	50 - 60%	< 40%
% Vacas que conciben antes del 3er. Servicio	> 90%	< 90%
N° Servicios / Concepción (NSC)	< 1.7	> 2.5
% Vacas vacías > 120 días post-parto	< 10%	> 15%
% abortos	< 5%	> 10%
% Saca por falla reproductivas (% SPFR)	< 10%	> 10%

(Adaptación de Wattiaux, 1999)

A continuación, se explica brevemente en qué consisten cada uno de estos parámetros, y también se hace mención de los resultados de algunos estudios que se han realizado en la Cuenca Lechera de Lima para evaluar dicho desempeño reproductivo.

2.3.1. Intervalo entre partos o intervalo parto - parto (IEP ó IPP)

Es un parámetro reproductivo, de tipo retrospectivo, que como su mismo nombre lo indica, mide el período entre dos partos consecutivos de una vaca. Este parámetro comprende el período de días abiertos (vacíos) más el tiempo de gestación; siendo el tiempo de gestación un período casi fijo que dura 9 meses aproximadamente o para ser más precisos alrededor de 283 días (+/-10 días); mientras que el período de días abiertos es variado pues está influenciado por el tipo de manejo, la alimentación y el factor sanitario de cada establo (Velásquez, 2010).

El Intervalo entre partos a su vez está determinado por: el período de espera voluntario (PEV - donde acontece el puerperio postparto), el porcentaje de detección de celos, el porcentaje de concepción; y los porcentajes de muerte embrionaria y abortos que ocurren en un hato (Giraldo, 2008).

Además, el intervalo entre partos influye sobre el número de terneros a lo largo de la vida de una vaca (PROGANIC-JICA, 2009), y sobre la producción lechera diaria de cada establo (Risco y Archibald, 2005); y si el periodo es el adecuado también puede ayudar a incrementar los ingresos del establo (PROGANIC-JICA, 2009).

Este parámetro es expresado generalmente en meses (Olivera, 2010) y puede ser evaluado en cada vaca o emplearse en todo un grupo. Un adecuado intervalo entre partos debería oscilar entre 13.6 a 13.8 meses (Olivera, 2010); que es un tiempo aproximado al ideal esperado donde se busca obtener 1 cría por vaca por año.

Fetrow et al. (1990) mencionan que para calcular el IEP, la fórmula debe basarse en obtener la diferencia entre la fecha del último parto (FUP) con la fecha del parto anterior (FPA), y todo esto dividido entre 30.4 (que es la duración promedio del mes):

IEP = (FUP - FPA)/ 30.4

Aquí mencionamos datos de algunos estudios realizados en la Cuenca Lechera de Lima, según:

- Salazar (1993); reportó un IEP promedio de 13.38 meses para el año 1990 y un IEP de 13.06 meses para el año 1991.

- Cabrera y Mellisho (2000), en un estudio realizado entre los años 1991 y 1995, encontraron un IEP promedio de 14 meses.

- Ortiz et al. (2009), recolectaron información de 775 animales de la raza Holstein en cuatro establos de crianza intensiva de Lima, entre los años 1994 al 2002; obteniendo los siguientes resultados de 15.1, 15.7, 14.4 y 16.1 meses en cada uno de los establos, con un promedio de 15.2 meses en total.

- Sessarego et al. (2014), evaluaron el rendimiento de 3 establos en el Valle de Huaura, entre los años 2007 al 2011; encontrando un IEP de 14.32 meses en total.

- Chunga (2017), reportó un IEP promedio de 14.93 meses en un estudio donde se evaluó los parámetros reproductivos de 3 establos de la zona de Carabayllo y Puente Piedra (San Simón con un IEP de 13.9; Piamonte con un IEP de 14.9; y El Pino con un IEP de 16 meses) entre los años 1997 a 1998.

- Mientras que, Pallete et al. (2018), después de analizar 1588 datos del establo Piamonte (en Carabayllo) correspondientes al período de 1998 hasta el año 2007, se encontró un IEP de 15.1 meses.

Por los resultados obtenidos, se evidencia en la mayoría de los casos que los IEP no son los esperados, probablemente debido a ciertas alteraciones en el manejo reproductivo entre otros aspectos. Pero, a pesar de ello se sabe que el intervalo entre partos nos da indicios de que algo está ocurriendo en el hato (reproductivamente hablando), ya sean

óptimos o no sus resultados. Por lo que es considerado un parámetro de suma importancia; pero no por sí solo sino en su conjunto con otras variables.

Sin embargo, puede ser considerado hasta cierto punto, como un parámetro sesgado, pues excluye a un gran número de animales como son las vacas primerizas, las vacas vacías, y las vacas dadas de baja del hato por fallas reproductivas (Olivera, 2010; Ruiz y Sandoval, 2014). Asimismo, como el IEP sólo se puede medir casi un año después del último parto; por sí sólo no nos permite identificar oportunamente algunos problemas del hato y por ende tomar las medidas correspondientes para mejorar la reproducción (Olivera, 2010).

2.3.2. Días abiertos (DA)

Este parámetro evalúa la cantidad de días que transcurren desde el último parto de una vaca hasta que ésta logra quedar preñada; es decir desde el parto hasta su siguiente concepción por lo que también se le conoce como "Intervalo Parto- Concepción" (IPC) (Olivera, 2010).

Este período abarca el tiempo de puerperio más el tiempo donde se dan los servicios hasta lograr una concepción (Velásquez, 2010). Durante este período post- parto, se dan varios procesos fisiológicos a nivel reproductivo como son la involución uterina y el restablecimiento de la actividad ovárica; y por tanto la presentación de nuevos celos (La Torre, 2001). De forma más detallada se sabe que, durante el puerperio se propician todos los cambios necesarios para que el útero post-parto regrese al estado casi normal de un útero vacío; y por tanto estar preparado para recibir, anidar, nutrir y permitir el desarrollo de un nuevo feto. Además, durante el puerperio se eliminan los loquios, lo cual ayuda a la limpieza de la cavidad uterina (Toribio, 2013).

Debido al puerperio y por ende a la inactividad ovárica, usualmente el 25% de las vacas lecheras no se detectan en celo antes de los 40 días post-parto; además la primera ovulación post-parto frecuentemente no va acompañada de un comportamiento típico de celo por lo que se le conoce como "celo silente" (La Torre, 2001). Pero, una vez que la actividad cíclica se reinicia; si se insemina y se logra que la vaca conciba como máximo al segundo o tercer celo detectado, entonces se podrá obtener un promedio óptimo de 85 a 110 días abiertos (Acero, 2009), ó de 134 a 135 días abiertos como máximo (Olivera, 2010). Y todo esto dará como resultado, la obtención de una cría por vaca por año. Más por el contrario, en los rodeos o hatos con un mayor número de días abiertos o intervalo parto-concepción se generan mayores descartes por infertilidad (Camusso, 2020).

Las vacas que presentaron problemas reproductivos como partos distócicos, retención de placenta, metritis, descargas vulvares anormales, o antecedentes de ciclos irregulares (Soto, 2005), así como aquellas que presentan un bajo índice de condición corporal; son más propensas a tener períodos prolongados de días abiertos; sobretodo si no reciben tratamientos oportunos, ya sea en base a tratamientos hormonales o con antibióticos (Soto, 2005); o mejorando sus requerimientos nutricionales, según corresponda.

El cálculo de los días abiertos se basa en la diferencia entre la fecha del último parto (FUP) y el parto anterior (FPA); al cual se le resta adicionalmente 280 (que es aproximadamente el número de días que dura la gestación, equivalente a 9 meses), como lo indican Fetrow et al. (1990):

$$\mathbf{DA = (FUP - FPA) – 280}$$

Según algunos estudios realizados por diversos autores en la Cuenca Lechera de Lima, el número de días abiertos (días vacíos o intervalo parto-concepción) reportados fueron:

- Salazar (1993), reportó un promedio de 124 DA en el año 1990 y de 117.02 DA en el año 1991.

- Cabrera y Mellisho (2000), encontraron un promedio de 145.3 DA en un estudio realizado entre los años 1991 y 1995.

- Ortiz et al. (2009) encontraron un promedio de 181 DA en un estudio realizado entre los años 1994 al 2002.

- Sessarego et al. (2014), reportaron un promedio de 156.75 DA en un estudio realizado en 3 establos de la zona de Végueta (Huaura- Lima) entre los años 2007 al 2011.

- Chunga (2017), en cambio, reportó un promedio de 167.75 DA al evaluar los datos de 3 establos de las zonas de Carabayllo y Puente Piedra (San Simón, Piamonte y El Pino) entre los años 1997 a 1998.

Como se puede apreciar, los valores reportados de DA nos dejan entrever que, en muchos de los establos, el tiempo que demoran los animales en concebir es mucho mayor al esperado; sin embargo, saber este dato no basta, pues al ser una medición a largo plazo no nos permitirá resolver los problemas a tiempo. Además, hay que añadir que una deficiencia de este parámetro es que sólo considera a las vacas que han llegado a parir o preñar (Plaizier et al., 1998), pero excluye a un gran grupo de vacas como se mencionó en el ítem anterior (primerizas, enviadas a camal, o que no han llegado a preñar).

2.3.3. Servicios por concepción (SC)

Este parámetro (de tipo retrospectivo) evalúa la cantidad de inseminaciones o cubriciones en promedio que han sido necesarias para generar una concepción (Acero, 2009). La fórmula que nos permite calcular los servicios por concepción (SC) se basa en la división del número de servicios (NS) en un período determinado de tiempo, entre el número de concepciones (NC) que se lograron en ese mismo periodo de tiempo; como lo indican Fetrow et al. (1990):

$$\mathbf{SC = NS/NC}$$

Este parámetro (SC) se puede calcular de forma mensual o anual; o teniendo en cuenta la injerencia que pueda tener la fertilidad del toro, o la calidad de trabajo del inseminador (Soto, 2005). Para iniciar con los servicios post- parto, el organismo debe estar

restablecido, tanto a nivel reproductivo netamente (involución uterina, y reinicio de actividad ovárica), como a nivel fisiológico general (animal saludable sin infecciones o anomalías de ningún tipo; así como registrar un peso adecuado expresado en una condición corporal ideal) porque de lo contrario, por más servicios que se realice es poco probable que se logré la concepción deseada ó en el tiempo deseado. Además, también se debe contar con adecuadas condiciones medioambientales (clima, temperatura, humedad) y de confort (bebederos, comederos, sombras, y demás instalaciones) en el hato (Glauber y Barreiro, 2014) para minimizar los factores externos que afecten la fertilidad de los animales.

Una vez reiniciada la actividad hormonal postparto, comienzan a aparecer los celos, que como es sabido se presentan cada 18 a 24 días (21 días en promedio) (La Torre, 2001). Sin embargo, no basta con que estos celos aparezcan en el organismo, sino en que sean detectados por el personal encargado; pues de lo contrario éstos (celos) serán inútiles para servir al animal. Es sabido que hay muchas deficiencias en este aspecto (detección de celo), principalmente por la poca expresión en los signos de celo o por fallas en su detección como se acaba de mencionar; por lo que resulta muy conveniente emplear métodos que nos ayuden en su detección, como son la sincronización de celo por ejemplo (Saharrea, 2016).

Conocer los signos característicos del celo; como el bramido, la conducta de monta, presencia de moco vulvar transparente, y otros signos secundarios; ayudarán a los operarios del hato a identificar los celos reales de manera oportuna y fiable para proceder con un servicio como corresponde; y no a falsos celos que nos conlleven a fallas en la concepción (Risco y Archibald, 2005). Por ende, una detección de celo oportuna y fiable se traducirá también en un menor número de servicios por concepción.

Teóricamente, se puede lograr la tan ansiada concepción mediante un solo servicio, pero en la realidad se sabe que en muchos casos hay que inseminar o servir a un mismo animal varias veces para lograr una gestación (Acero, 2009); por lo que este parámetro (SC) también puede emplearse para evaluar el éxito o fracaso de un programa de inseminación artificial (Olivera, 2010).

Si se quiere lograr que las vacas lecheras preñen lo más pronto posible después del último parto, lo ideal sería que las vacas se observen en celo, se inseminen y conciban en no más de 3 ciclos luego de superado el período de espera voluntario (PEV- el cual oscila entre los 40 a 70 días postparto) (Glauber, 2012). Algunos autores proponen un valor promedio menor a 1.7 servicios por concepción como un valor óptimo cuando se evalúa a todo el hato o a un grupo de ellos, mientras que si sobrepasa los 2.5 SC son considerados un indicador de problemas (Wattiaux, 1999); aunque si se evalúa los servicios a nivel individual este debería ser igual o menor a 2 servicios por concepción como máximo (Soto, 2005). Pero, para lograr esto, luego de una primera inseminación es necesario la detección rápida de los animales vacíos, ya sea por detección visual de los celos (21 días post-IA), por ecografía o por cualquier otro medio; para luego proceder con una re-inseminación de ser necesario (Jácome, 2012; Bartolomé, 2014).

También hay que considerar la habilidad del técnico inseminador y la fertilidad del semen empleado; para lograr un buen nivel de concepción (Soto, 2005; Risco y Archibald, 2005) con el menor número de servicios posibles. Sin embargo, el número de servicios por concepción, tampoco es un indicador definitivo de eficiencia reproductiva, puesto que no toma en cuenta a las vacas inseminadas pero que no llegaron a preñar (Olivera, 2010).

2.3.4. Tasa de concepción (TC) general

La Tasa de Concepción es un parámetro reproductivo (retrospectivo) que evalúa diferentes factores asociados a la fertilidad, a través de la medición de la proporción de servicios realizados que originan una concepción (Camusso, 2020).

Fetrow et al. (1990), mencionan que para calcular la tasa de concepción se debe dividir el número de concepciones logradas (NC) en un determinado periodo de tiempo, entre el número de servicios (NS) que se realizaron en ese mismo periodo de tiempo; y todo esto debe ser multiplicado por 100, como se observa en la siguiente fórmula:

$$\mathbf{TC = (NC/NS) \times 100}$$

En las últimas décadas, se ha evidenciado una reducción considerable del porcentaje de concepción (Bonilla et al., 2014); debido a fallas ya sea de tipo reproductivas propias del animal o relacionadas con su manejo; ó por alteraciones en su entorno (factores climáticos, y de instalaciones, entre otros). Todo ello ha generado problemas reproductivos de mucha importancia en los hatos lecheros.

Como se mencionó brevemente en el párrafo anterior, la tasa de concepción se ve influenciada por varios factores, como son:

- El factor medioambiental (temperatura y humedad elevadas)

Aunque es sabido que, las vacas son animales homeotermos (es decir que tienen la capacidad de regular su temperatura corporal); cuando la temperatura ambiental es muy elevada (mayor a 28°C), genera la falla de los mecanismos termorreguladores de los animales, se alteran algunos procesos metabólicos y se reduce el consumo de alimentos; lo cual afecta de manera directa la producción láctea, así como la reproducción a través de la alteración de los patrones de celos (Bishop et al., 1989) y los ciclos reproductivos como corresponden.

Asimismo, cuando la Humedad relativa del ambiente es muy elevada (mayor a 80%) en conjunto con la alta temperatura, también puede repercutir sobre la reproducción, puesto que el índice de enfriamiento del animal mediante el mecanismo de evaporación se ralentiza o no se produce, por lo que la termorregulación se ve comprometida, además de que favorece la proliferación de algunas enfermedades (Bishop et al., 1989). Y si no les proporcionamos a las vacas las condiciones adecuadas en su entorno tales como sombras, bebederos, comederos, duchas entre otros, es probable que estos factores (temperatura y humedad) afecten de manera negativa al animal y por ende su producción, reproducción, y al hato en general. Por ello, se infiere que el factor medio ambiental, principalmente el calor, podría reducir la producción láctea a un 50% y las tasas de concepción a un 20% (Bishop et al., 1989).

- La Inseminación Artificial

Se menciona que, si la Inseminación Artificial (IA) se realiza aproximadamente 8-14 horas después del pico de celo, las Tasas de Concepción y Preñez pueden mejorar considerablemente (Lo Greco, 2015). Sin embargo, según algunas investigaciones donde se realizó la medición de la concentración de progesterona (en plasma o leche), se demostró que alrededor de 30% de vacas se inseminan cuando no están en celo (Risco y Archibald, 2005) ó cuando ya pasó el momento adecuado. Por lo que, un buen programa para detección de celos (ya sea visual, con marcadores, o parches, entre otros), así como los programas de sincronización de celo, o la Inseminación Artificial a tiempo fijo (IATF) podrían ayudarnos para que la inseminación se dé en el momento que corresponde.

Para realizar una Inseminación artificial adecuada, además de decidir el momento óptimo, también hay que considerar todos los aspectos relacionados; que van desde cómo se prepara la pistola de inseminación, hasta dónde se depositará el semen en la vaca (sitio adecuado: cuerpo del útero; según Wattiaux, 1999); las cuales son habilidades o tareas inherentes al técnico o personal encargado de dicho procedimiento (IA) y podrían afectar hasta en un 22% los niveles de concepción (Risco y Archibald, 2005).

- Factor sanitario

Como ya se mencionó en ítems anteriores, el factor sanitario a nivel reproductivo o general es de suma importancia; ya que es probable que un animal enfermo no quede preñado (Gutiérrez, 2009) o que tenga problemas para lograrlo. Es así que:

* A nivel reproductivo: aquellas vacas que presentaron partos distócicos, abortos, retención de placenta (mayor a 24 horas), metritis post-parto, u otras anomalías; deberán ser tratados según corresponda de acuerdo a la causa que originó esta patología; y deberán ser evaluados de forma más cuidadosa mediante palpación (Soto, 2005) u otros controles para verificar que el problema ya fue corregido, a fin de evitar retrasos en los periodos post-parto (anestros prolongados) o la imposibilidad de lograr una preñez a corto o mediano plazo.

* A nivel de todo el organismo en general: La mastitis es un factor que debe ser considerado, pues no sólo afectará la producción láctea del animal, sino que mientras más severa sea también afectará el desempeño reproductivo (Rearte, 2020). Asimismo, las cojeras y otras patologías infecciosas o metabólicas también influirán de forma negativa si no se corrigen a tiempo; puesto que los problemas de salud pueden generar malestar (focalizado o generalizado), lo que puede provocar a su vez disminución en la ingesta de alimentos o en sus actividades, lo que se traducirá en estrés fisiológico con la consecuente baja del sistema inmunológico y a nivel endocrino con la activación de mecanismos que antagonizan la liberación de GnRH, LH y FSH.

Pero, si además se asocian a otros factores como mala alimentación, o presencia de plagas (moscas, garrapatas, y otros insectos o animales rastreros), entonces también podrían predisponer a la muerte de los animales (Bishop et al., 1989).

- Nutrición y Condición Corporal (CC)

La medición de la condición corporal refleja el estado de carnes del animal o la cantidad de tejido graso que se acumula en ciertos puntos del cuerpo; lo cual a su vez nos dará un indicio para saber si el nivel nutricional de los animales es el adecuado o es deficiente (Wattiaux, 1999; López, 2006). La condición corporal cambia a lo largo del ciclo de la lactancia; pero si ésta se mantiene en un nivel adecuado en todo momento, se maximiza el potencial para una buena producción de leche y aminoran los problemas reproductivos (Wattiaux, 1999); por lo que es considerado como un buen predictor de los indicadores productivos y sanitarios (Rearte, 2020). Por tanto, una buena condición corporal será el reflejo para saber si el animal está llegando en condiciones nutricionales óptimas al momento de la preñez y luego al parto y postparto (Ojeda, 2018). Mientras que una mala CC podría inhibir la producción de GnRH por un tiempo más prolongado en el postparto, por lo que toda la cascada hormonal que prosigue se verá afectada; es decir inhibición de LH, desarrollo folicular inadecuado y retraso en la ovulación (Bonilla et al., 2014). Es por este motivo que debería realizarse un monitoreo permanente de la CC durante el manejo reproductivo de los hatos lecheros (Glauber, 2012).

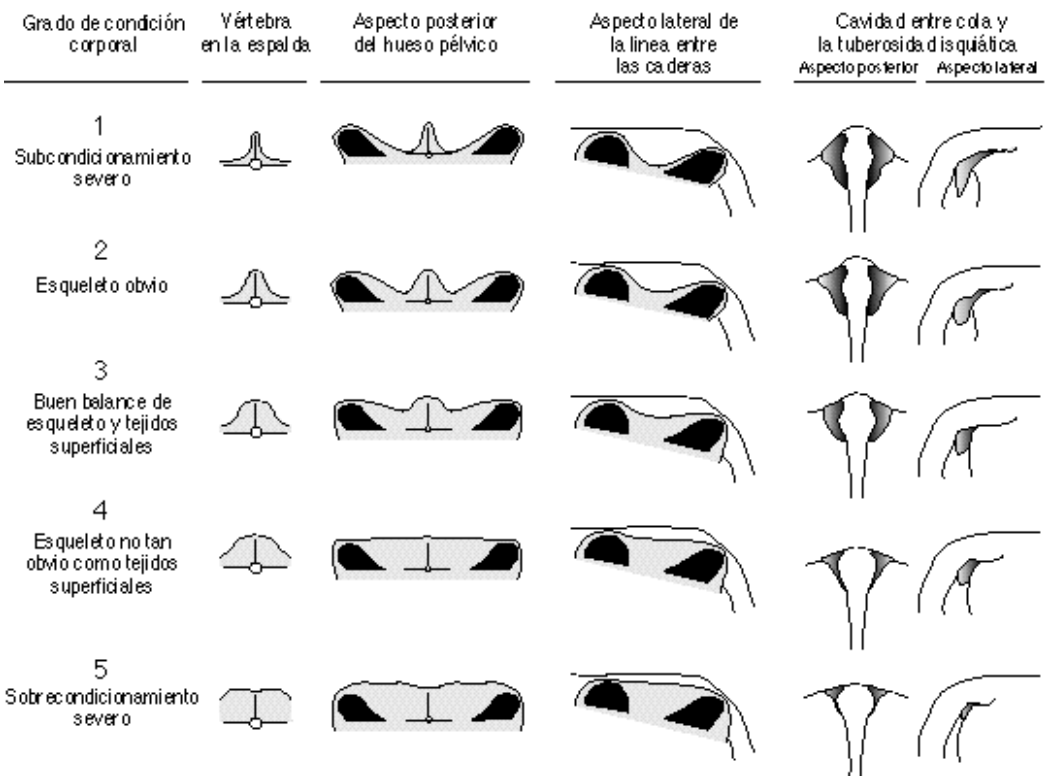

Figura 1. Score de la condición corporal establecido por Edmonson et al. (1989)

Edmonson et al. (1989), desarrollaron un método para determinar la condición corporal de los animales; el cual consiste en evaluar ciertas partes del cuerpo, como son: las costillas, la tuberosidad isquiática, la cadera, las vértebras, la base de la cola, entre otros; para así determinar si el animal está aprovechando los nutrientes que ingiere para llevarlos a su mantenimiento, reproducción y producción, más no a grasa; o que por el contrario ni siquiera los esté asimilando. Este método consiste en calificar a los animales bajo un sistema de puntajes que van del 1 al 5 (figura 1); donde 1 es para un animal caquéctico, mientras que 5 es para un animal obeso; siendo el ideal 3 puntos (Wattiaux, 1999).

Al momento del preparto, parto y postparto inmediato sería bueno si la vaca presenta una CC de 3.25 - 3.75 (Ojeda, 2018) y durante la lactancia tratar de mantener dicha CC alrededor de los 3 puntos (como se indicó en el párrafo anterior), lo cual permitirá que las

reservas energéticas del animal sean suficientes para el mantenimiento (general y reproductivo) de la vaca y para una buena producción láctea (Ojeda, 2018).

Si el animal llega con una CC baja al postparto inmediato, esto influirá de manera negativa sobre los eventos reproductivos que continúan; es decir, más servicios por concepción, mayor intervalo entre partos, periodos abiertos más amplios, entre otros (Bonilla et al., 2014). Debido a que bajo estas condiciones decrece la producción de la hormona Leptin; se produce la disminución del apetito y baja la síntesis de las hormonas reproductivas como son la GnRH y LH; y por tanto se altera la ciclicidad reproductiva de los animales; ya que se afectará el desarrollo folicular; y se generará un anestro (probablemente más prolongado) con la consiguiente dificultad para que la vaca entre en celo y conciba. Además, puede repercutir negativamente en los niveles de producción láctea (Ojeda, 2018).

En vacas lecheras que habían perdido mucho peso y condición al comienzo de la lactación (mayor a 10% o un equivalente a 1 unidad de CC) ó seguían perdiendo peso al momento de la cubrición (mayor a 1% semanal) se han observado bajos porcentajes de concepción (López, 2006).

En vacas con excesiva CC (es decir con sobre condicionamiento u obesidad), sobre todo en el último tercio de la gestación, también pueden generarse problemas al momento del parto como distocias, retenciones de placenta, metritis, quistes ováricos y cetosis (Bonilla et al., 2014); lo que obviamente también afectará el puerperio, con la consiguiente posibilidad de prolongar el periodo de anestro postparto y el reinicio de los ciclos ováricos, por lo que la fertilidad bajará o se retrasará. Ante las diversas alteraciones reproductivas que se presentan en los hatos, los tratamientos hormonales no funcionan si se aplican en vacas con anestro profundo por inadecuada condición corporal (Bonilla et al., 2014).

- Factores atribuibles al toro

Además de los factores mencionados, no olvidar considerar también los antecedentes o tasa de concepción atribuibles al toro (al momento de decidir la pajilla a emplearse en la inseminación artificial), la cual se menciona como muy favorable si ésta es superior a 55% (Soto, 2005). Por todo lo expuesto, los niveles de concepción son considerados de suma importancia en la evaluación reproductiva y tienen una clara influencia sobre la Tasa de Preñez (Risco y Archibald, 2005); sin embargo, no necesariamente son un indicador de la eficiencia reproductiva del hato.

2.3.5. Porcentaje de saca por fallas reproductivas (%SPFR)

Es un parámetro de tipo retrospectivo, que determina el porcentaje de vacas que fueron eliminadas del establo por problemas reproductivos; ya que no volvieron a ciclar (anestros prolongados) ó preñar, debido a que no recibieron un tratamiento adecuado o no respondieron a ningún tratamiento. Fetrow et al. (1990) señalan que para calcular el %SPFR se debe dividir el número de vacas que fueron eliminadas del establo por fallas reproductivas (VEPFR) en un periodo determinado de tiempo (mes, año, etc.), entre el número total de vacas que fueron eliminadas por distintas causas (VE) en el mismo periodo de tiempo; y todo ello debe multiplicarse por 100, como lo indican en la siguiente fórmula:

$$\%SPFR = (VEPFR/VE)\ x100$$

A nivel mundial, una de las principales causas de descartes de vacas es la reproducción; pero si se mejora el desempeño reproductivo del hato, los porcentajes de descarte pueden disminuir considerablemente y los ingresos económicos pueden incrementarse ya sea por venta de vaquillonas (Charmandarian et al., 2013), así como por mejoras en la producción láctea. Mientras que, mantener hembras con baja fertilidad es uno de los factores limitantes para el crecimiento del hato, además de que eleva los costos de producción; por lo que se recomienda descartar las vacas que no den crías después de

varios meses (Bishop et al., 1989); claro está después de haber intentado tratamientos diversos según sea el caso.

Si mejoramos la condición de los animales en todos los aspectos necesarios, ya sea disminuyendo o sopesando la exposición a altas temperaturas para disminuir el estrés de calor (mediante el uso de sombras, bebederos, duchas, etc); así como implementando programas sanitarios (controles reproductivos, vacunación contra enfermedades abortivas, tratamientos médicos para controlar enfermedades existentes o como medidas profilácticas) podremos prevenir y erradicar muchas de las causas de saca reproductiva y productiva (Chunga, 2017).

En estudios realizados en establos de la Cuenca Lechera de Lima, se determinó que el 52.7% de vacas enviadas a camal fueron por causas de infertilidad (Orrego et al., 2003) y en el Valle de Huaura específicamente el 37% son descartadas por este problema (Trujillo, 2010) lo que está generando altas pérdidas económicas al productor lechero (Sessarego et al., 2014). Esto revela que hay muchas deficiencias a nivel reproductivo en los hatos, pues los porcentajes aceptables de saca por fallas reproductivas deberían estar alrededor o ser menores al 10% del total de bajas generales del hato (Soto, 2005); pero como es evidente los porcentajes son mucho más altos de lo esperado.

2.4. Indicadores empleados en la actualidad para evaluar desempeño reproductivo

Los indicadores reproductivos son considerados parámetros de tipo cuantitativos ya que permiten evaluar numéricamente la eficiencia reproductiva de un establo (Ojeda, 2018); es decir que, expresan en valores numéricos o porcentuales lo que ocurre dentro del hato. Independientemente del sistema productivo que se emplee (intensivo o especializado, familiar, o de doble propósito- carne y leche) el desempeño reproductivo siempre influirá sobre los niveles de producción de las vacas, y por ende sobre la

rentabilidad de los hatos lecheros (Bonilla et al., 2014); puesto que, como ya se mencionó antes, a raíz de que inicia el principal objetivo reproductivo que es el parto, iniciará la producción láctea que es el segundo evento de gran importancia en el hato, lo que nos redituará un ingreso económico.

Los parámetros clásicos (como el intervalo entre partos, el número de días abiertos o IPC, el número de servicios por concepción), nos ofrecerán datos interesantes del hato, aunque de manera retrospectiva; por lo que será difícil corregir las deficiencias a tiempo si nos basamos sólo en estos valores; mientras que los parámetros que sí miden de forma más precisa el desempeño reproductivo y nos permiten actuar a tiempo son la tasa de servicio y la tasa de preñez. En la mayoría de los establos de la Cuenca Lechera de Lima, donde se realiza una crianza intensiva, se puede monitorear mejor el desempeño reproductivo de las vacas, ya que cuentan permanentemente con profesionales encargados (Sandoval et al., 2017).

2.4.1. Tasa de detección de celo (TDC)

Este parámetro evalúa la proporción de vacas que son detectadas en celo en un ciclo estral o en un periodo determinado de tiempo, para luego ser servidas (Piccardi et al., 2011; Camusso, 2020); lo que nos permitirá saber cuántos potenciales celos han sido realmente detectados (Olivera, 2010). Por ello, según Glauber (2012), la fórmula para calcular la Tasa de Detección de Celos se obtiene de la división de: la cantidad de vacas que presentaron celo (durante un periodo de tiempo de 21 días), entre la cantidad de vacas vacías que habían superado el PEV (al inicio de ese mismo periodo de 21 días).

$$\textbf{TDC} = \frac{\textbf{cantidad de vacas que presentaron celo}}{\textbf{vacas vacías (post-PEV)}}$$

*Una observación a tener en cuenta es que, las vacas evaluadas no deben ser rechazadas del hato (saca) o al menos no hasta finalizar el periodo de estudio (Glauber, 2012).

Como la vaca es una reproductora poliéstrica continua; quiere decir que presentará ciclos estrales a lo largo de todo el año (Gutiérrez, 2009); lo que implica que habrán muchos celos que se presentarán cada 21 días en promedio (con un rango de 18-24 días) y con una duración media de 18 horas (La Torre, 2001; Gutiérrez, 2009), los cuales deberán conllevar a servicios y que a su vez deberían terminar generando gestaciones.

La condición del animal, el confort, la alimentación y el estado sanitario juegan un papel fundamental para el retorno de la actividad ovárica post-parto y por consiguiente para la manifestación adecuada de celos y la ejecución de servicios en el momento indicado (Chunga, 2017). El factor medioambiental, sobretodo en las estaciones calurosas, también afecta la expresión de los signos de celo, por lo que su detección será menor durante estos meses (Chunga, 2017). Se considera que un adecuado nivel de detección de celos debería oscilar alrededor del 70% (Risco y Archibald, 2005).

2.4.2. Tasa de servicio

El término servicio se refiere al momento de la cubrición de un animal, ya sea por monta natural o por inseminación artificial; siendo este último (IA) el más empleado en los hatos lecheros de crianza intensiva del mundo. La tasa de servicio mide el porcentaje de vacas que son inseminadas, del total de vacas que se encuentran aptas para ser servidas en un hato, durante un periodo determinado de tiempo (Arteaga, 2020). Hablar de una vaca apta para servicio, implica que ésta no debe presentar anomalías en su estado de salud general (mastitis, cojeras o infecciones de otro tipo) o específico (a nivel reproductivo: metritis, retenciones de placenta, quistes ováricos, etc.); pues de lo contrario, es probable que se retrase el inicio de los servicios postparto, y que se realicen más servicios hasta lograr la tan ansiada concepción.

Luego del parto, se produce un anestro fisiológico normal en las primeras semanas, que corresponden al puerperio postparto, o periodo de espera voluntario (PEV); y dura de 45 a 70 días aproximadamente (Glauber, 2012). Terminado este periodo, se espera que se reanuden los ciclos estrales, debido al reinicio de las actividades ováricas, y los consiguientes celos, que de ser detectados a tiempo conllevarán a los servicios de la vaca (La Torre, 2001); esperando lograr la concepción a corto plazo.

Como resultado del 1er. servicio postparto se espera lograr un porcentaje de concepción favorable de hasta un 60%; mientras que aquellas que no preñaron deberán ser servidas nuevamente hasta lograr la gestación deseada. Se espera lograr un 90% de fertilidad en las pocas vacas repetidoras que vayan quedando (menos de 10% de vacas que necesitan más de 3 servicios) (Soto, 2005).

La literatura menciona que los servicios deben realizarse 8-14 horas (12 horas en promedio) después del pico del celo (Lo Greco, 2015). Aunque en la mayoría de los hatos se prefiere realizar los servicios (IA) sólo algunas horas después de su detección debido a que muchas veces no hay certeza del momento preciso en que inició el celo; por lo que en la práctica si el celo fue observado por la mañana, se insemina a la vaca por la tarde; asimismo, si el celo fue detectado en la tarde, la inseminación debe realizarse en las primeras horas de la siguiente mañana (Delgado et al., 1996; Gutiérrez, 2009; Hernández, 2016).

El primer servicio post- parto deberá ocurrir 22 días después de superar el PEV (Olivera, 2010). Sin embargo, debido a diversos factores, lograr la concepción al primer intento (primer servicio postparto) resulta muchas veces una tarea difícil (Ortiz et al., 2009); por lo que es importante estar atentos entre los días 18 a 24 (21 días en promedio) posteriores al servicio para identificar lo más pronto posible el nuevo celo si es que no se logró la gestación esperada (Wattiaux, 1999; Gutiérrez, 2009) y de ser así servir nuevamente al animal. También se puede realizar una ecografía a los 25 días post-servicio, para ayudar a un diagnóstico temprano de la gestación ó para identificar aquellos

animales que no preñaron; y así poder realizar una pronta re-inseminación (Jácome, 2012; Bartolomé, 2014).

En algunos estudios realizados en la Cuenca Lechera de Lima, el promedio de Días a Primer Servicio (DPS) o también conocido como Intervalo Parto Primer Servicio (IPPS) reportados fueron; según:

- Salazar (1993), señaló que el IPPS promedio fue de 76 días para el año 1990, mientras que para el año 1991 el IPPS fue de 80 días.

- Cabrera y Mellisho (2000), en un estudio realizado entre los años 1991 y 1995, señalaron que el promedio de IPPS era de 87.4 días.

- Ortiz et al. (2009) señalaron que el IPPS promedio fue de 109 días en un estudio realizado entre los años 1994 al 2002.

- Sessarego et al. (2014), encontraron un IPPS de 89.85 días en un estudio realizado en 3 establos del Valle de Huaura entre los años 2007-2011.

- Mientras que, Medrano (2018), en un estudio realizado en establos de la provincia de Huaura, obtuvo un IPPS de 91.1 días en invierno, 94.4 días en verano y 113.5 días en primavera.

A pesar de que existen muchos factores que podrían afectar el reinicio de la ciclicidad ovárica de los animales, los resultados mencionados son prometedores, puesto que los IPPS reportados en la mayoría de los casos están cerca o dentro del tiempo esperado, el cual es equivalente al PEV más 22 días (Olivera, 2010).

La fórmula para calcular la Tasa de Servicio (según una readaptación de la fórmula de la Tasa de Detección de Celos, presentada por Fetrow et al., 1990) está en base a la división de: la sumatoria de los servicios (Σ #Serv), entre la sumatoria de los días del ciclo

estral (Σ DCE), dentro de un periodo de estudio-tiempo; y a su vez todo multiplicado por 100.

$$\mathbf{TS = [\ (\Sigma\ \#Serv)\ /\ (\Sigma\ DCE)]\ x\ 100}$$

* Hay que considerar que los Días del Ciclo Estral (DCE) pueden variar en función de si se logró o no la gestación durante el periodo de evaluación; es así que:

a) En las vacas que no preñaron durante este periodo: DCE = (DELf – PVE) / 21
   - Pero si el estudio o periodo de evaluación es mensual y las vacas participaron durante todo el periodo: (**DELf** − 60) ≥ **DME**; por lo que: **DCE = DME**
   - Si el periodo de evaluación es mensual, pero las vacas solo participaron parcialmente durante el periodo de evaluación: (**DELf** – 60) < **DME**; entonces: **DCE = DELf** - 59

b) En las vacas que lograron preñar durante este periodo: DCE = (DELf – Días de gestación al final del estudio) / 21
   - Pero si el periodo de evaluación fue mensual y las vacas preñaron en este periodo: DCE = DME – Días de preñez al final del mes de estudio; (es decir, la cantidad de días que participaron en el mes).

c) Si se empleó Prostaglandinas (PG) para disminuir el intervalo del ciclo estral, se debe agregar siete días al ciclo estral por cada dosis de PG que se haya empleado en el periodo de estudio-mes (Fetrow et al., 1990). En este último caso, hay que acotar que el uso de PG resulta muy útil para mejorar la fertilidad en animales que tuvieron problemas durante el parto (Risco y Archibald, 2005).

{Dónde: DELf = Días en lactación al final del estudio; PVE = Periodo de Espera Voluntario; y DME = Días del mes de estudio (Sandoval et al., 2017)}.

Una observación adicional en este punto es que se hace referencia a los Días en lactación, porque todos los fenómenos reproductivos de las vacas luego del parto ocurren durante la fase de la lactancia (DEL), puesto que como se ha venido mencionando, una

vez que la vaca pare, la lactancia se inicia. Es así que, el PEV, los días abiertos (IPC), la reanudación de los ciclos estrales, los servicios, y demás eventos ocurren durante la lactancia.

Como existen diversos tipos de servicio, hay que tomar en cuenta que, cuando se realiza la monta natural o la inseminación artificial "convencional" debemos basarnos en la detección de celo para servir al animal (es decir, celo visto = vaca servida) por lo que la Tasa de Servicio y la tasa de detección de celos serán equivalentes (TS ≡ TDC). Pero, debido a las múltiples causas que afectan la detección de celos (y a pesar de los programas de sincronización de celos) se busca emplear métodos alternativos que induzcan a la ovulación y a una posterior inseminación de forma controlada (IATF) donde ya no sea necesaria la detección de estos celos, por lo que ya no se habla de ésta (TDC) sino sólo de Tasa de Servicio (Olivera, 2010). En este último caso (IATF), la tasa de servicio dependerá sólo del número de inseminaciones que se programen en el hato.

En conclusión, la tasa de servicio (TS) es uno de los parámetros más importantes para evaluar la eficiencia reproductiva del hato y de lograr su objetivo (la preñez) le ofrecerán al ganadero una buena rentabilidad.

2.4.3. Tasa de preñez:

Para lograr una medición de la eficiencia reproductiva de manera más adecuada, la tasa de preñez reflejará de manera objetiva la velocidad con que preñan las vacas en un

establo (Capitaine, 2002); y así saber si estamos trabajando bien para controlar los factores o variables que influyen en la producción y rentabilidad del hato, como se menciona en los párrafos anteriores.

Este parámetro (la Tasa de Preñez) se encarga de realizar la medición del porcentaje de vacas que logran quedar preñadas, del total de animales que previamente se encuentran aptos para servicio; en un determinado periodo de tiempo que suele ser un periodo estral (21 días) (Ferguson y Galligan, 2000; Olivera, 2010).

La fórmula para calcular la Tasa de Preñez (TP) está en base a: la tasa de servicio (TS) multiplicado por la tasa de concepción (TC) (Ferguson y Galligan, 2000):

TP = TS x TC

Y si bien la tasa de preñez está relacionada a estos dos parámetros (TS y TC) muy importantes, actualmente se sabe que existe una correlación más estrecha y directa con la tasa de servicio que con la tasa de concepción (Ruiz y Sandoval, 2014); por lo que si la TS en los establos de alta producción se incrementa, entonces será posible obtener mejoras reales en la TP (LeBlanc, 2013) de cada ciclo estral, del mes, o la acumulada-anual.

Ahora bien, para evaluar la Tasa de Preñez en un grupo y en un periodo de tiempo definido, se debe considerar a aquellas vacas que estaban vacías al momento de iniciar el periodo de evaluación, y que hayan superado el PEV; además de contar con algunas especificaciones mínimas de salud entre otras para no ser descartadas al menos no durante el periodo de evaluación (Fetrow et al., 1990; Glauber, 2012).

Todo ganadero trata de servir a sus vacas lo más pronto posible después del parto y de haber superado el PEV (Glauber, 2012) con el fin de que preñen y sean reproductivamente eficientes; sin embargo, se tiene que tener en cuenta que no basta con servir a las vacas para que preñen; sino que éstas deben estar aptas para iniciar con los servicios. Por ello,

según Ruiz y Sandoval (2014), si no se han corregido los problemas de diversa índole que hagan que la vaca sea considerada no apta, será mejor que se retrase el intervalo parto-primer servicio hasta que la vaca esté habilitada, y de esa manera se logrará obtener mejores TP anuales o acumuladas.

Aunque, lo ideal es corregir pronto las deficiencias de manejo en el hato, para que el inicio de los servicios post-parto no se retrase demasiado, puesto que, si las vacas permanecen vacías más de 365 días, la TP será baja, habrá un menor número de partos en el año; y la producción láctea se verá comprometida. Además, habrá un menor número de animales de reemplazo en el hato (Olivera, 2010).

De realizarse un buen manejo en todos los aspectos que afecten a las vacas, sobretodo a nivel reproductivo, se espera obtener una TP con un nivel aceptable del 20 al 25% (Olivera, 2010; Glauber, 2012; Hernández, 2016). Aunque según algunos reportes, en EEUU así como en otras regiones la tasa de preñez promedio oscila alrededor del 15% (Hernández, 2016). Si queremos que las TP no sean menores al 20% hay que procurar corregir las causas que generen dichos porcentajes; pues de lo contrario es probable que el tamaño del hato también se vea afectado (disminuyendo) debido a que habrán mayores porcentajes de saca por fallas reproductivas.

Ahora bien, si queremos realizar una evaluación de la TP anual, se recomienda que ésta sea igual o mayor al 50% (TP anual ≥ 50%) (Olivera, 2010) para considerarla efectiva.

Los eventos reproductivos, incluída la tasa de preñez, se ven influenciados en mayor o menor grado por ciertas variables de interés, como son: la intervención del personal de trabajo de cada hato (operarios, administradores, asesores externos), el factor productivo de las vacas (número de ordeños diarios, nivel de producción y duración de la campaña), las instalaciones del establo (distribución de corrales, pisos), el factor medioambiental (temperatura, humedad, y los eventos asociados como el estrés de calor); y el tipo de

manejo y programas reproductivos que se emplean (fechas/estación de servicios, número de partos, uso de prostaglandinas, e IATF, entre otros).

2.4.4. Relación entre la tasa de preñez y los indicadores convencionales del desempeño reproductivo

La Tasa de Preñez es el principal parámetro de medición de la eficiencia reproductiva y será el que realmente nos ayude a identificar si las vacas están preñando y en el tiempo debido (Ferguson y Galligan, 2000); o si es que existen fallas en la detección de celos, en los porcentajes de concepción u otros. Mientras que los parámetros reproductivos clásicos, como el intervalo entre partos (IEP), el intervalo parto-concepción (IPC), el número de servicios por concepción (NSC) y hasta la Tasa de concepción (TC) misma, no nos ayudarán a corregir las deficiencias del hato a tiempo por ser de carácter retrospectivos; sin embargo, eso no implica que estos parámetros (convencionales) no tengan importancia. Es más, hay que tener presente que se requiere el cálculo de la TC que es un parámetro convencional (como se acaba de mencionar) para poder calcular a su vez la TP (TP = TS x TC).

Por tanto, si es que logramos una TP adecuada, es probable que también se esté logrando obtener 1 cría por vaca por año, es decir un IEP cercano a los 13.6 meses (Olivera, 2010); con un IPC de 85-110 días abiertos (Acero, 2009), con 2-3 NSC como máximo (Hernández, 2016) y una TC que oscile alrededor del 30% (Hernández, 2016).

Si es que no se obtienen TP adecuadas se recomienda incrementar la cantidad de servicios (TS), claro está corrigiendo previamente aquellos factores que pudieran estar retrasando o alterando los servicios de alguna forma; así como disminuyendo la probabilidad de contraer enfermedades que pudieran causar abortos y otros problemas sanitarios.

2.5. Factores que afectan la tasa de detección de celo y la tasa de servicio

2.5.1. Factores a tener en cuenta para la detección de celo

Para hablar de los factores que afectan la detección de celos (DC) es importante saber primero los signos característicos de un celo y conocer aquellos métodos que se emplean para su reconocimiento; como son:

- ***Observación directa de los signos de celo***:

  Es el método clásico y hasta hoy todavía uno de los más empleados en todo tipo de hatos; sobretodo en aquellos de pequeña producción o familiares.

  Para esta tarea es necesario identificar los signos característicos de celo que son los siguientes: (Según: Sepúlveda y Rodero, 2003; Risco y Archibald, 2005; Bonilla et al., 2014; Reinoso, 2017).

- Conducta de monta (se da cuando las vacas en celo están en fase de receptividad; permitiendo ser montadas por otras vacas al simular la acción de monta de los toros)
- Incremento de mujidos o bramidos de forma intensa y continua
- Olfateo de vulva a otra vaca (la vaca en celo olfatea o se deja olfatear por otra vaca cerca de la cola)
- Flehmen (levantamiento del labio superior) suele ocurrir después de los olfateos a otras vacas
- Presencia de flujo vaginal (viscoso y traslúcido a su vez), que puede ir acompañado de tumefacción vulvar
- Reflejo de papada (se refiere a que el animal en celo suele apoyar la quijada en la grupa de otra vaca de manera frecuente durante este proceso)
- Acicalamiento o lamidos mutuos se incrementan

- Disminución pasajera de la producción láctea en las horas previas al celo (ocurre solo en algunos animales) (Bonilla et al., 2014)

Para no pasar por alto los celos se recomienda varios horarios de observación, 2-3 veces al día de ser posibles, con una duración media de 30 minutos cada uno (Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996; Carmona et al., 2006) y capacitación del personal encargado para reconocimiento de estos signos.

- ***Pinturas, aerosoles o parches marcadores con colores***; se aplican en la base de la cola o grupa para identificar a las vacas que han sido montadas. A más decoloración de éstos (marcadores) implica que el animal ha sido montado más veces por lo que se evidencia la presencia de un celo activo (Reinoso, 2017).

- ***Podómetros***

Son dispositivos que se encargan de registrar la actividad diaria de las vacas, mediante el conteo de sus pasos (de ahí su nombre de podómetro), ya que como se ha mencionado, la actividad y/o movimiento de los animales se incrementa durante el celo (Reinoso, 2017). Existen dos tipos de podómetros: 1) los podales tipo brazaletes, que se colocan en una de las extremidades (anteriores o posteriores) de las vacas; ó 2) los collares, que valga la redundancia, se colocan en el cuello. Cualquiera de los diseños cuenta con microcontroladores, acelerómetros y un mecanismo que envía las señales cada 5 minutos a 2 horas (dependiendo del modelo y marca) a un receptor enlazado a una computadora (Julca, 2017). Estos datos serán analizados por un encargado para definir qué vacas deben ser servidas. Los podómetros sirven de gran ayuda sobretodo en horarios donde hay poco o nulo personal, como la noche o madrugada. Y una observación final, es que estos dispositivos también nos podrán ayudar a detectar probables abortos o muertes embrionarias, puesto que las vacas gestantes no deberían presentar conductas de celo (Contexto Ganadero, 2015).

- ***Detectores electrónicos de presión de la monta (Heatwatch)***

  Estos detectores son colocados en la grupa de las vacas, con el objetivo de identificar de manera más precisa el momento de la monta. Una vez que se realiza ésta (la monta), el detector o sensor emite una señal que llegará a una antena receptora la cual se enlazará a un programa de computadora (Reinoso, 2017); para que el encargado del hato tenga una información actualizada y electrónica sobre qué animales han sido montados en un momento determinado; y así decidir cuándo inseminar.

- ***Novillas androgenizadas*** (tratadas con testosterona); tomarán el rol o conducta de un macho reproductor, evidenciando que aquellas vacas que sean montadas estarán en celo. Actualmente no es un método muy usado (Reinoso, 2017).

- ***Empleo de machos con desviación peneana***

  Es un método poco usado actualmente; debido a que muchos hatos ya no cuentan con toros en sus instalaciones, además de que el método en sí implica realizar previamente un procedimiento quirúrgico al toro (el cual podría considerarse controversial hasta cierto punto por el cambio anatómico forzado que se tiene que realizar al animal). En todo caso, de poder emplearse este método, la ventaja sería que las vacas podrían manifestar de manera más intensa las señales del celo ante la presencia de un toro; lo que sería de gran ayuda para determinar el momento adecuado para realizar un posterior servicio.

- ***Dosaje de Progesterona (P_4)***

  Para realizar la medición de Progesterona se debe tomar muestras de sangre (plasma) o leche a las vacas que serán evaluadas (Risco y Archibald, 2005) para procesarlas mediante el RIA (Radio inmuno análisis). Los niveles de progesterona pueden ayudar a determinar cuando la vaca se encuentra en celo (P_4 menor a 1 ng/ml) ó cuando está en período de ovulación y lista para ser inseminada o hasta

gestando en caso de haber sido servida antes (P_4 mayor a 1 ng/ml) (Cavestany, 2000). Por lo que, de poder realizarse esta prueba de manera rutinaria sería de mucha utilidad para el hato; pero debido al gran inconveniente que puede representar la toma de muestras respectivas (sangre o leche) en el momento adecuado; y que además hay que contar con la disponibilidad del laboratorio y prontitud en los resultados, si se quiere sacarle provecho a esos valores, resulta muy difícil poder emplear de manera efectiva esta prueba; sin mencionar los gastos económicos que esto puede implicar.

Recientes investigaciones han podido demostrar que cuando se utilizan estas técnicas conjuntamente con las observaciones visuales, se consigue un aumento importante en la eficiencia de la detección del celo (Risco y Archibald, 2005).

Sin embargo, si se pasan por alto los celos ó se detectan falsos celos; ya sea por mal manejo, por negligencia de los operadores o por otros factores; se podría poner en riesgo los servicios correspondientes. Y esto es corroborado por investigaciones donde se realizó la medición de las concentraciones de progesterona (en plasma o leche), demostrándose que alrededor del 30% de vacas son inseminadas cuando no están en celo (Risco y Archibald, 2005) ó cuando ya pasó el momento adecuado.

Por tanto, la detección de celo es muy importante para realizar los servicios necesarios hasta lograr la tan ansiada gestación; pero se hace más indispensable sobretodo en aquellas vacas repetidoras; puesto que por diversos desbalances requieren más servicios (3 ó más) para lograr concebir; lo que obviamente implica varios celos previos; y la falla en su detección podría generar una baja tasa de preñez, un mayor intervalo entre partos, o incluso el riesgo de saca (Acero, 2009); además de mayores gastos.

En el ítem de factores limitantes de la DC se detalla algunos puntos más que la afectan.

2.5.2. Métodos hormonales que permiten mejorar la tasa de servicios

Debido a diversas variables que afectan la detección de celos; en los últimos años se han ido innovando e implementando nuevos protocolos hormonales para inducir y/o sincronizar celos. Estos protocolos son a base de progestágenos, gonadotropinas y prostaglandinas principalmente (La Torre, 2001; Saharrea, 2016).

Para decidir cuál es el método complementario a emplear para la detección de celo (DC), primero hay que clasificar a las vacas en cíclicas o acíclicas (anéstricas); y de acuerdo a su situación implementar el método que corresponda; pero tomando en cuenta algunos requisitos mínimos a la hora de iniciar el tratamiento, como son que las vacas deben tener por lo menos 45 días post-parto, una CC adecuada, deben estar vacías y no deben tener patología alguna principalmente de tipo reproductivas (Saharrea, 2016).

Y de realizarse los procedimientos de sincronización de celos en forma adecuada, se podría lograr que hasta un 90% de vacas tratadas entren en celo y se sirvan (mediante IA) y que de éstas un 60% lleguen a preñar (Saharrea, 2016). Mientras que, si las vacas a tratar se encuentran en un anestro profundo (ya sea por mala CC o por otras causas) estos tratamientos hormonales no funcionarán (Bonilla et al., 2014).

Los métodos para sincronización de celos, según La Torre (2001), Saharrea (2016); y otros autores, son:

2.5.2.1. Mediante el empleo de Progestágenos

Este método se realiza en animales cíclicos o acíclicos. Los progestágenos empleados son a base Progesterona (P_4) de tipo natural o sintética; y se comercializan en forma de implantes subcutáneos, dispositivos intravaginales, o en presentaciones orales (Saharrea, 2016).

a. ***Implantes subcutáneos:*** contienen P_4 sintética.

El dispositivo o implante subcutáneo más conocido se llama CRESTAR; y su composición es a base de 3mg de NORGESTOMET (nombre de la P_4 sintética) (Saharrea, 2016), el cual es colocado en la cara lateral de la oreja como si fuera un pequeño chip. Este dispositivo a su vez viene acompañado de una fracción inyectable que contiene 5mg de Valerato de estradiol y 3mg adicionales de Norgestomet, los cuales se aplican vía intramuscular (La Torre, 2001). Tanto el implante como la fracción inyectable deben ser colocados en simultáneo; y luego ser retirados (el implante obviamente) 9 días después (La Torre, 2001); pudiendo obtenerse hasta un 87% de vacas en celo (Saharrea, 2016).

b. *Dispositivos intravaginales:* contienen P_4 natural.

Existen varios dispositivos de este tipo en el mercado a nivel mundial como son: CIDR, SINCROGEST, DIB, DIB Active, EMEFUR, CRESTAR IVG; siendo el CIDR uno de los más conocidos en nuestro medio (Perú). Los dispositivos intravaginales son principalmente a base de un material siliconado con forma de letra T y contienen su porción activa (la P_4) en las alas del dispositivo (Zoetis Spain, 2012). Estos dispositivos se colocan en la vagina al inicio del tratamiento (día 0) y según la clasificación de las vacas o novillas (cíclicas o anéstricas) o de los programas de inseminación que acompañen se podrán suplementar con el uso de otras hormonas como la prostaglandina ($PGF_{2\alpha}$) o la GnRH por ejemplo.

La P_4 aplicada se absorberá a través de la mucosa vaginal para luego llegar al torrente sanguíneo, desencadenando un efecto inhibitorio (FEED BACK NEGATIVO) sobre la producción de GnRH en el hipotálamo, así como de la LH (hormona luteinizante) y FSH (hormona folículo estimulante) en la adenohipófisis, por lo cual se frenará la ovulación y los estros "sin control". Luego de haber transcurrido de 7-9 días posteriores a la inserción de este dispositivo se procede al retiro del mismo, lo que desencadenará un descenso considerable de los niveles de P_4, lo cual reactivará nuevamente los mecanismos del ciclo estral. El celo suele presentarse 1-3 días después del retiro del implante (Zoetis Spain, 2012).

c. *Hormonas administradas vía oral, como el MGA (Acetato de Melengestrol)*

Este método no es tan empleado actualmente, debido a que las dosis del producto son bajas; además de que al requerir ser suministrada con los alimentos, muchas veces las vacas no ingieren sus dosis completas (Saharrea, 2016).

2.5.2.2. Mediante el empleo de Prostaglandinas (PG):

En estos protocolos se emplean Prostaglandinas de tipo natural o sus análogos de tipo sintéticos, los cuales presentan similares resultados (Saharrea, 2016); siendo las PG más conocidas a nivel comercial el Lutalyse, el Lutaprost, el Inducel Active, el Estrumate entre otros más de los diferentes laboratorios. Este método busca acortar el "ciclo estral normal" para que las vacas puedan entrar en celo lo más pronto posible (Jácome, 2012); y como las PG necesitan la presencia de un CL para ejercer su acción luteolítica éste es utilizado solamente en vacas cíclicas (La Torre, 2001); pero que por diversos motivos, ya sea por mala detección de celos u otros factores de manejo han tenido problemas para evidenciar celos marcados; o han tenido celos silentes; lo cual puede ser corroborado por palpación rectal hallándose muchas veces ovarios con presencia de estructuras quísticas luteales por ejemplo.

La PG es aplicada por vía IM, esperando generar la luteólisis correspondiente y un celo dentro de los siguientes 4 días (Saharrea, 2016); aunque según algunos reportes la luteólisis puede presentarse hasta 5 a 6 días después de aplicada la PG, ello en virtud del desarrollo folicular presente al momento de aplicado el tratamiento (Huanca, 2001; Jácome, 2012), por lo que el celo sincronizado se presentará recién 2 a 7 días después en un 60% aproximadamente de las vacas tratadas (Jácome, 2012). Aquellas vacas que no presentaron el celo correspondiente después de la primera inyección de PG; serán tratadas nuevamente con una segunda dosis de PG 11 días después (Saharrea, 2016).

Se menciona que cuando se aplican PG, se espera obtener buenos resultados si se detectan los celos antes de servir a las vacas (La Torre, 2001), en lugar de hacerlo a ciegas

(como sucede en el protocolo de IATF que emplea solo PG; el cual será detallado más adelante en el ítem de Tasa de Servicio). Un detalle adicional sobre el uso de estas PG es que debido a su efecto uterotónico (es decir que estimula cierta contracción en el tejido uterino) también se puede emplear como tratamiento en casos de metritis, piometras, o retención de placenta (Zoetis Camcar, 2013).

En la actualidad muchos hatos lecheros están optando por el empleo de estos protocolos de sincronización de celos; debido a que la detección de celos bajo estos sistemas suele ser más precisa, además de que induce, sincroniza y corrige los problemas que retrasan o afectan la ciclicidad de las vacas. Mientras que, la detección de celos "convencional" (por visualización directa) puede estar expuesta a diversas variaciones (ya descritas anteriormente) por lo que habrá que estar más atentos para no pasarlos por alto y lograr su detección (de los celos); lo cual puede generar más gastos y horas de trabajo por vaca para dicha tarea (Olynk y Wolf, 2008).

2.5.2.3. Mediante el empleo de Programas de IATF:

Los programas de IATF van de la mano con programas de sincronización de celos; de manera que estos ya no requieran de una detección de celos convencional; sino que a través de éstos controlarán la dinámica de la onda folicular y la ovulación; para luego proceder a la IATF (Saharrea, 2016). Debido a ello, el número de animales servidos en el hato se incrementará, así como los porcentajes de concepción al primer servicio (Saharrea, 2016).

Existen varios protocolos de IATF, como son: OVSYNCH, PRESYNCH, COSYNCH, SELECT SYNCH, así como protocolos con PROGESTÁGENOS entre otros (Jácome, 2012; Saharrea, 2016); que describiremos brevemente:

- ***OVSYNCH*** → Este protocolo sincroniza el desarrollo folicular, el proceso de luteólisis y el tiempo de ovulación; para posteriormente realizar la IATF sin requerir una detección de celos previa. Se puede lograr un 85-90% de ovulación

sincronizada en vacas en producción (es más efectivo en vacas que en vaquillas) por lo que mejoran las tasas de preñez y la eficiencia reproductiva. Este protocolo consiste en aplicar: 1) 1 dosis de GnRH (50-100 μg); 2) Luego de 7 días, 1 dosis de PG (25mg); 3) Luego de 30-48 horas, aplicar una 2da. dosis de GnRH; y 4) Luego de 0-24 horas, realizar la IATF. Aunque se consiguen mejores resultados cuando la IATF se realiza 16 horas post- 2da. dosis de GnRH (Jácome, 2012). Se han reportado porcentajes de concepción de 45-50% con este método.

*En algunos protocolos de OVSYNCH más agresivos, se recomienda aplicar una dosis adicional de GnRH al día 18 post-servicio (para evitar la regresión del CL), y al día 25 post-servicio realizar el diagnóstico de gestación por ultrasonografía transrectal (para detección temprana de gestación). De confirmarse dicha gestación, el protocolo se da por finalizado. Caso contrario, se aplica PG y se repite y/o continúa el protocolo nuevamente (Jácome, 2012).

- ***PRESYNCH*** → es un protocolo de pre-sincronización hormonal, basado en una adaptación del OVSYNCH original. Consiste en aplicar 2 inyecciones de Prostaglandinas (de 25 mg c/u) con una diferencia de 14 días entre ellas; para posteriormente después de 5-12 días iniciar el protocolo OVSYNCH ya descrito. La IATF debe realizarse 16 horas después de la segunda inyección de GnRH; obteniéndose buenos porcentajes de concepción (43%) (Jácome, 2012).

  *Existe un protocolo PRESYNCH modificado, donde se programa la aplicación de las 2 dosis de PG, así como el inicio del OVSYNCH con una diferencia de 14 días entre cada uno de ellos; obteniéndose porcentajes de concepción aún mejores (48.1%) que con el PRESYNCH normal (Jácome, 2012).

- ***COSYNCH*** → este protocolo hormonal está basado en una modificación del OVSYNCH y PRESYNCH; pero con la indicación de realizar la IATF inmediatamente después de colocar la segunda dosis de GnRH; lo cual evitará una

ovulación retardada y permitirá un mejor desarrollo del CL; además de que implica una menor manipulación de las vacas al sincronizar estos 2 últimos eventos (2da. GnRH e IATF) (Jácome, 2012).

- ***SELECT SYNCH*** → Este protocolo es más corto; y consiste en aplicar sólo una dosis de GnRH y 7 días después una sola dosis de PG; pero aquí sí se requerirá la detección de celo 1-2 días después si es que no se quiere emplear la aplicación de más hormonas (Jácome, 2012).

- ***Protocolo con PROGESTÁGENOS*** → Existen varios protocolos de este tipo, donde se asocian implantes o dispositivos como el CIDR; más hormonas como el Benzoato de Estradiol (BE_2), Cipionato de Estradiol (CE_2), Valerato de Estradiol (VE_2), eCG, entre otros. Aquí el detalle de uno de estos protocolos:

  Aplicar el dispositivo intravaginal CIDR + 2mg de BE_2 (día 0) → Al día 8: retirar el implante CIDR; y aplicar eCG (330mg) + PG (25mg) → Al día 9: aplicar una dosis más de BE (1mg) → Al día 10 del tratamiento, ó 56 hrs. post-retiro del implante, realizar la IATF (Saharrea, 2016).

- ***Protocolo con PROSTAGLANDINAS*** → Este esquema está basado en una adaptación del protocolo de sincronización de celos; y consiste en:
  1) Aplicar PG cada 11 a 14 días; 2) Proceder al servicio luego de 72 - 96 horas post- 2da. dosis de PG (Virbac s.f.); sin necesidad de detectar el celo.

  Aunque con este protocolo se describen Tasas de Preñez de hasta un 50% menos del resultado esperado en comparación con los resultados obtenidos cuando "no se sirve a ciegas" (Jácome, 2012).

De poder aplicar alguno de estos protocolos de IATF, se podrían lograr mejores resultados en cuanto a las tasas de concepción y preñez. Pero, hay que tener en cuenta que, a pesar de los grandes beneficios que ofrecen estos protocolos sobretodo en animales

o en hatos con problemas de fertilidad por diversas causas; éstos son complementarios a un programa de manejo sanitario, nutricional y general de los animales de un hato; más no son reemplazantes de éstos (Huanca, 2001); es decir que no producen milagros de fertilidad (La Torre, 2001), al menos no por sí solos.

2.5.3. Efectos del factor humano sobre la tasa de detección de celos y la tasa de servicios

Se refiere a la influencia que puede tener el personal de trabajo de cada hato; desde aquellos encargados de los "trabajos comunes" (ordeño, limpieza, alimentación) hasta aquellos encargados de otras "tareas más complejas" (como detección de celos, vigilancia sanitaria, programas y/o manejo reproductivo), incluídos asesores externos y administradores. Cada trabajador cumple un rol muy importante dentro del hato; y de desempeñarse adecuadamente sobretodo en cuanto al manejo reproductivo es probable que se logren mejores tasas de preñez en cada ciclo y/o en un periodo de tiempo específico (Cavazos, 2014).

A pesar de que la técnica de IA es superior a la monta natural en muchos aspectos, ésta también puede presentar inconvenientes a la hora de lograr su objetivo (la preñez), puesto que está supeditada a la detección de celo principalmente; por lo que cualquier falla en este último (DC) puede alterar el servicio. Debido a ello, los programas de inseminación artificial "controlada", también conocidos como inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) serán de mucha ayuda para mejorar la reproducción de los animales.

Dicho desempeño estará influenciado por la capacitación (cognitiva y técnica), la motivación (económica y con buen trato laboral); y por las condiciones y herramientas (infraestructura e implementos necesarios) brindadas a los trabajadores para facilitar las labores. Asimismo, el grado de instrucción del encargado y el empleo de asesores externos (médicos veterinarios, ingenieros zootecnistas, y técnicos) también serán

fundamentales, pues el conocimiento de estos personajes servirá para la guía del equipo de trabajo y para la planificación técnica de las tareas a realizarse dentro del hato.

El aspecto motivacional que se les brinda a los trabajadores es uno de los factores que cobra bastante protagonismo dentro del manejo o funcionamiento del hato; pues trabajadores con salarios mínimos (o incluso con salarios mucho más paupérrimos), sin seguro médico (Hernández, 2016), con mal trato laboral (mucha exigencia, pocas condiciones y poca compensación), y más aún sin incentivos económicos adicionales por "tareas extras"; es probable que no desempeñen bien sus funciones lo cual desencadenará una serie de eventos negativos en los animales y en el hato en general. De corregirse este aspecto, o al menos otorgar un pequeño incentivo económico a los trabajadores, es probable que las condiciones de manejo mejoren.

2.5.4. Efecto del factor infraestructura sobre el desempeño reproductivo

Teniendo en cuenta que las instalaciones (corrales) son el hábitat donde las vacas permanecen y se desarrollan en todos los aspectos, es ideal que éstos presenten algunas condiciones básicas como:

- espacio necesario para evitar el hacinamiento; y con áreas para descanso suficientes dado que las vacas pueden permanecer gran parte de su tiempo echadas (51%) (Medrano, 2018).
- buena distribución de corrales para facilitar el acceso a todas las áreas necesarias (comederos, bebederos, sombras, áreas de descanso, sala de ordeño) en el momento que corresponda.
- los comederos y bebederos preferentemente deben ser de concreto pulido para evitar que las superficies irregulares lastimen la cavidad bucal de las vacas, además de facilitar el trabajo de limpieza de los mismos (Medrano, 2018); y la buena accesibilidad hacia éstos evitará que las vacas tengan carencia de alimentos y agua, al menos no por este factor.
- buenas sombras, para evitar el impacto directo del sol o de las lluvias según la estación climática; además se debe considerar que si la vaca debe elegir entre

comida-agua; y sombra (sobre todo cuando las condiciones son adversas), es muy probable que prefiera la sombra (Glauber y Barreiro, 2014); lo cual reconfortará en el momento al animal, pero sin embargo a largo plazo le causará deficiencias nutricionales o deshidratación en casos extremos.

- pisos antideslizantes, sin barro, ni declives pronunciados (Glauber y Barreiro, 2014) para evitar accidentes como caídas y cojeras. Cuando los pisos son inadecuados, aparte de predisponer a que las vacas sufran problemas podales; también dificultará una monta adecuada por lo que los celos (mediante observación visual) serán más difíciles de identificar.

La falla en alguno de estos puntos referidos a las instalaciones, pueden convertirse en desencadenantes de estrés continuo; y como es sabido el estrés en mayor o menor grado puede afectar al organismo a cualquier nivel, ya sea sanitario o también reproductivo (se pueden alterar los mecanismos fisiológicos de la reproducción y finalmente conllevar a menores porcentajes de ciclos/ servicios/ concepción/ preñez/ partos).

2.5.5. Efecto del factor medioambiental sobre el desempeño reproductivo

La estación climatológica donde ocurren los partos también será un factor determinante para los posteriores eventos reproductivos. Es así que, hay mejores tasas de preñez en aquellos animales que parieron en los meses de invierno, otoño y aunque parezca antagónico también en verano; al contrario de lo que sucede con aquellas que parieron en primavera. La explicación sería que, cuando las vacas paren en los meses fríos o en verano logran alcanzar la etapa de servicios en meses donde el estrés de calor no los afecta (Medrano, 2018). Mientras que aquellas vacas que paren en primavera, alcanzan dicha etapa de servicios durante los meses más calurosos (con elevadas temperaturas que oscilan alrededor de los 30°C +/-) por lo que habrá cierta inhibición de la GnRH y el resto de la cascada hormonal (FSH para un adecuado desarrollo folicular; y los picos de LH; y demás eventos) evidenciándose una menor expresión o número de celos (Medrano, 2018). Es decir que, la TS y la TP serán menores en el verano.

Asimismo, cuando la Humedad relativa (H°R) es muy elevada (mayor a 80%), el balance térmico del animal se ve comprometido, sobretodo en las épocas más calurosas, ya que con ese grado de humedad será más difícil que la vaca pueda eliminar el exceso de calor (Bishop et al., 1989); por lo que la temperatura, frecuencia cardiaca y respiratoria del animal se incrementará (Bouraoui et al., 2002), pero su ingesta de alimento disminuirá; y a pesar de tomar más agua, si la pérdida de líquidos es muy alta no será suficiente para reponer dichos fluidos, refrescar al animal y reducir el grado de estrés calórico.

Para realizar una medición más precisa de cómo afecta el factor medio ambiental a los animales, actualmente ya no basta solo saber qué temperatura ambiental se registra; sino que existen otros índices que resultan ser buenos predictores del estrés por calor que se presenta debido a la confluencia de los factores temperatura y humedad; el cual es denominado índice de temperatura-humedad (ITH). Es decir que, el ITH es un buen predictor del estrés de calor que puede sufrir el ganado vacuno y otras especies (Ravagnolo et al., 2000; St-Pierre et al., 2003) y nos ayudará a cuantificar el impacto que éste pueda generar en el hato.

Es así que se ha establecido diferentes estandarizaciones del ITH; basados en la fórmula establecida por el investigador Thom en el año 1959 {ITH= 0.81 x T° + H°R/100 x (T°-14,4) + 46,4}; como son:

1) ITH mínimo: el cual debe ser menor a 70 y es calculado teniendo en cuenta a la T° mínima del ambiente y a la HR máxima; y no representa indicios de estrés sino de confort del animal (Ravagnolo et al., 2000)

2) ITH máximo: cuando sobrepasa de 70 y se calcula con la T° máxima y la HR mínima; y está más relacionado con los efectos del estrés calórico (Ravagnolo et al., 2000)

3) ITH umbral: es el tope máximo (70) establecido que puede soportar el ganado vacuno antes de evidenciar signos de estrés calórico (St-Pierre et al., 2003); y mientras el ITH sea más alto (>88), habrá estrés más intenso (Ravagnolo et al., 2000)

4) ITH sobrecarga: mide o registra la carga de calor acumulado (que sobrepasa al ITH umbral) durante todo el día (St-Pierre et al., 2003)

5) Duración del estrés calórico: se refiere al tiempo que dura o permanece el ITH por encima del umbral (St-Pierre et al., 2003)

El estrés calórico juega un rol muy importante en el ganado vacuno; ya que bajo esta condición la salud reproductiva principalmente se verá comprometida de forma negativa. Y según algunos estudios realizados que han evaluado el ITH, se ha evidenciado que el estrés calórico puede ocurrir no solo a las horas de mayor sol y durante los meses de verano sino durante bastantes horas al día (mayor a 10 horas/día) y a lo largo de todo el año en mayor o menor grado (Ruiz et al., 2019); razón por la cual deberemos estar más atentos para sopesar sus efectos.

Y justamente debido a que sucede esto, algunos autores recomiendan también realizar una evaluación anual (TP anual) (Olivera, 2010); ya que así se podrá observar un panorama más completo bajo todas las condiciones climáticas entre otros factores.

2.5.6. Efecto del nivel productivo sobre el desempeño reproductivo

La campaña láctea de las vacas se inicia con el parto (obviamente después de la preñez); lográndose una mayor producción en el primer tercio de dicha campaña debido a una mejor eficiencia de conversión de los alimentos a leche en esta etapa (1.5kg de leche/ kg de alimento) (Charmandarian, 2013). Pero, mientras más demoren en preñar las vacas, entrarán en un estadio de lactación tardía, es decir que tendrán una campaña láctea más prolongada, pero con una menor conversión y producción y perdiendo alrededor de 7-10 litros de leche por día (Olivera, 2010; Glauber, 2012); a menos que se induzca la lactancia con el uso de hormonas como la somatotropina bovina recombinante - bsT (Lucy, 2001). En todo caso; todo ello puede significar que el hato puede ser menos rentable por tener una menor producción; así como por tener una mayor cantidad de vacas vacías con muchos días abiertos y/o un gran porcentaje de vacas secas “a la fuerza” pero sin gestación de por medio (Charmandarian, 2013). Se menciona que lo ideal es que la

campaña láctea no sobrepase los 10.5 - 11 meses como máximo para no entrar en un estadio de lactación tardía (Cavazos, 2014) como se acaba de mencionar.

Ahora veamos el otro aspecto que involucra producciones lácteas muy elevadas, pero sin corregir deficiencias nutricionales, o sanitarias de menor cuantía; en cuyo caso sí habrá una repercusión en la fertilidad y en los porcentajes de preñez así como en otros aspectos, pues a mayor producción habrá una mayor exigencia en el organismo que no siempre es compensada; generando muchas veces un BEN mayor de lo esperado, lo cual a su vez conduce a una disminución más marcada de la CC (mayor a 1 punto dentro del score de CC) con la consiguiente afección y retraso de la actividad reproductiva post-parto (Glauber, 2012).

Según los reportes de Piccardi et al. (2011), hay probabilidades de lograr un TPA (Tasa de preñez acumulada) más elevado en las vacas de 1ra. y 2da. lactancia; y de éstas aquellas de 2da. lactancia tienen más probabilidades de preñar a los 100 días postparto (ó 100 DEL). Sin embargo, a mayor número de partos y campañas es probable que se obtengan buenas producciones lácteas; pero con menores TS, por lo que las TP también descenderán (Sandoval et al., 2017).

2.6. Factores que afectan en la Tasa de Preñez

Si bien es cierto que todos los parámetros reproductivos están correlacionados de alguna forma, los factores que afecten la detección de celos, los servicios, o la fertilidad misma, repercutirán directamente sobre la Tasa de Preñez.

2.6.1. Factores que limitan la detección de celo

La detección de celo en sí es un factor determinante para que los eventos reproductivos se desarrollen, pues es a partir de su detección que se pueden programar los servicios; y posteriormente se pueden realizar las mediciones reproductivas

correspondientes (como tasa de servicio, tasa de preñez, intervalo entre partos, intervalo parto- concepción, …y otros más mencionados en los ítems anteriores) para evaluar si el rendimiento reproductivo del hato es el adecuado o no. Pero La Torre (2001) señala que, cuando ésta (detección de celo o DC) es deficiente genera retrasos en los servicios, y otras alteraciones como la reducción del porcentaje de preñez y el alargamiento del intervalo entre partos.

La Torre (2001) y Carmona et al. (2006), señalan que algunos de los factores que pueden dificultar la aparición y/o detección del celo son:

- La variabilidad en la duración de cada ciclo estral, que oscila entre los 18 y 24 días (21 días en promedio)
- La brevedad que dura el momento del celo propiamente dicho, que es 18 horas en promedio (con un rango de 4-24 horas)
- La presentación nocturna de la mayor parte de los signos de celo o actividad sexual
- El comportamiento sexual individual de las vacas en celo (puede ser variado)
- La socialización y la vida en grupo
- La involución uterina (post-parto) retardada, puede generar un anestro prolongado (puede ser por diversas causas)
- El factor medio-ambiental (clima e instalaciones) puede influir sobre una pobre expresión del celo

Ahora comentaremos con más detalle lo que implican cada uno de estos puntos mencionados:

* *La variabilidad en la presentación de cada ciclo estral, que oscila entre 18 y 24 días (21 días en promedio)* (La Torre, 2001); obliga a los trabajadores del hato a estar pendientes durante todos estos posibles días donde se presentará el celo. Pero hay que tomar en cuenta este detalle multiplicado por el número de vacas reproductivamente

activas que haya en el hato; lo que puede implicar que probablemente se requiera más mano de obra para esta tarea específica.

* *La brevedad que dura el momento del celo propiamente dicho, que es 18 horas en promedio (con un rango de 4-24 horas)* (La Torre, 2001). Es decir que, una vez presentado el celo cada 21 días aproximadamente, éste sólo durará unas pocas horas como se acaba de mencionar; por lo que si los signos de celo no son detectados a tiempo por los encargados o no son evidenciados de forma manifiesta por el animal; entonces serán pasados por alto y no podrán ser empleados para el servicio o monta del animal.

* *La presentación nocturna de la mayor parte de los signos de celo o actividad sexual* (V. Vliet y V. Eerdenburg, 1996). O según algunos autores, también manifestada en las primeras horas de la mañana. Sin embargo, es sabido que en la mayoría de los establos, el personal encargado no se encuentra en las instalaciones en ese momento (noche- madrugada) ó recién se están reincorporando a sus labores (al iniciar la mañana) por lo que probablemente pasen por alto las manifestaciones propias del celo; a menos que haya un encargado o personal de guardia durante estos turnos, lo cual no es imposible pero sí difícil de poner en práctica.

* *El comportamiento sexual individual de las vacas en celo puede ser variado.* Es decir que, aunque existen numerosos signos de celo, no todos se manifestarán por igual en todas las vacas del hato; sino que la presentación de éstos diferirá en virtud de los cambios fisiológicos-sanitarios, reproductivos, nutricionales, propios del animal.

* *La socialización y la vida en grupo*; se refiere a que muchas veces un animal puede adoptar conductas no propias, sino del grupo. Y esto se manifiesta de forma clara en las vacas que están próximas al celo, quienes a pesar de todavía no estar en un celo franco simulan tal conducta cuando están junto a otras vacas que ya están en esta fase de celo (Carmona et al., 2006).

* *La involución uterina (post-parto) retardada puede generar un anestro prolongado.* En los primeros 40 días post-parto (en promedio), ocurre el proceso donde el útero debe regresar a la "normalidad", para luego comenzar a activarse los procesos fisiológicos- hormonales a nivel ovárico y se presenten los primeros celos (La Torre, 2001; Toribio, 2013). Pero cuando éste se extiende más allá del periodo normal esperado se consideraría un problema, ya que la inactividad ovárica generará un anestro prolongado, con un balance energético negativo (BEN) más marcado de lo normal, debido a deficiencias nutricionales, hormonales o sanitarias (Carmona et al., 2006); y todo ello retrasará los eventos sucesivos (celos y servicios productivos).

* *El factor medioambiental puede influir sobre una pobre expresión de celo.* Aquí se contemplan dos puntos principales: uno asociado directamente al clima caluroso (calor inclemente) que genera estrés de calor; y el otro asociado a instalaciones deficientes del establo (con corrales mal diseñados que generan hacinamiento; y carentes de sombras/ bebederos/ comederos adecuados). Ambos (clima e instalaciones) provocarán estrés fisiológico que desencadenará liberación de cortisol, alteración de la relación estradiol/progesterona y otros mecanismos del cuerpo; los cuales disminuirán la duración e intensidad de los celos originando una pobre expresión del mismo (Ricagni, 2006; Medrano, 2018).

Por ello, muchos investigadores pensando en éstas y en otras complicaciones que afectan la adecuada detección de celo, además de las otras anomalías que dificultan la presentación de un celo normal, proponen emplear métodos complementarios como la sincronización de celo.

2.6.2. Factores que limitan el servicio o inseminación

Los servicios son parte importante del manejo reproductivo de los animales de un hato; y dado que actualmente la monta natural cada vez se usa con menor frecuencia y ésta ha sido reemplazada por la inseminación artificial, todos los factores involucrados en su realización lo podrán afectar.

Es así que mencionaremos algunos de los factores que lo limitan:

* *Alteraciones en la detección del celo*.- Bajo el criterio de un programa convencional de servicios por inseminación artificial, primero deberemos detectar los celos; ya sea bajo observación directa con o sin ayuda de instrumentos (como podómetros, parches, etc.) (Reinoso, 2017) o mediante el uso de programas hormonales de sincronización; para luego proceder al servicio buscando la gestación correspondiente. Pero, de fallar en este aspecto todo se verá afectado de forma negativa. (*ya no se profundizará en este aspecto pues ya ha sido abordado en el ítem anterior, así como en varios puntos del texto con más detalle).

* *Alteraciones en los protocolos alternativos*.- Si se realizan los servicios bajo el programa de IATF se esperaría lograr altos niveles de concepción. Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios que ofrecen estos programas, según algunos estudios se demostró que los porcentajes de servicios solo aumentan mínimamente cuando se aplica la IATF (sólo se registra un aumento de 0.24% en la TS por cada unidad de incremento del % IATF) (Sandoval et al., 2017); probablemente debido al factor humano entre otros (personal no familiarizado con dichas técnicas por lo que no las implementan adecuadamente; ya sea empleando dosis inadecuadas, o en tiempos que no corresponden).

* *La falta de controles ginecológicos*.- De realizar evaluaciones ginecológicas constantes, se podría identificar el estado reproductivo de las vacas; y de ser el caso se podría advertir a tiempo la presencia de ciertas alteraciones a nivel estructural, ya sea en ovarios o útero. Si a la palpación se detectan estructuras anómalas como quistes foliculares (folículos de más de 20mm Ø), éstos explicarían el por qué se generan falsos celos (con conductas ninfómanas - hiper-excitabilidad sexual, celos cortos, o conducta de masculinización) que serían parte de un anestro patológico (Hernández, 2016); y de realizarse servicios en este momento, éstos no conllevarán a gestación alguna.

* *La estacionalidad reproductiva*.- Aquellas vacas cuyo parto ocurrió en la época de primavera, es probable que tengan problemas para concebir, debido a que los celos y

servicios iniciarán en la temporada siguiente que corresponde al verano, por lo que se verán comprometidos por el estrés de calor (Medrano, 2018).

2.6.3. Factores que afectan la fertilidad

Antes de mencionar los factores que la afectan, primero aclararemos el concepto de fertilización; el cual se refiere al proceso donde los gametos del macho y la hembra se unen para dar origen a un nuevo cigoto, a partir del cual se desarrollará el nuevo ser. Previamente, para que los espermatozoides puedan ser morfológicamente aptos y fértiles, deberán pasar por un proceso de capacitación, el cual se da en el istmo y si éstos (los espermatozoides) permanecen de 6 a 8 horas en dicha región (región del istmo y unión útero-tubárica) antes de que se dé la ovulación, entonces se obtendrán mejores tasas de fertilidad (Hernández, 2016).

Asimismo, cuando el espermatozoide penetra al ovocito, se activan los mecanismos de bloqueo de la polispermia, lo que evitará la mortalidad embrionaria temprana y la penetración de más de un espermatozoide (Hernández, 2016). Luego de 3 a 4 días, el embrión llega al útero; y luego de unos días (del día 16 al 18) el embrión producirá sustancias que bloquean la secreción de prostaglandinas para asegurar la permanencia del cuerpo lúteo que es vital para mantener la gestación. El embrión se fija en el endometrio alrededor de los días 17 y 18 (Hernández, 2016).

Dicha fertilidad puede verse afectada por:

* *El factor medioambiental y su asociación con el estrés por calor*.- cuando el ITH sobrepasa al umbral (cantidad máxima de calor tolerable por el animal) ya sea en sobrecarga (ITH sobrecarga) o tiempo (duración) quiere decir que tenemos un animal con estrés calórico, en mayor o menor grado; y bajo éstas condiciones es probable que se comprometa el desarrollo y la calidad de los ovocitos; así como también puede haber una disminución en la concentración de hormonas esteroideas (baja la relación estradiol/ progesterona), lo cual reduce el flujo sanguíneo hacia el útero, elevándose la temperatura

de éste (útero) y condicionando a que el útero se vuelva "hostil" lo que puede afectar la implantación y viabilidad de los embriones (Ricagni, 2006; Medrano, 2018).

Asimismo, la fertilidad del semen también se verá mermada en épocas de mucho calor (Ricagni, 2006) o cuando el ITH umbral sea excedido; sobretodo cuando se emplea semen importado de zonas muy frías o con climas muy diferentes al de nuestro país o región, porque se presume que habrá un menor proceso de adaptación (Ravagnolo et al., 2000), afectándose así la performance reproductiva del hato.

* *Fallas en la técnica de inseminación*.- Cuando el personal encargado del proceso de inseminación no está capacitado adecuadamente, se han observado casos donde el semen es depositado en la cérvix o incluso en la vagina; y ya sabemos que si esto ocurre, será como si nunca hubiéramos servido al animal; es decir será un celo y servicio perdido que no conllevará a gestación alguna.

Asimismo, si no mantenemos el tanque de nitrógeno con los niveles de nitrógeno adecuados; o no descongelamos las pajillas a la temperatura ideal (37°C aproximadamente) y de la forma que corresponde, es probable que la viabilidad de los espermatozoides y por ende la calidad del semen disminuya (Delgado et al., 1996; Hernández, 2016).

* *La inseminación fuera de tiempo*.- Cuando la inseminación se realiza de forma tardía, es decir posterior a la ovulación, es probable que se active la polispermia lo que generará muerte embrionaria y/o infertilidad (Hernández, 2016).

* *Inadecuada nutrición*.- Se ha evidenciado que aquellos animales que tienen una baja producción y una nutrición deficiente, tendrán una CC paupérrima; lo que predispondrá a la presentación de un anestro profundo, con una afección en el desarrollo y calidad de los ovocitos; es decir, que habrá una fertilidad más baja (Lucy, 2001).

2.7. Estrategias para mejorar la tasa de preñez

Para mejorar la Tasa de Preñez de las vacas lecheras, se deberá procurar a su vez mejorar todos los aspectos involucrados en su vida (salud, nutrición, hábitat, manejo, entre otros) de manera que todo confluya en beneficio del animal. Es así que mencionaremos algunas estrategias, como son:

- ***Inseminar en el momento adecuado y de la forma correcta:***

Como ya hemos mencionado anteriormente en otros ítems, no basta con inseminar a los animales (inseminación no es igual a preñez); puesto que lamentablemente y por diversos motivos muchos servicios no conllevan a la gestación deseada. Pero, de corregirse los factores que afectan la ciclicidad reproductiva, y otros aspectos sanitarios y de manejo (señalados párrafos arriba), la inseminación debería tener mejores resultados conllevando a mejores TP. También se pueden emplear métodos complementarios como el dosaje de P_4 para identificar el mejor momento para inseminar.

- ***Aumentar la Tasa de Servicio:***

A pesar de que muchos sostienen que la alta producción lechera es contraproducente para una adecuada eficiencia reproductiva; existen muchos trabajos en los últimos años que difieren de este punto. Más bien sostienen que, aunque la producción láctea sea muy elevada y haya bajas TC; el aumento en la TS será lo que permita obtener mejores TP (LeBlanc, 2013).

Para lograr aumentar dicha TS hay que mejorar la detección de celos (ya sea con una mejor observación, con ayuda de parches u otros, o con métodos de sincronización de celos) o emplear métodos alternativos como IATF.

- ***Emplear Programas de IATF con/sin hormonas complementarias:***

Si no se corrigen las deficiencias en la detección de celos ya sea por fallas de los operadores o por problemas propios de los animales (por poca expresión de celo); los servicios normales (IA) se verán mermados; por lo que en estos casos resultará muy conveniente emplear los Programas de IATF (OVSYNCH, PRESYNCH, etc), con los

cuales se puede inseminar a todas las vacas aptas reproductivamente, en un determinado momento (Giraldo, 2008; Jácome, 2016); para así obtener mejores TP.

* Adicionalmente, algunos investigadores recomiendan administrar otras hormonas de forma secundaria a estos protocolos de IATF; como:

- GnRH al momento de la IA ó 18 horas post-IA para bloquear la luteólisis y asegurar que los niveles de P_4 se mantengan durante la presunta gestación inicial. Aunque hay posiciones diversas sobre su uso en esta fase (Jácome, 2012).
- Insertar un dispositivo intravaginal de P_4 + 1mg de benzoato de estradiol (BE_2) el día 13 post-IA; y retirarlo (el dispositivo) 7 a 8 días después, y luego de 24 horas administrar más BE_2. Dicho procedimiento puede incrementar la TP hasta en un 30%.
- Administrar benzoato de estradiol (BE_2) o cipionato de estradiol (CE_2) en conjunto con los protocolos de IATF. Aunque, según algunos estudios, se han obtenido mejores TP cuando se empleó el CE_2 (Jácome, 2012; Ruiz et al., 2017)

- ***Contar con personal capacitado para un manejo adecuado de los animales en todos los ámbitos:***

La capacitación adecuada de los trabajadores, será fundamental para cada tarea del establo (Chunga, 2017), desde alimentar a los animales, limpiar y sanear los ambientes, realizar los ordeños, e identificar alteraciones de salud u otras en los animales; así como para identificación de celos, o para inseminar a las vacas correctamente. Y la falla en alguna de sus labores, ya sea por deficiencia u omisión, afectará sin duda las TP.

Además de la capacitación, un buen trato laboral, así como una buena remuneración e incentivos económicos podrán ayudar a una mejor realización de las labores (Cavazos, 2014).

- ***Mejorar los aspectos nutricionales y sanitarios de las vacas:***

Mejorar la nutrición de las vacas se verá reflejado en una adecuada CC, y esto asociado a un buen estado sanitario, conllevarán a altos porcentajes de preñez (TP) y también a altas producciones lácteas. Lo cual es definitivamente mejor que bajar la producción láctea para mejorar supuestamente la reproducción como se planteaba anteriormente; y claro, pues esto no tendría sentido, verdad?; cuando sabemos que el principal propósito de la ganadería lechera es que las vacas preñen, es decir que tengan una eficiente reproducción, para que luego puedan producir leche.

Se recomienda implementar programas sanitarios realizando campañas para detección/prevención de tuberculosis, leucosis, mastitis y otros (Gutiérrez, 2009); así como programas de vacunación contra enfermedades que puedan causar abortos o infertilidad (como brucelosis por ejemplo) (Risco y Archibald, 2005).

Asimismo, si se mejora la alimentación con la suficiente cantidad de fibra en la ración, y se evita engordar demasiado a las vacas en lactancia o en periodo de seca; así como si se coloca vitamina E (inyectable) antes del parto; es probable que se pueda prevenir enfermedades metabólicas y generales (Gutiérrez, 2009).

- ***Corregir enfermedades reproductivas (retención de placenta, metritis, etc):***

Cuando las vacas que han parido recientemente presentan problemas reproductivos relacionados a retención de placenta (donde las membranas fetales no son expulsadas durante el parto o en las horas siguientes) o infecciones bacterianas intrauterinas (como metritis por ejemplo), que no sean corregidas a tiempo, ya sea por el sistema inmunológico de cada individuo o por el empleo de tratamientos con hormonas o antibióticos, éstas generarán un retraso en la involución uterina. Y la involución uterina retardada afectará el inicio de los servicios post-parto, el número de servicios y los porcentajes de concepción; y finalmente las tasas de preñez (Ruiz et al., 2017). Por ello, el uso de hormonas como Cipionato de Estradiol (CE_2), Benzoato de Estradiol (BE_2); ó el uso de antibióticos como Oxitetraciclinas, entre otros, son prometedores para restablecer el estado reproductivo óptimo de las vacas que conlleven a gestaciones y buenas TP (Ruiz et al., 2017).

- ***Realizar una evaluación ginecológica frecuente:***

Mediante la palpación rectal se evaluará el estado reproductivo de las vacas antes, durante o después de los servicios; es así que:

- Antes del servicio: se podrán detectar patologías previas a nivel uterino u ovárico que alteren los ciclos; si es que las hubiese.
- Durante el servicio: para verificar que la vaca está en celo franco y con un aparato reproductor habilitado.
- Posterior al servicio: para realizar el diagnóstico de gestación (del día 35 al 60); para corroborar que no ha habido mortalidad embrionaria (ocurre días o semanas después del servicio) o aborto (a partir de los 5 meses de gestación) cuando las vacas "preñadas" manifiestan signos de celo; ó para evaluar el estado de las vacas recién paridas sobretodo cuando las vacas presentaron partos distócicos, retención placentaria, o infecciones uterinas (metritis) (Soto, 2005).

La identificación temprana de cualquier alteración, nos permitirá poder realizar los tratamientos necesarios para obtener un aparato reproductor sano y viable para concebir, lo cual implicará mejores TP.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución y periodo de duración del estudio:

El estudio consistió en la evaluación de los registros de algunos establos lecheros de la Cuenca Lechera de Lima; específicamente en los distritos de Végueta (provincias de Huaura), Huaura (provincia de Huaura), Lurín (provincia de Lima) y Cañete (provincia de Cañete). Durante los meses de enero a diciembre del 2021 se realizó la recopilación de los datos de interés de los períodos de los años 2010 al 2013.

3.2. Descripción del material experimental:

3.2.1. Criterios de inclusión de los establos

Se trabajó con establos lecheros del departamento de Lima, que contaban con: producción intensiva (estabulada), alimentación a base de forraje y concentrado, ordeño mecánico (2-3 veces al día), que empleaban como método de servicio a la inseminación artificial, y que contaban con un mínimo de 200 vacas a más en producción que en su mayoría eran de la raza Holstein.

3.2.2. Criterios de inclusión de las vacas

Se eligieron vacas que:

- Se encontraban en producción durante el mes de estudio (es decir, figuraban en el registro del control de ordeño)

- Habían concebido (fecha de concepción) después de iniciado el mes de estudio

- Pero que, contaban con más de 60 días en lactación al final del mes de estudio.

*No se consideró a aquellas vacas que presentaron algún problema de salud grave; así como tampoco a aquellas que fueron dadas de baja (saca) durante el mes de estudio.

*El periodo de estudio, de forma individual, abarcó hasta el momento en que la vaca logró quedar preñada; ó hasta que se acabó el periodo de evaluación (mes de estudio).

3.3. Procedimiento de muestreo

Se trabajó con datos de las vacas de 4 establos de la Cuenca Lechera de Lima Centro y Provincias. Procediéndose a muestrear 60 vacas mensualmente por cada establo; es decir un total de 240 vacas mensuales; las cuales fueron seleccionadas de forma aleatoria dentro de aquellas vacas que se encontraban aptas.

El número de vacas seleccionadas por unidad de estudio se estandarizó en 60 animales debido a que se trabajó con establos de 200 vacas en ordeño aproximadamente, lo que significa que más del 50% de las vacas se encuentran preñadas, que más del 10% del total aún no han superado el PEV y que la población de vacas vacías era de 40% aproximadamente; sin embargo, un 10% de ellas podía estar inseminada sin diagnóstico de gestación.

3.3.1. Datos recolectados:

Los datos recolectados para el estudio fueron obtenidos de la base de datos de los registros reproductivos, así como también de la información sobre algunos aspectos de manejo de los establos evaluados. Los datos recolectados fueron los siguientes:

*a) **Datos de los registros reproductivos***

- Fecha del último parto
- Fechas de inseminación artificial
- Resultado del diagnóstico de gestación
- Número de partos

*b) **Datos de manejo relacionados***

- Número de ordeños (2 - 3 ordeños por día)
- Personal encargado de la detección visual de celos (ya sean trabajadores remunerados o no para esta tarea específica)
- Manipulación hormonal para el celo o el servicio (acá figura si es que se empleó o no protocolos de sincronización de celos o IATF)
- Tipo de instalaciones (distribución de corrales y calidad del piso)

Adicionalmente y por ser variable de interés también se recolectaron:

c) ***Datos de las temperaturas y humedad relativas (T°- H°R)*** registradas por el SENAMHI en las locaciones más cercanas a la ubicación de los establos del estudio, ubicados en:

- Distrito de Végueta (prov. Huaura, dpto. Lima)
- Distrito de Huaura (prov. Huaura, dpto. Lima)
- Distrito de Villa María del Triunfo (prov. Lima, dpto. Lima)
- Distrito de Pacarán (prov. Cañete, dpto. Lima)

3.3.2. Cálculo de variables de interés:

a) Porcentaje de vacas que emplearon un programa de inseminación artificial a tiempo fijo (% IATF)

Para saber qué porcentaje de vacas fueron servidas bajo los protocolos de IATF en cada unidad de estudio; se debe dividir la cantidad de vacas que emplearon IATF entre la cantidad de vacas que participaron en dicha unidad de estudio.

$$\% \text{ IATF} = \frac{\text{\# vacas que usaron IATF}}{\text{\# vacas de c/unidad de estudio}}$$

b) Porcentaje de vacas que emplearon prostaglandinas (%PG)

Para saber el porcentaje de vacas que emplearon un programa hormonal a base de prostaglandinas, se debe dividir: la cantidad de vacas que usaron PG, del total de vacas de cada unidad de estudio (unidad establo-mes).

$$\% \text{ PG} = \frac{\text{\# vacas que usaron PG}}{\text{\# vacas de c/unidad de estudio}}$$

c) Tasa de preñez (TP) establo-mes

Es el porcentaje de vacas elegibles para reproducir que realmente se inseminan, multiplicado por la tasa de concepción de las inseminaciones en un periodo de 21 días (duración de cada ciclo estral)

$$\text{TP} = \frac{\text{Tasa de concepción} \times \text{Tasa de servicio}}{100}$$

d) Tasa de concepción (TC) establo-mes

Este parámetro evalúa la proporción o cantidad de vacas que lograron una preñez confirmada, luego de una serie de inseminaciones que fueron necesarias para dicho propósito; en cada unidad de estudio.

$$TC = \frac{\text{\# vacas preñadas}}{\text{\# IA realizadas}} \times 100$$

e) Tasa de servicio (TS) establo-mes

Mide la proporción o cantidad de vacas elegidas para ser inseminadas a partir de una población elegible para tener una cría.

$$TS = \frac{\text{sumatoria de servicios realizados en las vacas elegidas}}{\text{(sumatoria días ciclo estral de vacas elegidas /21)}} \times 100$$

f) Duración del estrés calórico establo-mes

Asumiendo que la temperatura y humedad de cada día eran anticíclicas, se procedió a calcular el índice de temperatura-humedad (ITH) para saber el efecto del medioambiente (estrés de calor) sobre las vacas. El ITH máximo se calculó utilizando la temperatura máxima y la humedad relativa mínima; mientras que el ITH mínimo se calculó utilizando la temperatura mínima y la humedad relativa máxima, para lo cual se empleó la ecuación estándar para el cálculo del ITH (Ravagnolo et al., 2000), que se calcula de la siguiente manera:

$$ITH = 0.81 \times T° + HR/100 \times (T°-14,4) + 46,4$$

Con la finalidad de estimar la duración del estrés por calor de cada día, se calculó el tiempo estimado en horas de la duración del estrés calórico, empleando el modelo de la función senoidal perfecta (Figura 2) propuesto por St-Pierre et al. (2003). El ITH umbral se estableció en 70 (St-Pierre et al., 2003) y se definió como el nivel del ITH en el que

comienza el estrés por calor. Asimismo, la duración del estrés calórico fue calculada empleando el procedimiento que se describe en el anexo 2. Luego de esto se determinó la duración del estrés calórico establo-mes como el promedio aritmético de la duración del estrés calórico de cada día, de cada zona, y de cada mes de estudio.

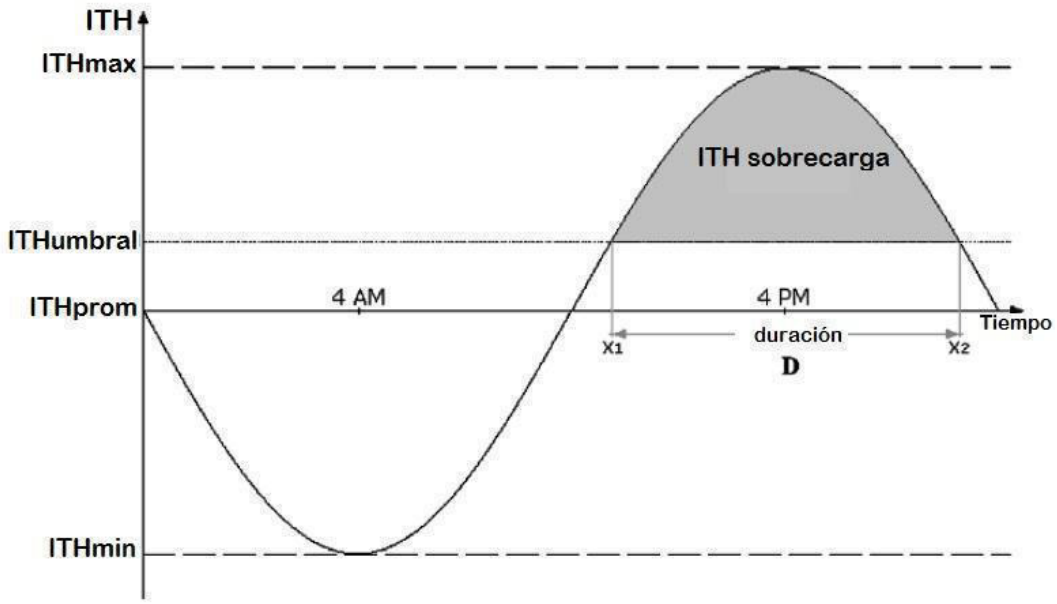

Figura 2. Modelo senoidal del índice temperatura humedad (ITH) dentro de un día y el cálculo de la duración del estrés por calor y la carga de calor acumulada (ITH sobrecarga) (St-Pierre et al., 2003).

Donde:

- ITH máx. es el índice de T°-H° máximo durante un día
- ITH umbral es el límite a partir del cual comienza el estrés por calor
- ITH medio es el índice de T°-H° medio diario
- ITH mín. es el índice de T°-H° mínimo durante un día
- D es la proporción del día en la que el ITH supera el ITH umbral
- ITH sobrecarga es la integral de la curva senoidal del ITH por arriba del ITH umbral

g) Sobrecarga calórica establo-mes

Con la finalidad de estimar la gravedad acumulada del estrés por calor en cada día, se calculó la sobrecarga calórica estimada en cada día empleando el modelo de la

función senoidal perfecta (Figura 2) propuesto por St-Pierre et al. (2003). La sobrecarga calórica fue calculada empleando el procedimiento que se describe en el anexo 1. Luego de esto se determinó la sobrecarga calórica establo-mes como el promedio aritmético de la sobrecarga calórica de cada día, de cada zona, y de cada mes de estudio.

3.4. Diseño experimental u observacional:

El presente estudio realizó una evaluación reproductiva de los hatos lecheros, para lo cual se obtuvo datos provenientes de 4 establos, durante un periodo de 3 años considerando a la que denominaremos "unidad-mes" como la unidad del estudio. Se trabajó con un total de 144 unidades establo-mes, obtenidas de multiplicar 3 (años de estudio) x 12 (meses de cada año) x 4 (establos). Cada "unidad establo-mes" estuvo conformada por un conjunto de 60 vacas dentro de cada mes y de cada establo, seleccionadas al azar. Se consideró como vaca elegible a la vaca que cumplió con todos los criterios de inclusión mencionados anteriormente.

El estudio contó con 2 fases:

- En la primera fase se analizaron de manera individual los factores que influyen sobre la tasa de preñez, con el objetivo de seleccionar los factores que presentaron una significancia menor a 0.2 para que sean utilizados en la segunda fase. Los factores que fueron analizados fueron el empleo del incentivo económico (si o no), la distribución de corrales (pasadizo central o distribución periférica), la calidad del piso (óptima o con problemas), el porcentaje del uso de PG en las vacas elegibles, el porcentaje del uso de IATF, el promedio del índice de sobrecarga calórica y el promedio de la duración del estrés calórico.
- En la segunda fase se analizaron los factores seleccionados, con el objetivo de obtener un modelo explicativo de los factores que influyen sobre la tasa de preñez. Para esto, se empleó el análisis de senderos en el cual se probó el siguiente modelo:

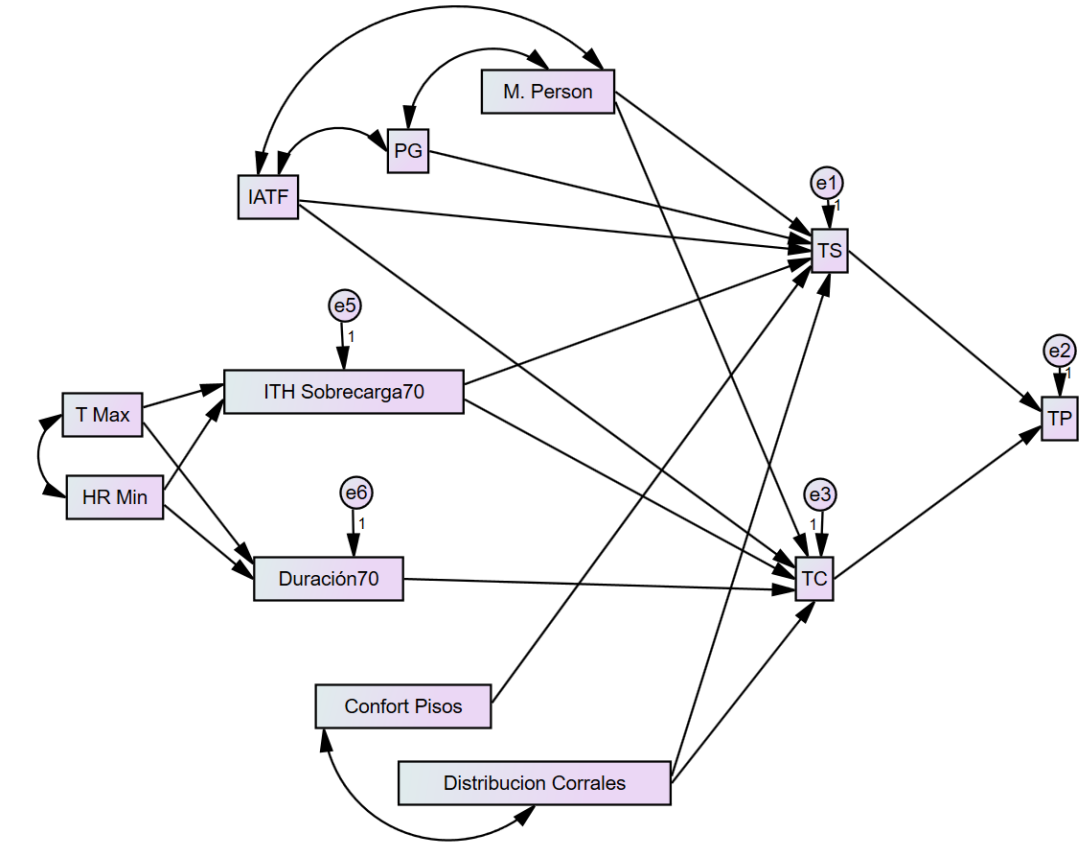

Figura 3. Modelo explicativo del efecto de los factores incentivo económico (M.Person), porcentaje del uso de PG (PG), porcentaje del uso de IATF (IATF), sobrecarga calórica (ITH Sobrecarga70), duración de estrés calórico (Duración70), calidad del piso (Confort Pisos) y distribución de corrales sobre la tasa de preñez (TP).

3.5. Análisis de la información:

Para la primera fase, los datos fueron analizados con el paquete estadístico *SPSS* versión 25.0 para Windows. Primero se comprobó la normalidad de los residuos del modelo, mediante la prueba de *Shapiro-Wilk* (Razali y Wah, 2011) y luego se comprobó la homogeneidad de varianza con la prueba de *Levene* (Glass, 1966). Luego para las variables categóricas (incentivo económico, calidad de piso y distribución de corrales) se realizó la prueba de *t* de Student para ver qué factores afectan significativamente la Tasa de Preñez, considerándose un nivel de significancia del 5%. Mientras que para las

variables continuas (porcentaje del uso de PG, porcentaje del uso de IATF, sobrecarga calórica y duración de estrés calórico) se empleó un análisis de regresión lineal simple. Luego se procedió a realizar una prueba de *t* de Student para probar la hipótesis nula de que los coeficientes de regresión eran iguales a cero, con un nivel de significancia del 5%.

Para la segunda fase, los datos fueron analizados con el paquete estadístico Amos Graphics versión 24.0 para Windows. Para esto se empleó un análisis de senderos (Path Analysis) con el modelo mencionado anteriormente. En el análisis de senderos se determinó los coeficientes de regresión sin estandarizar, el error estándar del coeficiente, la significancia de cada coeficiente, los coeficientes estandarizados, así como los efectos directos e indirectos de cada uno de los factores sobre la tasa de preñez.

Consideraciones éticas

Este proyecto contempla las normas éticas para la investigación señaladas por el Comité de Ética y Bienestar Animal (CEBA) de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNMSM, y se trabajó con los datos registrales de animales procedentes de establos comerciales por lo que no representó ningún desmedro económico para el productor.

IV. RESULTADOS

Aquí se presentan los resultados del presente estudio; clasificados de acuerdo al efecto de diferentes variables sobre la Tasa de Preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima:

4.1. Comportamiento de la tasa de preñez a lo largo de los meses del año

En el cuadro 2 se puede apreciar que las tasas de preñez más altas se presentan durante los meses de setiembre y octubre, pero no son estadísticamente diferentes a las tasas de preñez obtenidas entre los meses de abril a diciembre. Sin embargo, se visualiza claramente que los primeros tres meses del año la tasa de preñez es significativamente inferior en comparación al resto de los meses del año. Esto se puede observar gráficamente en la figura 4.

Cuadro 2: Efecto del mes de servicio sobre la Tasa de Preñez

	Recuento	**Media**	**Desviación estándar**	**95% CL inferior para media**	**95% CL superior para media**
1-Enero	15	9,24% [b,c]	5,71%	6,08%	12,40%

2-Febrero	15	7,23% [c]	5,39%	4,24%	10,21%
3-Marzo	15	9,38% [b,c]	6,01%	5,91%	12,85%
4-Abril	15	12,21% [a,b,c]	8,18%	7,69%	16,74%
5-Mayo	15	13,06% [a,b,c]	7,11%	9,12%	17,00%
6-Junio	15	14,37% [a,b,c]	5,59%	11,27%	17,47%
7-Julio	15	16,96% [a,b]	8,78%	12,09%	21,82%
8-Agosto	15	16,05% [a,b]	7,83%	11,71%	20,38%
9-Setiembre	15	19,34% [a]	8,70%	14,52%	24,16%
10-Octubre	15	19,33% [a]	9,95%	13,81%	24,84%
11-Noviembre	15	15,23% [a,b,c]	5,17%	12,37%	18,10%
12-Diciembre	15	12,92% [a,b,c]	5,73%	9,75%	16,10%

Valor de t: 4.343, significancia: $1x10^{-5}$

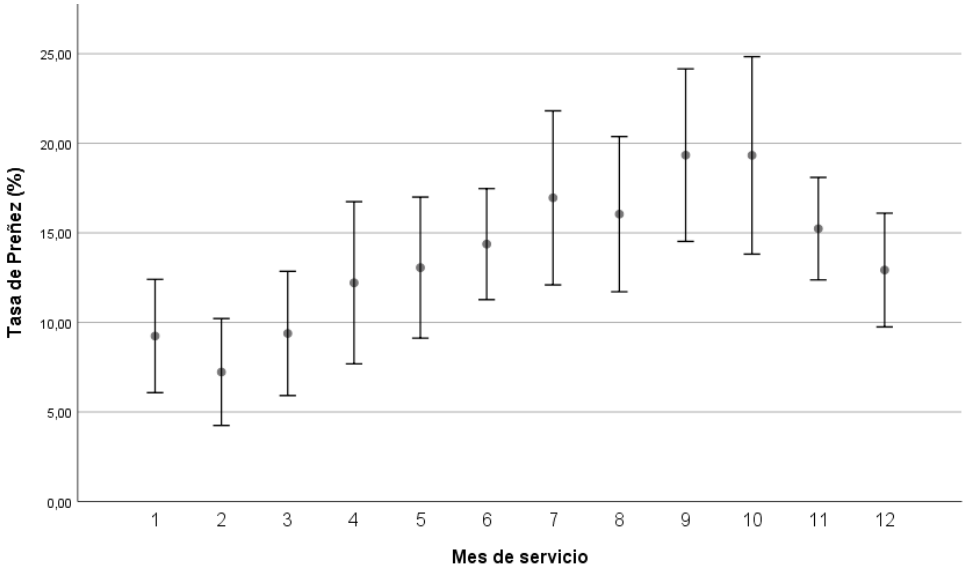

Figura 4. Comportamiento de la tasa de preñez a lo largo de los diferentes meses del año en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

4.2. Factores que influyen sobre la tasa de preñez

Como parte de una primera evaluación se realizó un análisis bivariado de los principales factores que tienen un efecto sobre la tasa de preñez de los establos. Los resultados son presentados a continuación:

4.2.1. De acuerdo al efecto del personal de trabajo de cada hato sobre la tasa de preñez:

A. Motivo o Incentivo económico

Se determinó que el incentivo económico que se brinda al personal para la detección de celos no tiene un efecto significativo sobre la tasa de preñez de los establos (Cuadro 3); sin embargo, se observa una pequeña tendencia hacia una mejor tasa de preñez cuando se brinda este beneficio a los trabajadores.

Cuadro 3: Efecto del incentivo económico del personal para DC sobre la Tasa de Preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	Recuento	Media	Desviación estándar	95% CL inferior para media	95% CL superior para media
No	108	13,12%	7,58%	11,67%	14,58%
Si	72	14,81%	8,30%	12,86%	16,76%

Valor de t: -1.401, gl: 177, significancia: 0.163

4.2.2. De acuerdo al efecto de las instalaciones de cada hato sobre la tasa de preñez:

A. Distribución de corrales

Como se puede observar en el cuadro 4, los establos que tienen un pasadizo central a lo largo de los corrales presentaron una mayor tasa de preñez (15.35%) comparado con los establos que no contaban con este pasadizo (12,76 %); con un nivel de significancia menor a 0.05 ($p<0.05$).

Cuadro 4. Efecto de la distribución de corrales sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	Recuento	Media	Desviación estándar	95% CL inferior para media	95% CL superior para media
Pasadizo Central	72	15,35%	8,54%	13,34%	17,35%
Periférica	108	12,76%	7,29%	11,36%	14,16%

Valor de t: 2.169, gl: 177, significancia: 0.031

B. Calidad del piso

Se encontró también una diferencia estadística significativa entre la tasa de preñez de los establos que tenían una óptima calidad del piso, siendo ésta de 15.17%; en comparación con la de aquellos que presentaban problemas en la calidad del piso, 11.77% (p = 0.003) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la calidad del piso sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	Recuento	**Media**	**Desviación estándar**	**95% CL inferior para media**	**95% CL superior para media**
Óptima	108	15,17%	8,52%	13,53%	16,80%
Problemas	72	11,77%	6,39%	10,27%	13,28%

Valor de t: 2.874, gl: 174.849, significancia: 0.003

4.2.3. De acuerdo al efecto del tipo de manejo y programas reproductivos de cada hato sobre la tasa de preñez:

A. Empleo de prostaglandinas ($PGF_{2\propto}$)

Se evaluó el efecto del porcentaje de vacas en las que se empleó prostaglandinas (PG), mediante un análisis de regresión lineal simple. Obteniendo un coeficiente de determinación ajustado de 1.4% con un error estándar de la estimación de 7.8%; sin embargo, no se encontró un efecto significativo del uso de PG sobre la tasa de preñez (p = 0.06) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto del porcentaje del uso de prostaglandina ($PGF_{2\propto}$) sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	B	D.S.	B est.	T	Sig.
Constante	14,961	0,849		17,624	0,000
PG	-0,079	0,042	-0,141	-1,888	0,061

Así también, en la figura 5 se puede observar una relación inversa entre el porcentaje del uso de PG con la tasa de preñez; observándose una menor tasa de preñez cuanto mayor fue el uso de PG, aunque ésta no fue significativa.

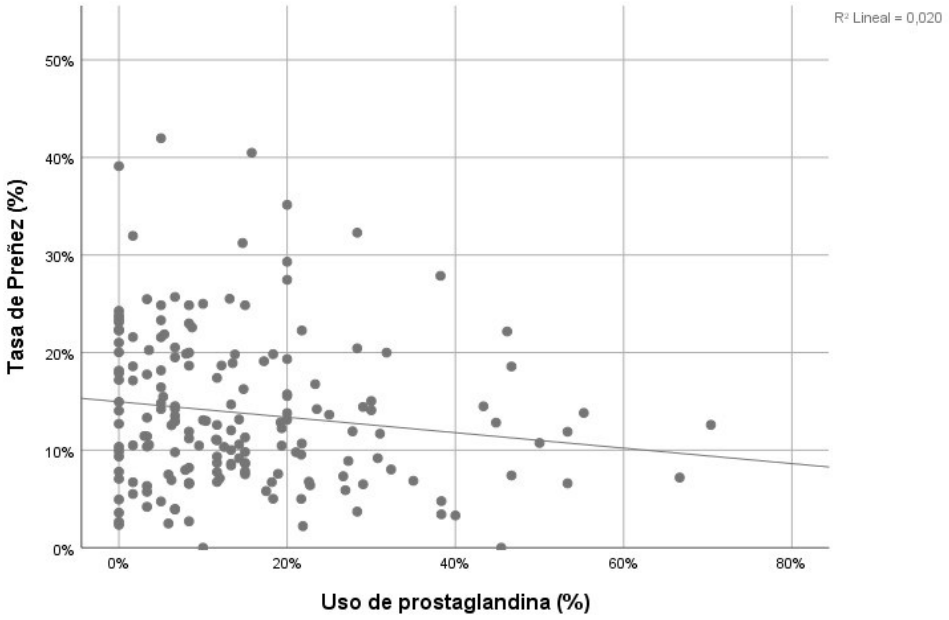

Figura 5. Relación entre el porcentaje de uso de prostaglandina $PGF_{2\propto}$ y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

B. Uso de inseminación artificial a tiempo fijo

El efecto del porcentaje de vacas que usaron inseminación artificial a tiempo fijo también se evaluó mediante un análisis de regresión lineal simple y se obtuvo un

coeficiente de determinación ajustado de 2.1% con un error estándar de la estimación de 7.8%. Se encontró un efecto significativo del uso de inseminación a tiempo fijo sobre la tasa de preñez ($p<0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto del porcentaje del uso de inseminación artificial a tiempo fijo sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	B	D.S.	B est.	T	Sig.
Constante	15,279	0,891		17,141	0,000
IATF	-0,131	0,060	-0,163	-2,195	0,029

En la figura 6 se puede observar una relación inversa significativa entre el porcentaje del uso de inseminación artificial a tiempo fijo con la tasa de preñez, observándose una menor tasa de preñez a un mayor uso de inseminación artificial a tiempo fijo.

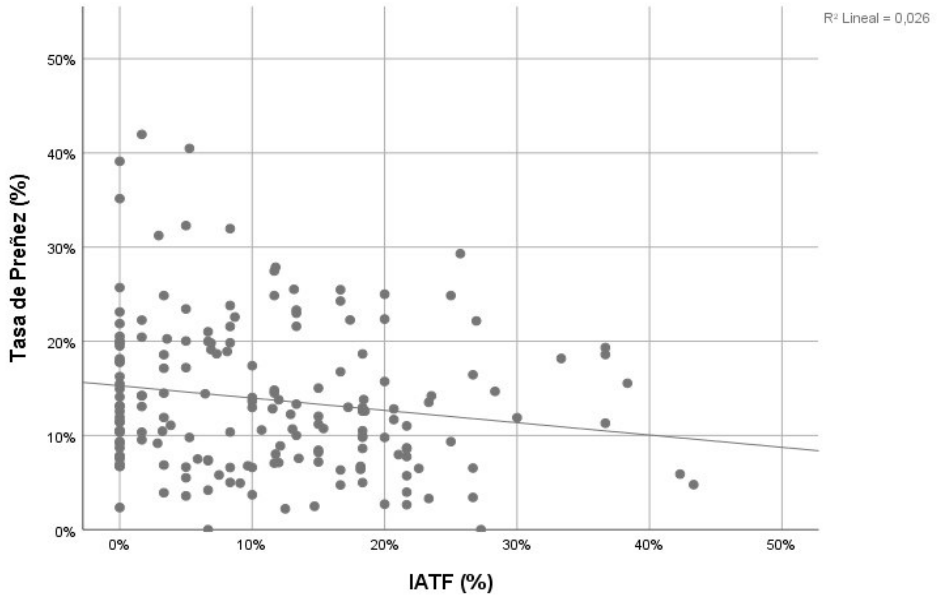

Figura 6. Relación entre el porcentaje del uso de inseminación artificial a tiempo fijo y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

4.2.4. De acuerdo al efecto medioambiental sobre la tasa de preñez:

A. Índice de sobrecarga calórica

Los resultados del análisis de regresión lineal simple que se obtuvieron para evaluar el efecto del índice de sobrecarga calórica fueron: un coeficiente de determinación ajustado de 14.4% con un error estándar de la estimación de 7.3%. Se encontró un efecto significativo del índice de sobrecarga calórica sobre la tasa de preñez ($p<0.001$) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto del índice de sobrecarga calórica sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	B	D.S.	B est.	t	Sig.
Constante	16,811	0,768		21,885	0,000
ITH sobrecarga 70	-0,115	0,021	-0,386	-5,570	0,000

En la figura 7 se puede observar una relación inversa significativa entre el índice de sobrecarga calórica y la tasa de preñez, observándose una menor tasa de preñez a mayor índice de sobrecarga calórica.

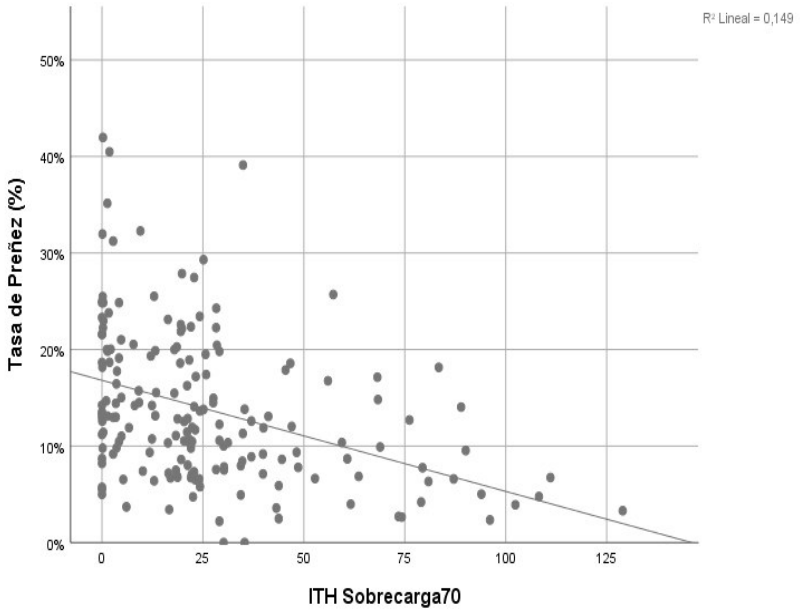

Figura 7. Relación entre el índice de sobrecarga calórica y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

B. Duración del estrés calórico

Los resultados del análisis de regresión lineal simple obtenidos al evaluar el efecto de la duración del estrés calórico fue de 15.1% como coeficiente de determinación ajustado con un error estándar de la estimación de 7.3%. En el cuadro 9 se aprecia el efecto significativo de la duración del estrés calórico sobre la tasa de preñez ($p<0.001$).

Cuadro 9. Efecto de la duración del estrés calórico sobre la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

	β	D.S.	B est.	t	Sig.
Constante	18,745	1,023		18,322	0,000
Duración 70	-0,655	0,115	-0,394	-5,705	0,000

En la figura 8 se puede observar una relación inversa significativa entre la duración del estrés calórico y la tasa de preñez, observándose una menor tasa de preñez a mayor duración del estrés calórico

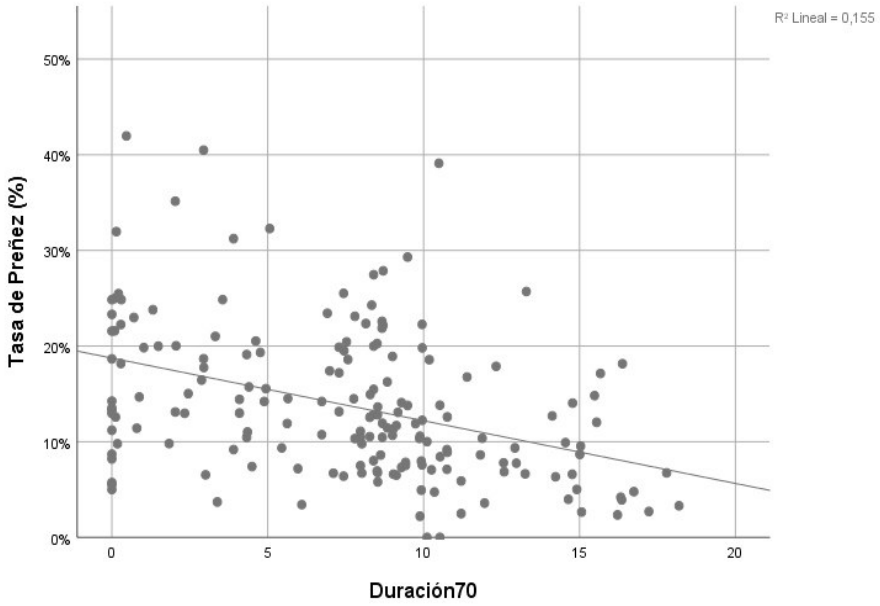

Figura 8. Relación entre la duración del estrés calórico y la tasa de preñez en los establos lecheros de crianza intensiva de Lima

4.3. Análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez

Para evaluar el efecto de los diferentes factores que afectan la tasa de preñez en los establos lecheros se empleó el análisis de senderos, en el cual se incluyó a la tasa de servicio y la tasa de concepción como factores que directamente afectan la tasa de preñez y a los demás factores como factores que influyen sobre la tasa de servicio o la tasa de concepción, asimismo, la temperatura máxima y la humedad relativa mínima fueron colocados como factores que afectan la sobrecarga calórica y la duración del estrés calórico. Del modelo final fueron eliminadas todas las relaciones que presentaron un nivel de significancia mayor que 0.2. En la figura 9 podemos observar el diagrama de senderos

del modelo final, donde podemos observar que la tasa de preñez fue afectada directamente por la tasa de servicio y la tasa de concepción.

Asimismo, en la figura 9 podemos observar que la tasa de servicio fue afectada de manera directa por el incentivo del personal y el porcentaje de uso de la IATF, mientras que fue afectada de manera inversa por el uso de PG, la sobrecarga calórica, la mala calidad de los pisos y la mala distribución de los corrales. Por otra parte, la tasa de concepción fue afectada de manera inversa por el incentivo del personal, el uso de IATF, la sobrecarga calórica, la duración del estrés calórico y la distribución de corrales. Por último, también podemos observar que la temperatura máxima y la humedad relativa mínima influyeron directamente sobre la sobrecarga calórica y la duración del estrés calórico.

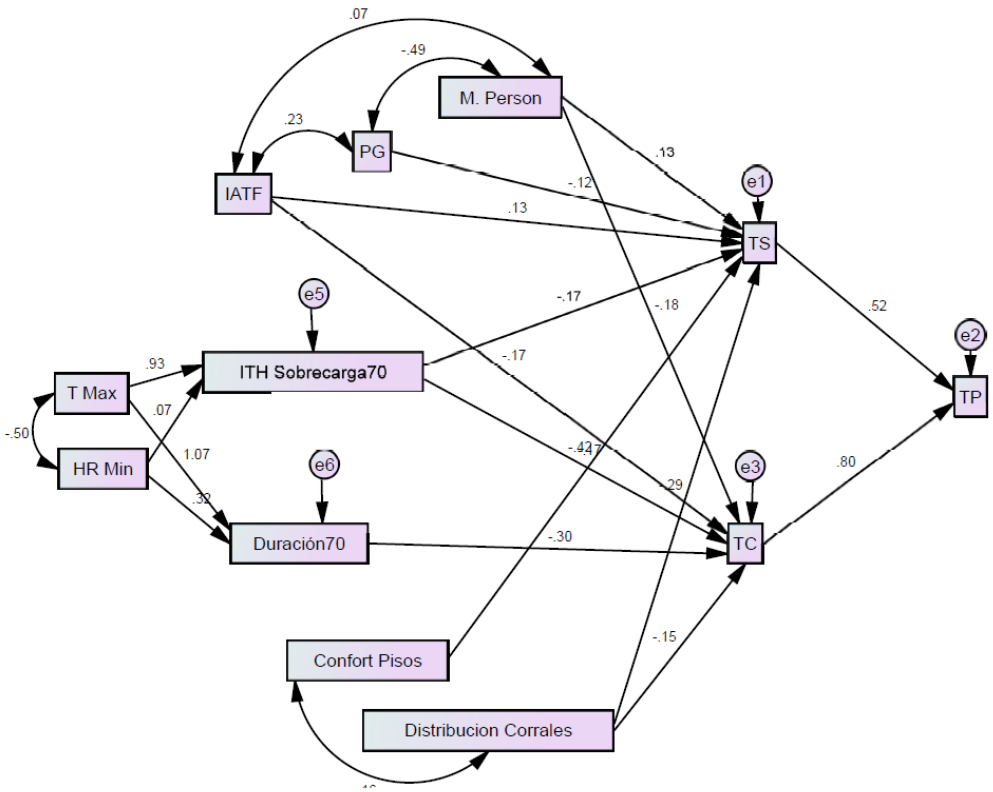

Figura 9. Diagrama del análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez indicando los coeficientes de regresión estandarizados.

En el cuadro 10 podemos observar los resultados del análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez, donde podemos encontrar los coeficientes de regresión y su significancia. Como podemos observar, la tasa de preñez fue afectada significativamente por la tasa de servicio y la tasa de concepción ($p<0.001$), encontrándose que mientras mayor sea la tasa de servicio o la tasa de concepción, mayor será la tasa de preñez. Asimismo, podemos observar que la tasa de servicio fue afectada significativamente por el porcentaje de uso de IATF ($p<0.05$), la calidad de pisos ($p<0.001$), la distribución de corrales ($p<0.001$) y la sobrecarga calórica ($p<0.01$), no encontrándose efecto significativo del incentivo del personal ni del uso de la prostaglandina ($p>0.05$). Por otro lado, la tasa de concepción fue afectada significativamente por el incentivo del personal ($p<0.01$), la distribución de corrales ($p<0.05$), la duración del estrés calórico ($p<0.01$) y el porcentaje de uso de IATF ($p<0.01$), mientras que la sobrecarga calórica no tuvo un efecto significativo ($p>0.05$). Por último, se encontró un efecto significativo de la temperatura máxima y la humedad relativa mínima sobre la duración del estrés calórico, mientras que solo se encontró un efecto significativo de la temperatura máxima sobre la sobrecarga calórica ($p<0.05$).

Cuadro 10. Resultados del análisis de senderos de los factores que influyen sobre la tasa de preñez

Variable endógena	Variable Exógena	Coeficiente	S.E.	Sig.	Coeficiente estandarizado
ITH Sobrecarga	T° Max	8.118	0.340	<0.001	0.926
Duración	T° Máx	1.674	0.043	<0.001	1.066
ITH Sobrecarga	HR Mín	0.137	0.076	0.072	0.070
Duración	HR Mín	0.112	0.010	<0.001	0.320
TC	Motiv. Personal	-5.285	1.906	0.006	-0.175
TC	Distribución del Corral	-4.656	1.900	0.014	-0.154

TC	IATF	-0.250	0.095	0.009	-0.166
TC	ITH Sobrecarga	-0.096	0.062	0.123	-0.172
TC	Duración	-0.939	0.348	0.007	-0.301
TS	Motiv. Personal	3.521	1.940	0.070	0.133
TS	Distribución Corral	-7.751	1.676	<0.001	-0.292
TS	Piso	-11.120	1.676	<0.001	-0.419
TS	PG	-0.108	0.070	0.121	-0.116
TS	IATF	0.179	0.087	0.040	0.135
TS	ITH Sobrecarga	-0.083	0.031	0.007	-0.169
TP	TS	0.323	0.011	<0.001	0.518
TP	TC	0.439	0.009	<0.001	0.799

En el cuadro 11 se presentan los efectos directos e indirectos de cada uno de los factores evaluados como se puede observar. Los factores que influyeron principalmente sobre la tasa de preñez fueron la tasa de concepción (0.799) y la tasa de servicio (0.518), los cuales tuvieron un efecto directo. El factor que tuvo un mayor efecto indirecto sobre la tasa de preñez fue la temperatura máxima (-0.464), seguido por la distribución de corrales (-0.275) y la duración del estrés calórico (-0.240). Otros factores que tuvieron un efecto importante sobre la tasa de preñez fueron la sobrecarga calórica (-0.225) y la calidad de los pisos (-0.217). La tasa de servicio fue principalmente afectada de manera directa por la calidad de los pisos (-0.419), seguido por la distribución de corrales (-0.292). Mientras que la tasa de concepción fue afectada principalmente por la temperatura máxima de manera indirecta (-0.480) y por la duración del estrés calórico de manera directa (-0.301). El porcentaje de uso de IATF y el incentivo del personal tuvieron un efecto negativo sobre la tasa de concepción y un efecto positivo sobre la tasa de servicio, por lo cual no tuvieron una contribución importante sobre la tasa de preñez.

Cuadro 11. Efecto directo, indirecto y total estandarizado

	Duración	**ITH Sobrecarga**	**TC**	**TS**	**TP**
Motiv. Personal			-0.175	0.133	-0.071
Distribución Corral			-0.154	-0.292	-0.275
Calidad Piso				-0.419	-0.217
PG				-0.116	-0.060
IATF			-0.166	0.135	-0.063
T° Max	1.066	0.926	-0.480	-0.156	-0.464
H°R Mín	0.320	0.070	-0.108	-0.012	-0.093
ITH Sobrecarga			-0.172	-0.169	-0.225
Duración			-0.301		-0.240
TC					0.799
TS					0.518

V. DISCUSIÓN

Cuando se evalúa la tasa de preñez a lo largo de los meses del año, se encuentra altas tasas de preñez en los meses de setiembre y octubre, pero no se encuentra diferencia estadísticamente significativa con los meses de abril a diciembre. Lo que significa que mejorando las condiciones de manejo podrían igualarse las tasas de preñez en estos meses del año. Lo que sí resulta claro es que durante los primeros tres meses del año la tasa de preñez es significativamente inferior. Esto puede deberse a que el estrés calórico afecta negativamente la expresión del celo (Chunga, 2017), así como la calidad de los ovocitos y la inhibición del desarrollo embrionario (Medrano, 2018), además de producir un desmedro sobre el bienestar animal.

Asimismo, de manera independiente se evaluaron qué factores influyen sobre la tasa de preñez; encontrándose que el incentivo económico brindado al personal de trabajo, así como el empleo de prostaglandinas ($PGF_{2\propto}$) no tienen un efecto significativo sobre la tasa de preñez. El por qué no hay un efecto significativo de este factor (el incentivo económico) puede deberse a la falta de motivación o trato inadecuado a los trabajadores por parte de los dirigentes del establo; ó debido a una falta de compromiso por parte de los trabajadores hacia la empresa, probablemente por una falta de capacitación adecuada o por no comprender la importancia de sus labores (desde la tarea más pequeña hasta la más compleja) y los efectos que éstas puedan tener en los animales y el hato. Mientras que, el empleo de programas reproductivos con prostaglandinas ($PGF_{2\propto}$) no tienen un

efecto significativo sobre la tasa de preñez, probablemente debido a que esta técnica, a pesar de ser muy empleada por sus virtudes y precio económico, todavía requieren la detección de los celos por parte del trabajador; los cuales como la literatura menciona (Jácome, 2012) se pueden presentar en un periodo de 5 días aproximadamente; y de estar atentos durante este periodo podrían ser detectados, sin embargo como es sabido este es el punto débil en muchos de los establos.

Por otro lado, sí se encontró un efecto significativo de los factores: distribución de corrales, calidad del piso, empleo de sincronización a tiempo fijo (IATF), la sobrecarga y la duración del estrés calórico.

- La distribución de los corrales que contaba con un pasadizo central tuvo un efecto significativo, probablemente debido a que este tipo de pasadizo le permite a los trabajadores tener una visión global de los animales ya sea para detección de celos o identificación de algunas alteraciones de salud (cojeras por ejemplo); en cambio esto no sucede en los establos que tienen corrales periféricos en los que no hay una visión general de los animales por lo que esta distribución impide que se realice una buena observación del comportamiento animal y por ende también de los celos.

- La calidad del piso también resulta ser significativa, encontrándose que aquellos corrales con pisos en óptimas condiciones (con un buen declive y adecuado mantenimiento) proporcionan confort y bienestar en los animales (Glauber y Barreiro, 2014), permitiendo así que las vacas puedan mantenerse más tiempo de pie por lo que es más probable que puedan expresar adecuadamente la conducta de monta al momento del celo. Por el contrario, cuando el piso es húmedo, con excesivo barro o estiércol, con piedras y/o con excesiva dureza; entonces se incrementa la presencia de problemas podales, disminuye el tiempo de los animales en pie y se reduce el número de montas cuando las vacas se encuentran en celo.

- La IATF tiene un efecto significativo sobre la tasa de preñez probablemente debido a que elimina el efecto de la detección de celos (Jácome, 2012) por parte del personal del establo. Sin embargo aunque suene paradójico, se conoce que la tasa de concepción al usar la IATF es inferior al que se obtiene cuando se sirven vacas con celos detectados; lo

cual probablemente se deba a que muchos productores sólo se abocan a los beneficios que otorga este programa, pero se olvidan muchas veces en compensarlo con un manejo adecuado en el resto de aspectos del animal (nutricional, sanitario, y otros) (Huanca, 2001). Adicionalmente la falta de capacitación y familiaridad con el manejo de estos protocolos de IATF también puede influir en los resultados observados con estos programas.

- Así también, se encontró que el incremento del índice de sobrecarga calórica está relacionado con una disminución de la tasa de preñez. Esto debido al estrés calórico producido en el animal, debido a que el índice de sobrecarga calórica contabiliza el exceso de calor que recibe el animal por encima del umbral (St-Pierre et al., 2003). Por otro lado, se encontró que, a mayor duración del estrés calórico, es decir un mayor número de horas de exposición al estrés calórico se produce una disminución de la tasa de preñez. También hay que añadir que se ha evidenciado que el estrés de calor no solo se presenta en el verano; sino a lo largo de todo el año, en mayor o menor grado (Ruiz et al., 2019).

En la segunda fase del estudio con el análisis de senderos, se observa que la tasa de preñez es afectada positiva y significativamente por la tasa de servicio y la tasa de concepción ($p<0.001$), encontrándose un efecto mayor de la tasa de concepción con un coeficiente de regresión estandarizado de 0.8 y un menor efecto de la tasa de servicio con un coeficiente de regresión estandarizado de 0.52. Esto demuestra por qué muchas veces el empleo de métodos de sincronización de celos a tiempo fijo, no tienen un efecto tan marcado sobre la tasa de preñez cuando coexisten otros factores que afectan de manera negativa la tasa de concepción.

La tasa de servicio fue afectada significativamente por el porcentaje del uso de IATF ($p<0.05$) con un coeficiente de regresión estandarizado de 1.3, debido a que todos los animales sincronizados a tiempo fijo son inseminados mejorando así la tasa de servicio en el hato. Sin embargo, la tasa de servicio no mejora cuando se emplean dos dosis seguidas de prostaglandinas porque de todas maneras la detección del celo por parte de

los trabajadores es imprescindible para realizar el servicio. Contradictoriamente, un mayor porcentaje del uso de IATF afecta de manera negativa a la tasa de concepción (como se mencionó párrafos arriba). Lo que significa que los métodos de sincronización de celo y ovulaciones mejoran la tasa de preñez a través de un incremento de la tasa de servicios pero no de la tasa de concepción.

La tasa de servicios también es afectada por el confort de los pisos ($p<0.001$), con un coeficiente de regresión estandarizado de 0.42, esto significa que el confort de los pisos mejora la expresión del celo al reducir los problemas podales e incrementar el tiempo en el cual las vacas están de pie. Por otro lado, una buena distribución de corrales ($p<0.001$) incrementa la tasa de servicio con un coeficiente de regresión estandarizado de 0.29. Debido a que como se había mencionado anteriormente este factor influye en la visibilidad del operario para detectar los celos.

La tasa de preñez es el parámetro que permite una evaluación completa y dinámica acerca de cómo están preñando las vacas del establo (Ferguson y Galligan, 2000); y de ser afectada por los factores relacionados al estrés calórico: sobrecarga calórica y duración del estrés calórico, dicha tasa de preñez se verá reducida. De acuerdo a algunos estudios realizados, se ha demostrado que la sobrecarga calórica afecta significativamente ($p<0.01$) a la tasa de servicios con un coeficiente de regresión estandarizado de -0.17; pero no tiene un efecto significativo sobre la tasa de concepción. Esto se debe a que la acumulación excesiva de calor produce disminución de los niveles de estradiol, lo cual afecta la expresión del celo (Chunga, 2017), ya que las vacas en un intento de sopesar los efectos del calor reducirán su actividad física y eso incluye también una menor evidencia de monta (Hernández, 2016) lo cual es contrario a lo que debería ocurrir durante el celo. La duración prolongada del estrés calórico desencadena a su vez la alteración de otros mecanismos hormonales (baja LH y FSH) lo que podría estar afectando el desarrollo folicular, así como la calidad y maduración de los ovocitos; asimismo el cuerpo lúteo generará reducidas cantidades de progesterona lo que repercutirá en la permanencia y

viabilidad del embrión dentro del útero, es decir que no podrá mantenerse la gestación (Chunga, 2017; Medrano, 2018).

Por último, podemos mencionar que un incremento de la temperatura máxima y la humedad relativa mínima tienen un efecto significativo sobre la duración del estrés calórico, y este a su vez tiene un efecto negativo sobre la tasa de concepción. Mientras que, solo se encontró un efecto significativo de la temperatura máxima sobre la sobrecarga calórica, la cual mostró un efecto negativo sobre la tasa de servicio; lo que podría solucionarse con un adecuado programa de IATF.

VI. CONCLUSIONES

- La tasa de preñez se reduce significativamente en los meses de verano, principalmente por los efectos más marcados del estrés calórico en dicha época.

- Los factores: incentivo económico, distribución de corrales, calidad de pisos, uso de PG, uso de IATF, sobrecarga calórica y duración del estrés calórico influyen sobre la TC, TS y TP.

- El incentivo económico al personal influyó sobre la TC de manera negativa, sin llegar a tener un efecto significativo sobre la TS, por lo cual se tuvo un efecto negativo sobre la TP.

- Factores relacionados a las instalaciones (distribución de corrales con pasadizo central, y con buena calidad de pisos) ofrecen un efecto significativo positivo sobre la TS y TP; debido a que si el hábitat de los animales es óptimo ofrecerán confort, menos estrés y por ende es probable que se dé un mejor desempeño general de las vacas.

- Cuando se emplea protocolos hormonales como la IATF; usualmente hay un efecto significativo positivo para TS; más no así para la TC. Pero, cuando se emplean dos dosis de PG en el protocolo, se ha demostrado que no hay significancia en los resultados ni para TS, ni para TP, principalmente debido a que

se requiere una DC adecuada y como es sabido aún hay mucho margen por mejorar en este aspecto.

- Los efectos medioambientales que causan estrés calórico, como la sobrecarga y la duración del estrés calórico afectan de manera significativamente negativa a la TP; debido a que el estrés ambiental o de otro tipo, ralentiza o altera ciertas funciones fisiológicas de los animales, incluyendo las reproductivas.

- La sobrecarga calórica también afecta de forma significativa a la TS, más no a la TC. Por otra parte, la duración del estrés calórico afecta también a la TC.

- La mejora de la TS y la TC ofrecen un efecto significativo favorable para la TP.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero AP. 2009. Planificación y manejo de las explotaciones de vacuno de leche. Tomo III. Colección Prácticas Agropecuarias, Castilla y León. p37-45.

- Arteaga BA. 2020. Estrategia para mejorar la tasa de servicio y la subsecuente tasa de preñez en vacas utilizando la técnica de ultrasonografía. Tierra Infinita, 6(1): 20-28. Disponible en: http://doi.org/10.32645/26028131.1028.

- Bartolomé J. 2014. Programas de reproducción en rodeos lecheros: Qué evaluar y cómo mejorar. Jornadas de Manejo Reproductivo. Córdoba-Argentina: Univ. Nac. de Rio Cuarto. 84p.

- Bishop J, Betancourt R, Carrión F, Reyes F, Zambrano J, Ronquillo S, Rivadeneira J, Chung Sang G, Santillán R, Anzúles A, Berrenzueta L, Rolando C, De La Torre R, Muñoz K, Sánchez S, Farfán C, Vallejo H, Tergas L. 1989. Manual del ganadero. INIAP, Quito-Ecuador. Proteca. p45-76.

- Bouraoui R, Lahmar M, Majdoub A, Djemali M, Belyea R. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. Anim. Res. 51: 479–491.

- Bonilla CJ, Bustamante GJ, Rubio CV. 2014. Manual de producción de ganado lechero en el Estado de Nayarit. Especial Núm. 1. SAGARPA-INIFAP. México. p76-121.

- Cabrera P, Mellisho E. 2000. Parámetros reproductivos de vacas Holstein en tres establos de la cuenca de Lima. Univ. Nac. Agraria La Molina. Anales científicos; 42: 4-24.

- Camusso J. 2020. Mejoramiento reproductivo y productivo de rodeos lecheros en la región Centro Norte de Argentina. Tesis especialidad en reproducción bovina Univ. Nac. de Córdoba. Argentina. 25p.

- Capitaine FA. 2002. Monitoreo de la eficacia reproductiva de rodeos lecheros. Primeras Jornadas Taurus de Reproducción Bovina. Buenos Aires, Argentina.

- Caraviello DZ, Weigel KA, Fricke PM, Wiltbank MC, Florent MJ, Cook NB, Nourdlund KV. 2006. Survey of Management practices on reproductive performance of dairy cattle on large US commercial farms. J. Dairy Sci. 89: 4723-4735. (doi: 10.3168/jds.S0022-0302(6)-72522-X).

- Carmona SG, Arroyo G. 2006. Cómo medir la eficiencia reproductiva de su hato lechero. Costa Rica: Cooperativa de productores de leche Dos Pinos. [Internet], [05 octubre 2006]. Disponible en: www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/como-medir-eficiencia-reproductiva-t26622.htm

- Cavazos GF. 2014. Producción eficiente de preñeces en hatos lecheros. En: 12° Congreso Internacional de MVZ especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera. Engormix.com. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar

- Cavestany D. 2000. Temas de lechería: Reproducción. Serie técnica 116. INIA La Estanzuela. 61p.

- Charmandarian A, Krupick M, Haümuller J. 2013. Intervalo entre partos, IPP, de 13 meses. Buenos Aires. Producir XXI, 21 (258): 30-32.

- Chunga LW. 2017. Efecto del Fenómeno de El Niño 1997- 1998 en la reproducción en tres establos de la Cuenca Lechera de Lima zona de Puente Piedra. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Lima: Univ. Nac. Agraria La Molina. 214p.

- Contexto Ganadero. 2015. Con un podómetro se puede detectar el celo en vacas. Colombia. [Internet], [23 abril 2015]. Disponible en: https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/con-un-podometro-se-puede-detectar-el-celo-en-vacas

- Delgado BE, Gutiérrez OE, Angulo SH, Atanacio CA, Rivera HM. 1996. Manual de Inseminación Artificial y Manejo Reproductivo. 1ra. edición. Lima. MINAG - FNFG. 55p.
  (*MINAG: Ministerio de Agricultura/ FNFG: Fondo Nacional de Fomento Ganadero)

- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72: 68-78.

- Ferguson JD, Galligan DT. 2000. Assessment of reproductive efficiency in dairy herds. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 22: 150–159.

- Fetrow J, McClary D, Harman R, Butcher K, Weaver L, Studer E, Ehrlich J, Etherington W, Guterbock W, Klingborg D, Reneau J, Williamson N. 1990. Calculated selected reproductive indices: Recommendations of the American Association of Bovine Practitioners. J. Dairy Sci. 73: 78–90.

- García L-B. 2019. Claves para el éxito reproductivo en vacas lecheras. Revista rumiNews; 25-36. Disponible en: www.rumiantes.com

- Giraldo J. 2008. Sincronización y resincronización de celos y ovulaciones en ganado de leche y carne. Revista Lasallista de Investigación; 5(2): 90-99.

- Glass GV. 1966. Testing homogeneity of variances. American Educational Research Journal, 3(3): 187-190.

- Glauber C. 2012. Manejo reproductivo en el rodeo bovino lechero: una revisión. Rev Vet Arg. 29(287): 16p.

- Glauber C, Barreiro P. 2014. Productividad y confort en el manejo de la vaca lechera: Reflexiones, causas y consecuencias. Rev Vet Arg. 31(312): 1-5.

- González-Stagnaro C, Madrid-Bury N, Goicochea Ll. 2003. Análisis de la tasa de preñez en vacas doble propósito. Revista Científica, FCV-LUZ. 13: 440-447.

- Gorosito R. 2007. Las vacas de alta producción son difíciles de preñar si están mal alimentadas. Buenos Aires. Producir XXI; 15(186): 46-51.

- Gutiérrez MP. 2009. Manual práctico de manejo de una explotación de vacuno lechero. Colección de prácticas en sector agropecuario. Junta de Castilla y León. España. 119p.

- Hernández CJ. 2016. Fisiología clínica de la reproducción de bovinos lecheros. 1ra. Edición. Univ. Nac. Autónoma de México. 173p.

- Huanca LW. 2001. Inseminación artificial a tiempo fijo en vacas lecheras. Rev Inv Vet Perú; 12(2): 161-163.

- Jácome SR. 2012. Protocolos de sincronización de celos en vacas Bos Indicus. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Riobamba- Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 67p.

- Jiménez-Pérez F, Urdaneta M(1), González R, Sandoval J, Urdaneta M(2), Parra A. 2009. Evaluación de cuatro métodos de detección del celo en novillas de doble propósito. Revista científica, FCV-LUZ; 19(4): 366-370.
  *[(1) Urdaneta, María; y (2) Urdaneta, Margelis]

- Julca VA. 2017. Diseño y desarrollo de un podómetro detector de celo para monitoreo de ganado bovino. Tesis de Ingeniero Electrónico. Lima: Univ. Tecnológ. del Perú. 5p.

- La Torre W. 2001. Métodos de reducción de los días abiertos en bovinos lecheros. Rev Inv Vet Perú; 12(2): 179-184.

- LeBlanc S. 2013. Is a high level of milk production compatible with good reproductive performance in dairy cows? Animal Frontiers; 3(4): 84-91.

- Lo Greco P. 2015. En el Tambo de hoy… decidir con información. La tecnología como herramienta para la transformación de los sistemas lecheros. Buenos Aires. Producir XXI; 23(284): 16-23.

- López F. 2006. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas Holstein. Facultad de Ciencias Agropecuarias. J. Dairy Sci. 4(1): 77-86.

- Lucy MC. 2001. Reproductive loss in high producing dairy cattle: Where will it end?. Columbia. J. Dairy Sci. 84(6): 1277- 1293.

- Medrano RP. 2018. Efecto de las instalaciones ganaderas sobre el rendimiento reproductivo de bovinos lecheros en pequeños productores del sector "Irrigación San Felipe", en el distrito de Végueta, provincia de Huaura, Cuenca Lechera de Lima. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Lima: Univ. Per. Cayetano Heredia. 27p.

- Ojeda BD. 2018. Efecto de la condición corporal sobre la reproducción de la vaca. Chile. Rev Agrocolun; 38: 24-27.
  Disponible en: https://agrocolun.cl/revista/38/index.html#p=1

- Olivera SS. 2010. Midiendo y monitoreando la reproducción en vacas lecheras: La tasa de preñez. Boletín El Poronguito; 333: 2-5.

- Olynk NJ, Wolf CA. 2008. Economic analysis of reproductive management strategies on US commercial dairy farms. J. Dairy Sci. 91(10): 4082- 4091.

- Orrego J, Delgado A, Echevarría L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas Holstein en la cuenca de Lima. Rev Inv Vet Perú; 14(1): 68-73.

- Ortiz D, Camacho J, Echevarría L. 2009. Parámetros reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. Rev Inv Vet Perú; 20 (2): 196-202.

- Pallete A, Adrianzén B, García M. 2018. Características de productividad de un establo de la cuenca lechera de Lima. Anales Científicos; 79 (2): 477-482.

- Piccardi M, Capitaine F, Bó GA, Balzarini M. 2011. Impacto del nivel de producción, estación de parto y el tipo de servicio sobre la tasa de preñez acumulada a 100 días en vacunos lecheros en la Argentina. Córdoba. Agriscientia; 28(2): 127-135.

- Plaizier L, Lissemore K, Kelton D, King G. 1998. Evaluation of overall reproductive performance of dairy herds. J. Dairy Sci. 81(7): 1848-1854.

- PROGANIC-JICA. 2009. Manual para técnicos locales. Proyecto de mejoramiento de la productividad ganadera para los productores de pequeña y mediana escala en la República de Nicaragua. p74-83. (disponible en: https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/2481032E0/pdf/MANUAL_PARA_TECNICOS_LOCALES001.pdf)
  *(JICA: Japan International Cooperation Agency)

- Ravagnolo O, Misztal I, Hoogenboom G. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. J Dairy Sci. 83(9): 2120-2125. (doi: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75094-6).

- Razali NM, Wah YB. 2011. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. Journal of Statistical Modeling and Analytics; 2(1): 21-33.

- Rearte R. 2020. Producción de leche y eficiencia reproductiva en vacas lecheras. Resúmenes Ebec UNLP. Investigación Joven; 7 (2): 1-2.

- Reinoso PE. 2017. Determinación de la frecuencia de la hora de inicio del celo y su duración en vacas lecheras con podómetro. Tesis de Médico Veterinario y Zootecnista. Quito: Univ. Central del Ecuador. 71p.

- Ricagni AJ. 2006. Comparación de manejos reproductivos en rodeos lecheros. Tesina de Ingeniero Agrónomo. Río Cuarto- Córdoba: Univ. Nac. de Río Cuarto. 31p.

- Risco C, Archibald L. 2005. Eficiencia reproductiva del ganado lechero. Gainesville: College of Veterinary Medicine University of Florida. 5p. Disponible en: wwww.produccion-animal.com.ar

- Ruiz L, Sandoval R. 2014. Relación entre los parámetros reproductivos convencionales y los parámetros de eficiencia reproductiva de los establos lecheros de Lima. Spermova; 4(1): 58-60.

- Ruiz GL, Sandoval MR, Montenegro VM, Delgado CA. 2017. Desempeño reproductivo de vacas lecheras con involución uterina retardada bajo tratamiento hormonal con cipionato de estradiol y benzoato de estradiol. Rev Inv Vet Perú; 28(1): 110-119. (http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12943).

- Ruiz GL, Carcelén CF, Sandoval MR. 2019. Evaluación de los indicadores de estrés calórico en las principales localidades de lechería intensiva del departamento de Lima, Perú. Rev Inv Vet Perú; 30(1): 88-98. (http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15694).

- Saharrea MA. 2016. Uso de la inseminación artificial para mejorar la producción de carne y leche en la ganadería tropical. Revista Ganaderia.com [internet], [26 septiembre 2016]. Disponible en: www.ganaderia.com

- Sandoval MR, Ruiz GL, Carcelén F. 2017. Determinación de la tasa de servicio y de los factores que la afectan en establos de lechería intensiva de Lima, Perú. Rev Inv Vet Perú; 28(2): 314-326.

- Salazar A. 1993. Parámetros reproductivos y observación de celos en la cuenca lechera de Lima en los años 1990 - 1991. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos. 47p.

- Sepúlveda N, Rodero E. 2003. Comportamiento sexual durante el estro en las vacas lecheras. Interciencia; 28(9): 500-503.

- Sessarego E, Vásquez A, Tello V. 2014. Evaluación del rendimiento reproductivo del ganado bovino lechero en el Valle de Huaura. Spermova; 4(1): 46-49.

- Soto BE. 2005. Implemente un programa exitoso de control reproductivo. En: González-Stagnaro C, Soto BE, eds. Manual de ganadería doble propósito. 8(1). Venezuela: Astro Data. p565-570.

- St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. J Dairy Sci. 86(E. Suppl.): 52-77. (doi: 10.3168/jds.S0022- 0302(03)74040-5).

- Toribio SL. 2013. Compendio sobre reproducción animal. 1ª ed. Managua: Univ. Nac. Agraria. 104p.

- Trujillo S. 2010. Causas de descarte, vacas lecheras en los establos de la irrigación San Felipe-Huacho. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Huacho: Univ. Nac. José Faustino Sánchez Carrión. 73p.

- Van Vliet J, Van Eerdenburg F. 1996. Sexual activities and oestrus detection in lactation Holstein cows. Appl. Anim. Behav. Sci. 50(1): 57-69.

- Velásquez SJ. 2010. Reducción de los días abiertos en un hato lechero mediante el manejo reproductivo planificado. Tesis de Industrial Pecuario. Caldas (Antioquía): Corp. Univ. Lasallista. 35p.

- Virbac México. s.f. Inducel Active. Prostaglandina sintética en solución inyectable. [internet].
  Disponible en: https://mx.virbac.com/products/hormonales/inducelactive.

- Wattiaux M. 1999. Esenciales Lecheras. Instituto Babcock EEUU: Univ. Wisconsin-Madison. p49-52.

- Zoetis Camcar. 2013. Lutalyse, Solución estéril. Costa Rica [internet]. Disponible en: https://www.zoetis.co.cr/products/bovinos/lutalyse.aspx

- Zoetis Spain. 2012. CIDR 1.38g Dispositivo vaginal para vacas. Ministerio de Sanidad Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios [Internet]
  Disponible en: https://cimavet.aemps.es/cimavet/pdfs/es/p/1831+ESP/P_1831+ESP.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Cálculo del ITH Sobrecarga

Periodo = 24

Pi = 3.141….

x1, x2, P, Amplitud = variables auxiliares

Amplitud = (ITH Máximo – ITH Mínimo)/2

si ITH umbral >= ITH Máximo entonces

ITH sobrecarga = 0

si no comenzar otra vez

si ITH umbral < ITH Mínimo entonces

ITH sobrecarga = Periodo * (ITH Medio – ITH umbral)

si no comenzar otra vez

si ITH umbral >= ITH Medio entonces calcular

x1 = Arcsen ((ITH umbral – ITH Medio)/Amplitud);

x2 = Pi – x1;

ITH sobrecarga = (Cos (x1) – Cos (x2)) * Amplitud * Periodo / 2 / Pi – (x2 – x1) * Periodo / 2 / Pi * (ITH umbral – ITH Medio)

si no comenzar otra vez

x1 = Pi;

x2 = Pi + Arcsen ((ITH Medio – ITH umbral)/Amplitud);

P = (Cos(x2) – Cos(x1)) * Amplitud * Periodo / Pi

ITH sobrecarga = Amplitud * Periodo / Pi + (ITH Medio – ITH umbral) * Periodo/2 + (ITH Medio – ITH umbral) * ((x2-Pi) * Periodo / Pi) – P

Anexo 2: Cálculo de la duración del periodo de sobrecarga

si ITH umbral > ITH máx entonces duración = 0

o si ITH umbral < ITH Min entonces duración = 24

si no comenzar otra vez

ITH medio = (ITH máx + ITH mín)/2

si ITH umbral > ITH medio entonces

duración = [pi – 2 * arcsen (ITH umbral – ITH medio) / (ITH máx – ITH medio)] / (2 * pi) * 24

si no duración = [pi – 2 * arcsen (ITH medio – ITH umbral) / (ITH máx – ITH medio)] / (2 * pi) * 24