



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**INDICADORES DE FERTILIDAD Y SU RELACIÓN CON
FACTORES PRODUCTIVOS Y DE MANEJO EN
LECHERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE**

JAVIER NICOLÁS SALAZAR LINFATI

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción animal

PROFESOR GUÍA: MARIO DUCHENS ARANCIBIA

SANTIAGO, CHILE

2018



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**INDICADORES DE FERTILIDAD Y SU RELACIÓN CON
FACTORES PRODUCTIVOS Y DE MANEJO EN
LECHERÍAS DE LA ZONA CENTRO-SUR DE CHILE**

JAVIER NICOLÁS SALAZAR LINFATI

Memoria para optar al Título
Profesional de Médico Veterinario
Departamento de Fomento de la
Producción animal

Nota Final

FIRMA

Profesor Guía: Mario Duchens A.

Profesor Corrector: María Sol Morales S.

Profesor Corrector: Carlos Alvear S.

SANTIAGO, CHILE

2018

AGRADECIMIENTOS

Me parece no solo apropiado sino justo y estrictamente necesario agradecer el apoyo y ayuda de muchas personas, cuya presencia y asistencia resulto fundamental para la realización de esta memoria de título y mi formación tanto profesional como personal. Con todas estas personas estaré, sin duda, agradecido por el resto de mi vida como Medico Veterinario.

En primer lugar, envié mi infinito amor y agradecimiento a mis padres, Mario Salazar y Judith Linfati. Explicar la importancia que tienen en mi vida es imposible y una pequeña sección dentro de una memoria de título no hace justicia a la increíble labor que han realizado como padres, les debo absolutamente todo y nada de lo que he y pueda lograr en mi vida sería posible sin la extraordinaria educación y el i infinito amor que me han entregado desde el momento en que nací. Siempre agradeceré el privilegio e inmensa fortuna de ser su hijo. No puedo dejar de mencionar a mi hermana, Daniela Salazar, a quien adoro con todo mi corazón su increíble afecto, inteligencia, responsabilidad y carisma han sido siempre una inspiración, un motivo de admiración y un constante ejemplo que siempre ha servido de brújula en mi vida.

También quiero agradecer mi profesor guía, Dr. Mario Duchens, a quien le estaré por siempre agradecido por la inmensa paciencia que tuvo conmigo en el largo camino que fue el desarrollo de este trabajo. Su gran simpatía, disposición a ayudar y aconsejarme resultaron invaluable durante estos años. Espero sinceramente que no perdamos el contacto y podamos mantener una grata y afable relación. También agradezco a los destacados profesionales que participaron en la corrección de esta memoria, Dra. María Sol Morales y Dr. Carlos Alvear. A la Dra. Morales le agradezco el gran interés que tuvo desde un inicio en este trabajo y la buena disposición que tuvo para siempre, cada vez que me veía, consultarme por como iba mi tesis y siempre tener un momento para darme algún consejo. Al Dr. Alvear le agradezco su colaboración en el área estadística de este trabajo, sus aportes me sirvieron para aprender mucho de un área de la que sabía muy poco, además de su simpatía, buena voluntad y las gratas conversaciones futboleras que tuvimos. Por último, extendo mi gratitud al Dr. Felipe Arias y ABS, quienes proporcionaron los datos e información de las 31 lecherías de la zona centro-sur de Chile que han hecho posible esta memoria de título.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
HIPÓTESIS.....	8
Hipótesis.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
Población en estudio.....	9
Recolección y procesamiento de la información.....	10
Análisis de la información.....	12
RESULTADOS.....	14
Caracterización de los indicadores de fertilidad en los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.....	14
Caracterización y correlaciones de las variables independientes productivas y sanitarias con los indicadores de fertilidad de los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.....	16
Caracterización y correlaciones de las variables independientes reproductivas con los indicadores de fertilidad de los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.....	18
Caracterización y correlaciones de las variables vinculadas al manejo de los animales e infraestructura predial con los indicadores de fertilidad de los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.....	21
Evaluación simultanea de las variables independientes mediante un modelo de regresión lineal multivariado para Tasa de Inseminación (TI), Tasa de Concepción (TC) y Tasa de Preñez (TP) en los 31 predios estudiados.....	24
Análisis de varianza para la variable superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles con tasa de inseminación, concepción y preñez de las 31 lecherías de la zona centro-sur de Chile.....	27
DISCUSIÓN.....	29
Variables productivas y sanitarias.....	29

Variables reproductivas	30
Variables vinculadas al manejo de los animales e infraestructura.....	32
Implicancias	33
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS	40

RESUMEN

La fertilidad es un factor de gran relevancia económica dentro un sistema de producción de leche y depende de una gran cantidad de variables. Durante las últimas décadas de aumento en la producción de leche se ha observado una aparente disminución del rendimiento reproductivo de los rebaños lecheros. El objetivo de este trabajo es determinar la fertilidad de 31 rebaños lecheros de la zona centro-sur de Chile mediante indicadores objetivos e identificar los factores vinculados al manejo de los animales que tienen un efecto significativo sobre ellos. El rendimiento reproductivo fue medido usando promedios anuales de Tasas de Inseminación (TI), de Concepción (TC) y de Preñez (TP). Se evaluaron 17 factores vinculados al manejo de los animales, infraestructura predial y producción de leche, con un posible efecto sobre el rendimiento reproductivo de los predios. Estas variables fueron evaluadas mediante un modelo de regresión lineal múltiple, considerando información recopilada de aproximadamente 28.000 lactancias. Los 31 predios registraron TI, TC y TP promedios de 48,5, 37,7, y 17,7%, respectivamente. Las variables asociadas de forma significativa con la Tasa de Inseminación fueron la producción de leche a los 305 días, salud mamaria, número de vacas en ordeña, precisión en la detección de celo, días entre la inseminación y diagnóstico de preñez y el espacio lineal de comedero en corral de parto. Las variables asociadas de forma significativa a la Tasa de Concepción fueron los días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez, el número de cambios de corral entre el secado y los 60 días postparto y la intensidad en el uso de protocolos de resincronización de celo. Por último, las variables asociadas de forma significativa con la Tasa de Preñez fueron la salud mamaria, los días entre la inseminación al diagnóstico de preñez y precisión en la detección de celo. En general, las lecherías de mayor producción mostraron mejor fertilidad. Lograr altos niveles de producción y de fertilidad simultáneamente se asocia a la adopción de buenas prácticas de manejo reproductivo, tales como el diagnóstico precoz de la gestación, aumentar el número de inseminaciones sobre la población de vacas elegibles y también otras prácticas de manejo, como el manejo de la salud mamaria y brindar adecuado espacio en los comederos.

Palabras clave: Fertilidad, vaca lechera, rendimiento reproductivo, producción de leche, prácticas de manejo.

ABSTRACT

Fertility is a factor of the main economic importance within a milk production system and depends on a large number of variables. During the last decades of increase in milk production, an apparent decrease in the reproductive performance of dairy herds has been observed. The objective of this study was to determine the fertility of 31 dairy herds of the Central-South zone of Chile through objective indicators, and to identify factors related to animal management that have a significant effect on them. The reproductive performance was measured using annual averages of Insemination Rate (IT), Conception Rate (CT) and Pregnancy Rate (PR). Seventeen factors related to animal management, farm infrastructure and milk production were evaluated, which could have an effect on farms' reproductive performance. These variables were evaluated using a multiple linear regression model, considering information collected from approximately 28,000 lactations. The 31 dairies registered average IR, CR and TR of 48.5, 37.7, and 17.7% respectively. Variables significantly associated with Insemination Rate were: milk production at 305 days, mammary health score, number of milking cows, precision in estrus detection, days between insemination and pregnancy diagnosis, and feeding space in the close-up pen. Variables significantly associated with Conception Rate were: days between insemination and pregnancy diagnosis, number of pen changes between drying off and 60 days postpartum and the intensity in the use of protocols for estrus resynchronization. Finally, the variables significantly associated with pregnancy rate were: udder health, days between insemination and pregnancy diagnosis, and accuracy in estrus detection. In general, dairies with higher milk production showed better fertility. Achieving high levels of production and fertility simultaneously is associated with the adoption of good reproductive management practices, such as the early diagnosis of gestation, increasing the number of inseminations of eligible cows, and also other management practices, such as the management of udder health and providing adequate feeding space.

Keywords: Fertility, dairy cow, reproductive performance, milk production, management practices.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los sistemas de producción lechera tienden a volverse cada vez más intensivos. Dada la alta presión de selección genética y la mejora en el manejo de los rebaños, la producción individual de las vacas ha aumentado, y éstas producen en rebaños más numerosos, principalmente en sistemas bajo confinamiento permanente o durante la mayor parte del año. Bajo estas circunstancias ha ocurrido una disminución del rendimiento reproductivo de forma concomitante al aumento en la intensidad de la producción y una alta intensidad de selección genética (Lucy, 2001; Pryce *et al.*, 2004; González *et al.*, 2005), lo que también se observa en rebaños de la zona central y sur de Chile (Meléndez y Pinedo, 2007).

Considerando que la producción de leche de las vacas depende de la habilidad de parir a intervalos regulares, la fertilidad de los rebaños se convierte en un factor de vital importancia productiva y económica. Para evaluar el rendimiento reproductivo se utilizan diversos indicadores, entre los cuales se consideran como más importantes a la tasa de detección de celo o de inseminación, la tasa de concepción y la tasa de preñez (LeBlanc, 2005).

El rendimiento reproductivo está muy influenciado por factores ambientales y vinculados al manejo de los animales, tales como la alimentación, precisión en la detección de celos, uso de programas de sincronización y resincronización, manejo de la transición, bienestar, salud uterina y metabólica, entre otros (Caraviello *et al.*, 2006; Schefers *et al.*, 2010). En varios estudios se ha evaluado el efecto específico de estos factores en la fertilidad de forma independiente (Lucy, 2001; Cook y Nordlund, 2004), pero en pocos se ha evaluado el efecto conjunto de estos factores sobre el rendimiento reproductivo (Windig *et al.*, 2005; Caraviello *et al.*, 2006; Schefers *et al.*, 2010), evaluando la importancia relativa de cada uno. Asimismo, no hay información reciente sobre la situación de fertilidad de lecherías de la zona central de Chile, ni sobre los factores de manejo que la determinan. En consecuencia, el objetivo de este estudio fue mostrar información actual de indicadores reproductivos de lecherías de la zona centro de Chile y establecer cómo estos indicadores se relacionan con otros parámetros productivos y características del sistema de producción y prácticas de manejo.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El factor económicamente más relevante en un sistema de producción de leche es la capacidad del sistema para alcanzar preñeces. El principal objetivo del manejo reproductivo es generar de forma eficiente suficientes vacas preñadas para mantener una cantidad de animales óptima para una producción de leche rentable. La evaluación de registros e indicadores permite medir el rendimiento presente y a su vez evaluar la efectividad de las acciones de manejo y definir, si es necesario, hacer modificaciones (LeBlanc, 2005).

Las mediciones tradicionales de rendimiento reproductivo utilizadas en el pasado generan problemas de sesgo, retraso y variaciones. Un ejemplo de esto es el intervalo entre partos, que genera un sesgo al no incluir animales en primera lactancia, y excluye aquellos animales que fallaron en alcanzar preñez. Además, los valores utilizados para evaluar un intervalo actual se basan en información derivada de las últimas dos preñeces, las cuales ocurren uno y dos años antes (Leblanc, 2005, 2013).

Las variables de monitoreo del rendimiento reproductivo deben medir la capacidad del sistema para preñar vacas abiertas, entregar información reciente y ser susceptibles de cambiar rápidamente en respuesta a los cambios de manejo. En este sentido, los indicadores más aceptados son la tasa de inseminación, la tasa de concepción y la tasa de preñez (TP) (LeBlanc, 2005, 2013).

La TP mide la velocidad a la cual las vacas abiertas quedan preñadas, y es la probabilidad de que una vaca “elegible” quede preñada por unidad de tiempo. Como las vacas están en celo una vez cada 21 días, aproximadamente, la tasa es calculada sobre la base de 21 días. Un animal elegible es aquel que ha terminado el periodo de espera voluntario y no está eliminado. Por otro lado, la TP puede ser estimada aproximadamente por el producto de la tasa de concepción y tasa de inseminación. La tasa de inceminación es la probabilidad de que una vaca abierta sea inseminada por unidad de tiempo, es decir la proporción de vacas elegibles que son servidas. Por otra parte, la tasa de concepción indica la proporción de vacas que resultan preñadas sobre el total que fue inseminado. Este valor puede ser afectado por el momento en que se diagnostica la gestación. Un diagnóstico temprano por ultrasonografía

genera una tasa de concepción mayor ya que no incluye las pérdidas embrio-fetales posteriores (LeBlanc, 2005).

Se ha descrito que niveles de producción altos en el ganado lechero pueden tener un efecto negativo sobre la salud y los indicadores reproductivos, de modo tal que en predios en donde la producción de leche aumenta, el rendimiento reproductivo disminuye (Roxstrom *et al.*, 2001; Pryce *et al.*, 2004; Windig *et al.*, 2005; Caraviello *et al.*, 2006). Por ejemplo, un estudio realizado en los Países Bajos mostró una relación negativa entre producción de leche e indicadores de salud y reproductivos (Windig *et al.*, 2005). Los resultados indicaron que en predios de alta producción las caídas en producción de leche son más frecuentes y las primeras inseminaciones se realizan antes, pero con menor éxito, vale decir existe una menor tasa de concepción en rebaños de alta producción. Se indica que, en general, los altos rendimientos causan mayor estrés fisiológico y pueden generar problemas de salud, fertilidad o ambos (Castillo *et al.*, 2000; Windig *et al.*, 2005).

Hay pocos estudios con información de predios lecheros chilenos, que muestren información acerca de la relación entre la producción de leche y reproducción (Mujica *et al.*, 1995; González *et al.*, 1997; Meléndez y Pinedo, 2007). Quizás el más completo es el de Meléndez y Pinedo (2007), quienes evaluaron la relación entre indicadores reproductivos y la producción de leche en rebaños Holstein de la zona centro-sur del país utilizando registros de los años 1990 a 2003. En este periodo, por cada 100 kg de aumento de la producción de leche estandarizada a 305 días, el intervalo entre parto y concepción aumentó en 0,6 días y la tasa de concepción a la primera inseminación disminuyó en un 0,9%. Los autores concluyeron que el aumento de la producción sucedió simultáneamente con un deterioro de indicadores asociados a fertilidad.

No obstante, los indicadores de fertilidad utilizados tienen sesgo ya que no consideran a todas las vacas de la población en estudio. Es posible que vacas de menor producción sean eliminadas más tempranamente del rebaño y que las vacas de mayor producción sean inseminadas más veces antes de decidir su eliminación (Grohn y Rajala-Schultz, 2000).

A pesar de esta asociación negativa entre producción de leche y aspectos de salud y fertilidad, esto no implica una relación causa-efecto (LeBlanc, 2013), por lo que no necesariamente un

incremento en la producción va a causar siempre problemas de salud o fertilidad. LeBlanc (2013) indica que gran parte de las publicaciones que señalan esta relación ignoran muchas variables que han cambiado concomitantemente al rendimiento productivo, sobreestimando el efecto de la producción de leche sobre la reproducción. Los problemas son más evidentes cuando se dan condiciones de manejo alejadas del óptimo, como por ejemplo cuando hay deficiencias en la alimentación o el confort de los animales (LeBlanc, 2013).

Otro punto importante es la tendencia al aumento en el tamaño de los rebaños, como una de las estrategias para aumentar la producción de los rebaños, que puede llevar a aumento en la densidad de animales en los corrales, lo que se relaciona negativamente con las tasas de concepción y de inseminación (Scheffers *et al.*, 2010). Caraviello *et al.* (2006) señalan que la disponibilidad de espacio de comedero por vaca es una de las principales variables asociadas al logro de la preñez dentro de los 150 días postparto. Los métodos tradicionales de detección de celo e inseminación artificial se vuelven menos eficientes al aumentar el tamaño del rebaño. Rebaños grandes requieren más tiempo para la detección de celo, identificación, inseminación y mantención de registros (Lucy, 2001).

Scheffers *et al.* (2010) señalan que en rebaños de gran tamaño la presencia de inseminadores dedicados específicamente a la detección de celo e inseminación se relaciona positivamente con las tasas de inseminación, en comparación a rebaños en que no hay especialización o donde varias personas son responsables de la detección de celo. También, la precisión en la detección de celos, medida como el porcentaje de inseminaciones que ocurren 4 a 17 días después de la inseminación anterior, afecta las tasas de inseminación y de concepción. En tanto aumenta el porcentaje de inseminaciones repetidas la tasa de inseminación aumenta, pero la tasa de concepción disminuye (Scheffers *et al.*, 2010).

También se han observado problemas de fertilidad en vacas con altos recuentos de células somáticas (Scheffers *et al.*, 2010) o frente a la presentación de mastitis clínica alrededor del periodo de la inseminación, asociándose en ambos casos a menores tasas de concepción (Gunay y Gunay, 2008). Tanto en incrementos leves de células somáticas, típicos de mastitis subclínicas, como en elevaciones severas asociadas a cuadros clínicos se han reportado descensos en tasas de concepción de 14,5 y 20,5%, respectivamente, en comparación a grupos

sanos (Lavon *et al.*, 2011). Un estudio realizado en rebaños chilenos de la zona centro-sur del país reportó un aumento de 21,8 días hacia la primera inseminación en vacas con al menos un alto recuento previo de células somáticas (≥ 400.000 cél/mL), además de un aumento de 48,7 días a la concepción y en promedio 0,49 inseminaciones más (Pinedo *et al.*, 2009). Adicionalmente, la probabilidad de concepción a la primera inseminación fue un 15% menor en vacas con un alto recuento de células somáticas.

Otro factor vinculado con mejoras en tasas de concepción son los periodos de espera voluntario prolongados (Caraviello *et al.*, 2006; Scheifers *et al.*, 2010). Rebaños con un periodo de espera voluntario menor a 41 días tienen una menor tasa de concepción que rebaños con tiempos más prolongados (Caraviello *et al.*, 2006).

Otro factor vinculado a la eficiencia reproductiva del rebaño es el uso de protocolos de sincronización de celo utilizados previos a la inseminación. En un estudio comparativo entre la utilización de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo mediante la sincronización de celo (Ovsynch) e inseminación artificial tras detección visual de celo, se determinó que la sincronización redujo los días hacia la primera inseminación, días abiertos y descartes por infertilidad, mejorando la fertilidad en los rebaños estudiados (Tenhagen *et al.*, 2004). No obstante, las tasas de concepción a la primera inseminación en rebaños con detección de celo fueron significativamente mayores y además en algunos casos la eficiencia económica fue mejor en rebaños con detección de celo (costo por preñez) (Tenhagen *et al.*, 2004). Se sugiere que los beneficios del Ovsynch son más pronunciados en rebaños con baja eficiencia en la detección de celo (Tenhagen *et al.*, 2004; Kasimanickam *et al.*, 2005). Por otro lado, Scheifers *et al.* (2010) señalan que en rebaños que utilizan programas de resincronización, es decir sincronización en las vacas diagnosticadas vacías al diagnóstico de gestación, se reportan mayores tasas de inseminación que en rebaños sin estos programas.

Ante el aumento del tamaño de los rebaños y la consecuente dificultad en manejos tales como la detección de celos, se han implementado tecnologías auxiliares para facilitar esta labor. Estos sistemas varían desde la utilización de parches o pintura hasta la implementación de sistemas electrónicos. Los mejores resultados los han dado los podómetros o collares, que basan su funcionamiento en el aumento general de la actividad física durante el celo. En la

mayoría de las investigaciones las tasas de detección de celos son altas, entre un 80% y 90%. Sin embargo, el mayor problema de los sistemas automáticos son los resultados falsos positivos (Firk *et al.*, 2002; Løvendahl y Chagunda, 2010).

Dentro de las practicas de manejo del rebaño que afectan en mayor medida la fertilidad, se encuentra el manejo durante el periodo de transición. En la medida que la vaca se aproxima al momento de secado es movilizada a distintos corrales por motivos de manejo que involucran el secado, parto, parto, hasta volver a un corral de inicio de lactancia y luego de alta producción. Este proceso puede involucrar hasta cinco desplazamientos entre corrales en un periodo de menos de 5 semanas. Estos desplazamientos rápidos tienen consecuencias negativas sobre la salud y el rendimiento (Cook y Nordlund, 2004). Por ejemplo, en rebaños en que las vacas son retiradas del corral de parto a maternidad antes de 1,5 días antes del parto, hay una menor probabilidad de concepción al primer servicio (Caraviello *et al.*, 2006). Asimismo, la sobrepoblación de vacas en los corrales de maternidad y postparto se relaciona negativamente con las tasas de preñez y la sobrepoblación en los corrales de secado genera una disminución en las tasas de concepción (Caraviello *et al.*, 2006). Adicionalmente, Grummer (2016) señala que factores vinculados al manejo ambiental de las vacas, tales como la densidad de animales en los corrales, tamaño de los corrales, tipo de suelo y tipo de camas influyen en el éxito de la transición. Además, le da relevancia a los movimientos de corrales, recomendando la disminución en el traslado como una estrategia para disminuir interacciones sociales antagonistas y facilitar la transición.

Caraviello *et al.*, 2006 señalaron que vacas mantenidas en corrales con camas de aserrín tienen una menor probabilidad de concepción al primer servicio, en comparación con aquellas que usan camas de arena o colchones. Otro factor influyente es la salud podal, donde la actividad de monta se ve reducida en vacas con problemas podales, dificultando la expresión e identificación de los celos. Garbarino *et al.* (2004) determinaron que vacas con laminitis tienen 3,5 veces más probabilidades de mostrar ciclicidad retrasada, en comparación a animales sanos.

Además, también es relevante el ambiente en que se alojan las vacas, ya que se ha reportado que el diseño y material de corrales, superficies de alojamiento, cubículos de reposo, camas y

comederos tienen un impacto sobre la alimentación, comportamiento, bienestar, salud podal y uterina, además de productividad de leche (DeVries *et al.*, 2016). Factores que en otros estudios presentes en esta revisión, han sido vinculados al rendimiento reproductivo.

Otro factor a considerar son los manejos en el periodo de postparto inmediato. Un estudio basado en encuestas indicó que el 68% de los predios realizaban examen postparto “una o dos veces al día”, en tanto un 28% “solo si era necesario” (Heuwieser *et al.*, 2010). En este estudio se determinó que, aunque la mayoría de los predios realizan algún tipo de examen postparto solo un bajo porcentaje (19%) genera un registro a partir de este. Asimismo, las visitas veterinarias se daban “solo si era necesario” en un 73% del total de predios, específicamente en un 80, 65, y 19% en pequeños, medianos y grandes predios, respectivamente.

La utilización de aspersores y sistemas de enfriamiento en base a ventiladores en las zonas de espera impactan positivamente las tasas de inseminación de un rebaño, indicando la importancia del manejo del “*stress*” térmico en plantales de gran tamaño (Scheffers *et al.*, 2010).

En general existe un gran impacto del rendimiento reproductivo sobre el funcionamiento y éxito económico de un predio. A su vez, hay una multiplicidad de factores que lo influyen, algunos de naturaleza reproductiva propiamente tal, pero también relacionados con el manejo y características del sistema. Considerando la escasez de estudios a nivel nacional e internacional que evalúan de forma simultánea el efecto de estas variables sobre la fertilidad de los rebaños, se propone este estudio con el objetivo de evaluar el efecto conjunto de múltiples variables que podrían estar implicadas en el rendimiento reproductivo de los rebaños de la zona central de Chile.

2. HIPÓTESIS

La fertilidad en las lecherías de la zona centro-sur de Chile presenta amplia variabilidad y está relacionada con aspectos de infraestructura y manejo.

OBJETIVO GENERAL

Estimar la asociación entre la fertilidad de lecherías de la zona centro-sur de Chile con algunos indicadores de manejo y producción y con la adopción de determinadas prácticas de manejo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la fertilidad del rebaño bovino perteneciente a lecherías de zona centro-sur a través del uso de indicadores objetivos.
2. Identificar factores de manejo asociados a la fertilidad del rebaño bovino perteneciente a lecherías de la zona centro-sur.

3. MATERIAL Y METODOS

Población en Estudio

Este estudio se realizó en base a una encuesta aplicada a 31 productores de leche de la zona centro-sur de Chile, en un área que comprende el territorio ubicado desde la Región de Valparaíso a la Región del Biobío. Las lecherías tienen distintos sistemas de manejo, pero en general se caracterizan por tener vacas de raza Holstein, principalmente en confinamiento, sin estacionalidad en la distribución de los partos, y con ordeña dos o tres veces al día. Se incluyó información de predios con rebaños desde 80 a más de 2000 vacas, considerando una población total de alrededor de 28.000 vacas en lactancia.

La mayoría de las lecherías de esta zona se encuentran en condiciones caracterizadas por poseer un clima templado cálido con lluvias invernales (mediterráneo). Existe una estación seca prolongada y gran amplitud térmica entre invierno y verano, también entre día y noche. Las lluvias y humedad aumentan hacia el sur con humedad constante y gran cantidad de lluvias en invierno en la Región del Biobío (Instituto Nacional de Estadísticas, 2010).

La alimentación de los animales consiste en una ración formada por alimentos voluminosos como ensilaje de maíz y alfalfa, ya sea como soiling, heno o henilaje. La ración se complementa con insumos concentrados, principalmente maíz grano, harina de soya, canola, orujo de cebada y harinilla de trigo. Además, se agregan aditivos como mezcla de vitaminas y minerales, atrapanes de micotoxinas, y reguladores de pH. Las raciones administradas son formuladas en general de acuerdo a los estándares del National Research Council (NRC, 2001). La ración se entrega desde un carro mezclador, varias veces al día.

En relación al manejo reproductivo, las vacas son sometidas a un proceso de secado aproximadamente 60 días antes del parto y unas 3 semanas antes del parto son trasladadas a corrales de preparto. En algunas lecherías, las vacas cercanas al parto se trasladan a maternidades. La vaca recién parida pasa a grupos de lactancia o a un grupo adicional de vacas recién paridas, donde permanecen un tiempo variable (15 a 30 días) antes de integrarse a los grupos de inicio de lactancia. Se realizan controles ginecológicos dentro del primer mes post parto y las inseminaciones se inician alrededor de los 50 a 70 días post parto. Los servicios se realizan mediante inseminación artificial con detección de celo, programas de sincronización o

sistemas mixtos. Todos los predios cuentan con sistemas de registro computacionales, y tienen control lechero oficial o propio.

Recolección y procesamiento de la información

Se recolectó información de 31 predios de la zona. Se visitaron las lecherías y se solicitó la información reproductiva y de producción que se obtuvo directamente desde los sistemas de registro computacional Dairy Comp 305 (Valley Agricultural Software, Tulare, CA, USA) y AFI Farm (Afimilk, Kibbutz Afikim, Israel). Esto se complementó con visita e inspección del predio y entrevista con el encargado. Se recolectó la información reproductiva de un año hasta el 30 de septiembre de 2016. El rendimiento reproductivo de cada predio fue evaluado a partir del promedio anual de tres indicadores medidos en periodos sucesivos de 21 días: tasa de inseminación o de servicio, tasa de concepción y tasa de preñez, de acuerdo a la siguiente definición (LeBlanc, 2005, 2013):

Tasa de Inseminación = $(\text{N}^\circ \text{ de inseminaciones} / \text{N}^\circ \text{ de vacas elegibles}) * 100$

Tasa Concepción = $(\text{N}^\circ \text{ de preñeces originadas} / \text{N}^\circ \text{ de inseminaciones}) * 100$

Tasa de Preñez = $(\text{N}^\circ \text{ de preñeces originadas} / \text{N}^\circ \text{ de vacas elegibles}) * 100$

Se definió como vaca elegible a aquellas que han terminado el periodo de espera voluntario, y no están preñadas ni descartadas.

Adicionalmente, se recolectó información sobre 17 variables potencialmente relacionadas con el rendimiento reproductivo. Estas variables se asocian a infraestructura, personal, manejos de rebaño, rendimiento productivo y salud mamaria. Las variables que se consideraron fueron:

1. Número de vacas en ordeña, se consideró el promedio anual (N°V.Ord).
2. Producción de leche a los 305 días (L305).
3. Producción de leche diaria, promedio anual por vaca medido en litros por día (LEPRO).
4. Salud mamaria (SalMam). Debido a la poca precisión y, en casos, ausencia de registros de casos de mastitis, se optó por elaborar una variable cualitativa. Se consideraron datos disponibles de incidencia de mastitis clínica, recuento de células somáticas individual, recuentos de células somáticas en estanque, presencia o no de protocolos de sanidad

mamaria, calidad de leche y porcentaje o número de descartes de animales por mastitis, además de la opinión de asesores expertos de cada predio y externos. No se registraba toda la información relevante en las distintas lecherías, por lo que con la información disponible en cada lechería se generaron tres categorías, adjudicándose un valor numérico para cada caso. Las categorías fueron; buena (1), regular (2), y deficiente (3).

5. Número de vacas en ordeña por inseminador (NV/INSE).
6. Precisión en la detección de celo (PresDetecCel), medido como el porcentaje de inseminaciones repetidas entre 4 a 17 días después de la inseminación anterior.
7. Longitud del periodo de espera voluntario (PEV). Se definió como el número de días postparto en que un 5% de las vacas ha recibido su primera inseminación artificial.
8. Intensidad de uso de programas de manejo hormonal del ciclo para la primera inseminación (IntenSin).
9. Intensidad de uso de programas de manejo hormonal para resincronización de celo (IntenRe). La información vinculada a la intensidad de uso de métodos para sincronización y resincronización de celos se definió en tres categorías; 1, 2 y 3. Las categorías representan el porcentaje de vacas elegibles sometidas a algún protocolo. Baja (<50%), moderada (50-80%) e intensa (>80%), respectivamente.
10. Uso de ayudas a la detección de celo (AYUDETEC). La información fue agrupada en 2 categorías; siendo 1 métodos no electrónicos (parches y pinturas) y 2 métodos electrónicos.
11. Número de días entre la inseminación y el diagnóstico de la gestación (D.Ins.Diag).
12. Existencia de un corral o grupo de vacas en post parto temprano. Se definieron dos categorías; 1 y 0, sí y no respectivamente.
13. Número de cambios de corral entre el secado y los 60 días postparto (CambCo). Se definieron 3 categorías; 2, 3 y 4 o más cambios de corral respectivamente.
14. Espacio lineal de comedero por vaca en el corral de parto (EspIPre)

15. Espacio lineal de comedero por vaca en el corral de alta producción (EsplAlt). Los datos de espacio lineal de comedero en corrales de parto y alta producción se agruparon en tres categorías (1-2-3); siendo 1 insuficiente (<60 cm), 2 moderado (60-75 cm) y 3 amplio (>75 cm).
16. Utilización de aspersores durante el verano o épocas de altas temperaturas en los patios de espera previo al ordeño (ASPERPAES). Se definieron dos categorías; 0 y 1, no y sí respectivamente.
17. Superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles para inseminación (SUPERF). La información recolectada se dividió en 5 categorías; pradera, “free stall” (cubículos), “dry lot” (corral), “compost barn” (corral de compost), y pradera + free stall; 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Análisis de la información

Con el propósito de describir la información recopilada se utilizó una matriz de correlaciones simples (correlación de Pearson), incorporando los datos muestreados de cada una de las 17 variables predictoras y las variables dependientes (tasa de inseminación, concepción y preñez). A las variables de tipo categórica se les adjudicó un valor numérico para también poder ser evaluadas y correlacionadas con las tasas de fertilidad. También se incorporó la información de los promedios para cada predictor, número de observaciones y los promedios de las variables dependientes en las distintas categorías en el caso de las variables predictoras de tipo nominal. El efecto y significancia de las variables predictoras en conjunto fue determinado mediante un modelo de regresión lineal multivariado utilizando el procedimiento de inclusión de variables “Hacia delante” (forward) del programa estadístico SPSS. Dado que el modelo lineal múltiple requiere que los factores predictores tengan una baja asociación entre sí, las variables independientes fueron sometidas a pruebas para identificar si existía multicolinealidad, se diagnosticó la colinealidad utilizando dos indicadores; tolerancia (T) y el factor de inflación de la varianza (VIF) (Tabla 9). Tras la eliminación de las variables colineales, se realizó un modelo para cada variable dependiente, realizando sucesivas ecuaciones de regresión e incorporando en cada paso un regresor en función de su correlación

con la variable dependiente, hasta que no se encontraron más regresores que aportaran algo sustantivo para así alcanzar un modelo de predicción definitivo que solo incluyera las variables con un aporte significativo en explicar la varianza de los indicadores de fertilidad. En el caso de la variable independiente “superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles”, al ser un predictor nominal no escalar (sin jerarquía interna entre sus categorías), no es apto para el modelo lineal multivariado. Este predictor fue evaluado de forma separado mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el software de análisis estadístico SPSS.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterización de los indicadores de fertilidad en los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.

Con la información recopilada, se calcularon los promedios anuales de los indicadores de fertilidad de los 31 predios La Tasa de Inseminación (TI) fue de $48,5 \pm 8,5\%$. La Tasa de Concepción (TC) anual fue de $37,7 \pm 5,4\%$, mientras que la Tasa de Preñez (TP) fue de $17,7 \pm 4,0\%$ (Tabla 1). En Estados Unidos se reportan registros en rendimiento reproductivo de tasas de inseminación, concepción y preñez con valores de 43,4%, 40,5% - 43,4% y 15,9%, respectivamente. Una selección de 16 predios de excelencia en rendimiento reproductivo reportó tasas de inseminación, concepción y preñez de 86,9%, 44,4% y 32,0%, respectivamente (Ferguson y Skidmore, 2013). LeBlanc (2013) a partir de información de aproximadamente 3.000 lecherías canadienses bajo control oficial, entre 1999 a 2011, indicó que no hubo cambios significativos en los promedios medidos de tasas de inseminación, concepción y preñez, señalando tasas de inseminación entre 35-40%. En Chile, Meléndez *et al.* (2008) realizaron un estudio en 6 lecherías de la zona centro de Chile; estas lecherías se caracterizaban por tener un manejo intensivo y alta producción, donde los autores indican que el manejo de estas lecherías es de una calidad por sobre el promedio nacional. A partir de información recopilada durante un año productivo (1/12/2003 – 30/11/2004) sobre un total de 2.269 lactancias se obtuvieron en promedio niveles de 52,9%, 39,2% y 19,7% (TI, TC y TP) a los 112 días postparto.

Tabla 1. Medias \pm Desviación Estándar (DE), Coeficiente de Variación (CV) y rango para los indicadores reproductivos Tasa de Inseminación, Tasa de Concepción y Tasa de Preñez en 31 lecherías de la zona centro sur.

Indicador	Media \pm D.E.	CV%	Rango
Tasa de Inseminación	$48,5 \pm 8,5\%$	17,5%	29 – 62%
Tasa de Concepción	$37,7 \pm 5,4\%$	14,3%	30,4 - 50,9%
Tasa de Preñez	$17,7 \pm 4,0\%$	22,6%	8,2 - 26,2%

Las correlaciones entre estas variables fueron altas y positivas entre la tasa de preñez, tanto con la tasa de inseminación como con la tasa de concepción. Sin embargo, la relación de la tasa de preñez con la tasa de inseminación fue más alta y significativa ($r=0,75$ $p<0,01$) que la determinada entre tasa de preñez y tasa de concepción ($r=0,51$ $p<0,01$), que también fue significativa. Esto indicaría que la tasa de preñez, que es el indicador definitivo de fertilidad predial, estaría más influida por la proporción de vacas elegibles que son inseminadas (TI), que por la tasa de concepción en las inseminaciones realizadas.

Tabla 2. Variables independientes cualitativas y sus distintas categorías en las 31 lecherías de la zona centro – sur de Chile estudiados.

Variables		Categoría	Número de predios
Sanitarias	Salud Mamaria	Buena	10
		Regular	13
		Mala	8
Reproductivas	Intensidad uso de sincronización de celo	Baja	9
		Moderada	10
		Intensa	12
	Intensidad uso de resincronización	Baja	9
		Moderada	12
		Intensa	10
	Uso de ayudas en la detección de celo	Métodos no electrónicos	23
		Métodos electrónicos	7
Infraestructura y manejo	Cambios corral secado – 60dpp	2	11
		3	13
		≥ 4	7
	Presencia de corral postparto	No	9
		Si	22
	Espacio de comedero en alta producción	<60 cm	0
		60-75 cm	9
		>75 cm	14
	Espacio de comedero en preparto	<60 cm	4
		(60-75 cm)	10
		(>75 cm)	13
	Presencia de aspersores en patios de espera	Si	4
		No	27

4.2 Caracterización y correlaciones de las variables independientes productivas y sanitarias con los indicadores de fertilidad de los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.

En promedio los 31 predios encuestados tenían una población de 736 ± 992 vacas en ordeña (**N°V.Ord**), siendo el rango entre 85 y 5.565, y una mediana de 447 vacas. En cambio, al considerar el número de vacas por inseminador (**NV/INSE**) el promedio fue de 381 ± 349 con rango alcanzado de 84 a 1.853 vacas por inseminador (Tabla 3). No se observó una asociación significativa entre estas dos variables (**N°V.Ord** y **NV/INSE**) y los indicadores de eficiencia reproductiva en estudio ($p > 0,05$) (Tabla 4).

La producción de leche diaria por vaca (**LEPRO**) alcanzó un promedio de $32,0 \pm 8,0$ litros diarios y la producción de leche a los 305 días (**L305**) de $9.973,8 \pm 2.804,1$ litros (Tabla 3). Existiendo una asociación positiva y significativa ($p \leq 0,05$) entre LEPRO y L305 con las tasas de inseminación (TI) siendo con LEPRO de $r = 0,7$ (Anexo 1) y con L305 de $r = 0,76$ (Anexo 3) ($p \leq 0,05$), detectándose una asociación positiva entre la producción de leche y tasas de inseminación en los predios bajo estudio. Ambos predictores se asociaron de forma positiva con la tasa de preñez, siendo $r = 0,38$ y $0,41$ para LEPRO y L305 respectivamente (Anexos 2 y 4). Los indicadores no mostraron una correlación significativa con las tasas de concepción (Tabla 4).

Tabla 3. Medias \pm Desviación Estándar (DE), rango y mediana de las variables independientes continuas en las 31 lecherías bajo estudio.

Variable	Media \pm D.E.	Mediana	Rango
N° vacas en ordeña	736 ± 992	447	85 - 5.565
N° Vacas/inseminador	381 ± 349	333	84 - 1.853
Producción de leche L/d	$32,0 \pm 8,0$	33,3	13,8 - 44,2
Producción leche a los 305 d	9.974 ± 2.804	10031	4730 – 14467
Precisión detección de celo	$12,1 \pm 12,8$	7,2	2,4 - 57,2
Periodo de espera voluntario	$50 \pm 5,6$	59,7	40 – 66
Días inseminación - diagnóstico	$42,3 \pm 8,9$	38,5	32,9 - 70,2

Tabla 4. Coeficientes de correlación (r) y significancias (p) de las variables productivas con Tasa de inseminación, Tasa de Concepción y Tasa de Preñez en los 31 predios estudiados.

Variable	Coeficiente de correlación (r) y significancia (p)					
	Tasa Inseminación		Tasa Concepción		Tasa Preñez	
	r	p	r	P	r	p
N°V.Ord	0,17	0,37	-0,17	0,36	0,05	0,78
NV/INSE	0,14	0,45	-0,22	0,23	0,009	0,96
LEPRO	0,70	0,00	-0,28	0,13	0,38	0,04
L305	0,76	0,00	-0,32	0,08	0,41	0,02

N°V.Ord (número de vacas en ordeña); N/VINSE (número de vacas por inseminador); LEPRO (producción de leche diaria en litros); L305 (producción de leche a los 305 días en litros)

Los resultados asociados a la salud mamaria (tabla 2) (**SalMam**), se agruparon en tres categorías. En la categoría 1 (buena) se registraron 10 predios con TI, TC y TP de $54,3 \pm 4,6\%$, $37,9 \pm 3,2\%$ y $19,9 \pm 3,5\%$ respectivamente. A su vez, la categoría 2 (regular) hubo 13 predios con TI, TC y TP de $44,0 \pm 9,5\%$, $37,3 \pm 6,2\%$ y $15,7 \pm 3,9\%$. La categoría 3 (mala) hubo 8 predios con TI, TC y TP de $48,4 \pm 6,6\%$, $37,9 \pm 6,9\%$ y $18,2 \pm 3,3\%$. Las correlaciones fueron negativas, pero no se detectó una asociación significativa entre este predictor y las tasas en estudio ($p > 0,05$). (Tabla 5).

Tabla 5. Coeficientes de correlación (r) y significancias (p) de salud mamaria con Tasa de Inseminación, Tasa de Concepción y Tasa de Preñez en los 31 predios estudiados.

Variable	Coeficiente de correlación (r)					
	Tasa Inseminación		Tasa Concepción		Tasa Preñez	
	r	p	r	p	r	p
Salud Mamaria	-0,30	0,11	-0,008	0,97	-0,20	0,29

4.3 Caracterización y correlaciones de las variables independientes reproductivas con los indicadores de fertilidad de los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.

La variable precisión en la detección de celo (**PresDeteCel**), medida como el porcentaje de inseminaciones repetidas entre 4-17 días después de la primera inseminación, fue en promedio $12,1 \pm 12,8\%$, con un rango de 2,4 a 57,2% y mediana de 7,2% (Tabla 3). Scheffers *et al.* (2010) utilizando el mismo indicador obtuvieron un resultado de $8,1 \pm 3,7\%$. En este estudio PresDeteCel se asoció positiva y significativamente a la TI ($r = 0,24$), en la medida que aumentan el número de inseminaciones repetidas, mejoró la TI ($p \leq 0,05$). En cambio, no hubo asociación con TP y TC ($p > 0,05$). Al evaluar el periodo de espera voluntario (**PEV**), para las 31 lecherías el promedio fue de $50 \pm 5,6$ días, con un rango de 40 a 66 y mediana de 59,7 días. Se registró una asociación positiva y significativa entre PEV con la TI y TP cuya correlación fue de 0,49 y 0,37, respectivamente ($p \leq 0,05$). Caraviello *et al.* (2006) registraron bajas tasas de concepción en rebaños con PEV < 41 días. En el presente estudio no se registró asociación entre PEV y TC ($p > 0,05$), (Tabla 6).

También se evaluó el número de días entre la inseminación y el diagnóstico de la gestación (**D.Ins.Diag**), en promedio entre las 31 lecherías se registró $42,3 \pm 8,9$ días, con un rango de 32,9 a 70,2 días. Se obtuvo una asociación negativa y significativa de -0,36 y -0,46 con TC y TP respectivamente (Anexos 5 y 6) ($p \leq 0,05$), (Tabla 6).

Tabla 6. Coeficientes de correlación (r) y significancias (p) de las variables reproductivas con Tasa de Inseminación, Tasa de Concepción y Tasa de Preñez en los 31 predios estudiados.

Variables Reproductivas	Coeficiente de correlación (r)					
	Tasa Inseminación		Tasa Concepción		Tasa Preñez	
	r	p	r	p	r	p
PresDeteCel	0,24	0,20	0,22	0,24	-0,10	0,59
PEV	0,49	0,01	-0,13	0,49	0,37	0,04
D.Ins.Diag	-0,31	0,09	-0,36	0,05	-0,46	0,01

PresDeteCel (precisión en la detección de celo); PEV (días de periodo de espera voluntario); D.Ins.Diag (días entre inseminación y diagnóstico de preñez)

Para evaluar la intensidad en el uso de protocolos de sincronización (**IntenSin**) y resincronización (**IntenRe**) de celo, la información fue dividida en tres categorías. Para sincronización de celo la categoría 1 (baja) formada por 9 lecherías reportó en promedio una TI, TC y TP de $43,6 \pm 7,2\%$, $36,9 \pm 5,6\%$ y $16,0 \pm 4,8\%$. En cambio, la categoría 2 (moderada) formada por 10 lecherías tuvo una TI, TC y TP de $50,5 \pm 7,4\%$, $37,6 \pm 4,7\%$ y $18,2 \pm 4,0\%$. La categoría 3 (intenso) formada por 12 lecherías tuvo una TI, TC y TP de $50,4 \pm 9,3\%$, $38,2 \pm 6,3\%$ y $18,6 \pm 3,0\%$. No se registró asociación significativa entre la intensidad de uso de programas de sincronización y las tasas de rendimiento reproductivo ($p > 0,05$), (Tabla 7).

En el caso de los protocolos de resincronización (**IntenRe**) de celo la categoría 1 (baja) formada por 9 lecherías reportó en promedio una TI, TC y TP de $43,6 \pm 7,2\%$, $36,9 \pm 5,6\%$ y $16,0 \pm 4,8\%$. En cambio, la categoría 2 (moderada) formada por 12 lecherías tuvo una TI, TC y TP de $49,4 \pm 9,5\%$, $38,9 \pm 5,7\%$ y $18,4 \pm 4,1\%$. La categoría 3 (intenso) formada por 10 lecherías resgistró una TI, TC y TP de $51,7 \pm 6,9\%$, $36,8 \pm 5,3\%$ y $18,6 \pm 2,6\%$. Hubo una asociación positiva y significativa ($r = 0,37$) entre IntenRe y TI ($p \leq 0,05$) (Tabla7). Schefers *et al.* (2010) también indicaron que en lecherías con programas de resincronización tienen mejores tasas de inseminación ($58,6 \pm 1,0$) en comparación que aquellas que no ($53,8 \pm 1,3$).

En relación a los métodos auxiliares para la detección de celo (**AYUDETEC**), los datos se agruparon en 2 categorías. No se logró obtener información de una de las lecherías. La categoría 2 (métodos electrónicos) agrupó 7 lecherías con tasas promedio TI, TC y TP de $54,4 \pm 4,8\%$, $35,2 \pm 3,1\%$ y $19,3 \pm 2,5\%$. La categoría 1 (métodos no electrónicos) estuvo formada por 23 lecherías, registró TI, TC y TP de $46,5 \pm 8,7\%$, $38,6 \pm 5,9\%$ y $17,4 \pm 4,3\%$. Hubo una asociación positiva y significativa entre TI y métodos de detección electrónicos ($r = 0,39$ $p \leq 0,05$), (Tabla 7). Peter y Bosu (1986) obtuvieron TI de 57, 91 y 93% en la primera, segunda y tercera ovulación post parto usando podómetro, en tanto el diagnostico visual reportó resultados de 19, 37 y 79%.

Tabla 7. Coeficientes de correlación (r) de las distintas categorías de las variables reproductivas cualitativas con Tasa de Inseminación (TI), Tasa de Concepción (TC) y Tasa de Preñez (TP) en los 31 predios estudiados.

Variables Reproductivas	Tasa Inseminación		Tasa Concepción		Tasa Preñez	
	r	p	r	p	r	p
IntenSin	0,31	0,08	0,10	0,61	0,27	0,14
IntenRe	0,37	0,04	-0,02	0,93	0,26	0,17
AYUDETEC	0,39	0,03	-0,27	0,15	0,21	0,28

IntenSin (intensidad de uso de protocolos de sincronización de celo); IntenRe (intensidad de uso de protocolos de resincronización de celo); AYUDETEC (ayudas a la detección de celo)

4.4 Caracterización y correlaciones de las variables vinculadas al manejo de los animales e infraestructura predial con los indicadores de fertilidad de los 31 predios lecheros de la zona centro-sur de Chile.

Se evaluó el efecto de la existencia de un corral o grupo de vacas en post parto temprano (**CPOST**). Se definieron dos categorías; 1 y 0, si y no, respectivamente. La categoría 0 estuvo formada por 9 lecherías con tasas promedios TI, TC y TP de $42,3 \pm 8,7\%$, $39,9 \pm 7,4\%$ y $16,4 \pm 4,3\%$. La categoría 1, compuesta por 22 lecherías reportó tasas de $51,0 \pm 7,2\%$, $36,8 \pm 4,3\%$ y $18,3 \pm 3,8\%$. Hubo una asociación positiva y significativa de 0,47 entre la presencia de corral post parto y TI ($p < 0,05$). No se detectó una correlación significativa con las otras tasas (Tabla 8).

Otra variable vinculada al manejo de los animales es el número de cambios de corral entre el secado y los 60 días postparto (**CambCo**). Se definieron 3 categorías; 2, 3 y ≥ 4 cambios de corral. En la categoría 2 hubo 11 lecherías con tasas promedio TI, TC y TP de $44,2 \pm 8,9\%$, $38,0 \pm 6,5\%$ y $16,3 \pm 4,2\%$. En tanto, la categoría 3 reunió 13 lecherías con tasas de $50,2 \pm 8,00\%$, $39,0 \pm 5,2\%$ y $18,8 \pm 3,9\%$. Por último, la categoría ≥ 4 reunió 6 lecherías con tasas de $52,0 \pm 6,9\%$, $34,6 \pm 2,8\%$ y $18,0 \pm 3,4\%$, respectivamente. Contrario a los esperado se registró una asociación positiva y significativa de 0,37 entre un mayor número de cambios de corral y TI ($p \leq 0,05$). No hubo asociación con las otras Tasas; TC y TP ($p > 0,05$; Tabla 8).

También se evaluó el espacio lineal de comedero por vaca en el corral de preparto (**EsplPre**) y en los corrales de alta producción (**EsplAlt**). Ambas variables fueron subdivididas en 3 categorías, las cuales son: 1 insuficiente (< 60 cm), 2 moderado (60-75 cm) y 3 amplio (> 75 cm). En el caso de la variable EsplPre, los valores de TI, TC y TP para la categoría 1, constituida por 4 lecherías, fueron; $43,8 \pm 5,0\%$, $39,2 \pm 4,2\%$ y $17,1 \pm 3,4\%$, respectivamente. La categoría 2, compuesta de 10 lecherías, tuvo tasas de $47,1 \pm 9,2\%$, $37,7 \pm 6,2\%$ y $16,7 \pm 3,1\%$. Por último, la categoría 3 formada por 13 lecherías reportó los siguientes resultados: $53,8 \pm 5,2\%$, $37,3 \pm 4,3\%$ y $19,7 \pm 3,1\%$ respectivamente. Cuatro lecherías utilizaban alimentación con pradera, estas lecherías no se consideraron en el análisis de esta variable. En la variable EsplAlt la categoría 1 no tuvo ninguna lechería. La categoría 2, compuesta de 9 lecherías, tuvo tasas de $52,3 \pm 7,5 \%$, $37,2 \pm 3,8\%$ y $18,8 \pm 4,0\%$. Por último, la categoría 3

formada por 14 lecherías reportó los siguientes resultados: $51,0 \pm 6,2\%$, $36,7 \pm 4,5\%$ y $18,4 \pm 3,3$ para TI, TC y TP, respectivamente. En este caso no se incluyeron 8 lecherías por utilizar alimentación en base a pradera. Se detectó una correlación positiva y significativa entre el espacio lineal de comedero en el corral de parto y las tasas de inseminación ($r=0,51$) y preñez ($r=0,37$) ($p \leq 0,05$) (Tabla 8). Schefers *et al.* (2010) en promedio obtuvieron registros de espacio lineal de comedero de $0,80 \pm 0,29\text{m}$, indicaron que aumentar el espacio de comedero en el corral de parto tiende a asociarse a mejores tasas de inseminación.

También se evaluó el efecto de la utilización de aspersores en los patios de espera previo a la ordeña (**ASPERPAES**), la información recopilada fue dividida en dos categorías; 0 y 1, no y sí, respectivamente. La categoría 0, compuesta de 27 lecherías, tuvo tasas TI, TC y TP de $47,6 \pm 8,8 \%$, $37,9 \pm 5,7\%$ y $17,6 \pm 4,2\%$ respectivamente (tabla 2). La categoría 1 tuvo los siguientes resultados; $54,1 \pm 2,5 \%$, $35,8 \pm 2,9\%$ y $18,5 \pm 1,7\%$. No hubo asociación entre la utilización de aspersores y las tasas reproductivas estudiadas. Cabe destacar que los predios en que no se utilizan aspersores se ubican principalmente en la zona sur, donde las condiciones climáticas no suponen un stress térmico para las vacas y hacen menos necesaria su implementación, lo que posiblemente limita el efecto de esta variable sobre los indicadores de fertilidad.

Tabla 8. Coeficientes de correlación en las distintas categorías de las variables vinculadas al manejo de los animales e infraestructura predial con Tasa de Inseminación (TI), Tasa de Concepción (Tc) y Tasa de Preñez (TP) en los 31 predios estudiados.

Variables Manejo e infraestructura	Tasa Inseminación		Tasa Concepción		Tasa Preñez	
	r	p	r	p	r	p
Presencia de corral postparto	0,47	0,00	-0,26	0,15	0,23	0,22
Cambios corral secado – 60dpp	0,37	0,04	-0,20	0,28	0,20	0,29
Espacio de comedero en preparto	0,51	0,00	-0,12	0,55	0,37	0,05
Espacio de comedero en alta producción	-0,10	0,65	-0,07	0,77	-0,06	0,17
Presencia de aspersores en patios de espera	0,26	0,16	-0,13	0,48	0,07	0,70

La última variable de interés investigada fue la superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles (**SUPERF**). Los resultados se dividieron en 5 categorías; 1 (pradera), 2 (free stall), 3 (dry lot), 4 (compost barn) y 5 (pradera y free stall). La categoría 1, constituida por 8 lecherías se registró las siguientes tasas TI, TC y TP; $39,7 \pm 7,4\%$, $40,0 \pm 8,1\%$ y $15,5 \pm 4,6\%$ respectivamente. La categoría 2, compuesta de 13 lecherías, tuvo tasas de $49,6 \pm 6,8\%$, $35,7 \pm 3,7\%$ y $17,3 \pm 3,0\%$. La categoría 3 formada por 4 lecherías reportó los siguientes resultados: $54,4 \pm 5,6\%$, $40,5 \pm 5,3\%$ y $21,3 \pm 3,8\%$ respectivamente. La categoría 4, compuesta de 3 lecherías, tuvo tasas de $57,6 \pm 5,1\%$, $38,3 \pm 2,3\%$ y $21,6 \pm 1,81\%$. Por último, la categoría 5 formada por 3 lecherías reportó los siguientes resultados: $49,8 \pm 5,2\%$, $35,7 \pm 4,6\%$ y $16,9 \pm 3,2$ (TI, TC y TP respectivamente).

4.5 Evaluación simultanea de las variables independientes mediante un modelo de regresión lineal multivariado para Tasa de Inseminación (TI), Tasa de Concepción (TC) y Tasa de Preñez (TP) en los 31 predios estudiados.

Las tasas de inseminación (TI) concepción (TC) y preñez (TP) fueron sometidas a un análisis de regresión multivariado que involucró a todos los factores considerados en este estudio como variables independientes, para conocer la importancia en su efecto sobre las variables dependientes. Una de las condiciones para que el modelo de regresión lineal multivariado funcione correctamente es que las variables independientes sean realmente independientes y no estén correlacionadas entre sí. Sin embargo, debido a una alta correlación entre alguna de las variables independientes el modelo presentaba problemas de multicolinealidad, para evitar errores en el modelo se utilizaron dos indicadores para medir colinealidad, el factor de inflación de la varianza (VIF) y la tolerancia. Estos indicadores cuantifican la intensidad de la multicolinealidad de un análisis de regresión, proporcionando un índice que mide hasta qué punto la varianza de un coeficiente de regresión estimado se aumenta a causa de la colinealidad. Utilizando una matriz de correlaciones se identificaron las asociaciones significativas superiores a 0,5 ($p \leq 0,05$ y $r > 0,5$), para identificar qué variables variables independientes eran colineales. Entre estas variables se seleccionaron todas las variables con un factor de inflación de la varianza superior a 10 (VIF) y tolerancia menor (T) a 0,1. Se identifico una asociación entre producción diaria de leche y producción a los 305 días, número de vacas en ordena y número de vacas por inseminador, además de intensidad en el uso de protocolos se sincronización y resincronización de celo. Entre las variables vinculadas se optó por eliminar del modelo aquellas con mayor VIF. Esto permite disminuir considerablemente la multicolinealidad del modelo, dándole más validez a los resultados. Como consecuencia se excluyen del análisis la producción de leche diaria por vaca, número de vacas por inseminador y la intensidad de uso de protocolos de sincronización de celo (Tabla 9).

Tabla 9. Correlaciones, significancia, factor de inflación de la varianza (VIF) y tolerancia (T) de las variables colineales del modelo de regresión multivariado en las 31 lecherías de la zona centro - sur de Chile.

Variables	Correlaciones								VIF	T
	Lepro	L305	N°V.Ord	NV/INSE	PEV	IntenSin	IntenRe			
LEPRO	r	1	0,88	0,10	0,03	0,36	0,35	0,41	12,8	0,08
	p		0,00	0,59	0,85	0,05	0,06	0,02		
L305	r		1	0,10	0,02	0,49	0,36	0,41	11,4	0,09
	p			0,61	0,92	0,00	0,05	0,02		
N°V.Ord	r			1	0,94	0,13	0,35	0,39	36,1	0,03
	p				0,00	0,50	0,05	0,03		
NV/INSE	r				1	0,08	0,33	0,38	60,6	0,02
	p					0,68	0,07	0,04		
PEV	r					1	0,50	0,45	10,7	0,09
	p						0,00	0,01		
IntenSin	r						1	0,95	47,8	0,02
	p							0,00		
IntenRe	r							1	42,4	0,02
	p									

LEPRO (Producción de leche diaria en litros por vaca); L305 (Producción de leche N°V.Ord (número de vacas en ordeña); NV/INSE (número de vacas por inseminador); PEV (periodo de espera voluntario); IntenSin (intensidad de uso de protocolos de sincronización de celo); IntenRe (intensidad de uso de protocolos de resincronización).

Se destacan como factores relevantes para explicar la Tasa de Inseminación a la producción de leche a los 305 días (L305), salud mamaria (SalMam), número de vacas en ordeña (N°V.Ord), precisión en la detección de celo (PresDetec), días entre la inseminación y diagnóstico de preñez (D.Ins.Diag) y el espacio lineal de comedero en corral de parto (EspIPre) (Tabla 10). Alcanzando el modelo un coeficiente de determinación ajustado de 0,71 (R^2). Los coeficientes de regresión estandarizados permiten evaluar y comparar el poder explicativo de cada predictor, remitiendo a una escala única (en desviaciones típicas respecto al 0) en que se miden las diferentes variables y por tanto pueden constituir la base para conocer exactamente en cuántos puntos se modifica la variable dependiente por cuenta de cada regresor comparativamente. Según los resultados la variable más influyente sobre la tasa de inseminación es la “precisión en la detección de celo”. No obstante, La interpretación de los coeficientes de la ecuación de regresión múltiple, requiere de cautela. Un coeficiente pequeño no es necesariamente reflejo de una baja correlación entre la variable que lo acompaña y la

variable dependiente, sino que puede significar que la información compartida entre dicha variable y otra (u otras) predictoras del modelo es muy alta. Pese a la reducción de la colinealidad del modelo realizada anteriormente (Tabla 9), la ausencia total de colinealidad del modelo es imposible de satisfacer, por lo que se desestima un aporte categórico de los coeficientes de regresión.

Tabla 10. Coeficientes de regresión estandarizados (β) y significancia (p) de las variables del modelo de regresión lineal multivariado para tasa de inseminación (TI).

VARIABLES	β (estandarizado)	p
Salud mamaria	-0,44	0,01
Producción de leche a los 305 días	0,37	0,03
Número de vacas en ordeña	0,36	0,02
Precisión en detección de celo	0,69	0,00
Días entre inseminación y diagnóstico	-0,42	0,02
Espacio de comedero en parto	0,35	0,02

En cambio, al evaluar la Tasa de Concepción (TC) (Tabla 11) se consideraron como factores importantes los días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez (D.Ins.Diag), el número de cambios de corral entre el secado a 60 días postparto (CambCo) y la intensidad en el uso de protocolos de resincronización (IntenRe), generando un modelo con un coeficiente de determinación de 0,50 (R^2).

Tabla 11. Coeficientes de regresión estandarizados (β) y significancia (p) de las variables del modelo de regresión lineal multivariado para tasa de concepción (TC).

VARIABLES	β (estandarizado)	p
Días entre inseminación y diagnóstico	-0,69	0,00
Cambios de corral entre secado a 60 días post parto	-0,37	0,04
Intensidad de uso de protocolos de resincronización de celo	-0,63	0,00

Finalmente, al evaluar la Tasa de Preñez (Tabla 12) se identificaron como variables importantes la salud mamaria (SalMam), los días entre la inseminación al diagnóstico de preñez (D.Ins.Diag) y precisión en la detección de celo, cuyo modelo alcanzó un R^2 de 0,44.

Tabla 12. Coeficientes de regresión estandarizados y significancia (p) de las variables del modelo de regresión lineal multivariado para tasa de preñez y resumen del modelo (TP).

Variables	β (estandarizado)	Sig.
Salud mamaria	-0,51	0,009
Días entre inseminación y diagnóstico	0,70	0,003
Precisión en detección de celo	-0,60	0,006

4.6 Análisis de varianza para la variable superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles con tasa de inseminación, concepción y preñez de las 31 lecherías de la zona centro-sur de Chile.

La variable superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles es un predictor nominal no escalar, por lo tanto, no existe una jerarquía entre sus distintas categorías, lo que inhabilita su ingreso al modelo lineal multivariado. Para evaluar el efecto del predictor sobre las tasas de inseminación, concepción y preñez se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el software de análisis estadístico SPSS.

Se verifica la distribución normal de los datos utilizando el estadístico Shapiro-Wilk, los resultados indicaron una significancia mayor a 0,05, por lo tanto, los datos tienen una distribución normal. También se verifica la homogeneidad de la varianza mediante el estadístico de Levene, resultando la varianza homogénea en el caso de la tasa de inseminación y preñez ($p > 0,05$).

Al realizar el análisis de varianza solo se detecta una variación significativa de las medias en las distintas categorías con las tasas de inseminación ($p \leq 0,05$). Se realiza una prueba de Tukey para identificar en que categorías se encuentran las diferencias. Las categorías 2, 3 y 4

(“free stall”, “dry lot” y “compost barn”, respectivamente) muestran una media significativamente mayor a la categoría 1 (pradera) (Tabla 14). Esta situación puede estar explicada debido a las dificultades inherentes en la realización de manejos tales como la detección de celo e inseminación en rebaños bajo las condiciones más extensivas de un sistema con componente pastoril. No se detectaron otras diferencias significativas entre grupos para las otras tasas en estudio.

Tabla 14. Categorías, Medias y agrupación según método de Tukey en análisis de varianza de un factor entre tasa de inseminación (TI) y superficie o tipo de alojamiento de las vacas elegibles.

Superficie	N	Media
Pradera	8	39,71 ^b
Cubículos	13	49,59 ^a
Corral	4	54,37 ^a
Galpón de Compost	3	57,63 ^a
Pradera + Cubículos	3	49,77 ^{ab}

a, b: promedios con diferente superíndice son estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$).

5. DISCUSIÓN

Variables productivas y sanitarias

Contrario a lo descrito en algunas fuentes bibliográficas (Pryce *et al.*, 2004; Roxstrom *et al.*, 2001; Windig *et al.*, 2005), donde niveles altos de producción se relacionan con problemas de salud y fertilidad, los resultados obtenidos muestran una asociación positiva entre la producción de leche y fertilidad (Tabla 4 y 10). Las tasas de inseminación y preñez se vincularon de forma positiva y significativa ($p \leq 0,05$) con la producción diaria ($r=0,70$ y $0,38$ respectivamente) y acumulada a los 305 días ($r= 0,76$ y $0,41$). El modelo lineal multivariado solo consideró significativo su efecto positivo sobre la tasa de inseminación ($p=0,03$). Pese a existir fuentes (Royal *et al.*, 2000; Lucy 2001) que señalan una disminución de la fertilidad en rebaños durante los últimos 50 años, concomitante a un aumento de la producción, esto no implica una relación causa y efecto. Por ejemplo, los productores tienden a descartar a las vacas de bajo nivel productivo y continuar inseminando a las de alta producción, ante esto es predecible esperar un mayor número de inseminaciones por preñez en vacas de alta producción (Leblanc, 2013). Además, muchos de los estudios que señalan esta asociación negativa ignoran otros factores que han cambiado al mismo tiempo que los niveles de fertilidad y producción (Tamaño de los rebaños, sistemas de alojamiento, nutrición, prácticas de manejo) (Scheffers *et al.*, 2010). De Kruif *et al.* (2008) señalan que el nivel de fertilidad de un rebaño es resultado de una gran cantidad de factores, desde ambientales tales como la estación del año, tamaño del rebaño y la composición etaria de éste, hasta factores vinculados al manejo de los animales como las prácticas de preñez, nutrición y detección de celo. Grohn y Rajala-Schultz (2000), indicaron que niveles altos de producción no son un factor relevante en el retraso de la concepción (salvo en primer parto), señalan que animales de alta producción tienen más probabilidades de ser inseminadas, en tanto los de baja producción son más proclives a una eliminación, lo que puede conducir a errores de interpretación. Meléndez *et al.* (2008) evaluaron tasas de preñez en tres periodos distintos (50-70, 71-91 y 92-112 días postparto) en 6 predios de la zona central de Chile, identificando mayores tasas de preñez en el predio de mayor producción en comparación al de menor en los tres periodos; 24,6 y 15,1 en el primer periodo, 28 y 18,7 en el segundo, además de 23,6 y 15,6 en el tercer periodo evaluado.

Otro indicador importante fue la salud mamaria, en este caso se observó una asociación negativa con las tasas de inseminación ($p = 0,01$) y preñez ($p = 0,009$) en predios con problemas de salud mamaria (Tabla 10 y 12). Rebaños con altos recuentos de células somáticas requieren un mayor número de servicios para lograr concepción y se han vinculado a menores tasas de concepción en otros estudios (Santos *et al.*, 2004; Gunay y Gunay 2008). Bouamra *et al.* (2017) indicaron que el número de inseminaciones por concepción en vacas con mastitis clínica previo ($1,94 \pm 0,85$) y posterior ($2,4 \pm 0,85$) a la primera inseminación artificial era significativamente superior al de un grupo control sin mastitis ($1,61 \pm 0,75$) ($p \leq 0,05$). Chebel *et al.* (2004) señalan que vacas con mastitis tienen 2,8 veces más probabilidades de sufrir pérdidas embrionarias.

Variables reproductivas

Entre las variables detectadas como importantes se encuentran los días entre la inseminación y el diagnóstico de gestación. Se observó una asociación negativa entre la cantidad de días y las tasas de inseminación, concepción y preñez ($p \leq 0,05$) (Tabla 10, 11 y 12), vale decir, los indicadores reproductivos mejoran al disminuir los días entre inseminación y diagnóstico. El diagnóstico temprano permite una identificación rápida de las vacas no preñadas, acortando el tiempo entre inseminaciones sucesivas, lo que puede aumentar la cantidad de inseminaciones sobre la población de vacas elegibles y mejorar las tasas de inseminación y preñez. Schefers *et al.* (2010) también identificaron una asociación entre los días al examen de preñez con la tasa de concepción, indicando mejores tasas de concepción en predios con examen a los 28 días en comparación con otro grupo de 35 o más. El diagnóstico temprano no contabiliza el efecto de las pérdidas embrionarias, cuya probabilidad es mayor al inicio de la gestación (Mee *et al.*, 1994; Vasconcelos *et al.*, 1997). Además, al realizar el examen de preñez en 28 días o menos, existe una mayor probabilidad de errores en el diagnóstico, esto podría generar un aumento en las tasas de concepción.

Otro factor identificado como relevante, fue la intensidad de uso de protocolos de resincronización de celo. El predictor se vinculó de forma negativa y significativa ($p \leq 0,01$) con la tasa de concepción (Tabla 11). Algunos estudios indican tasas de concepción similares

o inferiores en predios que utilizan inseminaciones a tiempo fijo tras la utilización de protocolos de sincronización de celo, o incluso tasas inferiores, en comparación a inseminaciones tras la detección de celo (Stevenson *et al.*, 1999; Chebel *et al.*, 2004; Tenhagen *et al.*, 2004). La sincronización o resincronización de celo no parece ser un método apropiado para mejorar el rendimiento reproductivo mediante la mejora de la tasa de concepción entre inseminaciones, pero sí beneficia la eficiencia reproductiva al acortar los tiempos entre inseminaciones, mejorando las tasas de inseminación y en última instancia la tasa de preñez (Fricke, 2002). Schefers *et al.* (2010) detectaron diferencias significativas entre promedios de tasas de inseminación entre vacas sometidas a resincronización de celo ($58,6 \pm 1,0$) en comparación a un grupo sin protocolo de resincronización ($53,8 \pm 1,3$). En el presente estudio inicialmente se identificó una relación entre la resincronización y tasa de inseminación, dentro de una matriz de correlaciones simples de $r=0,37$ y $p=0,04$ (Tabla 7), la cual fue desestimada por el modelo multivariado en favor de otros predictores. Además, también es relevante el tiempo entre una inseminación y la posterior resincronización, Fricke *et al.* (2003) indicaron mejores tasas de preñez en protocolos usados después de 26 o 33 días tras una inseminación artificial a tiempo fijo, en comparación a protocolos iniciados tras 19 días. Es necesaria información más específica en relación al tipo de protocolo y tiempo de ejecución para poder obtener resultados más consistentes.

Finalmente, la precisión de detección de celo, medida como el número de inseminaciones repetidas entre 4 a 17 días posterior a la inseminación artificial (Tabla 10 y 12), se vinculó de forma positiva con la tasa de inseminación y preñez ($p \leq 0,01$). Este resultado puede deberse a la tendencia en vacas de alta producción a generar ciclos estrales más irregulares y celos más cortos, lo cual pese a una buena detección de celo puede generar problemas de fertilidad. Considerando que en este estudio las poblaciones con mayores tasas de inseminación y preñez también eran las de mejor producción, se podría explicar la tendencia al aumento de las inseminaciones repetidas. Además, Schefers *et al.* (2010) indican que un número alto de inseminaciones repetidas suele ser respuesta a la observación visual del celo tras una inseminación fallida, considerado poco práctico como un método para mejorar la tasa de inseminación indicando una asociación negativa entre la pobre detección de celo y tasas de concepción. Pero resulta un indicador útil para detectar problemas en la detección de celo,

además el aumento en las inseminaciones se vinculó a una mejor tasa de preñez, del mismo modo que se observa una mayor asociación entre la tasa de inseminación y tasa de preñez ($r = 0,75$, $p < 0,001$) que entre la tasa de concepción y preñez ($r = 0,51$, $p = 0,003$). La tasa de preñez, que es el indicador definitivo de fertilidad, resultó ser más influenciada por el número de inseminaciones sobre la población de vacas de elegibles (tasa de inseminación) que por la tasa de concepción entre inseminaciones. Por lo tanto, estrategias tendientes a aumentar el número de inseminaciones pueden ser un método efectivo para mejorar el rendimiento reproductivo.

Variables vinculadas al manejo de los animales e infraestructura

El modelo lineal multivariado muestra un vínculo negativo y significativo entre un aumento en el número de cambios de corral entre el secado y los 60 días post parto con las tasas de concepción ($p = 0,04$) (Tabla 11). En promedio la tasa de concepción en predios con 2 cambios de corral fue de $38,0 \pm 6,5$; en cambio en campos con 4 o más cambios de corral fue de $34,6 \pm 2,8$. Caraviello *et al.*, (2006) indican que un movimiento de corral después de 1,5 días tras el parto se vincula negativamente a la tasa de concepción al primer servicio, en comparación a predios con un cambio de corral previo a 1,5 días antes al parto, vinculando el fenómeno al cambio de alojamiento y posible exposición a patógenos cerca del parto. Además, Grummer (2016) indica que los cambios de corral pueden aumentar el número de interacciones antagonistas entre vacas y dificultar el periodo de transición. Ya sea para tener un mejor control sanitario o social del entorno de los animales resulta útil limitar el movimiento entre corrales alrededor del parto.

El modelo lineal también identificó al espacio lineal de comedero en el corral de preparto como un estimador importante para la tasa de inseminación ($p=0,02$), como se muestra en la Tabla 10. El grupo con menor espacio lineal de comedero (<60 cm) reportó una tasa de inseminación promedio de $43,8 \pm 5,0$, en tanto el grupo con mayor espacio (>75 cm) obtuvo un promedio de $53,8 \pm 5,2$. Una reducción del espacio de acceso al alimento puede afectar al consumo de materia seca, producción de leche y salud metabólica lo que puede influir en el inicio de la actividad estral (Calamari *et al.*, 2003; Cook y Nordlund, 2004). Además, Westwood *et al.* (2002) observaron que vacas que consumen $>4,03\%$ de su peso corporal

durante los primeros 110 días en leche tienen el doble de posibilidades de quedar preñadas dentro de los primeros 150 días en leche, en comparación a un consumo <3,45% durante el mismo periodo. Caraviello *et al.* (2006) identificaron al espacio lineal de comedero como una de las variables exploratorias más relevantes en la obtención de la preñez dentro de los primeros 150 días post parto. Cabe destacar que el espacio de comedero además de afectar el consumo de alimento puede provocar cambios en la conducta, un espacio limitado de comedero suele estar asociado a sobre población en los corrales, lo que puede conducir a una disminución en el tiempo de reposo en suelo y aumento en la agresividad y actividades antagonistas (Grant y Albright, 2001; Fregonesi y Leaver, 2002; Fregonesi *et al.*, 2007).

Otro predictor destacado por el modelo multivariado fue el número de vacas en ordeña, el cual se asoció positivamente con las tasas de inseminación (Tabla 10), con $p = 0,02$. Posiblemente esta solo sea una asociación estadística y no funcional, la asociación puede deberse al tipo o características de los predios con un alto número de vacas en ordeña. En estos existía una mayor automatización de procesos y mayor cantidad de protocolos. Además, estos predios se asociaron, en la matriz de correlaciones, con una mayor intensidad en el uso de protocolos de resincronización de celo, lo que puede explicar la asociación positiva del predictor con las tasas de inseminación.

Implicancias

Los resultados obtenidos señalan que la fertilidad está vinculada a una gran cantidad de factores, asociados al manejo de los animales, producción y salud mamaria. Además, no se observó una asociación negativa entre la producción de leche y el rendimiento productivo de los predios bajo estudio, al contrario, los campos con mejores indicadores reproductivos reportaban mayores niveles de producción de leche. Por lo tanto, la fertilidad de los rebaños es una problemática compleja y multifactorial, nace como el resultado de la interacción de factores ambientales tales como el clima, tamaño del rebaño y factores relacionados al manejo de los animales como la nutrición, detección de celo, alojamiento, manejo de la transición, inseminación y estatus sanitario de las vacas, mejorar el rendimiento reproductivo de un rebaño requiere de la intervención de una gran cantidad de elementos dentro del sistema

productivo. Contrario a lo expuesto en algunas publicaciones es factible obtener un buen rendimiento reproductivo simultáneamente a niveles altos de producción de leche, siendo el estado de ambos elementos no un reflejo o consecuencia del otro, sino más bien un resultado del manejo integral del rebaño. Para obtener este tipo de resultados es necesario comprender los principios biológicos y fisiológicos de la lactancia y preñez e integrarlos al manejo nutricional, medicina productiva y prácticas de manejo de los animales. Dentro de este trabajo se logró identificar algunos factores relevantes relacionados a las tasas de inseminación, preñez y concepción, entre los cuales se destacan la salud mamaria, producción de leche, número de días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez, precisión en la detección de celo, espacio lineal de comedero, número de cambios de corral entre el secado y 60 días post parto.

En consecuencia, lograr un adecuado rendimiento reproductivo y altos niveles de producción de leche requiere de la intervención en distintos aspectos del sistema productivo. Los resultados de este trabajo sugieren hacer énfasis en aumentar el número de inseminaciones sobre el total de vacas elegibles, disminuir los días entre inseminación y diagnóstico, aumentar la detección de celo en vacas después de ser inseminadas (para una pronta detección de vacas abiertas y reinseminación). Otro aspecto relevante es el cuidado de la salud mamaria, por ejemplo, disminuir los casos de mastitis clínica y recuentos de células somáticas, además de ofrecer espacios de comedero mayores a 75 cm y disminuir la cantidad de cambios de corral en el periodo de transición para posiblemente mejorar el consumo de alimento y disminuir las interacciones sociales antagonistas.

6. CONCLUSIONES

1. Los 31 predios de este estudio reportaron niveles de fertilidad moderados acorde a los parámetros elegidos (tasa de inseminación, concepción y preñez).
2. Se destacan como factores influyentes sobre la tasa de inseminación las siguientes variables significativas; la salud mamaria, producción de leche a los 305 días, número de vacas en ordeña, precisión en la detección de celo, días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez y el espacio lineal de comedero en el corral de preparto.
3. Se destacan como factores influyentes sobre la tasa de concepción las siguientes variables significativas; días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez, el número de cambios de corral entre el secado y los 60 días post parto y la intensidad en el uso de protocolos de resincronización de celo.
4. Se destacan como factores influyentes sobre la tasa de preñez las siguientes variables significativas; la salud mamaria, días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez y la precisión en la detección de celo.
5. Los predictores más importantes fueron los días entre la inseminación y el diagnóstico de preñez, al ser el único factor significativo para todas las tasas en estudio (inseminación, concepción y preñez), Además la salud mamaria y precisión en la detección de celo, que fueron factores significativos sobre la tasa de inseminación y de preñez.

BIBLIOGRAFÍA

- BOUAMRA, M.; GHOZLANE, F.; GHOZLANE, M.** 2017. Factors affecting reproductive performance of dairy cows in Algeria: Effects of clinical mastitis. *African Journal of Biotechnology* 16:(2) 91-95.
- CALAMARI, L., MAIANTI, M.; STEFANINI, L.** 2003. Effect of space availability at feed bunk and rest area on metabolic conditions and productive responses in dairy cows. *Journal of Animal Science* 2 (1): 281–283.
- CARAVIELLO, D.; WEIGEL, K.; CRAVEN, M.; GIANOLA, D.; COOK, N.; NORDLUND, K.; FRICKE, P.; WILTBANK, M.** 2006. Analysis of reproductive performance of lactating cows on large dairy farms using machine-learning algorithms. *Journal of Dairy Science* 89: 4703–4722.
- CASTILLO, H.; OLTENACU, P.; BLAKE, R.; MCCULLOCH, C.; CIENFUEGOS, E.** 2000. Effect of herd environment on the genetic and phenotypic relationships among milk yield, conception rate, and somatic cell score in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 83: 807–814.
- CHEBEL, R.; SANTOS, J.; OVERTON, M.; REYNOLDS, J.; CERRI, R.; JUCHEM, S.** 2004. Factors affecting conception rate and pregnancy loss in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 85:310.
- COOK, N.; NORDLUND, K.** 2004. Behavioral needs of the transition cow and considerations for special needs facility design. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20: 495–520.
- DE KRUIF, A.; LEROY, J.; OPSOMER1, G.** 2008. Reproductive performance in high producing dairy cows: practical implications. *Tierärztl Prax* 36 (1): 29-33.
- DEVRIES, T.; WEARY, D.; VON KEYSERLINGK, M.** 2016. Providing comfortable housing for dairy cows. XX *Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos*. Uberlandia, Brasil. 17-18 marzo 2016.
- FERGUSON, J.; SKIDMORE, A.** 2012. Reproductive performance in a select sample of dairy herds. *Journal of Dairy Science* 96: 1269-1289.
- FIRK, R.; STAMER, E.; JUNGE, W.; KRIETER, J.** 2002. Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livestock Production Science* 75: 219–232.
- FREGONESI, J.; LEAVER, J.** 2002. Influence of space allowance and milk yield level on behaviour, performance and health of dairy cows housed in strawyard and cubicle systems. *Livestock Production Science* 78:245–257.
- FREGONESI, J.; TUCKER, C.; WEARY, D.** 2007. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90: 3349–3354.
- FRICKE, P.** 2002. Scanning the future-Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 85: 1918–1926.

- FRICKE, P.; CARAVIELLO, D.; WEIGEL, K.; WELLE, M.** 2003. Fertility of dairy cows after resynchronization of ovulation at three intervals following first timed insemination. *Journal of Dairy Science*. 86:3941–3950.
- GARBARINO, E.; HERNANDEZ, A.; SHEARER, K.; RISCO, A.; THATCHER, W.** 2004. Effect of lameness on ovarian activity in postpartum Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 87: 4123–4131.
- GONZALEZ, V.; MUJICA, C.; GARCIA, X.; MAGOFKE, S.** 1997. Non-genetic factors affecting the reproductive efficiency in a dairy herd with seasonal calving in southern Chile (X region). 2. Cows. Effects of year of mating and date of calving. *Avances en Producción Animal*. 22:49–61.
- GONZALEZ, F.; BARRALES, L.; VALENZUELA, L.,** 2005. Modelo para evaluar la respuesta productiva de vacas híbridas en un sistema intensivo de leche. Centro de Estudios Agrarios. Depto. Cs. Animales, FAIF-PUC.
- GRANT, R.; ALBRIGHT, J.** 2001. Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 84: 156–163.
- GROHN, Y.; RAJALA-SCHULTZ, P.** 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Animal Reproduction Science* 60–61: 605–614.
- GRUMMER, R.** 2016. Nutrition and management of transition dairy cows: controversies and areas for future exploration. XX Novos Enfoques na Produção e Reprodução de Bovinos. Uberlândia, Brasil. 17-18 marzo 2016.
- GUNAY, A.; GUNAY, U.** 2008. Effects of Clinical Mastitis on Reproductive Performance in Holstein Cows. *Journal Acta Veterinaria Brunensis* 77: 555-560.
- HEUWIESER, W.; IWERSEN, M.; GOSSELLIN, J.; DRILLICH, M.** 2010. Short communication: Survey of fresh cow management practices of dairy cattle on small and large commercial farms. *Journal of Dairy Science* 93: 1065–1068.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS.** 2010. Compendio estadístico. Síntesis geográfica regional. Chile. 58-68
- KASIMANICKAM, R.; CORNWELL, J.M.; NEBEL, R.L.** 2005. Fertility following fixed-time AI or insemination at observed estrus in Ovsynch and Heatsynch programs in lactating dairy cows. *Theriogenology* 63: 2550–2559.
- LAVON, Y.; EZRA, E.; LEITNER, G.; WOLFENSON, D.** 2011. Association of conception rate with pattern and level of somatic cell count elevation relative to time of insemination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94: 4538–4545.
- LEBLANC, S.** 2005. Using DHI records on-farm to evaluate reproductive performance. *Advances in Dairy Technology* 17: 319-330.
- LEBLANC, S.** 2013. Is a high level of milk production compatible with good reproductive performance in dairy cows? *Animal Frontiers* 3: 84-91.
- LØVENDAHL, P.; CHAGUNDA, M.G.G.** 2010. On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 249–259.

- LUCY, M.C.** 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *Journal of Dairy Science* 84: 1277–1293.
- MEE, J.; RYAN, D.; CONDON, T.** 1994. Ultrasound diagnosis of pregnancy in cattle. *Veterinary Record*. 134:532.
- MELÉNDEZ, P.; PINEDO, P.** 2007. The association between reproductive performance and milk yield in Chilean Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 90:184–92.
- MELÉNDEZ, P.; DUCHENS, M.; PEREZ, A.; MORAGA, L.; ARCHBALD, L.** 2008. Characterization of estrus detection, conception and pregnancy risk of Holstein cattle from the central area of Chile. *Theriogenology* 70 (4):631-7.
- MUJICA, C.; QUITRAL, V.; BRANDT, H.** 1995. Effect of “Holsteinization” on a dairy farm in the X region, Chile. *Agro-Sur* 23:140–147.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL.** 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition. National Academy Press. 480p.
- PETER, AT.; BOSU, WT.** 1986. Postpartum ovarian activity in dairy cows: Correlation between behavioral estrus, pedometer measurements and ovulations. *Theriogenology* 26 (1):111-5.
- PINEDO, P.; MELÉNDEZ, P.; VILLAGOMEZ-CORTES, J.; RISCO, C.** 2009. Effect of high somatic cell counts on reproductive performance of Chilean dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 92: 1575–1580.
- PRYCE, J.; ROYAL, M.; GARNSWORTHY, P.; MAO, L.** 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Production Science* 86: 125–135.
- ROXSTROM, A.; STRANDBERG, E.; BERGLUND, B.; EMANUELSON, U.; PHILIPSSON, J.** 2001. Genetic and environmental correlations among female fertility traits and milk production in different parities of Swedish Red and White dairy cattle. *Animal Science* 51: 7–14.
- ROYAL, M.; DARWASH, A.; FLINT, A.; WEBB, R.; WOOLIAMs, J.; LAMMING, G.** 2000. Declining fertility in dairy cattle: changes in traditional and endocrine parameters of fertility. *Animal Science*.70:487–501.
- SANTOS, J.; CERRI, R.; BALLOU, M.; HIGGINBOTHAM, G.; KIRK, J.** 2004. Effect of timing of first clinical mastitis occurrence on lactation and reproductive performance of Holstein dairy cows. *Animal. Reproduction. Science* 80:31-45.
- SCHEFERS, J.; WEIGEL, K.; RAWSON, C.; ZWALD, N.; COOK, N.** 2010. Management practices associated with conception rate and service rate of lactating Holstein cows in large, commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science* 93: 1459–1467.
- STEVENSON, J.; KOBAYASHI, Y.; THOMPSON, K.** 1999. Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including Ovsynch and combinations of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin. *Journal of Dairy Science* 82: 506–15.

TENHAGEN, B.; DRILLICH, M.; SURHOLT, R.; HEUWIESER, W. 2004. Comparison of timed AI after synchronized ovulation to AI at estrus: reproductive and economic considerations. *Journal of Dairy Science* 87: 85–94.

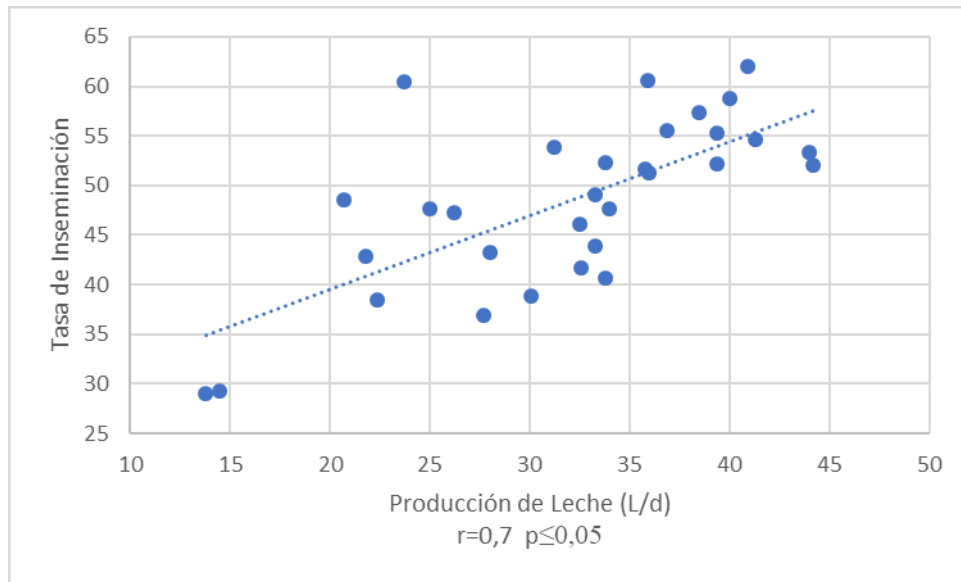
VASCONCELOS, J.; SILCOX, W.; LACERDA, A.; PURSLEY, J.; WILTBANK, M. 1997. Pregnancy rate, pregnancy loss, and response to heat stress after AI at two different times from ovulation in dairy cows. *Biol. Reprod.* 56 (1):140. (Abstr.)

WESTWOOD, C. LEAN, I.; GARVIN, J. 2002. Factors influencing fertility of Holstein dairy cows: A multivariate description. *Journal of Dairy Science* 85: 3225–3237.

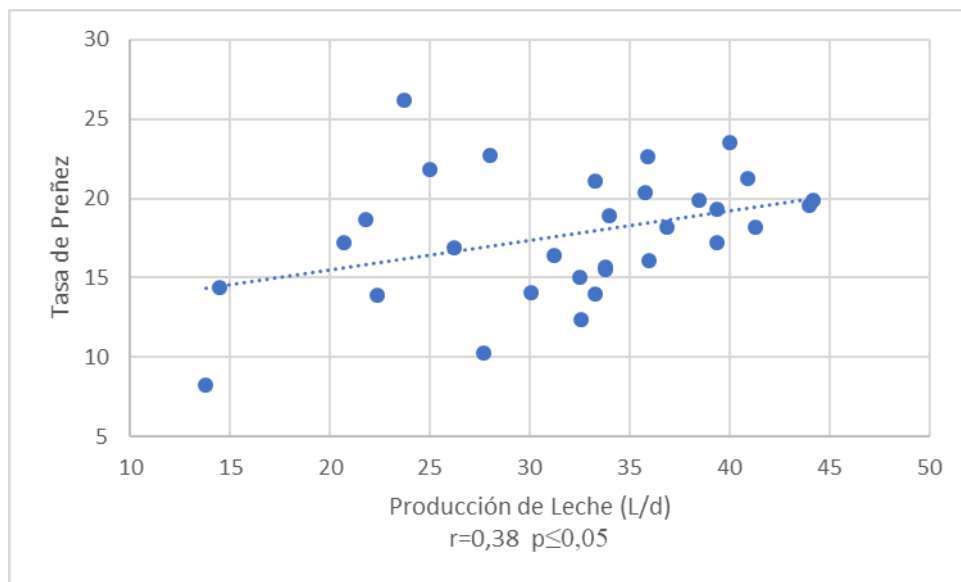
WINDIG, J.; CALUS, M.; VEERKAMP, R. 2005. Influence of herd environment on health and fertility and their relationship with milk production. *Journal of Dairy Science* 88: 335–347.

ANEXOS

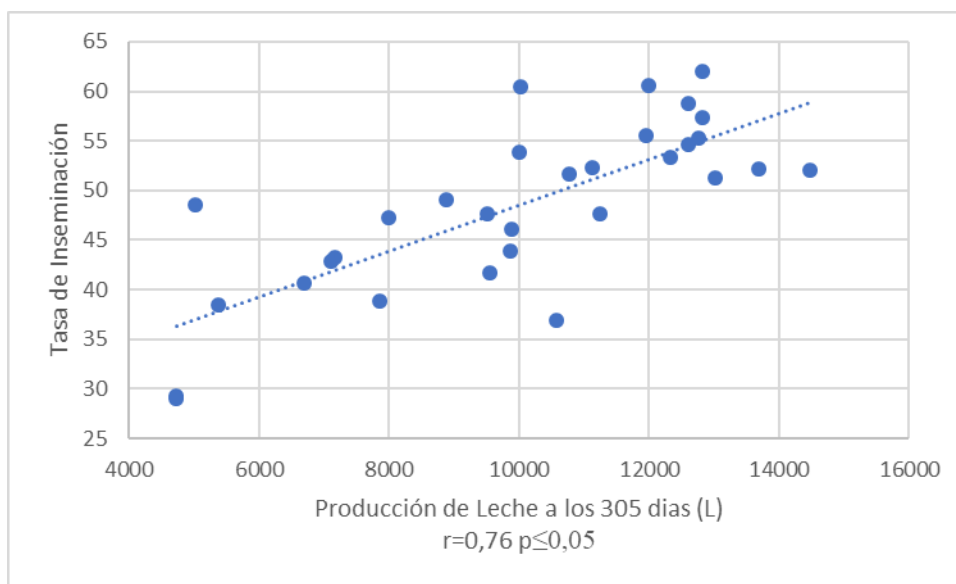
Anexo 1. Correlación entre Tasa de Inseminación y producción de leche diaria.



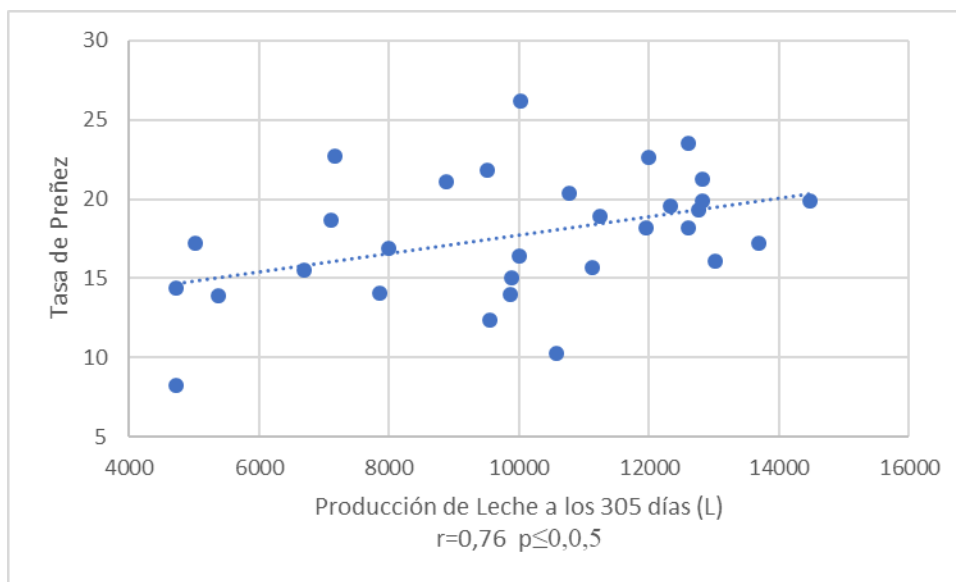
Anexo 2. Correlación entre Tasa de Preñez y producción de leche diaria.



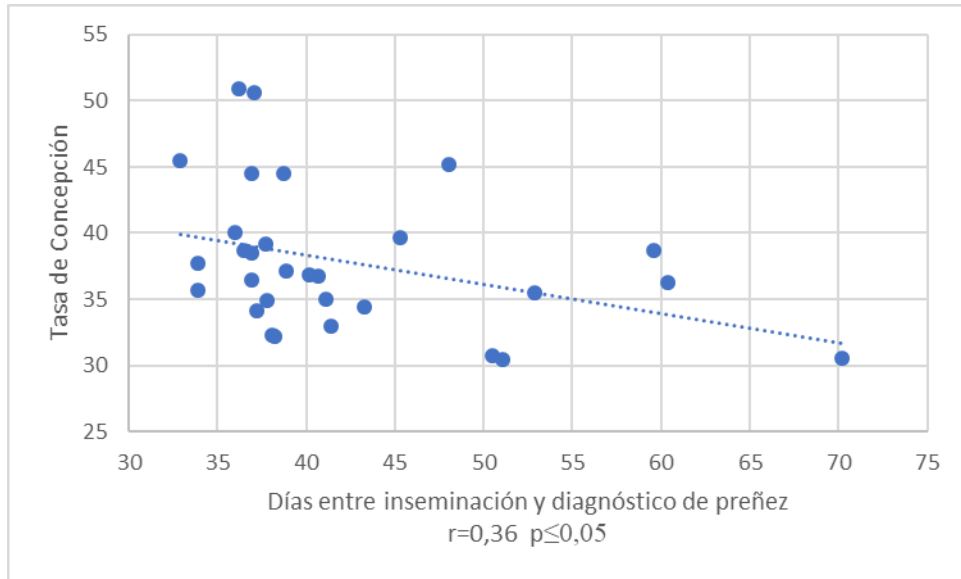
Anexo 3. Correlación entre Tasa de Inseminación y producción de leche a los 305 días.



Anexo 4. Correlación entre Tasa de Preñez y producción de leche a los 305 días.



Anexo 5. Correlación entre Tasa de Concepción y días al diagnóstico de preñez.



Anexo 6. Correlación entre Tasa de Preñez y días al diagnóstico de preñez.

