



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

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN PROTOCOLO DE  
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VACAS DE  
CARNE CON BAJA CONDICIÓN CORPORAL**

**Paula Francisca González Tapia**

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

PROFESOR GUÍA: OSCAR PERALTA TRONCOSO  
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE  
2017

Financiamiento: Programa de Mejoramiento Genético Bovino INDAP Región

Metropolitana



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

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN PROTOCOLO DE  
INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO EN VACAS DE  
CARNE CON BAJA CONDICIÓN CORPORAL**

**Paula Francisca González Tapia**

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

Nota Final: .....

Profesor Guía: Oscar Peralta Troncoso. ....

Profesor Corrector: Mario Duchens Arancibia. ....

Profesor Corrector: Carlos Núñez Poblete. ....

SANTIAGO, CHILE

**ÍNDICE**

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>7</b>
<b>Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)</b> .....	<b>8</b>
<b>Gonadotrofina coriónica equina (eCG)</b> .....	<b>10</b>
<b>Condición corporal (CC)</b> .....	<b>11</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>13</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>13</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>Lugar del estudio</b> .....	<b>14</b>
<b>Animales</b> .....	<b>14</b>
<b>Condición Corporal (CC)</b> .....	<b>14</b>
<b>Protocolo de IATF</b> .....	<b>15</b>
<b>Diagnóstico de gestación</b> .....	<b>16</b>
<b>Análisis de datos</b> .....	<b>17</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>19</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>25</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>28</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>29</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Protocolo de sincronización de celo aplicado en vacas de carne con baja condición corporal ( $\leq 2,75$ ) pertenecientes a la AFC de la provincia de Mellipilla. ....	16
<b>Figura 2.</b> Tasa de preñez total y por temporada para vacas con baja CC incorporadas a protocolo de IATF .....	19
<b>Figura 3.</b> Tasa de preñez según intervalo de edad en vacas de carne con baja CC incorporadas a protocolo de IATF .....	20
<b>Figura 4.</b> Tasa de preñez según intervalo de días postparto al inicio del protocolo de IATF en vacas de carne con baja CC .....	21
<b>Figura 5.</b> Tasa de preñez según intervalo de número ordinal de parto en vacas de carne con baja condición corporal incorporadas a protocolo de IATF .....	22
<b>Figura 6.</b> Tasa de preñez según CC en vacas de carne al inicio del protocolo de IATF. No se determinaron diferencias significativas entre intervalos de condición corporal .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis de regresión logística para tasa de preñez según variables en ganado bovino de carne con baja condición corporal incorporado a un protocolo de IATF .....	18
--	----

## RESUMEN

Alrededor de un 54% de la ganadería bovina de carne en Chile pertenece a productores de la Agricultura Familiar Campesina (AFC). Este tipo de sistemas se caracteriza, principalmente por su baja tecnificación y escasa disponibilidad de recursos con una consiguiente baja productividad. El Programa de Mejoramiento Genético Bovino del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), pretende transferir al productor conocimientos y herramientas que le permitan mejorar su productividad. La utilización de protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) permite facilitar la incorporación de genética y de esta forma mejorar indicadores productivos. En resultados de temporadas anteriores de este programa, se estableció que la condición corporal (CC) fue un factor determinante en la eficiencia de un protocolo de IATF. Esto debido a que vacas con CC entre 3,0 y 4,0 al inicio del protocolo, tenían una mayor probabilidad de preñez (Odd Ratio, OR=3,52) en comparación con animales con CC en el rango de 2,00 a 2,75 (OR=1; P=0,01). El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de un protocolo de IATF aplicado en vacas de carne con baja CC (<2,75) perteneciente a la AFC de la provincia de Melipilla. El protocolo de IATF utilizado, se inició en el día 0 con la aplicación de un dispositivo intravaginal bovino (DIB) de 0,5 g de progesterona y la administración i.m. de 2 mg de benzoato de estradiol (BE). En el día 8, se retiró el DIB y se administró por vía i.m. 1 mg de cipionato de estradiol (ECP), 500 µg de cloprostenol sódico (CS) y 400 UI de gonadotrofina coriónica equina (eCG). La IATF se realizó entre las 54-56 hrs posteriores al retiro del DIB. El diagnóstico de gestación se realizó mediante ultrasonografía transrectal al día 50 posterior a la IATF. La tasa de preñez (TP) total obtenida en las temporadas 2014 y 2015 fue de un 53%. El grupo de vacas de la temporada 2015 obtuvo una menor tasa de preñez (TP= 40%) y una menor probabilidad de preñez (OR=0,31) comparado con vacas de la temporada 2014 (TP=70%, OR=1, P=0,04). Las variables independiente correspondientes al número ordinal de partos (NOP), días postparto (DPP), CC y edad de la vaca no presentaron diferencias significativas entre los intervalos analizados. La tasa de preñez obtenida en vacas con baja CC ( $\leq 2,75$ ) es similar a lo reportado previamente para vacas con adecuada CC ( $>2,75$ ). La temporada de encaste, posiblemente determinada por la disponibilidad de forraje y el consumo de materia seca de los animales fue la única variable

que afecto la eficiencia reproductiva de vacas incorporadas a un programa de IATF en la provincia de Melipilla.

## **ABSTRACT**

Approximately 54% of beef cattle in Chile is own by producers from small scale farming. The reduced incorporation of technology and scarce availability of resources affect negatively the productivity of these systems. The genetic improvement program from the Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) aims to transfer technical knowledge and tools for improving productivity of these producers. The use of fixed-time artificial insemination protocols (FTAI) in extensive beef systems from to the small scale farming facilitate the incorporation of genetics for increasing productive indicators. In previous season of this program, it was established that body condition score (BCS) was a determinant factor in the efficiency of the FTAI-protocol, since cows in BCS between 3.0 and 4.0 at the beginning of the FTAI-protocol, had higher probability of pregnancy (Odd Ratio, OR = 3.52) compared with cows in BCS between 2.00 to 2.75 (OR = 1; p= 0.01). The objective of the present study was to evaluate the efficiency of a FTAI-protocol applied to beef cattle with low BCS (<2.75) belonging to small scales farmers located at the Province of Melipilla. The FTAI-protocol used was initiated on day 0 with the application of a bovine intravaginal device (DIB) containing 0.5g of progesterone and the i.m administration of 2 mg of estradiol benzoate (EB). At day 8, the DIB was removed and i.m injections of 1mg of estradiol cypionate (ECP), 500 µg of cloprostenol sodium (CS) and 400 IU of equine chorionic gonadotrophin (eCG) were administered. FTAI was performed between 54-56 hours after DIB removal. Pregnancy diagnosis was performed by trans-rectal ultrasonography at day 50 after FTAI. Total pregnancy rate (PR) obtained for 2014 and 2015 seasons was 53%. Cows from 2015 season had a lower pregnancy rate (PR = 40%) and a lower probability of pregnancy (OR=0.31) compared to cows from the 2014 season (PR = 70%, OR =1, P = 0.04). Independent variables including parity, postpartum day (PPD), BCS and age of the cow were not significantly different between intervals. In conclusion, PR achieved in cows with low BCS ( $\leq 2,75$ ) was similar compared to previously reported in cows with adequate BCS ( $>2,75$ ). Breeding season, possibly

influenced by forage availability of dry matter intake was the only variable affecting reproductive performance in low BCS cows included in a FTAI-protocol in the Province of Melipilla

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) ha implementado programas de Inseminación Artificial (IA) con el objetivo de realizar mejoramiento genético del rebaño bovino de carne perteneciente a la agricultura familiar campesina (AFC) de la Provincia de Melipilla. Las técnicas de reproducción asistida, como protocolos de sincronización de celo, incluyen la implementación de programas de IA a tiempo fijo (IATF) que permiten encastar a las vacas en un momento determinado sin la necesidad de detectar celo. Esto a su vez permite establecer periodos de encaste acotados, controlando la temporada de partos y mejorando la eficiencia reproductiva del sistema. En consecuencia, la IATF entrega la posibilidad de incrementar la productividad mediante el mejoramiento genético y una mejor organización del manejo reproductivo del rebaño bovino de carne.

En resultados obtenidos en temporadas anteriores como parte del programa de mejoramiento genético bovino de la Provincia de Melipilla, se determinó que la condición corporal (CC) de las vacas al inicio de la IATF afectaba significativamente la tasa de preñez. Vacas con  $CC > 3$  puntos tenían 2,5 veces mayor probabilidad de preñez comparado con vacas con  $CC \leq 2,75$  puntos. Estos resultados indican que la CC al inicio del protocolo de sincronización tiene una gran importancia en la eficiencia del programa de IA influyendo en la fertilidad del rebaño. Existen diversos estudios que evidencian que en sistemas pastoriles, la CC al encaste está influenciada por la nutrición durante el periodo de gestación ya que una baja CC al parto, prolonga el periodo parto preñez afectando la siguiente temporada de encaste (Diskin *et al.*, 2003).

La gonadotropina coriónica equina (eCG) es una hormona que se encuentra en circulación en el primer tercio de gestación de la yegua preñada, cumpliendo un rol luteotrófico y generando cuerpos lúteos accesorios para un mejor soporte al inicio de la gestación (Murphy, 2012). En otros mamíferos, la administración exógena de eCG tiene efectos similares a la hormona foliculoestimulante (FSH) y a la hormona luteinizante (LH) (Murphy, 2012). La administración de eCG al finalizar el esquema de sincronización de celo en la vaca ha sido reportada como una estrategia para incrementar la tasa de crecimiento del folículo ovulatorio, mejorar la tasa de ovulación y favorecer la actividad

lúteal durante el periodo crítico de reconocimiento de preñez en vacas con baja CC (Lonergan, 2011).

Considerando los aspectos anteriores, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de un protocolo de IATF que incorpora la administración de eCG en vacas con baja CC ( $\leq 2,75$  puntos) pertenecientes a rebaños de carne de la AFC de la Provincia de Melipilla.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En la Región Metropolitana hay una existencia de 213.376 bovinos, correspondiente al 5,7% del ganado nacional, de los que 101.275 se encuentran distribuidos en la Provincia de Melipilla (INE, 2007). A nivel nacional, la AFC contiene el 54% del total de la masa ganadera bovina nacional y posee gran importancia en el sector dedicado a la producción de bovinos de carne. Estos sistemas productivos, se basan principalmente en la crianza de terneros para venta en feria ganadera. Los animales se mantienen a pastoreo, alimentados principalmente con pradera natural de secano interior de la Provincia y en los periodos de escasez son suplementados con avena y trigo. Dentro de los aspectos más limitantes de estos sistemas, están la disponibilidad de agua para los animales, así como la productividad de materia seca de la pradera (Ovalle y Squella, 1996).

La ganadería bovina perteneciente a la AFC posee una rentabilidad limitada, que en muchos casos solo permite la subsistencia del sistema. Al contar con baja disponibilidad de mano de obra, problemas de productividad de la pradera y falta de capital que permita fertilizar o implementar sistemas de riego, la productividad ganadera de la AFC ha sido reducida. El rol fundamental del INDAP, en su programa de mejoramiento genético bovino, es transferir a los productores ganaderos de la AFC, herramientas necesarias para generar las capacidades y condiciones que les permitan mejorar la productividad, incrementar la masa ganadera y favorecer su inserción en la cadena comercializadora. Para lograr esto, se utilizan técnicas de reproducción asistida orientadas a introducir genética de mayor aptitud productiva que mejore el potencial del rebaño. Como elemento esencial para alcanzar el objetivo planteado, es importante la incorporación de la IA como técnica que permite la disposición de una amplia variedad de reproductores con el objetivo de aumentar indicadores productivos de importancia para los productores como facilidad de parto y peso vivo al destete.

La IA mediante la utilización de semen congelado es una de las biotecnologías de mayor éxito en animales de producción y especialmente en la especie bovina (Bertolini y Bertolini, 2009). A pesar de que existe consenso de que la IA es la técnica más apropiada para generar avance genético y aumentar el retorno económico del sistema de producción de carne, en la actualidad el porcentaje de ganado bovino de carne que es inseminado

artificialmente en Chile, corresponde solo al 8% del total de las hembras y a nivel mundial alcanza solo un 13% de vacas inseminadas (ABS Chile, 2015; Lamb *et al.*, 2010).

El uso de la IA se ve condicionado por varios factores, entre los cuales la detección de celo es uno de los que presenta mayor importancia. En el caso del sistema de crianza bovina, al realizarse de forma extensiva, se dificulta el manejo individual de los animales (Bó *et al.*, 2002). Considerando que la detección del celo se realiza principalmente de forma visual, la correcta interpretación de los signos y del momento del inicio del celo es de suma importancia (Sepúlveda y Rodero, 2003). Esta detección se ve dificultada especialmente en sistemas de producción extensivos. En base a esto, una alternativa para obtener un mayor número de animales inseminados, ha sido la utilización de protocolos de sincronización de celos que permitan prescindir de la detección de celo en el rebaño. La IATF permite aplicar la IA, sin la necesidad de detectar celo, esto debido a que se realiza una inducción de la ovulación permitiendo inseminar en un momento predeterminado (Baruselli y Bó, 2014). Estos protocolos también mejoran aspectos de manejo reproductivo del rebaño concentrando los partos y a su vez la lactancia en la época de mayor productividad de la pradera, acoplando la curva de crecimiento de la pradera con las necesidades de consumo de materia seca de los animales. Esto se puede lograr estableciendo un periodo de encaste breve (60 a 90 días) que determina a su vez un acortamiento en las temporadas de partos. Además de mejorar el manejo nutricional, este tipo de estrategias permite incrementar la uniformidad de los terneros obtenidos y mejorar su comercialización (Lamb *et al.*, 2010).

### **Inseminación artificial a tiempo fijo (IATF)**

Los protocolos de IATF en el ganado bovino se basan principalmente en controlar el desarrollo folicular, la permanencia del cuerpo lúteo (CL) y la inducción de la ovulación (Bó *et al.*, 2002). Un elemento fundamental para los protocolos de sincronización de celo son los dispositivos intravaginales para la liberación controlada de progesterona. Estos dispositivos permiten mantener niveles plasmáticos de esta hormona, imitando la etapa de diestro (Bó *et al.*, 2002). La administración de progesterona exógena logra inhibir la secreción de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) desde el hipotálamo y por

consiguiente, disminuyen la secreción pulsátil de LH y FSH, deteniendo la maduración de los folículos en crecimiento (Bó y Cutaia, 2005). Desde su creación, se han desarrollado distintos protocolos de IATF que utilizan dispositivos de progesterona durante periodos cortos de 7 a 8 días permitiendo una buena sincronización de los celos con tasas de preñez cercanas al 50% (Bó *et al.*, 2002; Menchaca *et al.*, 2013). El objetivo de la administración de progesterona para sincronizar el desarrollo folicular, es obtener un folículo en crecimiento y con capacidad de ovular un ovocito viable después de la remoción del implante de progesterona (Lamb *et al.*, 2010). Adicionalmente, se ha reportado que la aplicación de una dosis baja de benzoato de estradiol (BE) intramuscular, es capaz de actuar en conjunto con la progesterona endógena induciendo la luteinización del folículo en crecimiento, generando una nueva onda folicular aproximadamente 4 días después de aplicado el BE (Bó *et al.*, 2002). El momento indicado para aplicarlo, sería junto con la administración del implante de progesterona (día 0), considerando que el reinicio de la onda folicular ocurre aproximadamente 4 días después y que el implante es retirado al día 8, momento en el que se cuenta con un folículo ovulatorio de al menos 3 días (Bó y Cutaia, 2005). Adicionalmente, al momento del retiro del implante de progesterona, debido a que los progestágenos no tienen efecto en la sobrevivencia de CL, se hace necesario la utilización de un agente luteolítico para disminuir los niveles de progesterona endógenos (Ball y Peters, 2004). Se puede controlar la fase luteal mediante la administración de prostaglandina F<sub>2α</sub> (PGF) o sus análogos como el cloprostenol sódico (CS), por vía intramuscular, con el objetivo de inducir lisis del cuerpo lúteo (Lamb *et al.*, 2010).

En relación a la inducción de la ovulación, se ha demostrado que una segunda dosis de estradiol luego de retirado el dispositivo intravaginal, sincroniza la ovulación y aumenta el porcentaje de preñez (Bó *et al.*, 2002). Por su parte, la utilización de ECP o BE intramuscular a las 0 o 24 horas respectivamente de removido el dispositivo, no tiene diferencias en cuanto a la tasa de preñez o el tiempo de la ovulación (Colazo *et al.*, 2003). Esto se debe a que ECP es una sal de estradiol que posee una mayor vida media y por lo tanto actúa durante más tiempo generando una curva de concentración en sangre menos pronunciada (Menchaca *et al.*, 2013). Esta característica propia de ECP, permite adelantar el momento en que se administra este, pudiendo ser aplicado al retiro del dispositivo, permitiendo que transcurra el tiempo necesario para que el folículo ovulatorio alcance un

diámetro adecuado antes de que ocurra la ovulación (Menchaca *et al.*, 2013). La aplicación de una dosis intramuscular de ECP al momento de retiro del implante de progesterona permite reducir el número de manejos y movimiento de los animales obteniendo de igual forma la inducción de la ovulación (Uslenghi *et al.*, 2014; Colazo *et al.*, 2003). El intervalo de tiempo en que ocurre la ovulación, posterior a la aplicación de ECP varía entre 60 a 65 horas, mientras que el tiempo desde la aplicación de ECP hasta el peak de LH fluctúa entre 26 a 30 horas. Además, el tiempo entre el peak de LH y la ovulación en vacas tratadas con ECP corresponde a 28 a 36 horas (Stevenson *et al.*, 2004).

### **Gonadotropina coriónica equina (eCG)**

La eCG es una glicoproteína que se encuentra en la sangre de la yegua preñada desde la 7ª semana de gestación; encontrándose el peak de esta hormona entre los 70 a 80 días de gestación (Murphy, 2012). Tiene la particularidad de generar un efecto similar al de las hormonas FSH y LH en especies diferentes a los equinos (Murphy, 2012). La incorporación de eCG en el protocolo de sincronización, estimula el crecimiento final del folículo ovulatorio induciendo la formación de un cuerpo lúteo de mayor tamaño, que por lo tanto aumenta los niveles de progesterona en sangre e incrementa la sobrevivencia embrionaria y la tasa de preñez en vacas en anestro (Menchaca *et al.*, 2013).

Las vacas bajo estrés nutricional presentan disminución de los niveles plasmáticos de GnRH y por consecuencia una reducción en la frecuencia de pulsos de LH, lo que resulta en un folículo dominante de menor tamaño (Diskinet *et al.*, 2003). Esta es una de las mayores causas de aumento del intervalo parto preñez, causando pérdidas sustanciales en ganado bovino de carne (Murphy, 2012). El crecimiento del folículo preovulatorio y el diámetro del folículo ovulatorio, determinan la calidad del ovocito, la ovulación y la concentración de progesterona en etapa temprana del CL (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). La progesterona juega un rol importante en el establecimiento y mantención de la preñez. Una proporción importante de las pérdidas embrionarias tempranas, alrededor de los primeros 16 días de gestación, puede atribuirse a una insuficiente concentración de progesterona circulante (Lonergan, 2011). Se ha reportado que vacas tratadas con eCG tienen una mayor tasa de crecimiento y diámetro de folículo ovulatorio y desarrollan CL de mayor tamaño que

producen mayores concentraciones de progesterona durante las primeras 2 semanas luego de la IATF (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). Este mayor nivel de progesterona genera un ambiente más favorable para el reconocimiento materno y la mantención de la gestación (Menchaca *et al.*, 2013). Esto podría explicar el aumento en la tasa de preñez en vacas en anestro y con baja CC (3,5 en escala de 1-8), cuando eCG es suministrado al momento de retirar el dispositivo intravaginal (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). Sin embargo, este mismo tratamiento aplicado en vacas con CC adecuada (>2,75 en escala de 1-5) no genera efectos significativos y esto se puede deber a que no requieren de un estímulo adicional para el crecimiento folicular, a diferencia de vacas con menor condición corporal (Bó *et al.*, 2002).

Una alternativa para mejorar el desempeño reproductivo es la administración de eCG al momento de la extracción del dispositivo intravaginal de progesterona. Se ha demostrado que este manejo permite mejorar la ciclicidad y la tasa de preñez en vacas en anestro o con estrés nutricional (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). Además, el efecto de eCG al momento del retiro del implante de progesterona ha permitido aumentar la tasa de ovulación, el desarrollo de un CL más grande y un aumento de la concentración sérica de progesterona (Núñez-Olivera *et al.*, 2014).

### **Condición corporal (CC)**

La medición de la CC es una técnica utilizada para el monitoreo del estatus nutricional del ganado. La técnica de medición se desarrolló de forma simple, basado en el monitoreo de las reservas corporales de la vaca, las cuales pueden ser estimadas visualmente o mediante palpación de la grasa subcutánea, la que está dispuesta en partes del cuerpo específicas, como en procesos espinosos de la vértebra lumbares, huesos de la cadera, costillas y zona de inserción de la cola (Ball y Peters, 2004). Frecuentemente se reportan variaciones en la tasa de preñez en animales que ingresan a programas de IATF y esto puede estar relacionado con variaciones en la CC (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). Existe una relación positiva entre la CC, el peso corporal, el estatus nutricional y la fertilidad en el ganado bovino (Ball y Peters, 2004). Debido a la disponibilidad variable de forraje en sistemas basados en pastoreo, el ganado generalmente presenta problemas nutricionales que se traducen en un prolongado anestro posparto, generando pérdidas económicas para el sector

productivo de bovinos de carne. En vacas de cría adulta, toda pérdida o ganancia de peso se refleja en la CC, que tendrá influencia directa sobre la fertilidad (Short *et al.*, 1990). El bajo consumo de energía en las vacas pre y posparto aumenta la duración del periodo de anestro y en vaquillas se ha demostrado que resulta en un menor número de folículos ováricos, además de menores niveles de progesterona y tasas de concepción reducidas (Ball y Peters, 2004).

Desde la información obtenida procedente del programa de mejoramiento genético bovino de la Región Metropolitana de los años 2012-2013, se obtuvieron variaciones significativas en la tasa de preñez en asociación con la CC de la vaca al inicio del protocolo de IATF (García, 2015). La tasas de preñez total del año 2012 correspondió a un 63% y la correspondiente al año 2013 no superó el 48%. De los datos obtenidos se demostró que los factores que influyeron en la tasa de preñez correspondían a la edad de la vaca y la CC. Las vacas con CC entre 2,0 y 2,75 (de una escala de 1-5) presentaron una tasa de preñez de 42%, comparado con vacas con CC superior a 2,75; que presentaban una tasa de preñez de aproximadamente un 60%. Según el análisis de datos mediante regresión logística, se determinó que las vacas en condición corporal entre 3,0 y 4,0 al momento del inicio del protocolo, tenían 2,5 veces más de probabilidad de preñez (OR=3,52) en comparación con animales que ingresaron al protocolo en condición corporal en el rango de 2,00 a 2,75 puntos (OR=1). En base a esto se puede decir que la CC es un factor que influyó en la efectividad del programa de IATF.

## **HIPÓTESIS**

Factores asociados a la vaca como condición corporal, edad, número de parto y días postparto determinan en forma individual o combinada la eficiencia de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en un rebaño bovino de carne de baja condición corporal.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficiencia de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas de carne con baja condición corporal.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.** Determinar la tasa de preñez en vacas de carne con baja condición corporal inseminadas utilizando un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo.
- 2.** Identificar los factores que afectan la tasa de preñez en vacas de carne con baja condición corporal inseminadas utilizando un protocolo de IATF.
- 3.** Determinar el riesgo asociado a los factores que afectan significativamente la tasa de preñez en vacas de carne con baja condición corporal inseminadas utilizando un protocolo de IATF.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar del estudio**

El estudio se realizó en las localidades de La Manga y Corneche, ubicadas en la comuna de San Pedro y en la localidad de Los Guindos, ubicada en la comuna y Provincia de Melipilla. Esta zona corresponde a un secano costero con clima mediterráneo semiárido con precipitaciones que varían entre los 180 y 400 mm anuales (Ovalle y Squella, 1996). La pradera corresponde a especies naturales con una producción anual de 1,1 Ton/Ha/año aproximadamente (Rodríguez, 1991). El periodo de mayor disponibilidad de la pradera corresponde a los meses de agosto a octubre. Los meses de noviembre a abril corresponden al periodo del año sin precipitaciones (Rodríguez, 1991).

### **Animales**

Se utilizaron vacas de carne con estado sanitario adecuado, de raza Overo Negro, Overo Colorado, Hereford y Angus pertenecientes a 3 productores. De un total de 112 vacas sometidas a un programa de IATF se seleccionaron 53 vacas que poseían  $CC \leq 2,75$  puntos (escala de 1-5), más de 50 días postparto y edad entre 2 y 10 años. El manejo sanitario de las vacas es controlado por un médico veterinario principalmente mediante tratamientos profilácticos, dos veces al año contra parásitos y enfermedades infecciosas clostridiales.

### **Condición Corporal (CC)**

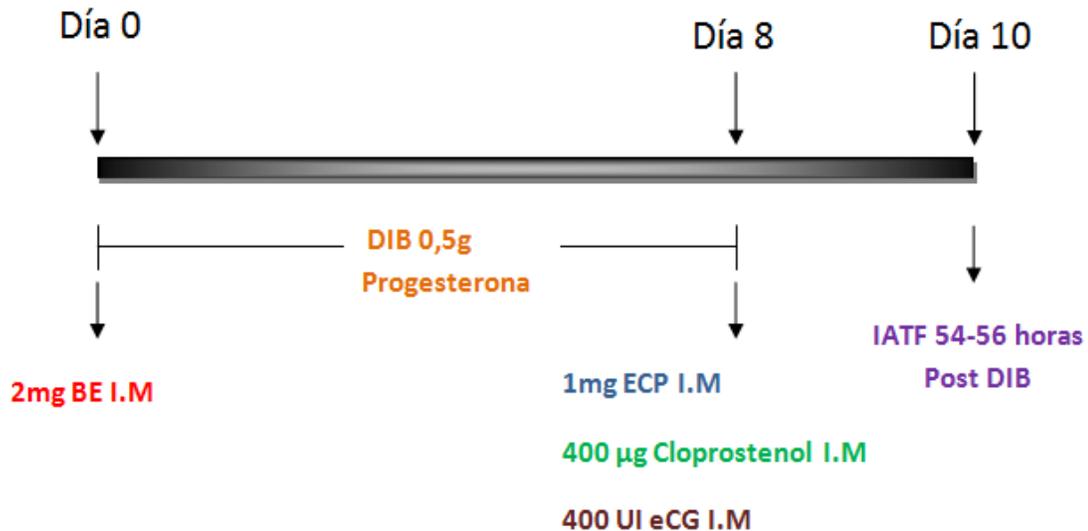
La CC de las vacas fue determinada mediante evaluación visual de las zonas delimitadas por la tuberosidad coxal, tuberosidad isquiática, base de la cola y apófisis transversas y espinosas de las zonas lumbar y torácica (Wildman *et al.*, 1982). Además, se evaluó la región del flanco para visualización de las costillas. La escala utilizada fue de 1-5 (donde 1: emaciada y 5: obesa) (Lowman *et al.*, 1976). Un animal con  $CC=1$ , posee un estado general emaciado, los procesos espinosos de las vértebras lumbares son filosos al tacto, los huesos de la cadera muy prominentes y la base de la cola muy marcada. Las costillas pueden palparse una a una y se distinguen claramente (Wildman *et al.*, 1982). En vacas con  $CC=2$ ,

los procesos espinosos y transversos de las vértebras lumbares son palpables, los huesos de la cadera un poco más redondos, las costillas aún son palpables individualmente. Las áreas anexas a la base de la cola son menos profundas. En general las eminencias óseas son menos prominentes, se considera un animal delgado, de apariencia saludable (Wildman *et al.*, 1982). En aquellos animales con CC=3, las eminencias óseas son menos perceptibles, la base de la cola es de apariencia redonda, las costillas aún pueden ser distinguidas de forma individual, sin embargo, se reconoce una capa de tejido graso leve sobre estas (Wildman *et al.*, 1982). Un animal ligeramente gordo, se considera en CC=4. Los procesos transversos de las vértebras lumbares no son palpables, los huesos de la cadera no son visibles, en la base de la cola hay áreas redondas a cada lado y las costillas son difícil de individualizar (Wildman *et al.*, 1982). En CC= 5, el animal se encuentra extremadamente gordo, con una marcha ondulante y con cierta dificultad. Las eminencias óseas no son visibles y están completamente cubiertas por grandes masas de tejido graso, las costillas no son palpables individualmente (Wildman *et al.*, 1982). En base a esta clasificación, se seleccionaron aquellas vacas que cuenten con  $CC \leq 2,75$  (escala 1-5) al momento del inicio del protocolo de IATF.

### **Protocolo de IATF**

Antes de iniciar el protocolo de IATF, se descartaron las vacas gestantes mediante examen de ultrasonografía transrectal utilizando un ecógrafo Esaote Piemedical modelo Tringa Linear, Holanda; con un transductor de 7 MHz. El protocolo de IATF (Figura 1) consistió en la administración el día 0 de una dosis intramuscular de 2 mL de BE (1mg/mL, Syntex, Buenos Aires, Argentina) a todas las vacas seleccionadas. Adicionalmente, se aplicó un dispositivo intravaginal bovino (DIB, Syntex, Buenos Aires, Argentina) de liberación controlada que contiene 0,5 g de progesterona. Posteriormente, el día 8 se administró una dosis i.m. de 0,5 mL de ECP (2mg/mL, Pfizer, Sao Paulo, Brasil) seguida por una dosis i.m. de 2 mL de CS (Ciclase DL 200  $\mu$ g/mL, Syntex, Buenos Aires, Argentina). Las vacas recibieron el día 8 una dosis de 2 mL de eCG (Novormon 200UI/ml, Syntex, Buenos Aires, Argentina). La IA se realizó entre 54 y 56 horas posteriores al retiro del DIB. Las vacas

permanecieron separadas del toro luego de la IA al menos 3 días para evitar que este las encaste inmediatamente.



**Figura 1.** Protocolo de sincronización de celo aplicado en vacas de carne con baja condición corporal ( $\leq 2,75$ ) pertenecientes a la AFC de la provincia de Mellipilla. BE: benzoato de estradiol, ECP: cipionato de estradiol, eCG: gonadotrofina coriónica equina, IATF: inseminación artificial a tiempo fijo.

### Diagnóstico de gestación

El diagnóstico de gestación se realizó 50 días posteriores a la IATF, mediante ultrasonografía transrectal según lo descrito anteriormente. El objetivo de realizar el diagnóstico de gestación a los 50 días post inseminación, fue para diferenciar aquellas vacas que quedaron gestantes producto de la IATF que tenían 50 días de gestación, de aquellas que fueron encastadas por el toro en su ciclo reproductivo siguiente a la sincronización y que poseían 29 días de gestación aproximadamente.

### Análisis de datos

Los registros de temporada, edad, NOP, CC y DPP fueron obtenidos desde la información proporcionada por los productores. Los datos fueron agrupados en dos intervalos por variable. Los datos fueron registrados en una planilla electrónica y posteriormente analizados utilizando el software estadístico InfoStat (Córdoba, Argentina). Los datos fueron analizados mediante regresión logística para predecir la probabilidad de ocurrencia de la variable dependiente gestación, considerando como variables independientes a temporada, CC, DPP, edad y NOP. Se determinó además la probabilidad de ocurrencia (OR) para cada variable. Además se realizó la prueba de Chi-cuadrado para establecer posibles diferencias entre tasa de preñez y las variables independientes. Se utilizó para todos los análisis estadísticos un valor de significancia de  $P < 0,05$ .

El modelo estadístico multivariado utilizado para el análisis de regresión logística fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \gamma_l + \eta_l + \varepsilon$$

Dónde:

Y=preñez.

$\mu$ = media poblacional

$\alpha_i$ = efecto de la i-ésima temporada

$\beta_j$  = efecto del j-ésimo intervalo de edad de la vaca

$\delta_k$  = efecto del k-ésimo intervalo de DPP

$\gamma_k$  = efecto del k-ésimo intervalo de NOP.

$\eta_l$  = efecto del l-ésimo intervalo de CC

$\varepsilon$  = error estadístico

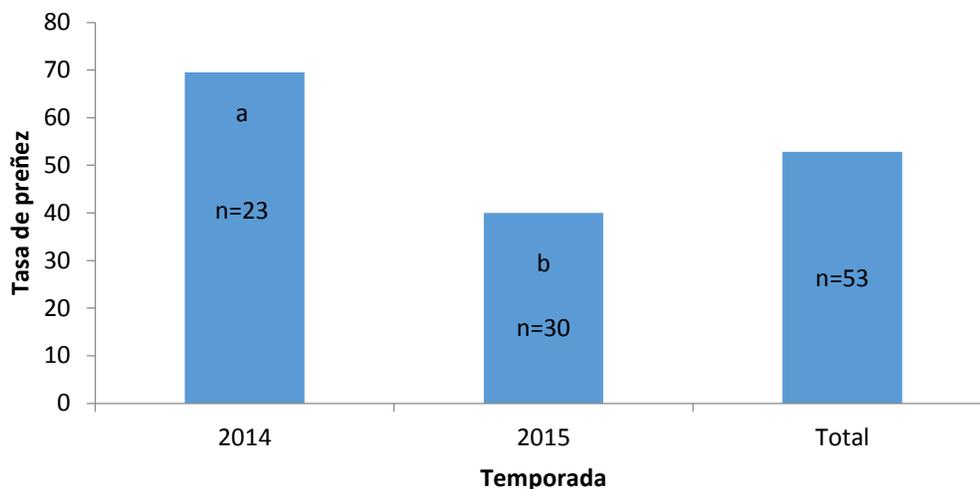
## RESULTADOS

En el presente estudio se evaluó la eficiencia de un protocolo de IATF con eCG aplicado en ganado bovino de carne con baja CC, perteneciente a la AFC de la Provincia de Melipilla. Al analizar la totalidad de los datos en estudio (n=53) durante las temporadas 2014 y 2015, se determinó que la tasa de preñez total para ambas temporadas fue de 53% (Figura 2). Considerando cada temporada, se determinó mediante análisis de regresión logística que la probabilidad de preñez para vacas inseminadas en la temporada 2014 (OR=1; TP=70%; n=23) fue mayor (P=0,04) comparado con las vacas inseminadas en la temporada 2015 (OR= 0,31; TP=40%; n=30) (Tabla 1; Figura 2). Así mismo, mediante análisis de Chi<sup>2</sup> se determinó una diferencia estadística entre las tasas de preñez de las temporadas 2014 y 2015 (P = 0,03).

**Tabla 1.** Análisis de regresión logística para tasa de preñez según variables en ganado bovino de carne con baja condición corporal incorporado a un protocolo de IATF.

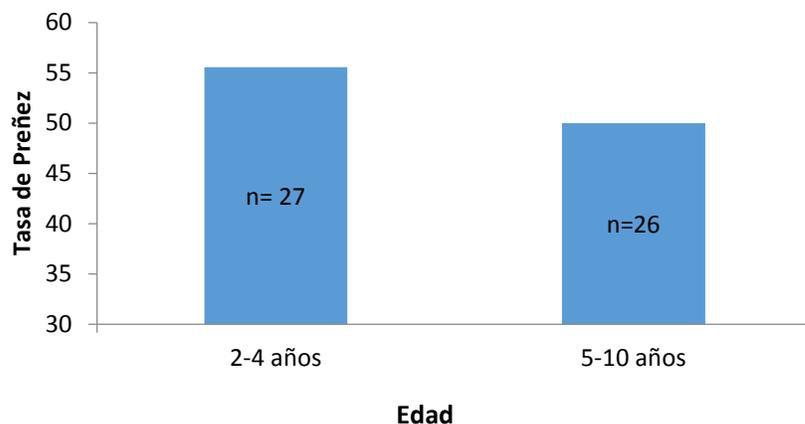
Parámetro	Variables	n	Tasa preñez	Odd ratio	IC (95%)	Valor de p
<b>Temporada</b>	2014	23	70%	1	-	-
	2015	30	40%	0,31	0,10-1,04	0,04
<b>Edad (Años)</b>	2-4	27	56%	1	-	-
	5-10	26	50%	0,63	0,12-22,89	0,72
<b>DPP (Días)</b>	50-70	18	61%	1	-	-
	80-360	35	49%	0,51	0,15-1,8	0,29
<b>NOP (Partos)</b>	1-2	28	57%	1	-	-
	3-8	25	48%	0,4	0,03-5,66	0,49
<b>CC</b>	≤ 2,5	38	47%	1	-	-
	>2,5	15	67%	1,51	0,35-5,97	0,55

IC: intervalo de confianza, DPP: Días postparto, NOP: Número ordinal de partos, CC: Condición corporal



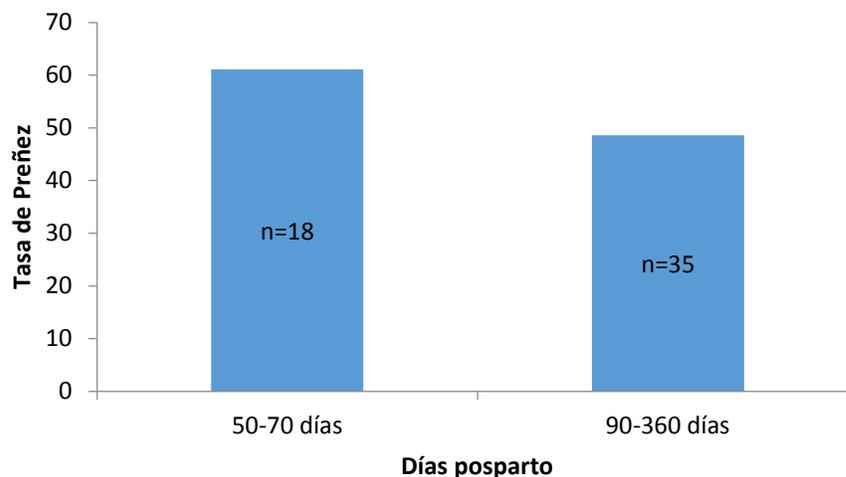
**Figura 2.** Tasa de preñez total y por temporada para vacas con baja CC incorporadas a protocolo de IATF. La tasa de preñez fue mayor ( $P < 0,05$ ) en la temporada 2014 (70%) comparado con la temporada 2015 (40%). (a,b) superíndices distintos indican  $P < 0,05$ .

El análisis por edad de los animales, permitió determinar que la probabilidad de preñez para vacas con edades entre 2 a 4 años ( $OR=1$ ;  $TP=56\%$ ;  $n = 27$ ) no fue distinta ( $P=0,72$ ) comparado con vacas con edades entre 5 a 10 años ( $OR=0,63$ ;  $TP=50\%$ ;  $n= 26$ ) (Tabla 1; Figura 3). Adicionalmente, no se determinaron diferencias entre intervalos de edades mediante análisis de  $\chi^2$  ( $P = 0,68$ ).



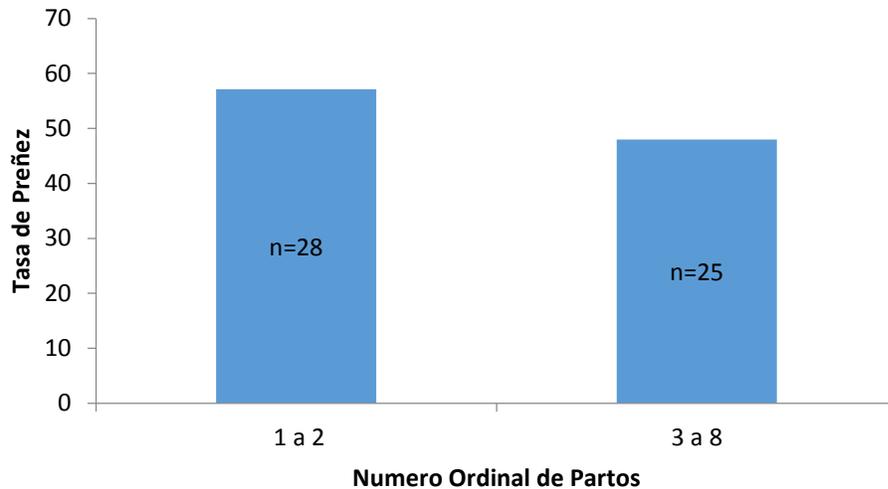
**Figura 3.** Tasa de preñez según intervalo de edad en vacas de carne con baja CC incorporadas a protocolo de IATF. No se determinaron diferencias significativas entre intervalos de edades.

Posteriormente se compararon las tasas de preñez según intervalos de DPP al momento de iniciar el protocolo de IATF. La probabilidad de preñez no fue distinta ( $P=0,29$ ) entre vacas que se encontraban entre 50 y 70 días post parto ( $OR=1$ ;  $TP=61\%$ ;  $n=18$ ) y vacas que se encontraban entre 90 y 360 días post parto ( $OR=0,51$ ;  $TP=49\%$ ;  $n=35$ ) (Tabla 1; Figura 4). Las TP para cada intervalo no fueron distintas al ser comparadas mediante análisis de  $\chi^2$  ( $P = 0,3$ ).



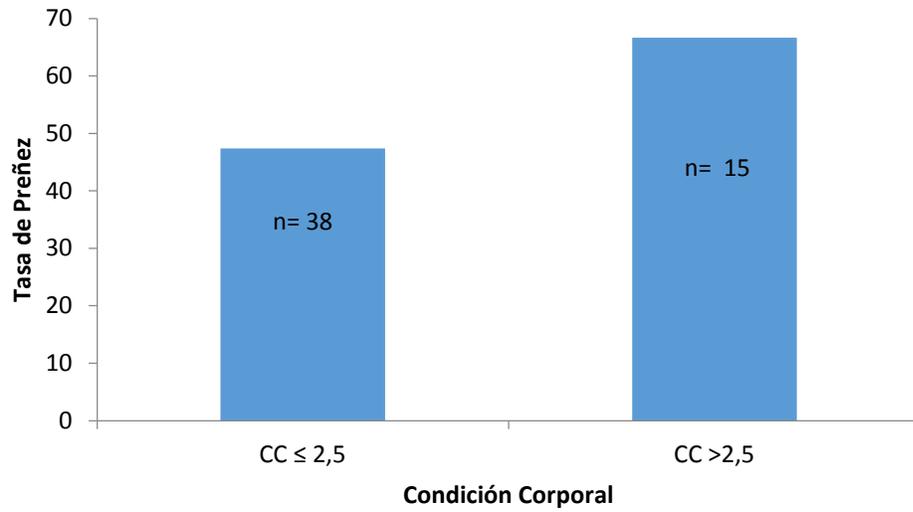
**Figura 4.** Tasa de preñez según intervalo de días postparto al inicio del protocolo de IATF en vacas de carne con baja CC. No se determinaron diferencias significativas entre intervalos de días postparto.

Las tasas de preñez también fueron comparadas entre grupos de animales según NOP (Figura 4). Se determinó que vacas entre 1 y 2 partos obtuvieron una probabilidad de preñez (OR=1; TP=57%; n= 18) similar (P=0,49) comparado con vacas entre 3 a 8 partos (OR=0,4; TP=48%; n=23) (Tabla 1; Figura 5). No se determinó diferencia entre TP para cada intervalo de días postparto mediante análisis de  $\chi^2$  (P = 0,5).



**Figura 5.** Tasa de preñez según intervalo de numero ordinal de parto en vacas de carne con baja condición corporal incorporadas a protocolo de IATF. No se determinaron diferencias significativas entre intervalos de número ordinal de parto.

Al analizar los resultados según CC de las vacas al inicio del protocolo de IATF, se determinó que la probabilidad de preñez de las vacas con  $CC \leq 2,5$  (OR=1; TP= 47%; n= 38) no fue distinta ( $P=0,55$ ) al grupo de vacas con CC 2,75 (OR=1,51; TP= 67%; n= 15) (Tabla 1; Figura 6). Así mismo, no se determinaron diferencias entre TP para intervalos de CC mediante análisis de  $\chi^2$  ( $P = 0,2$ ).



**Figura 6.** Tasa de preñez según CC en vacas de carne al inicio del protocolo de IATF. No se determinaron diferencias significativas entre intervalos de condición corporal.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluó la eficiencia de un protocolo de IATF aplicado en vacas de carne con baja CC (<2,75) perteneciente a la AFC de la provincia de Melipilla. La tasa de preñez total obtenida para las temporadas 2014 y 2015 fue de un 53%. Este valor coincide con resultados obtenidos en estudios previos que utilizaron protocolos de IATF en ganado bovino de carne manejado en sistemas pastoriles (Bó *et al*, 2002). La eficiencia de los protocolos de IATF está limitada por la variación en el inicio del protocolo en relación al día del ciclo estral de la vaca. Un inicio del protocolo temprano en el ciclo estral, entre el día 1 y 5 determina que no exista un folículo receptivo al efecto del cipionato de estradiol por lo que no se producirá la ovulación o luteinización folicular (Atkins *et al*, 2007). En cambio, un inicio del protocolo tardío, entre el día 15 y 21 resulta en una luteolisis temprana en respuesta a la liberación de prostaglandina endógena y no a la administración de prostaglandina exógena como parte del protocolo (Atkins *et al*, 2007). Este desfase permite que se produzca una ovulación temprana en relación a la inseminación, lo que reduce las posibilidades de preñez. Por lo tanto, en el último tiempo se ha reportado ampliamente que la eficiencia de protocolos de IATF se ve mejorada cuando se utilizan protocolos de presincronización que permiten aumentar el número de vacas que inician el protocolo de IATF entre el día 5 y 13 del ciclo (Atkins *et al*, 2007).

En el análisis por temporada se calcularon tasas de preñez de 70% y 40% para las temporadas 2014 y 2015, respectivamente. Diferencias propias de la ubicación geográfica como la pluviometría, disponibilidad de pradera, clima y diferencias propias de los animales pueden afectar el éxito de un protocolo de IATF (Lamb *et al*, 2010). En la provincia de Melipilla, los pequeños y medianos productores cuentan con baja disponibilidad de agua, tanto para consumo animal como para realizar riego de la pradera (Agraria, 2015). Para la temporada 2014, las precipitaciones acumuladas en el año fueron de 305,2 mm concentrándose principalmente entre los meses de Mayo a Septiembre, mientras que para el año 2015 las precipitaciones acumuladas fueron de 282 mm, concentradas en los meses de Agosto a Octubre (Red Agroclimática Nacional, 2014 y 2015). Esta información se puede asociar a un mejor resultado en la eficiencia reproductiva

del rebaño para la temporada reproductiva 2014, como consecuencia de mayores precipitaciones y por lo tanto de una mayor producción de forraje y consumo de materia seca del rebaño. Adicionalmente, una buena distribución de las precipitaciones es determinante para la productividad de la pradera y el aumento en la disponibilidad de MS para pastoreo permitiendo una mejor nutrición en el último tercio de gestación y en el período post parto. Esta mejor nutrición permite que las vacas lleguen con mejor estatus nutricional al inicio del protocolo de IATF. En comparación, una baja disponibilidad de MS en la pradera afecta negativamente la nutrición de los animales, especialmente antes y después del parto, lo cual representa un factor determinante de la fertilidad para la temporada siguiente (Diskin y Kenny, 2014). Esto queda representado en la proporción de vacas para la temporada 2014 con  $CC < 2,75$ , la cual fue de un 56% (13/23) en comparación con la temporada 2015, donde el 83% (25/30) de las vacas se encontraban en  $CC < 2,75$ . Existe evidencia de una relación negativa entre la CC de la vaca y la duración del intervalo parto preñez (Bischof *et al.* 1994). En un grupo de vacas con  $CC \geq 5$  puntos (escala de 1-9, donde 1: emaciada y 9: obesa) con destete realizado al día 35 postparto, el 100% logró ovular al día 60 post parto, en comparación, en el grupo de vacas con  $CC < 5$  puntos, solo el 40% ovularon en el mismo periodo (Bischof *et al.* 1994).

En los resultados obtenidos en temporadas anteriores a este estudio (2012 y 2013), se reportó que la tasa de preñez para vacas con CC entre 2 y 2,75 fue de un 42% (García, 2015). En comparación, para las temporadas 2014 y 2015 en vacas con CC entre 2 y 2,75 se obtuvo una tasa de preñez de un 53%. A pesar del sesgo que representa hacer una comparación de la variable temporada, la cual puede ser influenciada por muchos factores, se puede considerar que en el presente estudio se aplicó un protocolo de IATF distinto que contaba con la suplementación de eCG. La incorporación de eCG al protocolo de IATF se basó en los reportes que existen en cuanto a su efecto en el aumento de la tasa de preñez en vacas con baja CC (Bartolomé, 2009). La utilización de eCG en protocolos de IATF es utilizada frecuentemente en vacas en anestro post parto por bajo estatus nutricional o en vacas con ternero al pie o en combinación de ambos factores (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). En especies diferentes a equinos, la eCG cuenta con una alta afinidad por los receptores FSH y LH y por lo tanto ejerce actividad similar al de estas hormonas (De Rensis y Lopez-

Gatius, 2014). La utilización de eCG en protocolos de IATF permite aumentar los niveles de progesterona (Núñez-Olivera *et al.*, 2014), esto podría estar relacionado con la estimulación de eCG sobre las células de la teca y células de la granulosa del folículo pre ovulatorio, logrando la ovulación de un folículo de mayor tamaño, dando lugar a un cuerpo lúteo de mayor diámetro (Thatcher *et al.*, 2001). La mayor parte de las pérdidas embrionarias ocurre dentro de los primeros 16 días, entre la fertilización y el reconocimiento materno (Lonergan y Forde, 2015). La progesterona secretada por el CL, es crítica para el establecimiento y mantención de la preñez. La administración de eCG al momento del retiro del DIB induce un aumento en el tamaño folicular que posteriormente se traduce en un aumento en el diámetro del CL y en la producción de progesterona (De Rensis y Lopez-Gatius, 2014). Esto podría estar relacionado directamente con el aumento de la tasa de preñez que produce la incorporación de eCG en protocolos de IATF (Núñez-Olivera *et al.*, 2014). En el presente estudio, la incorporación de eCG al momento del retiro del DIB en vacas de carne de  $CC \leq 2,75$  se tradujo en una tasa de preñez de un 53%, lo cual ha sido reportado para vacas de  $CC > 2,75$ . A pesar de que no existió un grupo control que permitiera evaluar específicamente el efecto de eCG, es posible sugerir que la administración de eCG en protocolos de IATF en vacas con baja CC puede ayudar a obtener tasas de preñez similares a las de vacas de adecuada CC.

La falta de significancia estadística entre los intervalos de NOP, edad y CC puede deberse al reducido tamaño muestral utilizado en los grupos de animales. El reducido número de animales está asociado a la condición de los pequeños productores quienes debido a la baja disponibilidad de recurso mantienen rebaños pequeños. Por otra parte, las vacas seleccionadas en el presente estudio tenían entre 1 a 8 partos y se encontraban entre 2 a 10 años, rangos en los cuales podría no existir una gran diferencia en cuanto a su fertilidad. Se reporta que dependiendo de la raza, la vaca de carne comienza a presentar una disminución en su fertilidad desde los 7 años de edad (Osoro y Wright, 1992). Por otra parte, a pesar de existir una gran dispersión de los datos para la variable DPP, los cuales se encontraban entre 50 y 360 DPP, solo se utilizaron tres vacas con 360 DPP y el 77% de las vacas se encontraban en un intervalo de 50-90 DPP lo cual significa que estos tuvieron una baja dispersión.

## **CONCLUSIONES**

La tasa de preñez total obtenida por el protocolo de IATF utilizado en el presente estudio en vacas de carne de baja CC es similar a los valores obtenidos en estudios anteriores utilizando vacas de mayor CC. La eficiencia del protocolo fue afectada por la temporada de encaste, lo que podría estar relacionado con diferencias climáticas principalmente asociadas a la pluviometría, disponibilidad de pradera y consumo de MS. Sin embargo, es posible que existan otros factores de manejo que puedan generar variación según la temporada de encaste y que no hayan sido considerados en el presente estudio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ABS CHILE.**2015.Inseminación artificial en bovinos de carne. PAEZ, S. (Comunicación personal). [Fecha consulta: 30 Junio 2015]. Santiago, Chile.

**AGRARIA.** 2015. Diagnóstico Planes Marco de Desarrollo Territorial (PMDT) Territorio 1Subterritorio 3 Melipilla. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. Santiago, Chile. [En Línea] <https://www.gobiernosantiago.cl/wp-content/uploads/2015/12/Informe-Final-Subterritorio-3-Melipilla.pdf> [Consulta: 20-12-2016]

**ATKINS, J.; BUSCH, D.; BADER, F.; KEISLER, H.; PATTERSON, J.; LUCY, C.; SMITH, M.** 2007. Gonadotropin-releasing hormone-induced ovulation and luteinizing hormone release in beef heifers: Effect of day of the cycle. *J. Anim. Sci.* 86: 83-93

**BALL, P.; PETERS, A.** 2004. The Postpartum Period. **En:** *Reproduction in Cattle*. 3th ed. Blackwell Publishing. Oxford, UK. Pp. 79-91

**BARTOLOME, J.** 2009. Mortalidad embrionaria y fetal temprana de origen no infeccioso. **En:** VIII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina. 10-11-12 julio 2009. IRAC, CD Ponencias. 10p

**BARUSELLI, P; BÓ, G.** 2014.Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal* 8: 144–150.

**BERTOLINI, M; BERTOLINI, L.** 2009. Advances in reproductive technologies in cattle: from artificial insemination to cloning. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 56:184-194.

**BISHOP, D.; WETTWMANN, R.; SPICE, L.** 1994. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *J. Anim. Sci.* 72:2703-2708

**BÓ, G; CUTAIA, L.** 2005. Estado del arte en IATF: Factores que afectan sus resultados. Córdoba, Argentina. Instituto de Reproducción animal de Córdoba (IRAC). 18p.

**BÓ, G.; CUTAIA, L.; TRÍBULO, R.** 2002. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: Algunas experiencias realizadas en Argentina: Primera parte. *Taurus* 4: 10-32.

**CAVALIERI, J.; HEPWORTH, G.; FITZPATRICK, L.; SHEPHARD, R.; MACMILLAN, K.** 2006. Manipulation and control of the estrous cycle in pasture-based dairy cows. *Theriogenology* 65: 45–64.

**COLAZO, M.; KASTELIC, P.; MAPLETOFT, R.** 2003. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. *Theriogenology*. 60: 855–865.

**DE RENSIS, F.; LOPÉZ-GATIUS, F.** 2014. Use of Equine Chorionic Gonadotropin to Control Reproduction of the Dairy Cow: A Review. *Reprod. Dom. Anim.* 49: 177–182.

**DISKIN, M.; KENNY, D.** 2014. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal*. 8: 27–39.

**DISKIN, M.; KENNY, D.** 2016. Managing the reproductive performance of beef cows. *Theriogenology*. 86: 379-387

**DISKIN, M.; MACKAY, D.; ROCHE, J.; SREENAN, J.** 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Anim. Reprod. Sci.*78: 345–370.

**EDWARDS, S.; BO, G.; CHANDRA, K.; ATKINSON, P.; MCGOWAN, M.** 2015. Comparison of the pregnancy rates and costs per calf born after fixed-time artificial insemination or artificial insemination after estrus detection in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology*. 83: 114–120

**GARCIA, A.** 2015. Implementación de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo para ganado bovino de carne perteneciente a la agricultura familiar campesina de la Provincia de Melipilla. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 34p.

**INE.** 2007. VII censo agropecuario y forestal. Instituto Nacional de Estadísticas. Santiago, Chile. [En Línea] <http://www.censoagropecuario.cl/noticias/09/07042009.html> [Consulta 10-05-2015]

**LAMB, G; DAHLEN, C; LARSON, J; MARQUEZINI, G; STEVENSON, J.** 2010. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 88:181-192.

**LONERGAN, P.** 2011. Influence of progesterone on oocyte quality and embryo development in cows. *Theriogenology* 76: 1594–1601.

**LOWMAN, B.; SCOTT, N.; SOMMERVILLE, S.** 1976. Condition scoring of cattle. *East Scotland Coll. Agric., Bull.* 31p

**MENCHACA, A., NÚÑEZ-OLIVERA, R., WIJMA, R., GARCÍA-PINTOS, C., FABINI, F., DECASTRO, T.,** 2013. Como mejorar la fertilidad de los tratamientos de Laten vacas *Bos taurus*. 10º Simposio, Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina: 103–133.

**MANN, G.; LAMMING, G.** 2001. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. *Reproduction.* 121:175–180.

**MURPHY, B.** 2012. Equine chorionic gonadotropin: an enigmatic but essential tool. *Anim. Reprod.* 9: 223–230.

**NÚÑEZ-OLIVERA, R; DE CASTRO, T; GARCÍA-PINTOS, C; BÓ, G; PIAGGIO, J; MENCHACA, A.** 2014. Ovulatory response and luteal function after eCG administration at the end of a progesterone and estradiol based treatment in postpartum anestrous beef cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 146: 111–116.

**OVALLE, C.; SQUELLA, F.** 1996. Terrenos de pastoreo con pastizales anuales en el área de influencia climática mediterránea **En:** Ruiz, I. Ed. 2.Praderas para Chile. INIA. Santiago, Chile. Pp. 429-466.

**RICHARDS, M.; WETTEMANN, R...; SCHOENEMANN, H.**1989. Nutritional anoestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinising hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67: 1520–1526.

**RODRIGUEZ, D.** 1991. Praderas del secano. **En:** Estación experimental Hidango. Día de campo. Producción animal en el secano. INIA. Santiago. Chile. Pp. 22-29.

**RED AGROCLIMATICA NACIONAL.** 2014. Informe estadístico estación meteorológica automática Chocalan periodo 2014. Región Metropolitana. [En Línea] [http://www.agromet.cl/?reg\\_c\\_codigo=RM&q=mapa&protocol=google](http://www.agromet.cl/?reg_c_codigo=RM&q=mapa&protocol=google). [Consulta: 15-12-2016].

**RED AGROCLIMATICA NACIONAL.** 2015. Informe estadístico estación meteorológica automática Chocalan periodo 2015. Región Metropolitana. [En Línea] [http://www.agromet.cl/?reg\\_c\\_codigo=RM&q=mapa&protocol=google](http://www.agromet.cl/?reg_c_codigo=RM&q=mapa&protocol=google). [Consulta: 15-12-2016]

**SEPÚLVEDA, N.; RODERO, E.** 2003. Comportamiento sexual durante el estro en vacas lecheras. *Interciencia.* 28 (9): 500-503.

**SHORT,R.; BELLOWS, R.; STAIGMILLER, R.; BERARDINELLI, J.;CUSTER, E.** 1990.Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816.

**STEVENSON, J; TIFFANY, S; LUCY, M.** 2004. Use of Estradiol Cypionate as a substitute for GnRH in protocols for synchronizing ovulation in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 87: 3298 - 3305

**USLENGHI, G; GONZÁLEZ, S; CABODEVILA, J; CALLEJAS, S.** 2014. Effect of estradiol cypionate and amount of progesterone in the intravaginal device on synchronization of estrus, ovulation and on pregnancy rate in beef cows treated with FTAI based protocols. *Anim. Reprod. Sci.* 145: 1-7.

**WILDMAN, E.; JONES, G.; WAGNER, P.; BOMAN, R.** 1982. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J. Dairy Sci.* 65:495-501.