



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 APLICADO AL
GANADO BOVINO DE CARNE PERTENECIENTE A LA
AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA DE LA PROVINCIA DE
MELIPILLA.**

AGUSTÍN TORIBIO GARCÍA MELÍN

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

PROFESOR GUÍA: OSCAR PERALTA TROCOSO
Universidad de Chile

SANTIAGO, CHILE
2015



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 APLICADO AL
GANADO BOVINO DE CARNE PERTENECIENTE A LA
AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA DE LA PROVINCIA DE
MELIPILLA.**

AGUSTÍN TORIBIO GARCÍA MELÍN

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

NOTA FINAL:

FIRMA

Profesor Guía	: Oscar Peralta Troncoso
Profesor Consejero	: Mario Duchens Arancibia
Profesor Consejero	: Richard Arancibia Berrios

SANTIAGO, CHILE
2015

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Luís e Ignacia, quienes me dieron las herramientas y los recursos para luchar por mis objetivos. Ambos son el ejemplo y la fuente inagotable de sacrificio y valores que me han forjado como persona.

A mis hermanos Fernando e Isabel, quienes me acompañaron y apoyaron en los momentos álgidos de mi formación profesional.

A Karol Krasniansky, quien únicamente a través de su compañía constante e incondicional se transformó en mi principal inspiración y motor, otorgándome la vitalidad necesaria para sobreponerme a cualquier dificultad y conseguir cualquier objetivo.

A Consuelo Schwerter, quien es el complemento espiritual perfecto y pilar de mi fortaleza. Omnipresente donde quiera que me encuentre.

Al cada uno de los integrantes del Departamento de Fomento de Producción Animal de la Universidad de Chile, por sus consejos, disposición y dedicación a la formación de profesionales integrales.

RESUMEN

El Programa de Mejoramiento Genético del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) busca mejorar la productividad, incrementar la masa ganadera y favorecer la inserción en la cadena comercializadora de los productores de la agricultura familiar campesina (AFC). El objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia reproductiva de un protocolo de inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) aplicado al rebaño bovino de carne perteneciente a la AFC de la provincia de Melipilla. El protocolo de sincronización de celo consistió en la administración i.m. de 2 mg de benzoato de estradiol más la aplicación de un dispositivo intravaginal bovino (DIB) de 0,5 gr de progesterona (día 0). Posteriormente, se retiró el DIB y se administró vía i.m. 1 mg de cipionato de estradiol y 500 µg de cloprostenol sódico (día 8). La IATF se realizó 52 a 56 horas después de retirado el DIB. El diagnóstico de gestación fue realizado por ultrasonografía transrectal a los 50 días después de la IA. El porcentaje de preñez promedio obtenido con el protocolo fue de un 54%. Vacas en condición corporal (CC) > 3 (escala 1 a 5) al inicio del protocolo tuvieron mayor probabilidad de preñez (OR=3,52) que animales en CC < 2,75 (p=0,01). Por otra parte, vacas > 6 años de edad mostraron tener mayor probabilidad de preñez (OR=2,49) que vacas < 4 años de edad (p=0,04). En conclusión, la selección de animales maduros en CC > 3 permitiría aumentar la tasa de preñez del protocolo de IATF en la AFC de Melipilla.

ABSTRACT

The Genetic Improvement Program of the Agricultural Development Institute aims to improve productivity, increase cattle population and insert small beef producers in the livestock market. In this context, the objective of the present study was to evaluate the reproductive efficiency of a fixed-time artificial insemination (FTAI) protocol applied to a beef herd of small producers of the Province of Melipilla. The FTAI-protocol consisted in the i.m. injection of 2 mg of estradiol benzoate and the application of an Intravaginal Bovine Device (DIB, 0.5 gr of progesterone) at day 0. At day 8 the DIB was removed and i.m. injections of 1 mg of estradiol cypionate and 500 µg of sodium cloprostenol were administered. FTAI was performed 52 to 56 hours after DIB removal. Pregnancy diagnosis was performed by trans-rectal ultrasonography at day 50 after FTAI. The overall pregnancy rate for the FTAI-protocol was 54%. Cows with body condition score (BCS) > 3 (scale 1 to 5) at the beginning of the FTAI-protocol had higher probability of pregnancy (OR=3.52) compared to cows with BCS < 2.75 (p=0.01). Moreover, cows > 6 years had higher probability of pregnancy (OR=2.49) compared to cows < 4 years old (p=0.04). In conclusion, inclusion of mature cows in BCS > 3 at the beginning of the FTAI-protocol may increase the probability of pregnancy in beef herds owned by small producers of the Province of Melipilla, Chile.

INTRODUCCIÓN

Según la definición más extendida en la literatura, se entiende por Agricultura Familiar Campesina (AFC) como aquellos productores del sector silvoagropecuario que dependen principalmente de las utilidades generadas por sus propios sistemas productivos para subsistir, que explotan una superficie no superior a las 12 hectáreas de riego básico y sus activos no superan las 3500 unidades de fomento (Ley N° 18910, 1990; FAO, 2009). Según datos del censo agropecuario y forestal del año 2007, la AFC posee el 90 a 95% del total de las explotaciones silvoagropecuarias del país. Este sector incluye un 44% de la superficie útil y genera el 61% del empleo en el rubro agropecuario. En cuanto a las existencias bovinas, la AFC posee un 54% de los animales a nivel nacional. Sin embargo, a pesar de su amplia extensión el aporte de la AFC alcanza solo un 22% del valor bruto producido (VBP) por el sector, mientras que las medianas y grandes empresas aportan un 38% y 40% respectivamente (Namdar-Irani *et al.*, 2009). En consecuencia, la baja eficiencia productiva se establece como la principal limitante para el desarrollo de la AFC.

La baja productividad de la AFC está determinada por una serie de factores interrelacionados. Estas explotaciones generalmente corresponden a sistemas extensivos pequeños, con escasos recursos económicos y a la vez difícil acceso a capitales públicos o privados. El nivel de educación, las tecnologías utilizadas y los recursos laborales que poseen los productores de la AFC son escasos y constituyen limitantes importantes que influyen significativamente en la adopción y aplicación de nuevas metodologías de trabajo. La mayoría de los productores no realizan manejos que permitan mejorar la eficiencia del sistema y en muchos casos, se establecen como un modelo de subsistencia más que como un modelo de negocio (INE e INDAP, 2008; Ideaconultora, 2011).

En la Región Metropolitana la masa de bovinos alcanza 108.366 cabezas, distribuidas principalmente en la Provincia de Melipilla (INE e INDAP, 2008). La composición de razas del ganado incluye mayoritariamente Overo Colorado, Overo Negro, Hereford y sus cruza. La AFC de esta zona centraliza sus esfuerzos en la etapa de crianza de los bovinos hasta aproximadamente los 250 kg para su posterior venta en feria ganadera o intermediarios (Fundación Chile, 2006). Estos sistemas productivos se ubican principalmente en el secano interior de la región y dependen estrictamente de la producción

de fito masa proveniente de la pradera natural. En esta zona las precipitaciones anuales oscilan entre 180 y 400 mm anuales y la pradera entrega una producción de entre 1,1 y 2,2 toneladas de materia seca por hectárea al año (Aubert, 2005). Durante los periodos de escasez los productores utilizan heno de pradera natural y cultivos de avena y trigo. Sin embargo, el escaso acceso a riego determina que el nivel de producción de alimentos sea una limitante importante que compromete la factibilidad de realizar recría y engorda de los bovinos.

Mejorar la eficiencia productiva, reproductiva y especializar la genética del rebaño son parte de las estrategias que permitirían aumentar la productividad de la ganadería perteneciente a la AFC. Como metas productivas para la producción ganadera nacional, se ha recomendado en el caso de los sistemas de crianza, establecer un sistema productivo basado en la curva de producción de la pradera, con un periodo de encaste breve de aproximadamente 63 días, un intervalo de partos de 365 días y una tasa de preñez al final del encaste de un 95% (Fundación Chile, 2006). Sin embargo, debido a las características de los sistemas productivos de la provincia de Melipilla, es una meta difícil de alcanzar. Se espera que al menos sobre el 65% de las vacas queden preñadas dentro de los primeros 21 días de la temporada de encaste, aún así, se establece como aceptable un porcentaje de preñez entre 55-60% dentro de los primeros 21 días de la temporada de encaste (Chenoweth y Sanderson, 2001).

Actualmente los productores de la AFC utilizan monta natural y poseen temporadas reproductivas variables en amplitud de tiempo, encontrándose temporadas de encaste desde 3 meses hasta 6 meses de duración. Si bien el cálculo de la eficiencia reproductiva puede ser variable para cada productor, el hecho de no restringir aún más la temporada de encaste no permite acoplar las necesidades de los animales correctamente con los beneficios de la curva de crecimiento de la pradera, lo que conlleva una merma tanto productiva como reproductiva.

El establecimiento de un periodo de encaste breve posee una serie de ventajas, entre las que se encuentran el aumento de la eficiencia en el uso de la pradera, la producción de terneros uniformes en peso al destete y la concentración de manejos de parto y sanitarios del rebaño. En este sentido, la utilización de protocolos de sincronización de celo e inseminación

artificial permiten optimizar el manejo del periodo de encaste, utilizar toros genéticamente superiores, simplificar la labor de detección de celo o prescindir de ella con el uso de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF) y de esta manera entregar más oportunidades de preñez a los vientres (Deutscher, 1999).

Protocolos de sincronización de celos con uso de IATF

Actualmente se han establecido tres requisitos básicos para la utilización de protocolos de sincronización de celo en vacas de carne: 1) requerir un máximo de tres manejos con los animales, 2) prescindir de la detección de celo mediante la utilización de la IATF y 3) alcanzar altas tasas de preñez tanto en vacas en anestro y peri-púberes como en vacas cíclicas en cualquier etapa del ciclo estral (Lamb *et al.*, 2010). Este tipo de protocolos han sido desarrollados en su gran mayoría para ser utilizados por sistemas productivos a gran escala, sin embargo, también pueden adecuarse a los sistemas productivos de la AFC transformándose en una herramienta útil y sustentable para aumentar su productividad. A pesar de esto, en la actualidad no existen reportes de estudios científicos que evalúen la eficiencia de protocolos de IATF en la AFC dedicada a la ganadería de carne en Chile.

Estudios realizados en otros países en vacas de carne, han mostrado que los protocolos de IATF desarrollados en el último tiempo presentan gran variabilidad en sus resultados, entregando por lo general porcentajes de preñez de alrededor de un 50% (Bó *et al.*, 2002a; Díaz y Galindo, 2010; Echternkamp y Thallman, 2011; Nash *et al.*, 2012; Uslenghi *et al.*, 2014; Bó y Baruselli, 2014).

Los protocolos de sincronización de celos actuales se basan principalmente en el control hormonal del desarrollo folicular, la ovulación y el cuerpo lúteo (CL) (Bó *et al.*, 2002a). Para ello, inicialmente es necesario producir una atresia de los folículos en crecimiento para prevenir la aparición de folículos persistentes que disminuyen la fertilidad y lograr una sincronía en el surgimiento y desarrollo de una nueva onda de crecimiento folicular entre las vacas. De esta forma, al momento de inducir la ovulación todos los animales tratados presentan folículos de similares características en cuanto a tamaño y funcionalidad. Esto se puede lograr mediante la inyección de hormonas que induzcan la ovulación o luteinización de los folículos en crecimiento. Como consecuencia, en el ovario surgirá una nueva onda de crecimiento folicular en los 4 a 5 días posteriores aproximadamente (Ui-Hyung *et al.*,

2005). Actualmente, en países donde se encuentra prohibido el uso de estrógenos en animales de abasto se utiliza la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) exógena para sincronizar el desarrollo folicular. Esta hormona actúa en un tiempo más corto que los productos derivados del estrógeno debido a que tiene una acción directa sobre la hipófisis. La inyección de GnRH produce un peak de hormona luteinizante (LH) desde la hipófisis que luteinizará el tejido folicular (Ui-Hyung *et al.*, 2005). En países donde está permitido el uso de estrógenos se puede utilizar el cipionato de estradiol (CE) o benzoato de estradiol (BE) para producir la atresia de los folículos en crecimiento y sincronizar el desarrollo de una nueva onda de crecimiento folicular (Lamb *et al.*, 2010). El estrógeno provoca un aumento en la pulsatilidad de secreción de GnRH que a su vez aumenta la secreción de LH desde la hipófisis, generando un peak que luteiniza el tejido folicular (Ball y Peters, 2004). Es importante que las vacas presenten un folículo de adecuado desarrollo al momento de inducir la ovulación, puesto que éste se encuentra estrechamente relacionado con la calidad del cuerpo lúteo (Vasconcelos *et al.*, 2001; Lamb *et al.*, 2010). Un elevado nivel de progesterona luteal en el periodo post-fecundación se relaciona con un elevado nivel de interferón-T por parte del embrión, lo que se asocia con una mejoría en la tasa de concepción y, por consiguiente, la tasa de preñez alcanzada (Beltman *et al.*, 2009).

Además de sincronizar el crecimiento y desarrollo folicular es importante simular la fase luteal en las vacas incorporadas al protocolo de IATF. Esto se realiza con el objetivo de mantener niveles de progesterona que permitan el crecimiento de los folículos pero que a la vez impidan que se desencadene la ovulación prematuramente. La progesterona produce la detención de la maduración de los folículos en crecimiento mediante la supresión de la liberación de gonadotrofinas desde la hipófisis (Ball y Peters, 2004). Existen diversas alternativas para aumentar los niveles plasmáticos de progesterona, entre los que se encuentran la incorporación de dispositivos intravaginales de liberación controlada, implantes subcutáneos y progestágenos orales. Debido a su facilidad en la implementación, los dispositivos intravaginales de progesterona son los más utilizados para aumentar los niveles de progesterona en protocolos de sincronización. En ganado de carne se ha demostrado que el uso de dispositivos intravaginales con 0,5 gr de progesterona permite mantener niveles de progesterona plasmática similares a los alcanzados con dispositivos de

1 gr de progesterona (Deutscher, 1999; Bó *et al.*, 2002b; Callejas *et al.*, 2009; Lamb *et al.*, 2010).

La ovulación ocurre 2 a 4 días luego de que los niveles de progesterona han caído debido a la lisis del cuerpo lúteo o al retiro de la fuente exógena de progestágenos (Bó *et al.*, 2002b). El descenso de los niveles plasmáticos de progesterona resulta en una disminución del efecto inhibitorio sobre la liberación de GnRH, lo cual permite el aumento en su pulsatilidad y el desencadenamiento de un peak de LH causante de la ovulación (Clarke y Cummins, 1982). Por lo tanto, el uso de progestágenos exógenos para simular la fase luteal del ciclo estral, permite sincronizar la ovulación de un grupo de vacas (Ball y Peters, 2004). Inicialmente se desarrollaron protocolos que consistían en mantener en el animal una fuente exógena de progestágenos el tiempo equivalente a la duración del cuerpo lúteo natural (16 días) (Ball y Peters, 2004). Este tipo de protocolos se basaban en la espera de la lisis natural del cuerpo lúteo por lo que luego de transcurridos 16 días, se garantiza que todos los animales se encontrarán en fase luteal sin importar en que etapa del ciclo haya comenzado el tratamiento. Sin embargo, debido a la prolongada exposición a progestágenos, la calidad de los ovocitos disminuye y se genera un ambiente uterino desfavorable para la fecundación, afectando los porcentajes de preñez (Roche, 1974; Ball y Peters, 2004). Para sortear esta limitante, hoy en día se recomiendan protocolos con progestágenos de corta duración que van desde 7 a 10 días de aplicación (Ball y Peters, 2004; Lamb *et al.*, 2010). Este tipo de protocolos, evita la ovulación de un ovocito de baja calidad y la formación de un ambiente uterino desfavorable, lo que se traduce en la obtención de mejores porcentajes de preñez (Ball y Peters, 2004).

Debido a que los progestágenos no tienen efecto en la sobrevivencia del cuerpo lúteo, se hace necesaria la inyección de un agente luteolítico al momento de la remoción del dispositivo intravaginal para disminuir los niveles de progesterona endógena en los animales sincronizados (Ball y Peters, 2004). Para tal propósito, el uso de prostaglandinas para lisis el cuerpo lúteo, es la forma más efectiva de disminuir las concentraciones de progesterona endógena (Lamb *et al.*, 2010).

Una inyección única de prostaglandina es suficiente para sincronizar el 70-75% de las vacas (Deutscher, 1999; Bó *et al.*, 2002b). Sin embargo, al utilizarla como único fármaco

para sincronizar un grupo de vacas, no es posible homogeneizar el desarrollo del folículo dominante posterior a la inyección de prostaglandina, existiendo ovulaciones en un intervalo largo de tiempo (2 a 5 días). Esta amplia variabilidad limita la posibilidad de determinar el tiempo de ovulación y por lo tanto de predecir el tiempo de inseminación en esquemas de IATF. Por lo tanto, es necesario que el uso de prostaglandinas sea complementado con otros fármacos, en protocolos de sincronización de celos que regulen el desarrollo folicular y la ovulación (Bó *et al.*, 2002b; Lamb *et al.*, 2010).

Para obtener un ovocito de adecuada calidad y que el cuerpo lúteo generado sea capaz de mantener niveles de progesterona suficientes para la implantación, se debe mantener en la vaca un dispositivo de progesterona durante 7 a 8 días. Posteriormente es posible inducir la ovulación al retirar la fuente exógena de progestágenos y administrar prostaglandina para lisis del cuerpo lúteo. De esta forma se disminuye tanto la progesterona endógena como la exógena gatillando una ovulación dentro de los próximos 2 a 4 días. Sin embargo aún existe gran variabilidad posterior en horas a las que se presenta la ovulación. Con el objetivo de garantizar buenos resultados a la IATF, es necesario acotar aún más el intervalo de tiempo al que ocurren las ovulaciones en el rebaño luego del tratamiento con progestágenos. Diversos autores sostienen que la administración de estrógeno al momento del retiro del dispositivo intravaginal de progesterona resulta en una alta sincronía de ovulaciones y porcentajes de preñez a la IATF sobre el 60% (Bó *et al.*, 2002a; Ross *et al.*, 2004; Sales *et al.*, 2012).

La ovulación ocurre aproximadamente a las 66 horas desde que caen los niveles de progesterona (Bó *et al.*, 2002a). Si se toma en cuenta que los espermatozoides tardan 8 a 12 horas en llegar al sitio de fecundación, entonces la IATF debe realizarse 52 a 56 horas después de la remoción del dispositivo intravaginal bovino de progesterona (Bó *et al.*, 2002a; Dobbins *et al.*, 2009).

Factores que influyen en la eficiencia reproductiva de la IATF en vacas de carne

Se han reportado diversos factores que condicionan el éxito de protocolos de IATF, entre los que se encuentran la calidad del semen, el entrenamiento de técnicos inseminadores y la disponibilidad de infraestructura y mano de obra capaz de sustentar la concentración de manejos y animales en un breve periodo de tiempo (Deutscher, 1999). Por otra parte, en el

caso de la vaca, se deben considerar factores como número ordinal del parto, edad, condición corporal (CC) e intervalo parto-primer servicio como variables que afectan el porcentaje de preñez obtenido luego de un protocolo de IATF (Osoro y Wright, 1992; Rae *et al.*, 1993; Mulliniks *et al.*, 2012).

Anestro post-parto

Posterior al parto, la vaca entra en un periodo acíclico caracterizado por una baja pulsatilidad de LH (Ball y Peters, 2004). En ganado de carne, el reinicio de la actividad ovárica tarda aproximadamente 60 días. Si bien existe una ovulación alrededor del día 20 post-parto, esta no está acompañada de conducta de celo debido a los bajos niveles de estrógenos (Short *et al.*, 1990). Este primer ciclo presenta una fase luteal corta debido a la presencia de un cuerpo lúteo de escaso desarrollo (Ball y Peters, 2004).

Existen numerosos factores fisiológicos, de manejo, patológicos y nutricionales que alteran el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, condicionando la duración del anestro post-parto. Estos factores incluyen edad, raza, nutrición post-parto, condición corporal, producción de leche, amamantamiento, estación de parto, presencia o ausencia del toro, retraso en la involución uterina, presentación de distocia y estado sanitario (Yavas y Walton, 2000). De estos, los que demuestran mayor importancia son la nutrición, condición corporal y el amamantamiento del ternero (Short *et al.*, 1990; Ahmadzadeh *et al.*, 2011).

El plano nutritivo de la vaca tiene una relación inversa con la longitud del anestro post parto (Selk *et al.*, 1988; Ciccioli *et al.*, 2003; Mulliniks *et al.*, 2012). El plano nutritivo post parto está directamente relacionado con los niveles de glucosa, insulina y factores de crecimiento insulínicos. Estas hormonas propician el desarrollo folicular y la producción de GnRH, por lo que la disminución en sus niveles limita la secreción de LH. Por otra parte, se ha demostrado que en animales que no consumen energía metabolizable suficiente, se desencadena un aumento en las concentraciones de cuerpos cetónicos y ácidos grasos no esterificados, los cuales inhiben la producción de LH (Ahmadzadeh *et al.*, 2011). Además, cuando el animal utiliza sus reservas corporales, los niveles de leptina circulante decrecen, retrasando la restauración de la ciclicidad al no ejercer su efecto inductor en la secreción de LH (Cobos, 2011; Ball y Peters, 2004).

El amamantamiento retrasa la restauración de la ciclicidad de la hembra bovina durante el periodo post-parto. La percepción física, visual y olfatoria del ternero por parte de la madre tiene relación con el retraso en la restauración de la ciclicidad a través de un complejo sistema neuroendocrino donde se encuentra relacionada la liberación de péptidos opioides endógenos, como la β -endorfina, prolactina y oxitocina, los cuales inhiben el eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Yavas y Walton, 2000; Ahmadzadeh *et al.*, 2011).

Además del reinicio de la actividad ovárica, la involución uterina es indispensable para que una vaca pueda concebir nuevamente. Esta tarda alrededor de 30 días en vacas que se encuentran amamantando al ternero y se ve retrasada con la presentación de distocia, enfermedades post-parto y plano nutritivo post parto (Short *et al.*, 1990; Ball y Peters, 2004; Ahmadzadeh *et al.*, 2011).

Condición corporal

La condición corporal es un indicador de las reservas energéticas del animal y tiene una relación inversa con la longitud del anestro postparto y es una de las variables más influyentes en el rendimiento reproductivo (Selk *et al.*, 1988; Short *et al.*, 1990). Se ha determinado que la condición corporal al parto y al comienzo de la temporada de encaste tienen un mayor efecto en el rendimiento reproductivo que la condición corporal en cualquier otra etapa (Osoro y Wright, 1992).

Vacas que paren con condición corporal menor a 2,5 (escala 1 a 5) presentan un anestro post parto superior a 60 días, y puede ser aún mayor a medida que la CC es menor (Short *et al.*, 1990). Utilizando una escala de 1 a 9 (Wagner *et al.*, 1988), se ha observado que no hay diferencias significativas entre vacas que paren con condición corporal 4, 5 ó 6 en cuanto a la longitud del anestro post parto (Mulliniks *et al.*, 2012).

Los protocolos de IATF deben contar con vacas en condiciones corporales óptimas ($> 2,5$ en escala 1 a 5) para maximizar sus resultados (Ball y Peters, 2004). Sin embargo, es difícil alcanzar dichos estándares en la zona central de Chile. Esto es debido a que en esta zona existe un clima mediterráneo semiárido, donde la mayor parte de la ganadería se realiza en el secano interior de la región y la productividad de la pradera depende en gran medida de las lluvias estacionales (Ovalle y Squella, 1996).

Edad de la vaca

Se ha demostrado que la edad de la vaca tiene una influencia significativa en su eficiencia reproductiva. Debido al crecimiento que experimentan las vacas jóvenes hasta los 3 años, el anestro postparto es más largo durante este periodo en comparación con vacas sobre los 3 años (Ahmadzadeh *et al.*, 2011). Vacas entre los 3 y 5 años de edad presentan tasas de preñez similares y declinan levemente hasta llegar a alrededor del 80% a los 8 años. Posterior a esta edad, la tasa de preñez declina linealmente llegando a 54% a los 10 años (Osoro y Wright, 1992; Renquist *et al.*, 2006).

Predio

Existe variabilidad en los manejos realizados, así como en la tecnificación, capacitación y nivel de educación entre los predios involucrados en sistemas de producción de bovinos de carne. Esto trae como consecuencia variabilidad en la productividad de los distintos sistemas pecuarios. En la provincia de Melipilla existen predios con esquemas organizados de producción que permiten optimizar mejor los recursos otorgados por la pradera. Sin embargo, la mayor proporción de los predios de la zona poseen escasa organización y baja tecnificación. Estas diferencias podrían afectar los porcentajes de preñez obtenidos en la temporada reproductiva (Namndar-Irani *et al.*, 2009). Además, la disponibilidad de agua entre predios influye directamente en la productividad de la pradera, otorgando una ventaja productiva en ciertos sectores de la Provincia de Melipilla. La variabilidad en la disponibilidad de agua produce diferencias notorias en el manejo alimentario realizado por los distintos predios, limitando la capacidad de carga animal del terreno y la condición corporal alcanzada por los animales en etapas fisiológicas críticas, como el parto y el inicio de la temporada reproductiva (Bedell y Ganskopp, 1980).

El Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) a través del Plan de Mejoramiento Genético Bovino (PMGB) busca incorporar herramientas necesarias para generar capacidades y condiciones que permitan mejorar la productividad, incrementar la masa ganadera y favorecer la inserción vertical en la cadena comercializadora de los productores pertenecientes a la AFC. Como parte de este plan, se han incorporado técnicas de reproducción asistida como la inseminación artificial (IA), la que ha permitido introducir genética de alta calidad y especializada en la producción de carne.

Debido a la imperante necesidad de la AFC de aumentar su productividad, sumado a las importantes ventajas reproductivas (reportadas en estudios realizados en otros países) que se obtienen al utilizar protocolos de sincronización de celos basados en IATF, el objetivo del presente estudio fue determinar la eficiencia reproductiva obtenida al aplicar un protocolo de IATF al ganado bovino de carne perteneciente a la AFC de la provincia de Melipilla y establecer los principales factores que influyen en sus resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El presente estudio se realizó en el transcurso de 2 temporadas reproductivas; 2012 (octubre a diciembre) y 2013 (septiembre a noviembre). Los predios evaluados se ubicaban en las localidades de Corneche y La Manga (comuna de San Pedro), Los Guindos (comuna de Melipilla) y María Pinto (comuna de María Pinto), todas pertenecientes a la provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

El estudio contempló la utilización de vacas de carne pertenecientes a 15 productores de la AFC dedicados a la crianza del ganado y adscritos al Programa de Desarrollo Local (PRODESAL) o al Sistema de Asistencia Tecnológica (SAT) de INDAP. Esta zona del secano interior de la región posee un clima mediterráneo semiárido con precipitaciones anuales que oscilan entre los 180 y 400 mm (Aubert, 2005). Para la alimentación de los animales se utiliza pradera natural sin fertilización con una producción anual promedio de entre 1200 y 1600 kg MS/hectárea/año (Claro, 2001). Los meses de mayor oferta de fitomasa ocurren en los meses de agosto a octubre y el periodo sin lluvias comprende desde noviembre a abril (Ovalle y Squella, 1996). Durante el periodo de escasez de alimento se suplementa a los animales con heno de pradera natural y cultivos suplementarios de avena y trigo.

Animales

Se utilizaron 198 vacas de carne de diversas razas y sus cruzas que incluyen Overo Colorado, Overo Negro, Hereford y Angus. Se incluyeron en el protocolo reproductivo hembras mayores a los 15 meses de edad, con condición corporal mayor a 2 puntos, clasificados en una escala de 1 a 5 (Frasinelli *et al.*, 2004). Considerando que los sistemas de producción contemplan pariciones durante todo el año, la selección de vacas incluyó aquellas que poseían más de 35 días post parto. Los registros fueron organizados en planillas electrónicas mediante el software Microsoft Excel, asignando al número del Dispositivo de Identificación Individual Oficial (DIIO) las variables temporada, predio, condición corporal y días post parto de cada vaca.

El estado sanitario del rebaño fue evaluado por un médico veterinario encargado del SAT y consiste principalmente en vacunación y tratamientos antiparasitarios dos veces al año.

Protocolo de sincronización de celo con uso de IATF

El día 0 se realizó un diagnóstico de preñez para descartar vacas preñadas e iniciar el protocolo en vacas no preñadas. A aquellas vacas seleccionadas para iniciar el estudio se les administró vía i.m. 2 mg de benzoato de estradiol (Syntex, Buenos Aires, Argentina) más la aplicación de un dispositivo intravaginal de liberación controlada que contiene 0,5 gr de progesterona (Dispositivo Intravaginal Bovino, Syntex, Buenos Aires, Argentina). El día 8 se retiró el dispositivo intravaginal y se administró vía i.m. 1 mg de cipionato de estradiol (E.C.P., Pfizer, Sao Paulo, Brasil) y 500 µg de cloprostenol sódico (Ciclase, Syntex, Buenos Aires, Argentina).

Las vacas fueron sometidas a IATF entre 52 y 56 horas después de retirado el dispositivo intravaginal de progesterona (Figura 1).

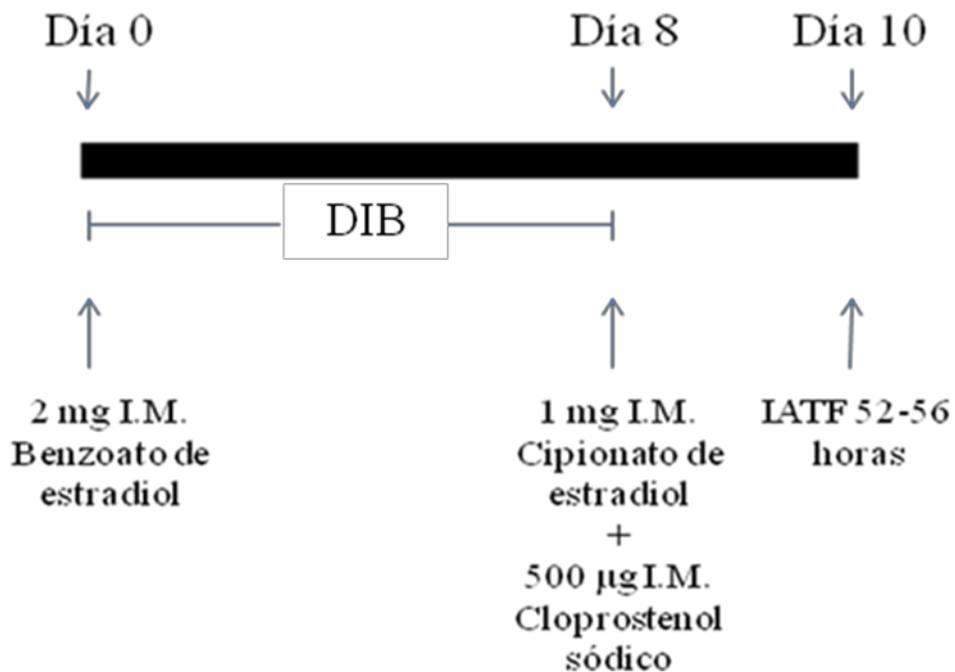


Figura 1. Protocolo de sincronización de celo aplicado al rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla

Diagnóstico de gestación

Para el diagnóstico de gestación se utilizó un ecógrafo linear modelo Tringa (Esaote Piemedical, Países Bajos) con un transductor de 7 MHz. Al inicio del protocolo (día 0) se realizó una evaluación reproductiva mediante ultrasonografía transrectal para separar las hembras que ya se encontraban preñadas de las hembras no preñadas que fueron sometidas al protocolo de IATF. El diagnóstico de gestación se realizó el día 0 y el día 50 post IA con el objetivo de diferenciar aquellas vacas gestantes producto de la IA (50 días de gestación, con un feto de 5 cm aproximadamente) de las encastadas al ciclo estral siguiente por repaso del toro (29 días de gestación, con un embrión de 1 cm aproximadamente). Se consideraron como preñadas aquellas vacas en las que se encontró un feto con presencia de latido cardíaco.

Variables e indicadores reproductivos

Al momento de comenzar el protocolo de IATF (día 0) se registró para cada vaca las variables edad y fecha del último parto. Estos datos fueron proporcionados por los registros de cada productor. Al momento de realizar la IATF (día 10) se determinó el lapso parto-primer servicio de la vaca. La condición corporal se evaluó en escala canadiense (1-5) (Frasinelli *et al.*, 2004) por medio de inspección y palpación. Se visualizó la convexidad de curvas corporales, prominencia de los huesos de la cadera, costillas, apófisis transversas y espinosas de vértebras lumbares, depósitos grasos en la base de la cola. Mediante palpación se presionó el área bajo las apófisis transversas de las vértebras lumbares para correlacionarlo con la fuerza necesaria para sentir dicho borde y así determinar la cantidad de cobertura grasa.

Análisis de datos

Al organizar los datos para su análisis, las vacas fueron agrupadas según los siguientes rangos de condición corporal: < 2,75 puntos; 2,75 a 3 puntos y > 3 puntos. Para el caso de la edad los animales fueron agrupados en los siguientes rangos: < 4 años; 4 a 6 años y > 6 años. Finalmente, para el número de días desde el parto al primer servicio las vacas fueron agrupadas en los rangos de < 60 días; 60 a 75 días y más de 75 días.

Los datos obtenidos fueron registrados en planillas electrónicas de Microsoft Excel y posteriormente se importaron para su análisis estadístico en el software InfoStat (Córdoba, Argentina). Se realizó la prueba de Chi-cuadrado para establecer diferencias entre las variables clasificadas en rangos y el porcentaje de preñez obtenido por cada grupo. Posteriormente, se realizó un análisis de regresión logística, donde se evaluó el riesgo de ocurrencia de preñez para cada variable a considerar. Los efectos que se incluyeron en el modelo fueron: temporada (2), días postparto al inicio del protocolo de sincronización (3), condición corporal al inicio del protocolo de sincronización (3) y edad de la vaca (3). Para todos los análisis estadísticos se utilizó un valor de significancia de $P < 0,05$ y un IC=95%.

RESULTADOS

El presente estudio permitió determinar la eficiencia reproductiva de un protocolo de IATF aplicado al ganado bovino de carne de la AFC de Melipilla. El porcentaje de preñez obtenido al analizar la totalidad de las vacas en el estudio (n=199) durante las temporadas del año 2012 y 2013 fue de un 54%. El porcentaje de preñez por temporada fue de un 63% para el año 2012 (n=73) y un 48% para el año 2013 (n=126) encontrándose una fuerte tendencia a una disminución del porcentaje de preñez del año 2012 al 2013 (p=0,055) (Figura 2).

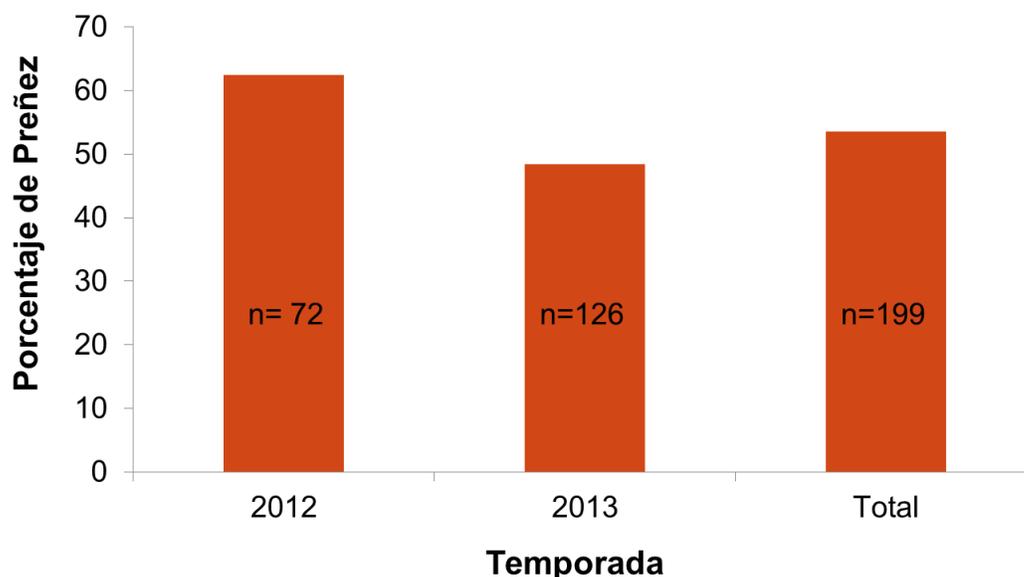


Figura 2. Tasa de preñez según temporada y total obtenida mediante protocolo de IATF aplicado al rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla.

Analizando las variables de forma independiente, en el caso del lapso parto-primer servicio (Figura 3), se puede observar que vacas que tuvieron < 60 días post parto (n=39) alcanzaron un 49% de porcentaje de preñez. Por otra parte, vacas que tuvieron entre 60 y 75 días post parto (n=45) alcanzaron el máximo porcentaje de preñez, llegando a un 60%. Por último, vacas con más de 75 días post parto (n=68) mostraron una disminución en el

porcentaje de preñez de 3 puntos, alcanzando un 57%. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos mediante la prueba de Chi-cuadrado.

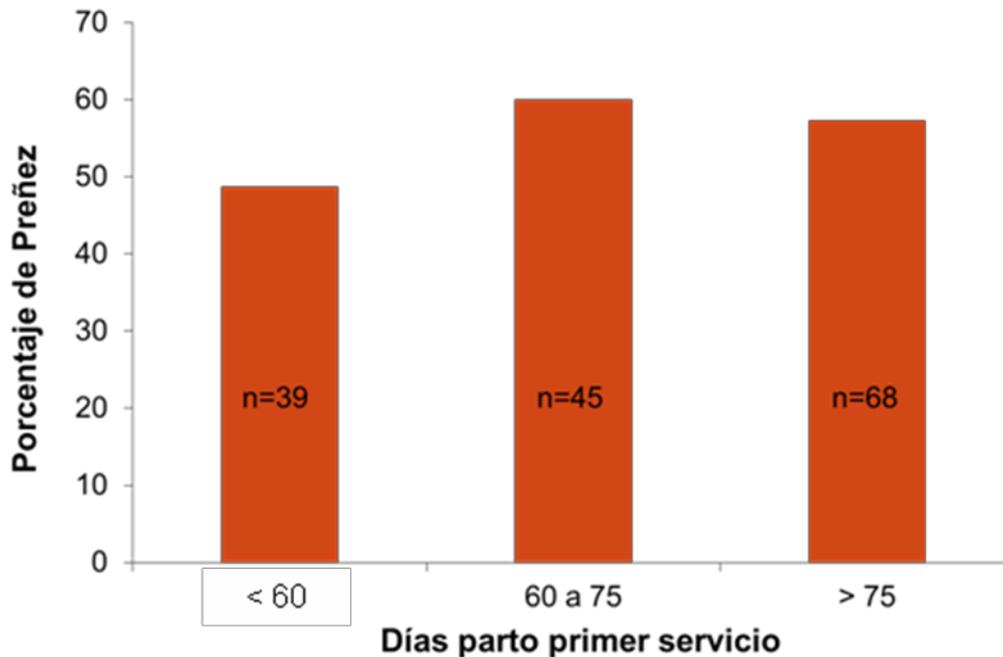


Figura 3. Tasa de preñez según días desde el parto al primer servicio obtenida mediante protocolo de IATF aplicado al rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla.

El porcentaje de preñez según condición corporal, fue calculado según intervalo de condición corporal de las vacas al inicio del tratamiento (Figura 4). Se observó que vacas con condición corporal $< 2,75$ ($n=60$) obtuvieron el menor porcentaje de preñez (42%). El grupo intermedio que se encontraba en condición corporal entre 2,75 y 3 ($n=93$) mostró un aumento en el porcentaje de preñez alcanzando un 57%. Si bien esta diferencia no es significativa, sí se puede observar una fuerte tendencia a aumentar el porcentaje de preñez a medida que aumenta la condición corporal ($p=0,06$). Finalmente los animales que entraron al protocolo en condición corporal > 3 ($n=45$) alcanzaron el máximo de porcentaje de preñez (62%). Además, analizando los datos mediante la prueba de Chi-cuadrado se encontró una diferencia significativa comparando el porcentaje de preñez de las vacas en condición corporal $< 2,75$ con el porcentaje de preñez alcanzado por el grupo de vacas en condición corporal > 3 ($p=0.04$).

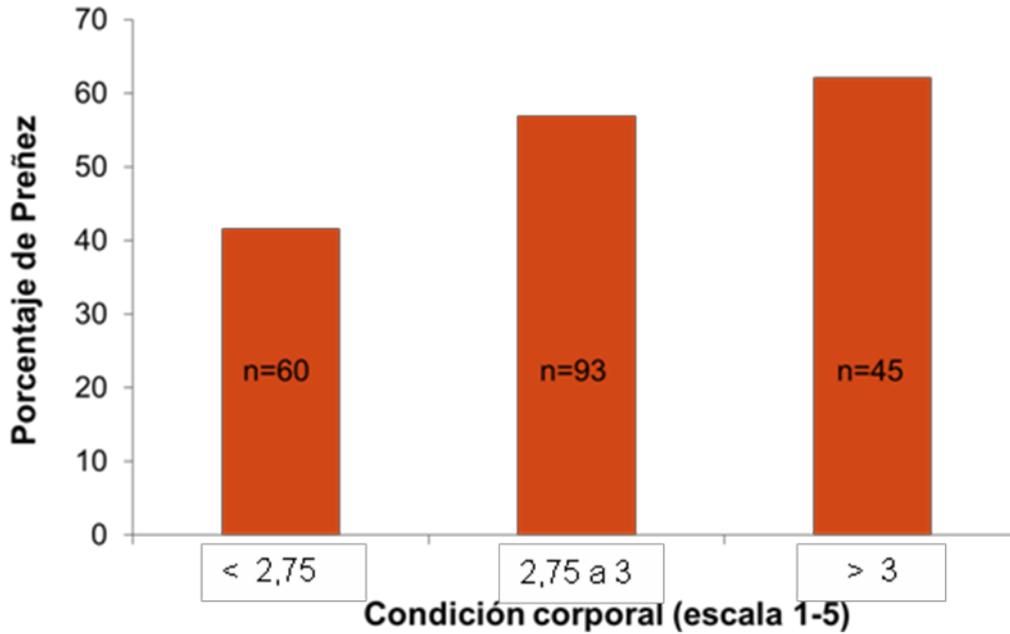


Figura 4. Tasa de preñez según condición corporal obtenido mediante protocolo de IATF aplicado al rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla.

En la figura 5 se observa que animales < 4 años (n=80) obtuvieron el menor porcentaje de preñez (45%). Aquellas vacas que tenían entre 4 y 6 años (n=56) mostraron un aumento en el porcentaje de preñez alcanzando un 55%, mientras que el grupo de hembras bovinas > 6 años (n=62) obtuvo el mayor porcentaje de preñez llegando a un 63%. Mediante la prueba de Chi-cuadrado se encontró una diferencia significativa entre el porcentaje de preñez alcanzado por las vacas < 4 años y el porcentaje de preñez alcanzado por vacas > 6 años (p=0,03).

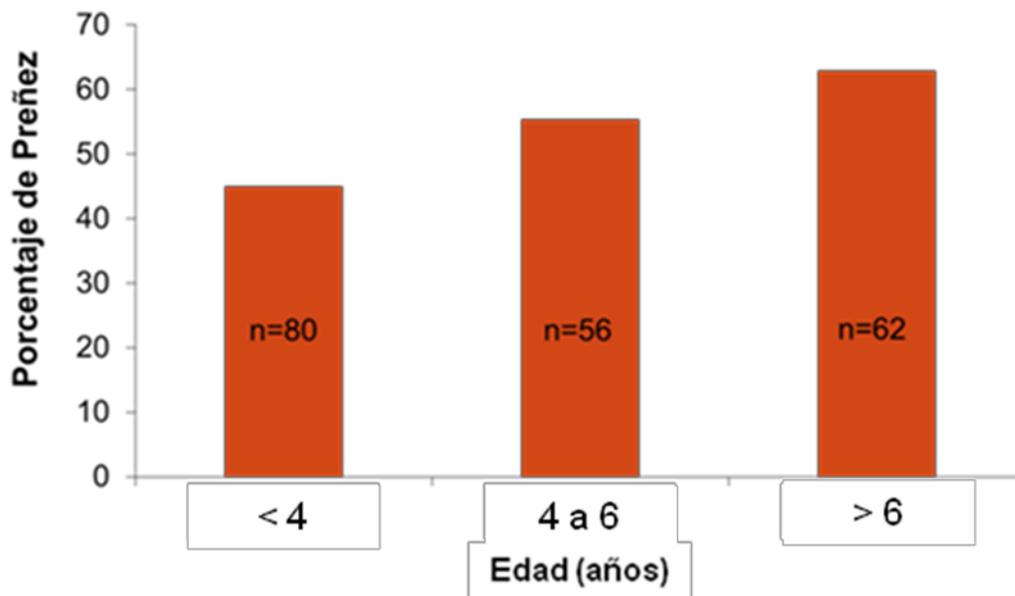


Figura 5. Tasa de preñez según edad (años) obtenido mediante protocolo de IATF aplicado al rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla.

Posteriormente los datos fueron analizados mediante regresión logística para determinar las variables que afectan el porcentaje de preñez y cuantificar el valor de Odd Ratio (OR) o probabilidad de preñez (Tabla 1). Este análisis permitió determinar que las vacas en condición corporal > 3 ($n=45$) al momento del inicio del protocolo tenían una mayor probabilidad de preñez ($OR= 3,52$) en comparación con animales que ingresaron al protocolo en condición corporal $< 2,75$ ($n=60$; $p=0,01$). Sin embargo, no se encontraron diferencias comparando los animales que ingresaron al protocolo en condición corporal entre $2,75$ y 3 ($n=93$) con los animales que ingresaron en condición corporal $< 2,75$ ($p=0,14$).

En cuanto a la influencia de la edad, se determinó que vacas > 6 años ($n=62$) tenían una mayor probabilidad de preñez ($OR=2,49$) en comparación con animales que tenían < 4 años de edad ($n=80$; $p=0,04$). Adicionalmente, aquellos animales que comenzaron el protocolo de IATF con edad entre 4 y 6 ($n=56$) años no mostraron diferencias en cuanto a probabilidad de preñez en comparación con animales < 4 años ($p=0,23$).

Las variables restantes incluidas en el modelo, días del parto al primer servicio y temporada, no mostraron significancia en los resultados.

Tabla 1. Análisis de datos mediante regresión logística para determinar variables que afectaron el porcentaje de preñez y cuantificar el valor de Odd Ratio (OR) o probabilidad de preñez en el rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla tratado con protocolo de IATF.

Parámetros	Variable	n	% Preñez	Odd ratio	IC (95%)	p
Temporada	2012	72	63	1	-	-
	2013	126	48	0,88	0,41-1,90	0,74
Lapso Parto	< 60	39	49	1	-	-
	60 a 75	45	60	1,41	0,55-3,61	0,47
Primer Servicio	>75	68	57	1,78	0,75-4,23	0,19
Condición Corporal (escala 1-5)	< 2,75	60	42	1	-	-
	2,75 a 3	93	57	1,86	0,81-4,30	0,14
	> 3	45	62	3,52	1,30-9,54	0,01
Edad (años)	< 4	80	45	1	-	-
	4-6	56	55	1,72	0,71-4,17	0,23
	> 6	62	63	2,49	1,02-6,09	0,04

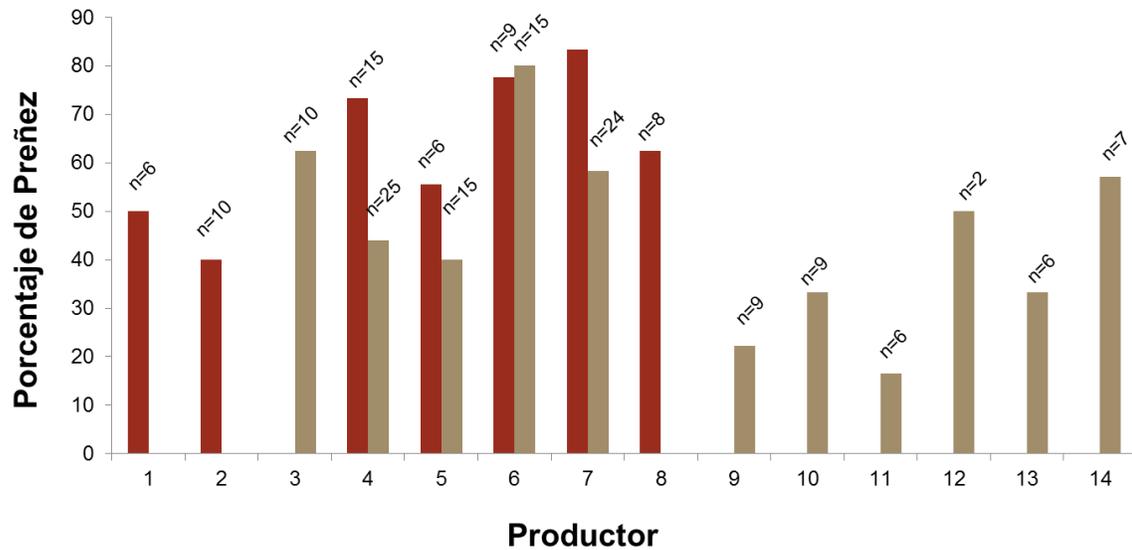


Figura 6. Tasa de preñez según productor y temporada. Temporada 2012 ; Temporada 2013 ; n=número de animales.

En la figura 6, se puede apreciar la variabilidad que hubo en porcentaje de preñez entre los distintos productores. El rango en el que osciló el porcentaje de preñez fue desde un 16,6% (productor 11, temporada 2013) a un 83,3% (productor 7, temporada 2012).

DISCUSIÓN

El porcentaje de preñez promedio, en dos temporadas de encaste, obtenido por el protocolo de IATF aplicado al rebaño bovino de carne de la AFC de Melipilla fue de un 54%. Se observó una gran variabilidad en los resultados obtenidos por temporada ya que en la temporada del año 2012 se obtuvo un 63% de preñez, mientras que a la siguiente temporada del año 2013 el porcentaje de preñez disminuyó a un 48%. Tanto el porcentaje de preñez total como la variabilidad observada entre las temporadas concuerdan con los resultados descritos en estudios previos concernientes a porcentajes de preñez obtenidos por protocolos IATF en ganado bovino de carne, que van desde un 52 % (Díaz y Galindo, 2010; Uslenghi *et al.*, 2014) a un 55% (Echternkamp y Thallman, 2011; Bó y Baruselli, 2014).

La diferencia en el porcentaje de preñez obtenido puede explicarse por variaciones en condiciones de manejo y ambientales. El año 2012 la temporada reproductiva comenzó el mes de noviembre mientras que en el año 2013 la temporada reproductiva comenzó el mes de octubre. Además el año 2012 se caracterizó por ser un año lluvioso en comparación con el año 2013. En el valle central interior se registró durante el transcurso del año 2012 una caída de 289,1 mm de agua mientras que en el año 2013 se registraron 186 mm de agua para el mismo sector (Santibáñez, 2013, 2014). La cantidad de agua caída durante el 2012 garantizó una mayor producción de MS por parte de la pradera, esto sumado a que la temporada reproductiva comenzó en noviembre y permitió que las vacas llegaran con un plano nutritivo mejor y consecuentemente con una mejor condición corporal al inicio del protocolo de IATF. Situación opuesta se registró el año 2013 en el que las bajas precipitaciones produjeron un descenso en la producción de MS por parte de la pradera, lo cual sumado al adelantamiento de la temporada reproductiva, no permitió que los animales tuviesen un periodo de espera voluntario (PEV) suficiente para recuperar sus condiciones reproductivas e ingresar al protocolo de IATF en adecuado plano nutritivo post parto.

Durante el periodo post-parto, ocurren los eventos fisiológicos necesarios para restaurar la capacidad reproductiva de la vaca. Se recomienda que vacas de carne, en condición corporal 2,5 (escala 1 a 5), con ternero al pie y en un buen plano nutritivo post-parto tengan un PEV de a lo menos 60 días (Ball y Peters, 2004). Sin embargo, en protocolos basados en

uso de progestágenos, los cuales pueden generar respuesta en vacas en anestro, se puede comenzar un protocolo respetando un PEV mínimo de 45 días (Raso, 2012). Como se puede ver en los resultados del presente estudio, vacas con menos de 60 días post-parto tendieron a disminuir el porcentaje de preñez alcanzado en comparación con vacas sobre 60 días post-parto. Si bien las diferencias no fueron significativas, tanto para la prueba de Chi-cuadrado como para la regresión logística, se observa una tendencia a aumentar el porcentaje de preñez a medida que aumentan los días post-parto, lo que concuerda con lo reportado en estudios previos (Short *et al.*, 1990; Yavas y Walton, 2000; Ball y Peters, 2004). De esta forma, la disminución en el porcentaje de preñez en la temporada 2013 pudo deberse a que el adelantamiento de la temporada reproductiva al mes de octubre tuvo una repercusión directa en las vacas, evitando que alcancen un estado óptimo de funcionalidad reproductiva y se ha descrito que vacas en anestro post-parto responden con menores porcentajes de preñez en protocolos de IATF (Deutscher, 1999).

La condición corporal es una variable importante que determina la eficiencia productiva y reproductiva de las vacas (Selk *et al.*, 1988; Short *et al.*, 1990; Ball y Peters, 2004; Mulliniks *et al.*, 2012). El tiempo que demoran las vacas en recuperar su funcionalidad reproductiva luego del parto se encuentra estrechamente relacionado con su condición corporal e influye de forma directa en la meta productiva de generar un parto al año (Deutscher, 1999; Yavas y Walton, 2000; Ball y Peters, 2004; Fundación Chile, 2006). Se ha descrito que animales con condición corporal sobre 2,5 puntos (escala 1-5) presentan una involución uterina y restauración de la ciclicidad a los 30 y 55 días, respectivamente (Ahmadzadeh *et al.*, 2011). La cantidad de días que necesiten las vacas para recuperar su funcionalidad reproductiva puede verse aumentada en condiciones corporales menores a 2,5 puntos (Montiel y Ahuja, 2005; Ahmadzadeh *et al.*, 2011; Mulliniks *et al.*, 2012). Se ha descrito que la condición corporal al comienzo del período de encaste es la variable más importante que influye en el porcentaje de preñez alcanzado por un grupo de vacas (Short *et al.*, 1990; Ciccioili *et al.*, 2003; Mulliniks *et al.*, 2012). De acuerdo a esto, en vacas con un adecuado plano nutritivo, se recomienda que sean sometidas a protocolos de IATF con una condición corporal mínima de 2,25 puntos en escala de 1 a 5 (Raso, 2012). Concordante con lo descrito en la bibliografía, el resultado de la regresión logística realizada en el presente estudio muestra que el protocolo de IATF aplicado al rebaño

bovino de carne de la AFC de Melipilla presentó mejores porcentajes de preñez cuando la selección de los animales se realizaba considerando vacas en condición corporal $>2,75$ (Selk *et al.*, 1988; Short, *et al.*, 1990; Osoro y Wright, 1992; Rae *et al.*, 1993; Ball y Peters, 2004; Renquist *et al.*, 2006; Mulliniks *et al.*, 2012).

En estudios reportados previamente se ha establecido que vacas que tienen más de 7 años de edad tienen una fertilidad menor que vacas más jóvenes (Osoro y Wright, 1992; Renquist *et al.*, 2006). Además, se ha descrito un menor porcentaje de preñez en vacas < 4 años debido a que aún se encuentran en crecimiento y su anestro post-parto es más prolongado que el de vacas sobre los 4 años de edad (Yavas y Walton, 2000; Ball y Peters, 2004). El presente estudio realizado en el rebaño de carne de la AFC de Melipilla muestra que existe una mayor probabilidad de preñez en vacas > 6 años de edad (O.R.=2,49) en comparación con hembras más jóvenes < 4 años. Estos resultados concuerdan con lo descrito en estudios previos y se explican probablemente debido a que las hembras hasta los 3 años de edad aún se encuentran en desarrollo y poseen requerimientos nutricionales mayores al tener que sustentar el crecimiento y desarrollo corporal además de la lactancia y la restauración de la funcionalidad reproductiva. Además, las hembras de menor edad se ven desfavorecidas frente a hembras de mayor edad al competir por los recursos forrajeros. Debido a esto, es probable que exista una mayor proporción de hembras en anestro en el grupo de animales < 4 años, las cuales responden con un menor porcentaje de preñez en protocolos de IATF (Yavas y Walton, 2000; Ball y Peters, 2004).

Complementando los resultados, hembras sobre 7 años de edad han demostrado una buena adaptación al medioambiente y sistema productivo a lo largo de los años. Mayormente en sistemas extensivos, la persistencia de algunas madres en el rebaño a lo largo de los años, por obtención de preñez, es consecuencia de que poseen mejores aptitudes para obtener éxito reproductivo en comparación con el resto, es decir, sus características de dominancia, rusticidad, forrajeo, eficiencia en la conversión de alimentos, resistencia a enfermedades, entre otras, les permite alcanzar mejores condiciones reproductivas al llegar a la temporada de encaste que animales menos competentes en estos sistemas productivos, lo que lleva a un mejor porcentaje de preñez y a la permanencia en el rebaño de esos animales (Bavera, 2002; Villa, 2010; Alemañ, 2013). Un estudio realizado en Francia y España, indica que la

rusticidad es el principal criterio de selección de razas por parte de los productores al momento de producir en zonas de baja productividad (Guerrero *et al.*, 2011). Por consiguiente, estos resultados sugieren que animales de mayor edad (>7 años) pero que han sido probados a través de las temporadas reproductivas son buenos candidatos a ser incorporados a protocolos de IATF.

La condición corporal al parto o al comienzo de la temporada reproductiva son variables importantes a considerar para obtener buenos porcentajes de preñez en protocolos IATF. Esto pudo explicar la disminución del porcentaje de preñez entre ambas temporadas, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la condición corporal promedio de las vacas que entraron al protocolo de IATF durante la temporada 2012 en comparación con las que entraron al mismo protocolo el año 2013 (CC 2012=2,9; CC 2013=3,0). A pesar de lo anterior, es posible que el plano nutritivo post-parto de las vacas haya influido de forma significativa en la *performance* reproductiva. Vacas que tienen un plano nutritivo inadecuado durante el periodo post parto ven afectados sus niveles de glucosa sanguínea y factores de crecimiento insulínico que influyen en la restauración de la ciclicidad del eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Ahmadzadeh *et al.*, 2011). Además, en animales que no consumen energía suficiente y utilizan sus reservas corporales, se desencadena un aumento en las concentraciones de cuerpos cetónicos y ácidos grasos no esterificados, los cuales inhiben la producción de LH (Ciccioli *et al.*, 2003; Ahmadzadeh *et al.*, 2011). Paralelamente, cuando el animal utiliza sus reservas corporales, los niveles plasmáticos de leptina (hormona secretada en el tejido adiposo) decrecen, retrasando la restauración de la ciclicidad al no ejercer su efecto inductor en la secreción de LH (Cobos, 2011; Ball y Peters, 2004). En el presente estudio no se midieron indicadores metabólicos que entreguen información del estado del plano nutritivo post-parto de las vacas, por lo que no es posible determinar si producto de la sequía vivida durante la temporada 2013 y la escasez de alimentos, las vacas se encontraron durante un prolongado periodo de tiempo en un bajo plano nutritivo que haya disminuido su *performance* reproductivo.

Otra variable importante a considerar y que influye significativamente en la restauración de la ciclicidad de las vacas es la presencia del ternero y el efecto de la succión que este ejerce en la glándula mamaria. La succión produce la liberación de péptidos opioides endógenos

que retrasan la restauración de la ciclicidad (Ahmadzadeh *et al.*, 2011). Se ha descrito que hembras bovinas de carne con ternero al pie alimentadas en sistemas extensivos a pastoreo presentan una restauración de la ciclicidad posterior a los 60 días después del parto. Al contrario, vacas que son destetadas temporariamente presentan un aumento en la pulsatilidad de LH y mejores porcentajes de preñez a la IATF (Montiel y Ahuja, 2005). Durante el presente estudio la mayoría de las vacas presentaban ternero al pie, sin embargo no se discriminó específicamente esta variable, por lo que no se puede evaluar cuál habría sido la respuesta al protocolo de IATF al comparar el porcentaje de preñez de vacas con ternero al pie y vacas sin ternero al pie.

El modelo de regresión logística solo incluyó como variables independientes la edad, condición corporal y lapso parto-primer servicio. La variable predio fue excluida del modelo debido a que entre los 15 productores habían algunos con poca cantidad de vacas lo cual impedía un análisis estadístico. Sin embargo, observando los resultados obtenidos por los predios, es importante mencionar que hubo una gran variabilidad en cuanto a los porcentajes de preñez alcanzados entre los productores que fluctuó entre un 16,6% y un 83,3% (Figura 6). La carga animal utilizada y la calidad de la pradera de los distintos predios parecen ser los manejos claves que diferencian los resultados de eficiencia del protocolo de IATF utilizado.

Debido al potencial reproductivo que posee la AFC de Melipilla, demostrado en la temporada 2012, es necesario realizar los cambios pertinentes en las estrategias que permitan mantener porcentajes de preñez sobre el 50% en protocolos de IATF. Las estrategias de mejoramiento de la calidad de la pradera, suplementación de alimentos en periodos de escasez y la utilización de un periodo de espera voluntario parecen ser manejos importantes que afectan los resultados de fertilidad obtenidos por el protocolo de IATF propuesto.

Por otra parte, las características de los sistemas productivos de la AFC, hacen necesario prescindir del uso de la detección de celos para cualquier protocolo reproductivo basado en el uso de la IA que se desee implementar. Los recursos económicos, tecnológicos y humanos de la AFC dificultan la implementación de protocolos que consideren la utilización de detección de celo. Además, debido a lo extenso de los terrenos de los

sistemas productivos de la AFC, es necesario que se reduzca al mínimo la cantidad de manejos con los animales.

Como conclusión, analizando el porcentaje de preñez alcanzado y las características del protocolo de IATF, el protocolo propuesto se adapta tanto a las metas reproductivas como a las necesidades de la AFC. Debido a lo anterior, se puede concluir que este protocolo de IATF es una herramienta importante para mejorar la productividad de la AFC de Melipilla. Incorporar el uso de IATF al rebaño bovino de carne de la AFC permitirá insertar genética de alta calidad en producción de carne, mejorar el rendimiento productivo y reproductivo y aumentar la eficiencia del uso de la pradera. Esto aumentará la productividad del sector ganadero perteneciente a la AFC de Melipilla.

Sin embargo, para obtener mejores porcentajes de preñez, es necesario complementar esta herramienta reproductiva con un correcto manejo nutricional que permita que las vacas alcancen una CC superior a 2,75 al comienzo del protocolo. Es decir, se deben analizar las limitantes de la pradera natural de cada predio, estableciendo la capacidad sustentadora del terreno que permita realizar los ajustes pertinentes en la carga animal de los potreros.

BIBLIOGRAFÍA

- AHMADZADEH, A.; CARNAHAN, K.; AUTRAN, C.** 2011. Understanding puberty and postpartum anestrus. **In:** Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle. Boise, Estados Unidos. 30 Septiembre-1 Octubre 2011. pp. 45-60.
- ALEMAÑ, R.** 2013. Sobre el concepto de “aptitud” en biología evolutiva. *Evolución*. 8(1): 7-19.
- AUBERT, C.** 2005. Comportamiento productivo de ovinos Merino precoz y Suffolk en el secano interior de la zona central. Memoria de título Ingeniero Agrónomo. Santiago. Chile. U. Chile. Fac. Ciencias Agronómicas. 69 p.
- BALL, P.; PETERS, A.** 2004. *Reproduction in Cattle*. 3ª ed. Blackwell Publishing. Oxford, United Kingdom. 242 p.
- BAVERA, G.** 2002. Cruzamientos. Cursos de producción bovina de carne. [En línea] <http://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/49-cruzamientos.pdf> [Consulta: 19-01-15]
- BEDELL, T.; GANSKOPP, D.** 1980. Rangelands in dry years: Drought effect on range, cattle, management. Pacific Northwest Extension Publication. Oregon State University. 8 p.
- BELTMAN, M.; LONERGAN, P.; DISKIN, M.; ROCHE, J.; CROWE, M.** 2009. Effect of progesterone supplementation in the first week post conception on embryo survival in beef heifers. *Theriogenology*. 71: 1173-1179.
- BÓ, G.; BARUSELLI, P.** 2014. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *Animal*. 8: 144-150.
- BÓ, G.; CUTAIA, L.; TRÍBULO, R.** 2002a. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: Algunas experiencias realizadas en Argentina: Segunda parte. *Taurus*. 4: 17-32.
- BÓ, G.; CUTAIA, L.; TRÍBULO, R.** 2002b. Tratamientos hormonales para inseminación artificial a tiempo fijo en bovinos para carne: Algunas experiencias realizadas en Argentina: Primera parte. *Taurus*. 4: 10-21.
- CALLEJAS, S.; DE DOMINICIS, O.; MADERO, S.; CANTALLOPS, E.; CLEDOU, G.** 2009. Uso de dispositivos con diferentes cantidades de progesterona para controlar el ciclo estral en vacas con ternero al pie. *Taurus*. 11: 30-35.
- CHENOWETH, P.; SANDERSON, M.** 2001. Health and production management in beef cattle breeding herds. **In:** Radostits, O. *Herd Health: Food Animal Production Medicine*. 3ª ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos. pp. 509-580
- CHILE. MINISTERIO DE AGRICULTURA.** 1990. Ley 18910. Ley Orgánica del Instituto de Desarrollo Agropecuario. 3 Febrero 1990. 23 p.

- CICCIOLI, N.; WETTEMANN, R.; SPICER, L.; LENTS, C.; WHITE, F.; KEISLER, D.** 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 81: 3107-3120.
- CLARKE, I.; CUMMINS, J.** 1982. The temporal relationship between Gonadatropin releasing hormone (GnRH) and Luteinizing hormone (LH) secretion and ovariectomized ewes. *Endocrinology.* 111: 1737-1739.
- CLARO, D.** 2001. Ganado en el secano central. Aportes nutricionales de la pradera. *Tierra Adentro.* 40: 34-36.
- COBOS, O.** 2011. La leptina y su relación en los procesos neuroendocrinológicos reproductivos de la hembra bovina. *Médico Veterinario y Zootecnista.* Cuenca. Ecuador. Universidad de Cuenca. 78 p.
- DEUTSCHER, G.** 1999. Estrous synchronization for beef cattle **In:** Beef Cattle Handbook. Beef Cattle Resource Committee. North Central Land Grant Universities. 6 p.
- DIAZ, P; GALINDO, A.** 2010. Tasa de preñez en vacas angus y brangus en la sabana de Bogotá con protocolo de inseminación a tiempo fijo Cosynch mas implante de progesterona. Tesis Especialista en Reproducción Bovina. Córdoba, Argentina. Instituto de Reproducción Animal Córdoba. 14 p.
- DOBBINS, C.; EBORN, D.; TENHOUSE, D.; BREINER, R.; JOHNSON, S.; MARSTON, T.; STEVENSON, J.** 2009. Insemination timing affects pregnancy rates in beef cows treated with CO-Synch protocol including an intravaginal progesterone insert. *Theriogenology.* 72: 1009-1016.
- ECHTERNKAMP, S.; THALLMAN, R.** 2011. Factors affecting pregnancy rate to estrous synchronization and fixed-time artificial insemination in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 89: 3060-3068
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO).** 2009. Evolución de la agricultura familiar campesina en el período 1997-2007. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Representación de la FAO en Chile. Santiago. Chile. 124 p.
- FRASINELLI, C.; CASAGRANDE, H.; VENECIANO, J.** 2004. La condición corporal como herramienta de manejo en rodeos de cría bovina. EEA San Luis. Información técnica N°68. 17 p.
- FUNDACIÓN CHILE.** 2006. Tópicos de producción bovina. [En línea] <<http://es.scribd.com/doc/127951773/Produccion-Bovina>> [Consulta: 12-07-2013]
- GUERRERO, A.; SAÑUDO, C.; MATEOS, J.; CAILLAUD, S.; SANS, P.; GAJAN, J.; TOUSTOU, J.; SANTOLARIA, P.** 2011. How the same breed has different managements depending on the country and ambiance where it is located. **In:** 3rd

Symposium of Veterinary Sciences. München, Toulouse, Zaragoza. 3-6 Marzo 2011. pp. 14-14

- IDEACONSULTORA.** 2011. Caracterización de la pequeña agricultura en Chile, descripción de sus necesidades y sus subsectores, evaluación de los servicios prestados por ODEPA a este segmento, y propuestas de mejoramientos y nuevos servicios e instrumentos. Santiago. Chile. 403 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (INE); INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (INDAP).** 2008. Estudio de la ganadería bovina en la agricultura familiar campesina, regiones de Valparaiso, de O'Higgins y Metropolitana. **In:** Ganadería bovina, estudio zona central 2006-2007. Santiago. Chile. 48 p.
- LAMB, G.; DAHLEN, C.; LARSON, J.; MARQUEZINI, G.; STEVENSON, J.** 2010. Control of the estrus cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 88: e181-e192.
- MONTIEL, F.; AHUJA, C.** 2005. Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: A review. *Anim. Reprod. Sci.* 85: 1-26.
- MULLINIKS, J.; COX, S.; KEMP, M.; ENDECOTT, R.; WATERMAN, R.; VANLEEUEWEN, D.; PETERSEN, M.** 2012. Relationship between body condition score at calving and reproductive performance in young postpartum cows grazing native range. *J. Anim. Sci.* 90: 2811-2817.
- NASH, J.; MALLORY, D.; ELLERSIECK, M.; POOCK, S.; SMITH, M.; PATTERSON, D.** 2012. Comparison of long- versus short-term CIDR based protocols to synchronize estrus prior to fixed-time AI in postpartum beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 132: 11-16.
- NAMDAR-IRANI, M.; MARTIN, L.; SAA, C.; SOTOMAYOR, O.** 2009. Estudio de caracterización de la pequeña agricultura a partir del VII censo nacional agropecuario y forestal. *Qualitas Agroconsultores.* [En línea] <http://www.agroqualitas.cl/index.php?option=com_k2&view=item&id=50:estudio-de-caracterizaci%C3%B3n-de-la-peque%C3%B1a-agricultura-a-partir-del-vii-censo-nacional-agropecuario-y-forestal-2009&Itemid=8> [Consulta: 15-06-2013]
- OSORO, K.; WRIGHT, I.** 1992. The effect of body condition, live weight, breed, age, calf performance, and calving date on reproductive performance of spring-calving beef cows. *J. Anim. Sci.* 70: 1661-1666.
- OVALLE, C.; SQUELLA, F.** 1996. Terrenos de pastoreo con pastizales anuales en el área de influencia climática mediterránea **In:** Ruiz, I. Praderas para Chile. 2ª ed. INIA. Santiago, Chile. pp. 429-466.
- RAE, D.; KUNKLE, W.; CHENOWETH, P.; SAND, R.; TRAN, T.** 1993. Relationship of parity and body condition score to pregnancy rates in Florida beef cattle. *Theriogenology.* 39: 1143-1152.

- RASO, M.** 2012. Inseminación artificial a tiempo fijo (I.A.T.F.). Estación Experimental Agroforestal Esquel (Chubut). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ganadería. 46: 203-206.
- RENQUIST, B.; OLTJEN, J.; SAINZ, R.; CALVERT, C.** 2006. Effect of age on body condition and production parameters of multiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 84: 1890-1895.
- ROCHE, J.** 1974. Effect of short-term progesterone treatment on oestrus response and fertility in heifers. *J. Reprod. Fertil.* 40: 433-440.
- ROSS, P.; ALLER, J.; CALLEJAS, S.; BUTLER, H.; ALBERIO, R.** 2004. Estradiol benzoate given 0 or 24 h after the end of a progestagen treatment in postpartum suckled beef cows. *Theriogenology.* 62: 265-273
- SALES, J.; CARVALHO, J.; CREPALDI, G.; CIPRIANO, R.; JACOMINI, J.; MAIO, J.; SOUZA, J.; NOGUEIRA, G.; BARUSELLI, P.** 2012. Effect of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. *Theriogenology.* 78: 510-516.
- SANTIBAÑEZ, P.** 2013. Boletín Agroclimático Regional. Región Metropolitana. Periodo diciembre 2012. www.agroclima.cl. 13 p.
- SANTIBAÑEZ, P.** 2014. Boletín Agroclimático Regional. Región Metropolitana. Periodo diciembre 2013. www.agroclima.cl. 12 p.
- SELK, G.; WETTEMANN, R.; LUSBY, K.; OLTJEN, J.; MOBLEY, S.; RASBY, R.; GARMENDIA, J.** 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66: 3153-3159.
- SHORT, R.; BELLOWS, R.; STAIGMILLER, R.; BERARDINELLI, J.; CUSTER, E.** 1990. Physiological mechanism controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68: 799-816.
- UI-HYUNG, K.; GUK-HYUNG, S.; HYUNG-WOOK, N.; HYUNG-GU, K.; ILL-HWA, K.** 2005. Follicular wave emergence, luteal function and synchrony of ovulation following GnRH or estradiol benzoate in a CIDR-treated, lactating Holstein cows. *Theriogenology.* 63: 260-268.
- USLENGHI, G.; CHAVES, 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.
- VASCONCELOS, J.; SARTORI, R.; OLIVEIRA, H.; GUENTHER, J.; WILTBANK, M.** 2001. Reduction of size of the ovulatory follicle reduces subsequent luteal size and pregnancy rate. *Theriogenology.* 56: 307-314.
- VILLA, C.** 2010. El concepto de rusticidad. *Rev. Hereford.* 75: 38-39

- WAGNER, J.; LUSBY, K.; OLTJEN, J.; RAKESTRAW, J.; WETTEMANN, R.; WALTERS, R.** 1988. Carcass composition in mature hereford cows: Estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.* 66: 603-612.
- YAVAS, Y.; WALTON, J.** 2000. Postpartum acyclicity in suckled beef cow: A review. *Theriogenology.* 54: 25-55.