

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**COMPARACIÓN ECONÓMICA ENTRE INSEMINACIÓN A TIEMPO FIJO Y
SERVICIO NATURAL**

por

Emiliano CUSTODIO CORTAZZO

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2019**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. MSc. Federico García

Ing. Agr. Juan Bolívar Rodríguez Blanquet

Dr. Vet. MSc. Juan Franco

Fecha: 16 de mayo de 2019

Autor: -----

Emiliano Custodio Cortazzo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia y a todas aquellas personas que me apoyaron y ayudaron durante esta etapa de formación. También un especial agradecimiento a Sully Olivera por su dedicación y compromiso. Simplemente gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 IMPORTANCIA DE LA FECHA DE PARTO SOBRE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE POR VIDA EN LA VACA PARA CARNE	4
2.1.1 <u>Relación entre fecha de parto con el anestro posparto y fertilidad posterior</u>	4
2.1.2 <u>Relación entre fecha de parto y el peso al destete de los terneros</u>	10
2.1.2.1 Influencia de la fecha de nacimiento de la ternera sobre su producción futura.....	15
2.2 EVALUACIÓN DE DIFERENTES FACTORES QUE AFECTAN LOS PORCENTAJES DE PREÑEZ EN IATF.....	18
2.2.1 <u>Momento adecuado para la realización de la IATF.</u>	19
2.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE PROGRAMAS DE IATF UTILIZANDO DISPOSITIVOS CON PROGESTERONA.....	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	25
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	29
4.1 SOBRE LOS RESULTADOS.....	29
4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	29
4.2.1 <u>Gráfica de distribución de costos en vaquillonas ciclando</u>	32
4.2.2 <u>Gráficas de distribución de costos en vacas primíparas</u>	34
4.2.3 <u>Gráficas de distribución de costos en parición temprana</u>	36

4.2.4 <u>Gráficas de distribución de costos en vacas de parición tardía</u>	38
5. <u>CONCLUSIONES</u>	43
6. <u>RESUMEN</u>	44
7. <u>SUMMARY</u>	45
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	46
9. <u>ANEXOS</u>	49

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Comportamiento reproductivo por fecha de parición.....	6
2. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir 2 años consecutivos....	8
3. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP)	9
4. Efecto de la fecha de parición sobre los kg de ternero destetado (USA).....	10
5. Efecto de la fecha y edad al parto de la vaca sobre el comportamiento del ternero.....	11
6. Efecto de la fecha de parto sobre la producción de por vida en kg de ternero	13
7. Efecto del grupo de parto inicial sobre la performance de los terneros de la primera parición y las subsiguientes.....	14
8. Peso al destete de los terneros según mes de parto	15
9. Efecto de fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero.....	16
10. Efecto de fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa.....	17
11. Costos de SN	21
12. Peso según SN vs. IATF.....	22
13. Retorno económico inmediato	23
14. Variables de entrada del modelo	26
15. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vaquillona ciclando”	30
16. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vacas primíparas”	30
17. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vacas de parición temprana”	31
18. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vacas parición tardía”	31
19. Resultado de las simulaciones individuales por categoría	40

Figura No.

1. Influencia del período de parto sobre el promedio de permanencia en el rodeo	7
2. Curvas teóricas de producción de leche de una vaca parida temprano y tarde	12
3. Porcentajes de preñez en función de la condición corporal	18
4. Porcentaje de preñez en función del porcentaje de ciclicidad del rodeo	19

Gráfica No.

1. Probabilidad de costos SN vaquillonas ciclando.....	32
2. Probabilidad de costos IATF vaquillonas ciclando	33
3. probabilidad de costos IATF + prima vaquillonas ciclando	33
4. Probabilidad de costos SN vacas primíparas.....	34
5. Probabilidad de costos IATF vacas primíparas.....	35
6. Probabilidad de costos IATF + prima vacas primíparas.....	35
7. Probabilidad de costos SN vacas parición temprana.....	36
8. Probabilidad de costos IATF vacas parición temprana	36
9. Probabilidad de costos IATF + prima vacas parición temprana	37
10. Probabilidad de costos SN vacas parición tardía.....	38
11. Probabilidad de costos IATF vacas parición tardía	38
12. Probabilidad de costos IATF + prima vacas parición tardía.....	39

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo busca caracterizar y estudiar, en forma comparativa y económica diferentes métodos para lograr la preñez procurando mayores niveles de eficiencia en el sistema de cría bovina. La cría es un proceso de por sí muy ineficiente, considerando los kilogramos (kg) de Materia Seca (MS) necesarios para obtener 1 kg de producto. Parte de esa ineficiencia es debido al porcentaje de preñez, que a nivel país está en el entorno del 73.3% promedio del período 1996/2011 (MGAP. DIEA, 2011). Un sistema de producción bovina, teniendo en cuenta que el período de gestación es de 285 días, obtener un ternero por vaca por año (365 días) implica que las hembras en edad reproductiva deberían estar nuevamente preñadas dentro de los 80 días posteriores al parto.

A partir del desarrollo e implementación de programas comerciales de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) mediante la utilización de dispositivos con progestinas (progesterona natural o sintética) y estrógenos, surge un objetivo de manejo en relación con esta biotecnología. Este objetivo es lograr, por medio de estos tratamientos, incrementar el número de vientres preñados en forma anticipada y en un período corto de tiempo. Esto es así ya que se puede tener la posibilidad de 2 preñeces en un período de 25 días (ciclo estral 21 ± 4 días) en cambio con servicio natural solo se obtendría una sola posibilidad. Sumado a esto, con los nuevos protocolos que usan dispositivos liberadores de progestinas es posible en determinadas situaciones inducir ovulaciones en vaquillonas prepúberes y vacas en anestro con o sin cría al pie.

Bajo estas circunstancias un objetivo de 95% de vacas pariendo durante un período de 60 días es alto pero alcanzable. En el caso de un servicio natural para lograr estos resultados, 65 a 75% de los vientres deberían parir en los primeros 21 días, por lo tanto, es necesario que el 95 a 100% de las vacas ovulen en los primeros 21 días de servicio y una tasa de concepción del 70 al 80%.

El objetivo de tener vacas que tengan cría más temprano tiene algunas ventajas. Probablemente, la más importante es que el ternero promedio será de mayor edad. Teniendo en cuenta que la edad del ternero es un determinante importante del peso del ternero al destete, la parición temprana produce un ternero promedio más pesado. La implementación de determinadas actividades de manejo y de biotecnologías disponibles en la actualidad son herramientas que, utilizadas en forma racional, pueden hacer que este objetivo de un ternero

por vaca por año sea cada vez más cercano en las diferentes condiciones de cría del país.

Sin embargo, la inseminación artificial en Uruguay es muy baja, menor al 5% (MGAP. OPYPA, 2007) y menor aun de forma sincronizada.

En síntesis, el objetivo de este trabajo es realizar un estudio comparativo de costos por el uso de la IATF y el servicio natural (SN).

En cuanto a los objetivos específicos se busca caracterizar los factores que inciden sobre la IATF y SN así como analizar los costos y beneficios, tanto económicos como productivos de ambos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Uno de los objetivos primarios para mejorar la eficiencia biológica de producción de un rodeo de cría es obtener los mayores porcentajes de destete (Davis et al., 1983).

Por otra parte, Dziuk y Bellows (1983) muestran que el fallo en la concepción de las vacas de un rodeo de cría es el factor que más afecta la producción de terneros.

Mediante un ejemplo Bellows (1976) muestra que tanto el porcentaje de destete como el peso al destete de los terneros son los factores que afectan los kilos de ternero producidos por vaca entorada, siendo el primero el que más incide sobre el índice descrito.

Pero además un punto calve para mejorar la eficiencia reproductiva en un rodeo de cría es el día de parto de la vaca y por ende la fecha de nacimiento de su progenie. Es por esto que será uno de los ítems de esta revisión.

En el proceso global de producción de carne vacuna la fase de reproducción, es la que conlleva mayor gasto de energía (66%). En esta fase el 55% de la energía consumida corresponde a las necesidades de mantenimiento de la hembra en producción. Si a esto se le agrega que un 28% de energía es utilizada en el crecimiento de las hembras de reemplazo, da como resultado que un 83% de la energía consumida en la fase de cría no se utiliza en la producción de terneros (Dickerson, 1978). Es decir, que no incluye la energía de la gestación y lactación.

Los períodos de reposo sexual común a los mamíferos (anestro prepuberal y anestro posparto), se traducen en períodos improductivos que un sistema de producción eficiente tiene que disminuir. Esto ha motivado, entre otros hechos, que durante los últimos 40 años se desarrollen investigaciones tendientes a controlar los eventos reproductivos de los animales domésticos. En este largo período hay dos procesos que se identifican como los puntos clave para el desarrollo de las técnicas actualmente en uso comercial. El primero, puso el foco en desarrollar técnicas capaces de controlar eficazmente el celo y la ovulación. Este constituye el aporte mayoritario a las técnicas actuales. El segundo, más reciente, estuvo relacionado con la definición y control de algunos aspectos más finos del ciclo estral, destinados a caracterizar las ondas foliculares y su posible manipulación y control del proestro (alargándolo), que permitiese una mayor sincronización de la ovulación así como mayor porcentaje de preñez. La asincronía de los eventos reproductivos, fundamentalmente el momento de ovulación, entre los animales de un mismo

rodeo impide la realización de trabajos agrupados, en particular cuando estas tareas están destinadas a la reproducción de dichos animales (Alberio, 2003).

El control del ciclo estral tuvo en los orígenes, el objetivo de simplificar la aplicación de la IA en los países desarrollados., fundamentalmente en bovinos para leche. Con la aplicación del control del ciclo estral, era posible reducir la cantidad de horas dedicadas a este trabajo disminuyendo así el costo de mano de obra. Más tarde, se visualizó que el uso de esta técnica podía tener otros impactos tanto en la I.A como simplemente en el manejo reproductivo de los rodeos. Complementariamente y asociada con esta metodología se desarrolló la técnica de I.A. sin detección de celos (IATF), la cual fue motivo de estudios tendientes a su perfeccionamiento durante la pasada década (Alberio, 2003).

La principal y original motivación para el uso de la sincronización o agrupación de los celos es la de contribuir a corregir situaciones, que de otra manera, harían imposible o muy difícil realizar la IA (campos de monte, falta de potreros o de equipamiento apropiado o de inseminador, etc.). También facilitar su aplicación en situaciones donde la detección de celos presenta dificultad por el manejo del sistema (vacas lecheras). Una consecuencia positiva, es que la agrupación de los servicios permite acortar en forma significativa el período de parición. De esta manera la sincronización de los celos (SC) constituye una ventaja adicional desde el punto de vista económico. También nos brinda una mayor supervisión de la parición, posibilita la disminución de pérdidas neonatales, permite una mayor homogeneidad en el lote de terneros y un mayor peso promedio al destete, lo que se traduce en mayores beneficios económicos. Esta agrupación permite además una mejor previsión y utilización de los recursos alimenticios (Alberio, 2003).

2.1 IMPORTANCIA DE LA FECHA DE PARTO SOBRE LA ACTIVIDAD PRODUCTIVA Y REPRODUCTIVA DE POR VIDA EN LA VACA PARA CARNE

2.1.1 Relación entre fecha de parto con el anestro posparto y fertilidad posterior

Morris (1980) resumió estimaciones de varios autores para correlaciones y regresiones del intervalo parto - primer celo, sobre la fecha de parto anterior, para vacas y vaquillonas. Nueve de las once regresiones son

negativas. Dentro de las estimaciones negativas, el promedio de las regresiones estimadas indican un intervalo parto -primer celo de 0.65 día más corto, por día, en vacas que parían más tarde. Esto quiere decir, que por cada 21 días más tarde que pare una vaca, la fecha del primer celo posparto se adelanta 14 días. Por lo tanto, vacas que paren más tarde tienen un intervalo parto - primer celo, más corto comparado a las que paren más temprano. La información suministrada, se refiere principalmente a experimentos o datos de campo con pariciones concentradas de primavera (la mayoría de las vacas parían dentro de 100 días).

Una explicación para los casos donde los valores son positivos, es que la respuesta puede depender del nivel de alimentación preparto y/o los cambios en el nivel posparto. Los estudios con valores positivos, fueron de rodeos con altos niveles de alimentación preparto y/o con una alimentación extra después del parto.

El manejo del servicio (fecha de comienzo y largo del mismo) define como se vinculan los resultados mencionados anteriormente con la fertilidad del rodeo y fechas de partos siguientes (próximo parto y subsiguientes). Si el período de servicio es corto, por ejemplo 45 días, o en algunos casos es más corto que el período anterior, entonces se tendería a inducir una correlación positiva entre fecha de parto y porcentaje de hembras que conciben en el siguiente servicio. Si el servicio se alarga respecto al período anterior, esto tendería a inducir una correlación negativa entre la fecha del parto y el intervalo interpartos (Plasse et al., 1968).

Otro ejemplo, es dado por Burris y Priode (1958). Estos autores dieron altos niveles de alimentación en un experimento donde las vacas parían a fines de invierno-comienzo de primavera. Los investigadores, estimaron una regresión de la fecha del segundo parto sobre la fecha del primero de +0,32 día por día para tres razas (correlación de 0,37). Esto quiere decir, que dentro de las vacas que volvían a concebir, la vaca que paría tarde un año tendía a parir más tarde al año siguiente.

Además, estos investigadores encontraron una relación estrecha entre el porcentaje que fallaba en el siguiente año y la fecha de parto del año previo (cuando el servicio era de 90 días). Estos resultados sugieren que aquella vaquillona que pare temprano su primer ternero produce más kilos de ternero destetado el resto de su vida debido a que sigue pariendo temprano en las siguientes pariciones y tiene menor probabilidad de fallar comparado a la que pare tarde (Cuadro 1). La correlación entre el porcentaje de vacas que fallaban y la fecha de parto previa (agrupados en períodos de 20 días) fue de +0,95.

Cuadro 1. Comportamiento reproductivo por fecha de parición

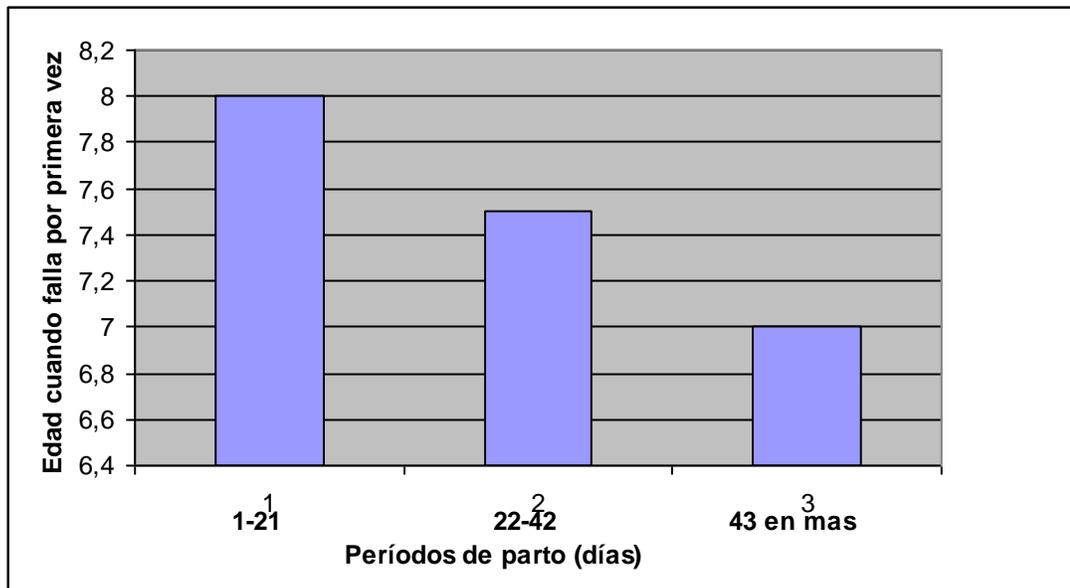
Días previos de parición	1-20	21-40	41-60	61-80	81-100
Vacas preñadas en el período siguiente	93,1	90,6	87,1	82,1	73,9

Fuente: adaptado de Burris y Priode (1958).

Franke y Wyatt (1982) estudiaron la influencia de la fecha de parto (en un período de servicio corto) sobre el porcentaje de parición siguiente en un estudio de un cruzamiento rotacional. Todas las combinaciones rotacionales, tendían a maximizar el porcentaje de parición cuando parían antes o hasta de la mitad del período de entore en las dos primeras generaciones de este ensayo.

Cushman et al. (2013) mostraron que las vaquillonas que parían en los primeros 21 días del período de parición, se mantenían más años en el rodeo (más longevidad) antes de no quedar preñadas por primera vez (Figura 1).

Figura 1. Influencia del período de parto sobre el promedio de permanencia (años) en el rodeo



Fuente: tomado de Cushman et al. (2013).

En Uruguay Bello y Mestre (1991) analizaron 874 registros (raza Hereford) tomados del rodeo de la Estación Experimental M. A. Cassinoni (EEMAC) desde 1979 a 1986.

El Cuadro 2 muestra las vacas paridas en los distintos meses (sin distinción de edad al parto) sobre el porcentaje de parición en los 2 años siguientes. Este cuadro nos dice que las vacas que parieron temprano tenían más porcentaje de parición en los siguientes 2 años que las que lo hacían más tarde. Las vacas paridas en septiembre y octubre presentan más porcentaje de parición que las de agosto, noviembre y diciembre.

Cuadro 2. Efecto del mes de parto sobre la posibilidad de parir en 2 años consecutivos

Mes de parto	No. de vacas	% de vacas que volvieron a parir
Agosto	9	44(b) (*)
Setiembre	85	64(a) (*)
Octubre	304	61(a)
Noviembre	179	49(b)
Diciembre	83	53(b)

(*) a, b: letras diferentes difieren significativamente entre sí ($p < 0,01$)

Fuente: tomado de Bello y Mestre (1991).

Se observa que las vacas paridas en agosto tenían menos porcentaje de parición que las que parían en setiembre y octubre, aunque parieron antes. Es claro que el manejo del momento de parto de las vacas cuando no se tiene en cuenta el nivel nutritivo preparto (estado corporal al parto) y el nivel posparto, pueden obtenerse malos resultados reproductivos en los siguientes años. Este concepto es crucial para definir el comienzo de servicio. Más allá de ello, tener presente el bajo número de vacas (9).

Los resultados del intervalo Inter parto con respecto al mes de parto, están de acuerdo con los valores negativos de las regresiones citadas previamente (Cuadro 3).

Si se toma el largo de gestación como 285 días para todas las vacas, se obtiene un intervalo parto-concepción de 123, 100, 75 y 53 días para las vacas que paren en septiembre, octubre, noviembre y diciembre respectivamente. Esta información nos está diciendo que las vacas que paren temprano (en un período de parición menor a 100 días), estarían en anestro al comienzo del servicio.

Hay varios factores que podrían explicar la disminución del intervalo parto-concepción a medida que se acerca el verano, con pariciones de primavera. Estos podrían ser el fotoperíodo (Hansen y Hauser, 1984) la nutrición (Dunn y Kaltenbach 1980, Hess et al. 2005) el efecto toro y las interacciones simples o triples entre ellos.

Hansen y Hauser (1984) encontraron un efecto del largo de las horas luz (fotoperíodo) sobre el intervalo parto- primer celo. Es decir, cuanto más largo era el período de horas luz, más disminuía el intervalo parto - primer celo.

Dunn y Kaltenbach (1980) mostraron la importancia del estado corporal al parto sobre el porcentaje de celos en vaca para carne.

Cuadro 3. Efecto del mes de parto sobre el intervalo interparto (IIP)

Mes de parto	No. de vacas	IIP(días)
Setiembre (**)	130	408(a) (*)
Octubre	227	385(b) (*)
Noviembre	104	360(c) (*)
Diciembre	46	338(d) (*)

(*) a,b,c,d: letras diferentes difieren significativamente entre sí ($p < 0,01$)

(**): el mes de setiembre incluye los partos del mes de agosto

Fuente: tomado de Bello y Mestre (1991).

A mayor estado corporal al parto el intervalo parto -primer celo disminuía notoriamente. Las vacas que paren tarde (con pariciones de primavera) presentan mayor estado corporal que las que paren temprano (fines de invierno, principio de primavera). Esto podría ser una explicación de ese menor intervalo inter parto.

La interacción entre dos o los tres de estos factores, como ya fue dicho, podría ser parte de la explicación del signo negativo encontradas en las regresiones citadas anteriormente.

Además, decisiones de manejo, pueden hacer que aquellas vacas que paren tarde en primavera tengan un intervalo parto-concepción corto. Estas vacas parirán con buen estado corporal por el nivel nutritivo preparto (mediados y fines de primavera) y tendrán un nivel nutricional posparto alto debido a que entran en el período de servicio en un potrero empastado, reservado de la primavera anterior. El efecto toro y el fotoperíodo, muy posiblemente, estarían ayudando a mejorar la reproducción de esas vacas.

La menor fertilidad de esas vacas puede ser debida que a pesar de tener un intervalo parto-primer celo corto, tienen pocas oportunidades de celar y ovular durante la época de servicio (por ser corto) y por lo tanto, disminuye la probabilidad de preñez. Por ejemplo, vacas paridas en noviembre tienen un intervalo parto-concepción de 75 días. Si se toma un valor promedio de parto de 15 de noviembre esas vacas tendrán 1 o 2 celos para poder concebir si el servicio terminara el 25 de febrero.

La generalidad de los trabajos publicados revela un mejor comportamiento reproductivo por el resto de su vida si las vacas conciben al comienzo del período de servicio. Mejor dicho en los primeros 21 días del período de parición (Cushman et al., 2013). Pero hay que tener presente que no es una regla fija ya que esto está dependiendo de factores ambientales, genéticos, nutricionales, de manejo y sus interacciones.

2.1.2 Relación entre fecha de parto y el peso al destete de los terneros

Dentro de un período de parición y una misma raza, el ternero que nace temprano, a una fecha fija de destete, pesa más que el que nace tarde, simplemente porque tiene más edad sin considerar la ganancia diaria al pie de su madre. Esto aspectos se verán reflejados en este apartado (Cuadros 4, 5, 6 y 7).

Cuadro 4. Efecto de la fecha de parición sobre los kg de ternero destetado (USA)

Días de parto en su primera parición	0-21	22-43	44-66	66-87	Media
Peso primer destete (kg)	193	182	167	157	173
Peso destetes posteriores	196	197	194	189	192
Peso destete totales(kg)	195	189	186	184	188

Fuente: adaptado de Leismester et al. (1973).

Morrow y Brinks (1968) agruparon los partos y el comportamiento de cada ternero de acuerdo con su fecha de nacimiento (Cuadro 5). Este trabajo incluyó 20 años de datos del nacimiento al destete. La información se separó en vacas que paren por primera vez a los 2 y a los 3 años. Sólo se presenta las que paren a los 3 años ya que los resultados son similares. Esta clasificación se dividió a su vez en subperíodos de 20 días cada uno, donde el grupo estaba formado por vacas que parían en los primeros 20 días del comienzo del período de parición esperado. Del grupo 2 al 5 consistía en intervalos de 20 días.

Las categorías temprana y tardía correspondían a las vacas que estaban fuera de ese período de 115 días. Los autores Morrow y Brinks (1968), Lesmeister et al. (1973) agruparon las vacas en cada uno de los grupos en base a la fecha de parición de su primer ternero. Es decir, la vaca que parió su primer ternero por ejemplo en el grupo 2, aunque el siguiente ternero correspondiese por fecha de parición al grupo 4, su peso al destete se incluía en el grupo 2 y así por el resto de la vida.

Cuadro 5. Efecto de la fecha y edad al parto de la vaca sobre el comportamiento del ternero 1er. parto — 3 años

Fecha de parto	No. Ternero	Fecha nacimiento	G.D. (kg)	Peso destete (kg)	Edad destete	% Pérdida
Temprano	4	51	0,571	179	259	7,5
1	250	90	0,744	195	220	12,8
2	141	107	0,703	175	204	13,5
3	61	125	0,658	153	185	16,4
4	38	145	0,671	143	165	21,1
5	11	159	0,662	132	151	18,2
Tardío	-	-	-	-	-	-

Fuente: adaptado de Morrow y Brinks (1968).

La forma de hacer los grupos de parición en el estudio de Lesmeister et al. (1973) fue similar al de Morrow y Brinks (1968) aunque el período de servicio era menor. En este trabajo, cuando una vaca fallaba los terneros siguientes eran eliminados del estudio.

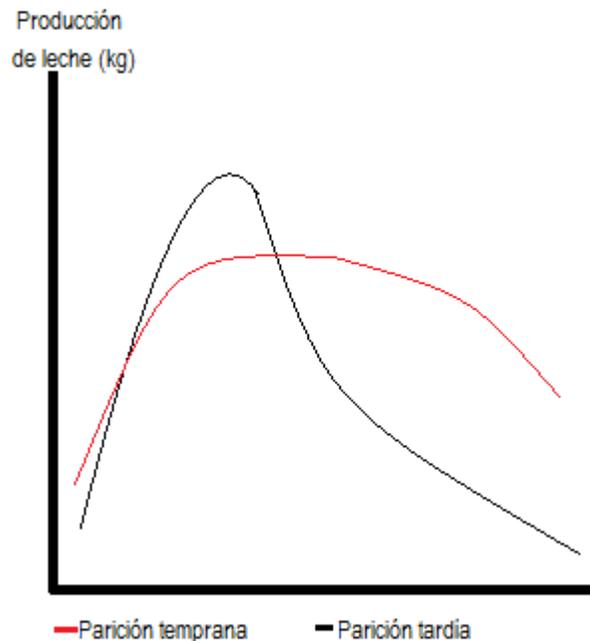
Las conclusiones de ambos trabajos son similares por lo que se analizan solo los resultados de Lesmeister et al. (1973). Este último grupo de investigadores realizó su trabajo en dos rodeos. Se analiza un rodeo ya que los

resultados de ambos rodeos son similares. El hecho de que las vacas paran temprano en su primer período de parición, hace que produzcan más kilos de terneros destetados a través de toda su vida en el sistema particular de manejo de esos tres rodeos de los dos grupos de investigadores (Cuadros 5 y 6). También se observa que los terneros nacidos temprano tenían más ganancias diarias que los tardíos ($P < 0,01$). Esto puede ser debido a que los terneros más viejos en edad (nacidos tempranamente) consumen mayor cantidad de pasturas y leche que los terneros más jóvenes. La capacidad de consumir leche por el ternero puede ser el factor limitante de la producción de leche de la madre (Gleddie y Berg, 1968).

En base a esto, se puede razonar que cuando la vaca pare temprano, alcanza el pico de producción de leche más lentamente (Figura 2) y el ternero está en condiciones de poder tomarla como además mantener esa producción por más tiempo.

La vaca parida tarde, puede producir una gran cantidad de leche desde el comienzo de la lactancia, pero el ternero no tiene la capacidad física para poder consumirla y por lo tanto la producción de leche baja rápidamente (Figura 2).

Figura 2. Curvas teóricas de producción de leche de una vaca parida temprano y tarde



Las curvas de lactancia de una vaca parida temprano y otra tardía pueden diferir en una forma similar a la ilustrada (Figura 2). Vale decir que la persistencia de la producción de leche sería muy diferente entre ambas.

La diferencia en la forma del comienzo de las curvas de lactancia puede deberse al diferente estado corporal de las vacas al momento del parto.

En pariciones de primavera, el ternero nacido temprano, cuando está en condiciones de poderlas consumir, tiene a disposición una adecuada cantidad y calidad de pasturas. Como resultado, el ternero de la vaca parida temprano tendría mayor ganancia diaria que el nacido tarde.

Y si además se le suma que el nacido temprano tiene mayor edad a la fecha fija de destete, es de esperar que tenga un mayor peso al destete.

Otra conclusión importante del trabajo de Lesmeister et al. (1973) es que las vacas que paren temprano dan mayor producción de kilos de ternero destetado de por vida. Esto es debido al peso al destete de ese primer ternero y no al resto de pesos al destete de la vida de esa vaca (Cuadro 7).

Cuadro 6. Efecto de la fecha de parto sobre la producción de por vida en kg de ternero

rodeo 1

Fecha de parto	No. reg./vida	No. terneros	Peso dest. (kg)	Edad dest. (días)	Ganancia Diaria (kg)
Temprano	5,1	77	202	211	0,80
1	4,1	264	197	206	0,80
2	5,4	244	189	201	0,81
3	5,1	138	186	195	0,80
4	4,6	65	184	195	0,76
Tarde	5,3	16	171	190	0,72

			(*)	(*)	(*)
--	--	--	-----	-----	-----

(*) Nivel de significación (P<0,01)

Fuente: adaptado de Lesmeister et al. (1973).

Resultados similares fueron obtenidos por García Paloma et al. (1992) en condiciones pastoriles de Argentina.

Cuadro 7. Efecto del grupo de parto inicial sobre la performance de los terneros de la primera parición y las subsiguientes

rodeo 1						
Fecha de parto	Primer	Parto		Pariciones	Siguietes	
	No.	Peso al destete (kg)	Ganancia diaria (kg)	No.	Peso al destete (kg)	Ganancia diaria (kg)
Temprano	15	214	0,78	62	191	0,77
1	64	193	0,74	200	196	0,80
2	45	182	0,77	199	197	0,82
3	27	167	0,75	111	194	0,82
4	14	157	0,73	51	189	0,78
Tarde	3	128	0,67	13	183	0,67
		** (4)	NS		NS	NS

(4)** Nivel de significación (P<0,01)

Fuente: adaptado de Lesmeister et al. (1973).

Una posible explicación es que las vacas pertenecientes a cada grupo de 20 días de su primer parto, en los siguientes, se mezclarían en el orden de parición (Cuadro 7). Por lo tanto, las diferencias que se muestran de pesos al destete (Cuadro 6) se deben al peso al destete del primer ternero (Cuadro 7). Con todo, la información de las ganancias diarias no es consistente, lo cual hace que no tenga una explicación sencilla.

Cushman et al. (2013) publicaron que las vacas paridas en los primeros 21 días producían mayores pesos al destete solo hasta el 6º. período de parto. Pero estos resultados son similares a los trabajos citados previamente. Es decir, la vaca que pare en los primeros 21 días produce más kilos de terneros por el resto de su vida.

Así mismo, se presenta el peso de ternero al destete de acuerdo al mes de parición (Cuadro 8).

Cuadro 8. Peso al destete de los terneros según mes de parto

Mes de parto	No. de terneros	Peso al destete
Setiembre	130	140
Octubre	227	121
Noviembre	112	112
Diciembre	46	101

Fuente: tomado de Bello y Mestre (1991).

Los resultados de Bello y Mestre (1991) muestran los mismos resultados dados hasta el momento (Cuadro 8). Las vacas paridas en los primeros 21 días del período de parto dan mayores pesos al destete que las paridas más tarde cuando se toma la producción de por vida.

2.1.2.1 Influencia de la fecha de nacimiento de la ternera sobre su producción futura

Funston et al. (2012) estudiaron el comportamiento productivo y reproductivo de terneras según la fecha de nacimiento. Dividieron la progenie en 3 grupos según fecha de parto (nacidos en los primeros 21 días, entre 22 a 42 y en más de 43 días). Se observa el efecto que tiene el período de nacimiento en la ternera sobre su comportamiento productivo y reproductivo (Cuadro 9). Como ya se vio anteriormente las terneras que nacen antes en el período de parición presentan mayores pesos al destete y esa diferencia de peso se siguió manteniendo a través del tiempo.

La diferencia que se observa en el porcentaje de vaquillonas ciclando al comienzo del servicio, se explica por el mayor peso de las terneras nacidas en el primer período de partos. El porcentaje de preñez obtenido en vaquillonas nacidas en el primer período (90%), segundo (86%) y tercero de nacimiento (78%) ($P < 0,02$). El mayor porcentaje de preñez lleva aparejado consigo una mayor rapidez en la concepción que tuvieron las terneras que parieron en el primer grupo de partos. Esto se observa en los días al nacimiento (68, 73 y 75; $P < 0,01$) que se corrobora en el porcentaje que paren en los primeros 21 día (81%, 69% y 65%) ($P < 0,01$). El porcentaje de preñez luego del primer ternero

era similar en los 3 grupos (93%, 90% y 84%) (P=0,20). En base a este resultado de preñez es posible suponer que el resto de sus vidas productivas no tendrían diferencias en esa variable. Haciendo acuerdo de los trabajos de Lesmeister et al. (1973), García Paloma et al. (1992) que muestran que la mayor producción de por vida de las vacas que paren temprano se debe solamente al pesos al destete del primer ternero, se puede ver esto como un proceso acumulativo, las terneras que nacen de una madre parida en los primeros 21 días serán más productivas por el resto de su vida también y así sucesivamente.

Cuadro 9. Efecto de fecha de nacimiento de la ternera sobre su reproducción y caracteres de su primer ternero

	Fecha de parto			Valor P
	1	2	3	
No.	651	304	64	
Caracteres de nacimiento al destete				
Fecha de nacimiento, día del año	77 a	93 b	113 c	<0,01
Peso al destete (kg)	219 a	213 b	197 c	<0,01
Caracteres del servicio al porcentaje de preñez				
Peso pre servicio (kg)	296 a	292 b	276 c	<0,01
Ciclando al comienzo del servicio (%)	70 a	58 b	39 c	<0,01
Porcentaje de preñez (%)	90 a	86 a	78 b	<0,02
Caracteres del parto al fin del período de parición				
Fecha de nacimiento (días del año)	68 a	73 b	75 b	<0,01
Paridas en los primeros 21 días (%)	81 a	69 b	65 b	<0,01
Caracteres de la ternera y su progenie al destete				
Peso de la vaca (kg)	419	422	422	0,68
Peso del ternero (kg)	193	189	186	0,10
Porcentaje de preñez luego del primer ternero	93	90	84	0,20

a,b,c: diferentes letras en las columnas difieren significativamente entre sí (P< 0,05)

Fuente: adaptado de Funston et al. (2012).

2.1.2.2. Influencia sobre el ternero

Funston et al. (2012) también estudiaron el comportamiento productivo de los terneros según la fecha de nacimiento. Los terneros nacidos de hembras que parieron en los primeros 21 días fueron 13 kg más pesados al destete que los nacidos entre los 22 a 42 días, y 34 kg más pesados que los nacidos en el tercer período ($P < 0,01$, Cuadro 10). El peso de carcasa y peso final se mantuvo a medida que crecían. Se observa entonces 3 variables que son favorables en los terneros nacidos de hembras que habían parido en los primeros 21 días durante el período de partos con respecto a los otros dos grupos de nacimiento ($P < 0,01$). No se encontró diferencias en ganancia diaria ni el consumo ($P = 0,81$). Los datos de este trabajo muestran que los novillos nacidos de hembras que parieron en los primeros 21 días del período de parto presentan más grasa en la carcasa. Tener presente que la evaluación de faena sólo se realizó a tiempo fijo. Por lo tanto, los novillos que nacieron en los primeros 21 días eran más pesados y eso hace que comenzaran a depositar grasa antes. Entonces es totalmente lógico que tuvieran más grasa en la carcasa.

Cuadro 10. Efecto de fecha de nacimiento del ternero sobre su comportamiento en el corral y caracteres de la carcasa

	Fecha de parto			Valor P
	1	2	3	
No.	431	287	53	
Caracteres de nacimiento al destete				
Fecha de nacimiento, día del año	73 a	91 b	116 c	<0,01
Peso al destete (kg)	238 a	225 b	204 c	<0,01
Caracteres en el corral				
Ganancia (kg/d)	1,64	1,64	1,66	0,81
Peso final (kg)	590 a	580 b	562 c	<0,01
Consumo de MS (kg)	8,13	8,12	8,13	0,97
Caracteres de la carcasa				
Peso carcasa (kg)	372 a	365 b	353 c	<0,01
Grasa en la 12 ^a . costilla (cm)	1,35 a	1,29 a	1,19 b	<0,01
Grasa total (%)	30,6 a	30,0 b	29,2 c	<0,01

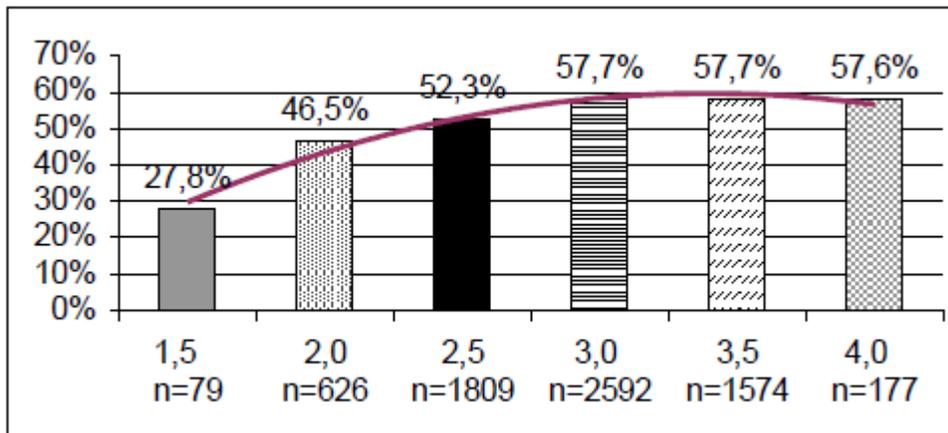
a,b,c: diferentes letras en las columnas difieren significativamente entre sí ($P < 0,05$)

Fuente: adaptado de Funston et al. (2012).

2.2 EVALUACIÓN DE DIFERENTES FACTORES QUE AFECTAN LOS PORCENTAJES DE PREÑEZ EN IATF

En el Instituto de Reproducción Animal Córdoba (IRAC) se analizaron datos de las IATF realizadas entre diciembre de 1999 y diciembre de 2002, por medio de regresión logística. El análisis tuvo en cuenta diferentes factores como la condición corporal (CC), el estadio fisiológico del vientre, el biotipo y el grado de ciclicidad del rodeo. Los datos fueron recogidos de 6.857 IATF realizadas en vacas con cría, vacas secas y vaquillonas, cruce índicas y británicas. Se obtuvo un 54,9% de preñez general, con un mínimo de 28,7 % (vacas con cría con una CC de 2) y un máximo de 75 % (vaquillonas con una CC de 3). El protocolo utilizado consistió en administrar 2 mg de benzoato de estradiol intramuscular junto con la colocación del dispositivo liberador de progestinas (DILP) a lo que se denomina el día 0 del tratamiento, en el día 7 u 8, se extrae el DILP se aplica PGF intramuscular y 24 hs. después se administra 1 mg de benzoato de estradiol. La IATF se realiza entre las 52 y 56 hs de la remoción del DILP Como puede observarse en el Figura 3, la CC es un factor determinante en los resultados de preñez a IATF. Se obtuvo una correlación $R^2=0,9$ entre el porcentaje de preñez y la condición corporal.

Figura 3. Porcentajes de preñez en función de la condición corporal

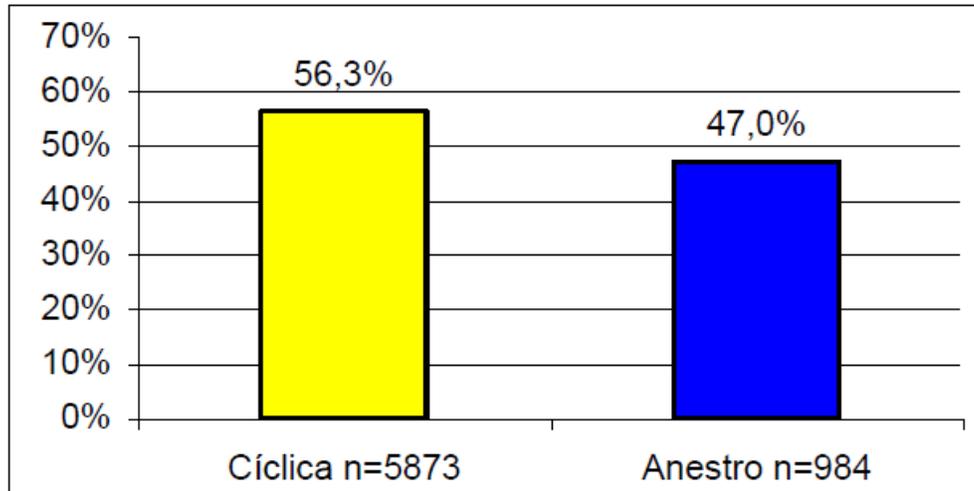


Fuente: tomado de Cutaia (2005).

Se evaluó también el impacto del porcentaje de ciclicidad del rodeo sobre los porcentajes de preñez. Se determinó ciclicidad como la presencia de un cuerpo lúteo (CL) por palpación rectal o signos de celo al momento de iniciado el tratamiento y anestro cuando sólo tenían folículos. Se observa un mayor

porcentaje de preñez en vacas cíclicas con respecto a las vacas en anestro (Figura 4).

Figura 4. Porcentaje de preñez en función del porcentaje de ciclicidad del rodeo



(los porcentajes difieren, P=0,0001)

Fuente: tomado de Cutaia (2005).

Asimismo, es importante resaltar que en los lugares del mundo donde la cría vacuna se realiza en sistemas pastoriles extensivos, el anestro postparto es el factor más importante que determina la fertilidad del rodeo de cría (Short et al., 1990).

2.2.1 Momento adecuado para la realización de la IATF

Datos publicados a partir de estudios en que se realizó exámenes frecuentes de los ovarios en vacas tratadas con un protocolo convencional (como el descrito en el apartado anterior), indican que éstas ovulan entre 62 y 68 horas (media de 66 horas) desde la extracción del dispositivo liberador de progestinas (Cutaia et al. 2003, Ramos et al. 2011). Sin embargo otros investigadores obtuvieron resultados diversos. Martínez et al. (2007) publicaron para la misma una variación en un rango de 72 a 108 horas con una media de $81,6 \pm 3,5$ horas. Bo et al. (2001), en vaquillonas, indican que las ovulaciones ocurrieron entre 72 y 84 horas tras la extracción.

Los resultados de protocolos convencionales de IATF en diferentes momentos, en vacas en anestro o ciclando normalmente y de diferentes edades, utilizando cipionato de estradiol y GnRH como hormonas sincronizadoras de la ovulación mostraron que no hay mayores diferencias entre inseminar a tiempo fijo entre 48 y 56 horas luego de haber extraído el dispositivo intravaginal, lo cual coincide con la hora de IATF de los protocolos convencionales. Los resultados medios de preñez a la IATF usando el protocolo convencional son de un 50%, pero se observó superioridad si se insemina a las 72 horas, más si es determinado celo entre la extracción del dispositivo liberador de progestinas (DILP) hasta la IATF. Además se concluyó que no hay diferencias biológicas mayores (pero sí económicas) entre el uso de GnRH o benzoato de estradiol, tanto como sincronizadores de la onda folicular como de la ovulación.

Finalmente, la selección del programa más adecuado para un determinado rodeo dependerá de otros factores no fisiológicos como la eficiencia de la detección de celos, destreza del veterinario en la palpación rectal, dinero disponible por hembra para gastar en tratamientos, costo de la dosis de semen, disponibilidad de mano de obra calificada e instalaciones disponibles, pero fundamentalmente de los objetivos del programa de manejo del establecimiento.

2.3 ANÁLISIS DE COSTOS DE PROGRAMÁS DE IATF UTILIZANDO DISPOSITIVOS CON PROGESTERONA

Comparaciones de producción y costos entre el ganado de carne y especies como el cerdo convencieron a Dickerson (1970) de que debido a los altos costos de mantener las vacas madre, la industria de la carne tenía potencialmente mucho más que ganar del aumento en la tasa de reproducción que otras especies.

Cutaia (2005) con el fin de evaluar el costo de preñez obtenida por servicio natural, respecto al costo de preñez obtenida por IATF realizó un análisis en base a un modelo teórico de un rodeo de 200 vacas. Para facilitar el análisis los costos los expuso en kilogramos de novillo. Se observa que el costo de un toro/año es de 548 kg. El costo final de cada preñez obtenida por servicio natural va a depender de la relación vaca- toro que se utilice (Cuadro 11).

Cuadro 11. Costos de SN

Costo SN	Costo por toro en Kg
Valor de reposición toro en kg/novillo 1.200/ toro	1200
Costo compra (flete 300 km/20 toros)	60
Flete (300km/20 toros)	15
Valor residual (700 Kg x 0.8)- 4 % mortandad	336
Costo de venta y flete	32
Valor de amortizar de 4 años	971
Amortización anual	243
Costo de oportunidad (2 vacas/toro ósea 1.8 terneros de 170 Kg)	281
Alimentación 8 2 Kg maíz / 60 días)	10
Sanidad	50
Costo total por toro/ año	584
Costo por vaca entorada 3 % (33/ vacas/toro)	17.70
Costo por vaca entorada 4 % (25/ vacas/toro)	23.36
Costo por vaca entorada 5 % (20/ vacas/toro)	29.20
Costo por vaca entorada 8% (12/ vacas/toro)	48.66

Fuente: tomado de Cutaia (2005).

Sumado al los perfiles de costos Cutaia (2005) realizo una proyección de la distribución de la parición y del peso al destete sobre un modelo de 200 terneros (Cuadro 11) en la columna de la izquierda está la proyección de aumento de peso de los terneros logrados por servicio natural y en la columna de la derecha está el aumento de peso de los terneros logrados por IATF más un repaso con toros. Asumió un porcentaje de preñez a la IATF del 50%. Como se observa existe una diferencia entre ambos sistemas de 4520 kg a favor de los terneros obtenidos por IATF + repaso con toros.

Cuadro 12. Peso según SN vs. IATF

Distribución de la preñez	Servicio natural	IATF + repaso
Preñez primer día de servicio	0 %	50 %
Preñez primer ciclo	42%	30 %
Preñez segundo ciclo	35%	11%
Preñez tercer ciclo	14%	5 %
Preñez cuarto ciclo	5%	2 %
Preñez Tota	96%	98%
Peso de terneros destetados		
Peso promedio de ternero IATF	***	205 kg
Peso ternero paridos 1°. Ciclo	186 Kg	186 Kg
Peso ternero paridos 2°. Ciclo	169 Kg	169 Kg
Peso ternero paridos 3°. Ciclo	151 Kg	151 KG
Peso ternero paridos 4°. Ciclo	134 Kg	134
Total de Kg de ternero por IATF	***	20.500 Kg
Total de Kg resto de terneros (repaso)	***	16.826 Kg
Total Kg ternero servicio natural	32.806 KG	***
TOTAL PRODUCIDOS KG	32.806 Kg	37.326 Kg
Diferencia entre sistemas	4520 Kg	

Fuente: tomado de Cutaia (2005).

Para el análisis de costos del programa de IATF se tuvo en cuenta el costo de las drogas, honorarios profesionales y costo de semen utilizado.

Cuadro 13. Retorno económico inmediato

Diferencia de kilos producidos con uso de progestágeno	4520 Kg
Costo programa de IATF de 200 vacas (10 kg x vaca)	2000 Kg
Costo semen (5kg x dosis)	1000 Kg
Total costos	3000 Kg
Ingreso Bruto	4520 Kg
Costos	3000 Kg
Ingreso Neto	1520 Kg (cada 200 vacas)

Fuente: tomado de Cutaia (2005).

Se obtuvo una diferencia de costos de producción de terneros a favor de los terneros producidos con IATF respecto a los costos de producción con servicio natural. Además, la utilización de programas de IATF en un rodeo de cría puede incrementar el peso al destete de los terneros logrados, debido a la anticipación y mayor agrupación de los partos. Cabe destacar que no se cuantificó el progreso genético por la utilización de toros con EPD.

Una evaluación de la viabilidad económica de sincronización de ovulaciones e IA debería incorporar rendimientos potenciales y tener en cuenta la naturaleza aleatoria de determinadas variables y el riesgo económico a la hora de toma de decisiones. Johnson y Jones (2008) desarrollaron un modelo estocástico para comparar los costos de varias sincronizaciones de ovulaciones y sistemas de IA con servicio natural con el fin de identificar los factores que determinan las diferencias de costos de los sistemas de cría.

La base del modelo fue una empresa ganadera con presupuesto centrado en los costos de cría. En base a simulaciones estocásticas. El proceso de reproducción consistió en una sincronización, el período de IA seguido de un período de servicio natural. Realizaron simulaciones para 7 sistemas de inseminación artificial (protocolos de alto y bajo costo), 3 tamaños de rodeo (30, 100 y 300 cabezas) y 3 relaciones vaca-toro (20, 30,40), haciendo un total de 63 simulaciones. Cada simulación consistió en 100 interacciones. Cada simulación resume la respuesta (el valor promedio y el desvío estándar).

En todos los modelos, terneros nacidos como resultado de un programa de IA con sincronización de ovulaciones se supone que son, en promedio, de

mayor edad y más pesados al destete debido a la sincronización, basado en el mérito genético de la canal o ganancia pre-destete.

Johnson y Jones (2008) generaron tres variables de salida para cada simulación, costo de preñez que incluye: costo de sincronización, el período de IA seguido de un período de servicio natural. Costo de preñez ajustado: costo del sistema de IA utilizado reducido por cualquier ingreso aumentado (edad, peso o valor genético) por la IA expresado como un equivalente de 227 kg de ternero destetado. Y la última variable de salida generada se denominó ventaja: esta surge de restar al costo de preñez ajustado, el costo de servicio natural que fue estandarizado.

Los resultados del trabajo de Johnson y Jones (2008). Reflejaron que los costos por preñez variaron de USD 46 a USD 95 en mayor medida por las diferencias en los costos de los productos utilizados en los diferentes programas de inseminación. Concluyeron que los sistemas de inseminación artificial eran más rentables a menores proporciones vaca-toro. En comparación con el servicio natural, los sistemas de sincronización de IA con detección de celo y culminación del protocolo con inseminación a tiempo fijo fueron preferidos económicamente el 33% del tiempo, 41% para IA estricta de tiempo fijo, y 49% para sistemas de detección de celo solamente. Los sistemas solo de detección celo en hatos grandes que usan bajas relaciones vaca / toro demostraron una ventaja económica neta relativa al servicio natural el 85% del tiempo. Las primas de valor genético y el costo del semen se incluyeron consistentemente en los principales factores que determinaron las diferencias económicas esperadas entre el servicio natural y los sistemas de inseminación artificial a través de los tamaños de rodeo y las relaciones vaca-toro. La variabilidad en el precio de compra del toro fue el factor más importante cuando la relación vaca-toro era baja, así como ventajosos económicamente respecto a servicio natural cuando se inseminaba con toros de alto valor genético.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La comparación del presente trabajo entre la IATF y el SN se realizó en base a un modelo de simulación estocástica, de la estructura de costos. Los valores monetarios se expresaron en dólares americanos (USD). La estructura de costos se construyó a partir de aquellas variables que explican la diferencia de costos de los sistemas de cría con IATF y SN. Las simulaciones estocásticas del modelo se realizaron utilizando el programa @RISK.

El perfil de costos de la IATF, se elaboró en base a un rodeo de 200 animales. Es de destacar, que el tamaño del rodeo interfiere en el cálculo de algunos costos de recursos de uso compartido por el rodeo durante la IATF como ser: el tanque criogénico, nitrógeno, pistola inyectora, termo descongelador. Se suma además el costo de semen, el técnico inseminador, destete temporario a corral, dispositivo liberador de progesterinas (DILP), progesterona y benzoato de estradiol. No se consideró costo de asesoramiento técnico. Se utilizaron datos de porcentaje de preñez de IATF de un proyecto¹ financiado por INIA realizado durante tres años consecutivos, se uso uno de los protocolos evaluados del cual obtuvo los mejores resultados productivos y reproductivos denominado protocolo convencional reformulado. Este protocolo se explicará más adelante, donde se diferencian cuatro grupos de hembras que componen al rodeo de cría: vaquillonas ciclando, vacas primíparas de parición temprana, vacas múltiparas parición temprana y vacas múltiparas de parición tardía.

La estructura de costos de SN para los 4 rodeos se construyó bajo una relación vaca-toro de 35 a 1 y fue la misma relación que se utilizó en el repaso de la IATF. La permanencia del toro fue de 5 años en el plantel reproductivo. Esto refleja en gran medida la realidad productiva del sistema de cría con SN a nivel país. Por lo que se consideró suficiente el análisis de una sola relación vaca-toro. El costo anual del toro estuvo integrado por amortización, alimentación, sanidad, flete, pérdida por muerte (1%) y costo de oportunidad.

EL número de simulaciones realizadas fueron 4, una por cada categoría dentro del rodeo de cría, con 100 interacciones cada una. Las variables de entrada del modelo (Cuadro 14). La magnitud de éstas varió con cada interacción de la simulación. Las variables de salida generadas por el modelo son: costo de preñez SN (CSN), costo de preñez IATF (CIATF) y costo de preñez IATF + prima (CIATF+P). Esta última se ajusta por la ganancia en

¹ Rodríguez Blanquet, J. B s.f. Uso de iatf en vacas para carne (bos taurus) ciclando y en anestro para mejorar su comportamiento productivo y reproductivo. (sin publicar).

kilogramos de terneros nacidos en pariciones tempranas (prima). A las variables de entrada, precio de compra toro, costo de semen, costo de dispositivo liberador de progestinas (DILP) y costo del técnico inseminador, se les asignó una distribución triangular. Esta distribución presenta un valor mínimo, un valor máximo y un valor moda. Mientras que a los valores de preñez (expresados en forma de índice entre 0 y 1) y la prima en dólares americano por parición temprana, se le asignó una distribución normal. Las tres variables de salida, están acotadas por el modelo con un mínimo en 0 y un máximo en 300, asumiendo que este es el máximo costo de preñez para cualquiera de las tres salidas.

Cuadro 14. Variables de entrada del modelo

Variable de entrada modelada	Valor promedio	Desvío estándar	Valor máximo	Valor mínimo	Fuente
Precio compra toro	2500		3500	1700	Diario El País
Costos semen	7		15	5	Valor de mercado de gensur
DILP	6		7		Valor de mercado de gensur
Técnico IATF	1		1.5	1	Formulación propia en base a encuestas
Prima en U\$ por parición temprana	21	10,5			Formulación propia
% preñez IATF Vaquillonas ciclando	0.90	0.10			Rodríguez Blanquet ¹
% preñez IATF vacas primíparas de parición temprana	0.90	0.10			Rodríguez Blanquet ¹

%preñez IATF vacas multíparas de parición temprana	0.90	0.10			Rodríguez Blanquet ¹
% preñez IATF Vacas multíparas de parición tardía	0.80	0.20			Rodríguez Blanquet ¹
% preñez SN Vaquillonas ciclando	0.9	0.10			Rodríguez Blanquet ¹
% preñez SN primíparas	0.65	0.2			Rodríguez Blanquet ¹
% preñez SN vacas multíparas de parición temprana	0.80	0.2			Rodríguez Blanquet ¹
% preñez SN Vacas multíparas de parición tardía	0.50	0.35			Rodríguez Blanquet ¹

El protocolo de inseminación artificial, que se utilizó en el proyecto, de donde se toman los valores promedios de preñez y permite el cálculo de costos, fue el siguiente: destete temporario a corral (DTC) (día 0). Al 5°. día se le coloca a la vaca un dispositivo intravaginal liberador de progesterona (DILP) por 7 días. Al 12°. día de haber realizado el DTC se extrae el dispositivo y se inyecta una dosis luteolítica de prostaglandina F2 α . El día 13°. se determina celo y se

insemina por la rega AM/PM. El día 14°. de mañana se determina celo y se insemina de tarde. Las vacas que no mostraron celo hasta es momento se llevan a las mangas y se les da una dosis de 0,5 mg de benzoato de estradiol. El día 15°. se insemina a tiempo fijo todo lo no inseminado hasta el momento. Los terneros vuelven a su madre luego de terminada la IATF. En el grupo de vaquillonas no corresponde el destete temporario por lo cual es un costo menos que presenta dicha categoria. En destete temporario a corral, la alimentación fue con heno de buena calidad y ración durante 15 días. Luego de la IATF los terneros volvían a su madre. El costo de realizar el DTC se considero igual para los tres rodeos que aplica.

La variable de salida, costo de preñez de IATF + prima, se estableció bajo el supuesto de que vacas que paren temprano, destetan terneros más pesados por ser de mayor edad. Con una ganancia promedio de 0,85 kg y una diferencia de un mes de edad, los terneros nacidos temprano son 25,5 kg más pesados. Esta ganancia en peso, multiplicado por el precio implícito en USD de esos kilogramos, es el factor de descuento que hace al ajuste de dicha variable de salida. Es decir, se simula una situación de IATF que refleja la ventaja de lograr pariciones más tempranas que redundan en una ganancia extra de los terneros al momento de su venta. Cabe destacar que no se cuantificó el progreso genético por la utilización de toros con EPD. Por lo tanto se considera que el nivel genético de SN e IATF es el mismo.

El valor de prima no es comparable entre todas las categorías del rodeo sino que la comparación es válida entre sistemas de reproducción. O sea entre la IATF y el testigo de la misma categoría con SN. Las categorías del rodeo que si son semejantes respecto a lo que abarca el supuesto que hace al valor de la prima, que ajusta la variable de salida CAITF+ P y por ende podría realizarse comparaciones entre sí son las categorías vaquillonas ciclando, vacas primíparas y vacas de parición temprana. No así, la categoría de vacas de parición tardía.

4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SOBRE LOS RESULTADOS

Una primera consideración, al analizar los resultados obtenidos fue corroborar si existían diferencias en costos para la IATF según el tamaño del rodeo: para esto se hizo correr la simulación del modelo en base a un rodeo de 800 animales. Como resultado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Las diferencias más grandes no superaron 1 dólar entre costos comparando misma categoría. En gran medida, esto puede estar explicado por cómo se construyó el perfil de costos (ver Anexo I).

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los valores de media de CIATF variaron de 42,73 a 65,79 USD, el valor mínimo fue en vaquillonas ciclando y esto era esperable, ya que en dicho rodeo no se aplica destete temporario, el cuál tiene un peso significativo dentro de la estructura de costos. El valor de la media de CSN varió de 43,30 a 85,26 USD, donde las diferencias se dan fundamentalmente por la varianza en el precio del toro y el % de preñez logrado en los diferentes rodeos. Los valores de media de CIATF + P varia de USD 23,30 a USD 33,99 y refleja exactamente lo mismo que la variable de salida CIATF. En este caso, el mínimo y máximo son menores, dado que se descuenta al costo de preñez, el valor implícito en UDS de los kilogramos de más que gana el ternero al nacer temprano en la época de parto por ser de mayor edad a fecha fija de destete.

Ampliando, los resultados del trabajo de Johnson y Jones (2008) reflejan que los costos de preñez variaron de USD 46 a 95, donde estos varían en gran medida según el programa de inseminación utilizado.

En cambio en nuestro análisis el programa de Inseminación siempre fue el mismo, lo que varió en mayor medida fueron los porcentajes de preñez alcanzados en los diferentes rodeos sumado a las variables de entradas descriptas en el apartado de materiales y métodos.

A continuación, se presentan los resultados generales de la simulación del modelo por categoría animal.

Cuadro 15. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vaquillona ciclando”

Variable de salida	Media	Desvío estándar	Moda
CSN* USD	43,30	13,37	43,71
CIATF*USD	42,73	8,87	35,26
CIATF+P* USD	23,30	13,72	30,28

CMN = costo monta natural , CIATF = costo inseminación artificial a tiempo fijo, CIATF+P = costo inseminación artificial a tiempo fijo + prima

Cuadro 16. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vacas primíparas”

Variable de salida	Media	Desvío estándar	Moda
CSN USD	64,42	27,9	63,49
CIATF USD	54,62	10,35	54,13
CIATF+P USD	33,99	14,64	45,06

Puede observarse que los valores de moda y media de las variables de salida CIATF y CIATF + P tanto en el rodeo de vaquillonas como el de vacas primíparas es menor al valor de media y moda de CSN. Sin embargo, las diferencias entre los valores de media de CIATF vs. CSN en vaquillonas es de tan solo USD 0,57. La diferencia en costo se hace significativamente más grande cuando se compara con la variable de salida CIATF + P existiendo una diferencia de USD 20,00. El valor de moda y media para la variable de salida CIATF en el rodeo vacas primíparas prácticamente no difiere, esto refleja que la media coincide con el valor más frecuente de la muestra.

Cuadro 17. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vacas de parición temprana”

Variable de salida	Media	Desvío estándar	Moda
CSN USD	52,90	24,72	39,71
CIATF USD	54,60	9,86	57,55
CIATF+P USD	33,60	13,57	35,06

En el rodeo de vacas de parición temprana se invierte parcialmente lo visto anteriormente, el valor de moda de la variable de salida CSN es menor respecto al CIATF aunque la diferencia es de tan solo USD 1,70. Ahora bien, si este costo se lo compara con el valor de media de la variable de salida CIATF + P esta última es USD 19,30 más bajo que el CSN. Lo que determina que para encontrar un resultado económicamente favorable en este rodeo en el uso de la IATF va a depender en mayor medida del hecho de destetar terneros de mayor peso por pariciones tempranas en el período de parto. El valor de moda para CIATF es mayor que las otras dos variables de salida en el rodeo, y no hay grandes diferencias entre CSN y CIATF+ P siendo la diferencia de apenas USD 4,65 a favor de esta última.

Cuadro 18. Media, desvío estándar y moda de costo de preñez por vaca en ambos sistemas de cría para el rodeo “vacas parición tardía”

Variable de salida	Media	Desvío estándar	Moda
CSN USD	85,26	46,41	85,13
CIATF USD	65,79	24,68	54,97
CIATF+P USD	48,05	28,90	38,28

En el rodeo de vacas de parición tardía, los valores de media y moda son favorables para la variable CIATF y CIATF + P, es en este rodeo que se observó la mayor diferencia entre las variables con CSN, esto puede deberse a la baja tasa de preñez lograda con el sistema de cría de SN en comparación a la lograda con el sistema de IATF. Fue el rodeo que mayor diferencias tuvo en % de preñez entre sistemas de cría. Está categoría bajo SN como sistema de recría tiene grandes posibilidades de fallo en la concepción, especialmente en un año con problemas forrajeros. Dando como resultado que los productores alargan el período de entore, agravando para el año siguiente aún más el problema. Por estas razones, la técnica de IATF muestra una amplia diferencia

en costos, evidenciando una amplia ventaja en lo productivo que se traduce en mejores resultados económicos.

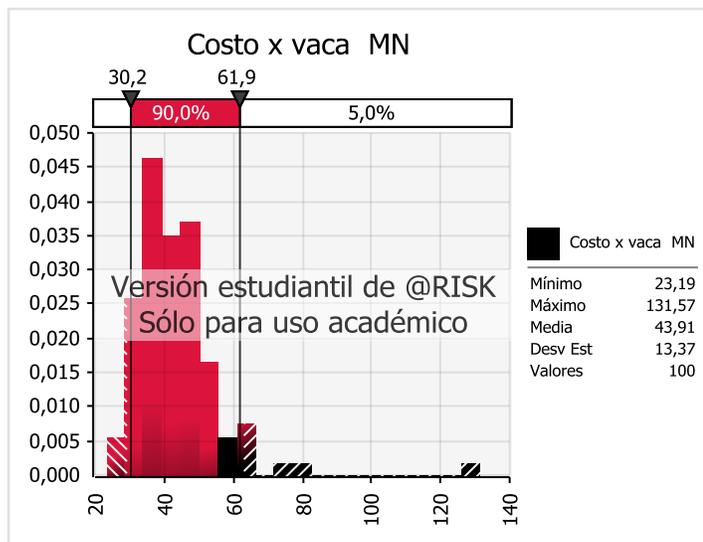
La variable de salida CIATF + P el desvío estándar siempre aumento respecto al valor de CIATF Esto puede explicarse por una mayor varianza (50%) de la variable de entrada prima en U\$S por parición temprana, que opera sobre la variable de salida en cuestión.

Los desvíos estándares más altos se dan para SN esto es porducto de las alta variabilidad (mayor que IATF) que presentan los datos de % de preñez para este sistema de cría. Sumado a esto, está la variabilidad que se determinó en el precio de compra de toro, factor que influye también en estos altos valores de desvío estándar.

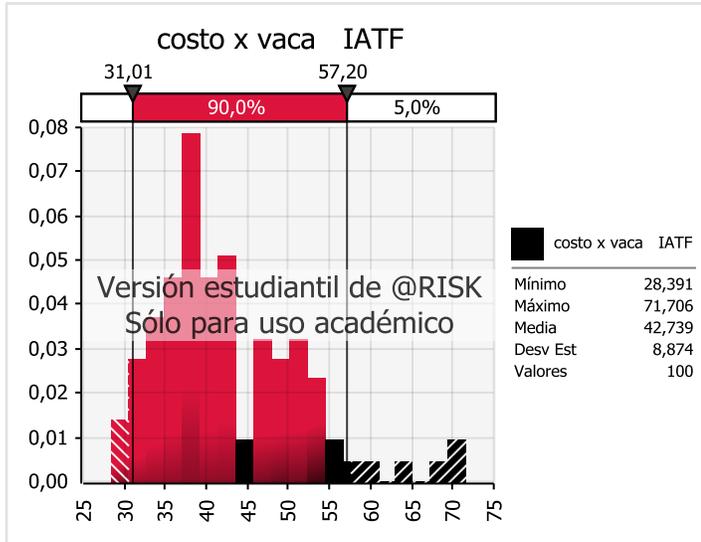
Para ilustrar la distribución esperada en los costos de las técnicas analizadas se presentan a continuación las siguientes gráficas simuladas por el modelo.

4.2.1 Gráfica de distribución de costos en vaquillonas ciclando

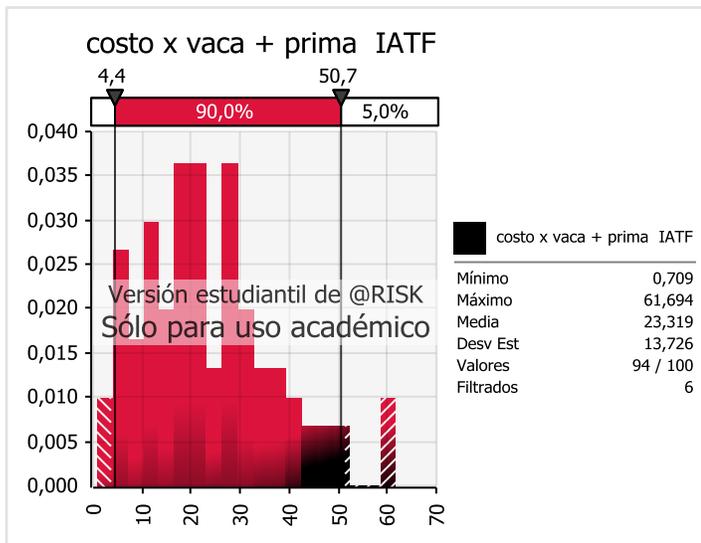
Gráfica 1. Probabilidad de costos SN vaquillonas Ciclando



Gráfica 2. Probabilidad de costos IATF vaquillonas ciclando



Gráfica 3. Probabilidad de costos IATF + prima vaquillonas ciclando

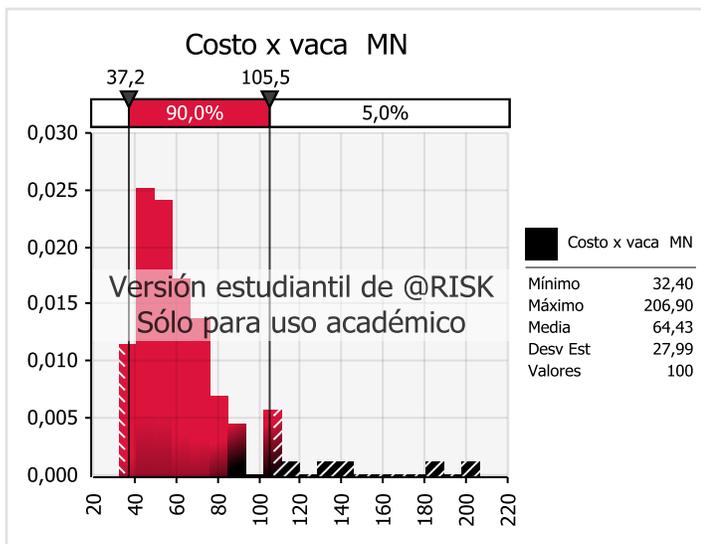


En la información de las gráficas se presentan los valores filtrados, es decir los que quedan por fuera de 0 - 300, aspecto que es mayor cuanto mayor varianza presenta la variable de salida. Se observa cómo las variables de salida CIATF y CIATF + P presentan valores máximos inferiores a la variable CSN dentro del 90 % de probabilidad de ocurrencia de costo. Existiendo una

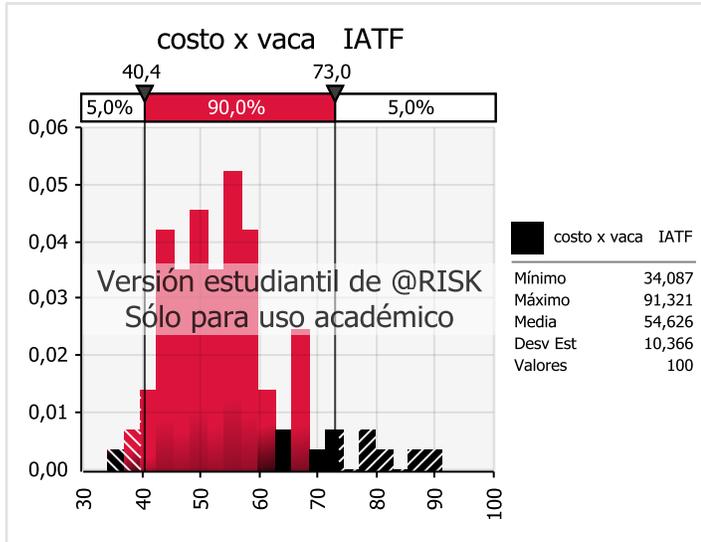
diferencia de hasta USD 11,02. Sin embargo, entre los valores mínimos de C.IATF y CSN la diferencia es de USD 0,9 a favor de CSN, pero esto se revierte cuando se compara con CIATF + P donde la diferencia a favor de esta última es de USD 26,8.

4.2.2 Gráficas de distribución de costos en vacas primíparas

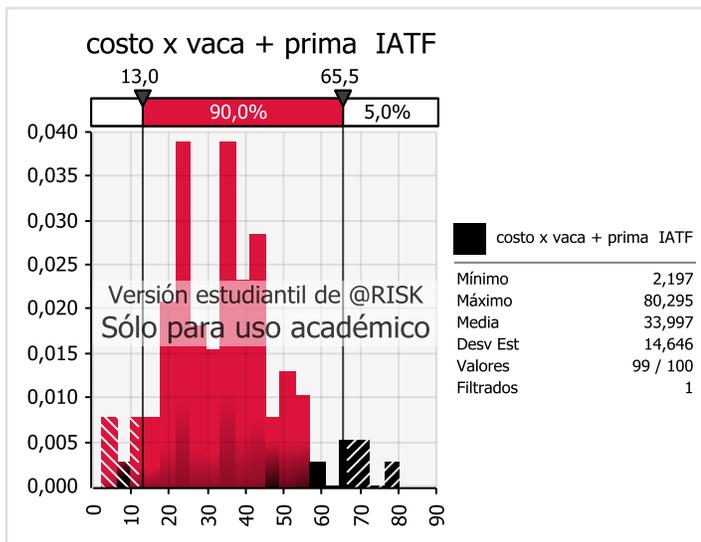
Gráfica 4. Probabilidad de costos SN vacas primíparas



Gráfica 5. Probabilidad de costos IATF vacas primíparas



Gráfica 6. Probabilidad de costos IATF + prima vacas primíparas

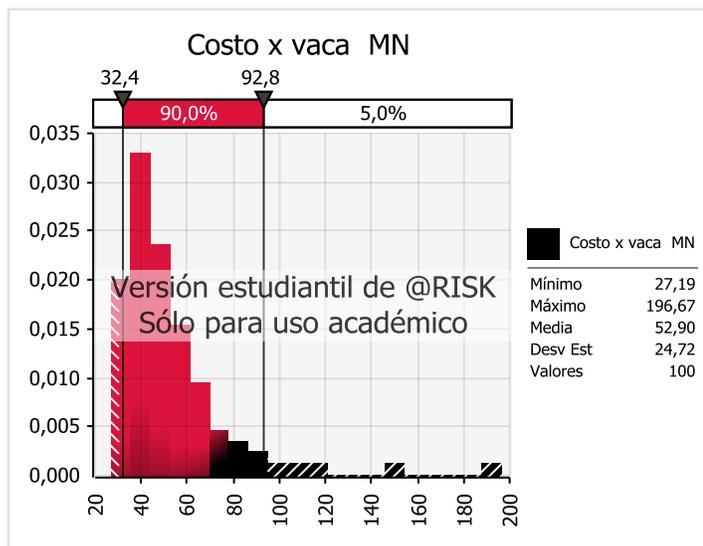


Respecto al rodeo anterior se ve una distribución más amplia para las tres variables de salida. Sin embargo, se mantiene lo observado anteriormente, las variables de salida CIATF y CIATF + P presentan valores máximos inferiores a la variable CSN dentro del 90 % de probabilidad de ocurrencia de costo. Existiendo una diferencia de USD 40,0 entre CSN y CIATF+ P No obstante, entre los valores mínimos de CIATF y CMN la diferencia es de USD

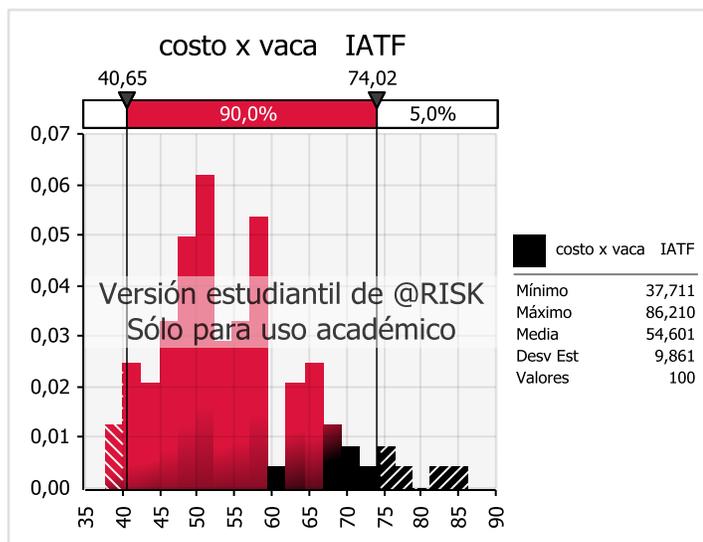
3,2 a favor de CSN pero esto se revierte nuevamente cuando se compara con CIATF + P donde la diferencia a favor de esta última es de USD 24,2.

4.2.3 Gráficas de distribución de costos en vacas de parición temprana

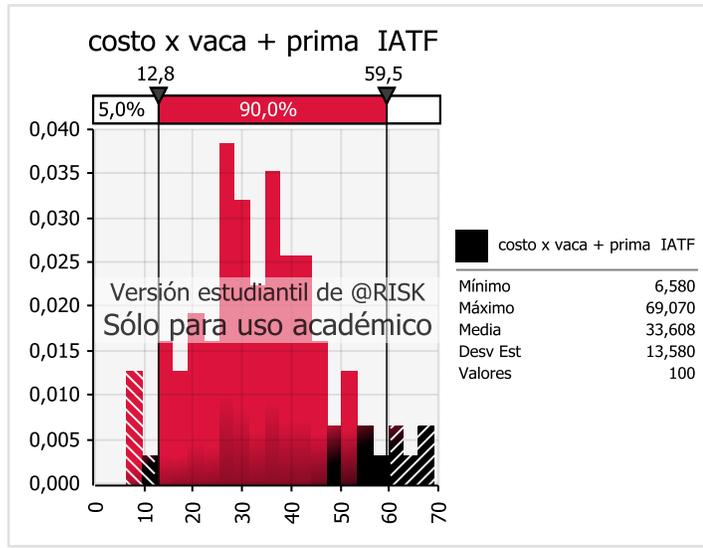
Gráfica 7. Probabilidad de costos SN vacas parición temprana



Gráfica 8. Probabilidad de costos IATF vacas parición temprana



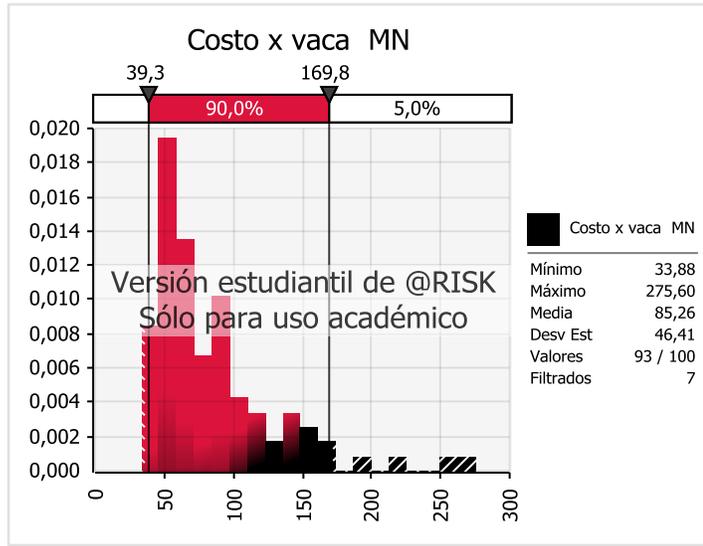
Gráfica 9. Probabilidad de costos IATF + prima vacas parición temprana



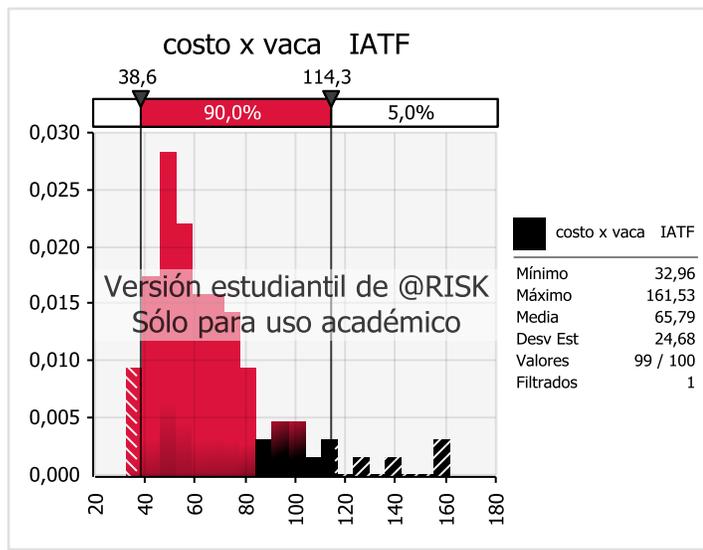
Se repite nuevamente lo observado en los dos rodeos anteriores. Las variables de salida CIATF y CIATF + P presentan valores máximos inferiores a la variable CSN dentro del 90 % de probabilidad de ocurrencia de costo. En este rodeo disminuye la distribución respecto a las vacas primíparas, pero es mayor que la del rodeo de vaquillonas ciclando. La menor distribución entre los rodeos podría estar explicada principalmente por las diferencias en el porcentaje de preñez logrado y su varianza.

4.2.4 Gráficas de distribución de costos en vacas de parición tardía

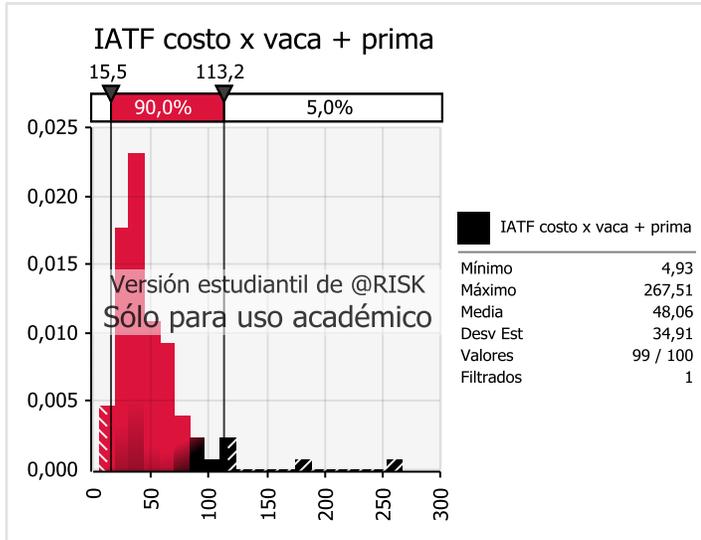
Gráfica 10. Probabilidad de costos SN vacas parición tardía



Gráfica 11. Probabilidad de costos IATF vacas parición tardía



Gráfica 12. Probabilidad de costos IATF + prima vacas parición tardía



La distribución de este último rodeo es la de mayor amplitud con los valores máximos más altos dentro del 90% de probabilidad de ocurrencia de costo, comparando entre los 4 rodeos simulados. Las diferencias entre los valores mínimos dentro del 90% de probabilidad entre CIATF + P y CSN son de USD 23,8. Y la diferencia entre los valores máximos es USD 56, 6. Entre los máximos de CIATF + P y CIATF no hay casi diferencia. Así como tampoco hay casi diferencias entre CIATF y CSN en los valores mínimos.

El rodeo de vaquillonas fue el que mostró menor amplitud en la distribución de costos en las 3 variables y los menores valores mínimos dentro del 90% de ocurrencia. La variable de salida CIATF+ P mostró sistemáticamente los valores de costo más bajos, tanto el valor mínimo como el valor máximo de costo dentro del 90 % de probabilidad de ocurrencia.

A continuación se resume en qué proporción la IATF e IATF+ prima es favorable frente al SN en base a los costos medios de dichas variables de salida (Cuadro 19).

Cuadro 19. Resultado de las simulaciones individuales por categoría

Rodeo	Ventaja	Proporción en % de simulaciones en que los costos de IATF no superan el valor medio de costos de SN	Ventaja Ajustada	Proporción en % de simulaciones en que los costos de IATF+ prima no superan el valor medio de costos de SN
Vaquillona ciclando	0,57	65	20	90
vacas primíparas	9,8	80	30,43	90
Vacas de parición temprana	-1,7	50	19,3	90
Vacas de parición tardía	19,47	80	37,21	90

Ventaja: media costo SN – media costo IATF

Ventaja ajustada: media costo SN – media costo IATF + prima

La ventaja, entendida como la diferencia entre costos medios de SN y IATF fue positiva para 3 de los 4 rodeos analizados. En el rodeo de vacas de parición temprana, la ventaja es negativa, sin embargo en un 50% de las interacciones de la simulación los CIATF no supeó la media de CSN.

En cuanto a la ventaja ajustada, diferencia entre los costos de la SN y la IATF + prima, es favorable para los 4 rodeos analizados ampliamente y en un 90% de los casos los CIATF + P no superó la media de CSN.

Los resultados son alentadores considerando que en muchos escenarios los costos resultan favorables a la IATF en una proporción significativa, donde claramente la categoría que mejor se comporta con amplia diferencias en costos es la categoría de vacas primíparas.

El modelo no consideró o cuantificó algunos supuestos vistos en los antecedentes, que exponen que mediante la técnica de IATF se abre una gama de posibilidades frente al manejo tradicional que se traducirían en beneficios económicos que se deberían poder cuantificar para hacer más rigurosa la comparación y así medir con mejor precisión los costos-beneficios. Estos son que vacas que paren temprano un año lo siguen haciendo a lo largo de su vida como reproductoras. Se agrega a esto, que las terneras hijas de la vaca que pare temprano es más productiva por el resto de su vida. Para poder incorporar este aspecto, se requiere de un análisis mayor a un año y no estático como el presente trabajo, razón por la cuál no se cuantifica este beneficio, necesitando datos sobre este suceso de varios ciclos y así tener información que posibilite cuantificarlo. Sumado a esto y por la misma razón, -análisis estático en el tiempo-, no se cuantificó el hecho de que esa misma vaca se vuelva más longeva en el plantel de madres. Asimismo, del supuesto que las vacas que paren temprano un año se mantienen en pariciones tempranas, se desprende la posibilidad de cuantificar el mejor uso del forraje, la capacidad de consumo de este, así como también, de la leche materna por parte del ternero. Estos aspectos inciden en abaratar o amumentar la ganancia de los kg de ternero. En cierta medida, este punto se cuantificó pero de manera estática y no con la dinámica propia de un rodeo en un escenario de producción comercial con sus varianzas. El análisis se puso bajo el supuesto que todos los terneros nacidos por IATF son más pesados por parir más temprano en la época de partos respecto a sus testigos con SN. Consecuentemente, son más pesados a fecha fija de destete por tener mayor edad, aspecto que está considerado en la variable de salida de IATF+ prima.

La categoría que más provecho tiene para sacar de la IATF es el de vacas de parición tardías, donde el hecho de parir tarde, hace que durante un servicio natural de 100 días las posibilidades de quedar preñadas sean muy bajas por un reposo pos parto muy corto y primeros celos poco fértiles. En cambio, en un sistema de IATF con un protocolo convencional o convencional reformulado como el utilizado en el presente trabajo, la vaca tiene en el mismo período de tiempo 3 posibilidades de preñez. Donde además en los primeros 15 días del período las diferencias de preñez ya son grandes, factor que incide

luego en la fecha de parto y del cuál se desprende todo lo visto hasta el momento respecto a la fecha de parto y la productividad de los terneros/a y las vacas de cría. Contar con datos de un rodeo estabilizado bajo IATF y un testigo con SN abriría la posibilidad de llevar esto a una cuantificación económica.

5. CONCLUSIONES

A la IATF, siempre que se le descontó el valor de la prima, que da lugar a la variable de salida CIATF+P, dio como resultado para los tres rodeos que se generó dicha variable de salida, valores de costos menores al SN. El rodeo que mayor diferencia mostró en costos a favor de la IATF fue vacas de parición tardía, luego vacas primíparas, seguido del rodeo vaquillonas ciclando y por ultimo vacas de parición temprana.

El SN en el único rodeo que mostró costos menores a la IATF, comparando en este caso las variables CSN vs. CIATF fue en el rodeo de vacas de parición temprana, donde sin embargo la diferencia de los valores de media fue baja a favor del SN.

Se puede decir entonces, que la IATF mostró mejores resultados en cuanto a costos frente al SN en una amplia gama de escenarios considerados por el modelo. El modelo, consideró precios de compra de toro altos y bajos. Aún en las interacciones donde el precio de compra del toro era bajo, los costos de IATF fueron favorables frente al SN en un porcentaje significativos de simulaciones.

Se concluye que el precio del semen si bien tiene un alto peso en la estructura de costos de la IATF no influyó en gran medida en la ventaja o desventaja de esta frente al SN dado que en muchos escenarios los costos fueron menores para IATF.

6. RESUMEN

El objetivo del trabajo fue llevar a cabo un estudio entre un protocolo de uso de la IATF y la MN comparando costos entre ambos métodos de preñez y las ventajas o desventajas productivas que presentan. Se construyeron perfiles de costos para el protocolo usado de IATF y MN, utilizados posteriormente para generar simulaciones estocásticas con el programa @RISK, un complemento de hoja de cálculo para análisis de riesgo. Esta herramienta, permitió modelar los resultados simulados basándose en distribuciones predefinidas. Las variables de entrada del modelo fueron: precio de compra toro, costo de semen, costo de DILP, costo técnico inseminador, porcentajes de preñez por categoría animal y prima en USD por pariciones tempranas. El modelo calculó el costo de preñez para tres alternativas, que constituyen las variables de salida MN, IATF e IATF+ prima. Esta última, se ajustó por la ganancia en kilogramos de terneros nacidos en pariciones tempranas. A los efectos del análisis se definieron 4 categorías: vaquillonas ciclando, vacas primíparas de parición temprana, vaca multíparas de parición temprana y vacas multíparas de parición tardía. La variable de salida costo IATF + prima mostró valores menores a la MN en los tres rodeos analizados. El rodeo de vacas de parición tardía mostró mayor diferencia en costos entre IATF y MN.

Palabras clave: IATF; MN; Costo; Simulación; Modelo; Preñez; Ganancia.

7. SUMMARY

The objective of the work was carried out a study of a protocol of use of the IATF and the MN comparisons of costs between the pregnancy methods and the advantages and disadvantages that are presented. Cost profiles were constructed for the protocol used by IATF and MN, for the development of stochastic simulations with the @RISK program, a supplement to the spreadsheet for risk analysis. This tool is found in simulated results in predefined distributions. The input variables of the model were: bull purchase price, semen cost, DILP cost, technical inseminator cost, pregnancy rates per animal category and USD premium for early partitions. The model calculated the cost of prevention for the alternatives, the output variables MN, IATF and IATF + premium. This is the last time you get the gain in kilograms of calves born in early calving. For the purposes of the analysis, 4 categories were defined: heifers cycling, primiparous cows of early calving, multiparous cow of early calving and multiparous cows of late calving. The variable of output cost IATF + premium showed lower values to the MN in the three rodeos analyzed. Rodeo of late calving cows more important in costs between IATF and MN.

Keywords: IATF; MN; Cost; Simulation; Model; Pregnancy; Gain.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alberio, R. H. 2003. Nuevas biotecnologías reproductivas: aspectos biológicos y económicos. (en línea). Balcarce, INTA. s.p. Consultado abr. 2018. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/79-nuevas_reproductivas.pdf
2. Bello, G.; Mestre, G. 1991. Efecto de la producción de leche medida como la ganancia diaria real del ternero, sobre el comportamiento reproductivo de un rodeo Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad Agronomía. 212 p.
3. Bellows, R. 1976. Eficiencia reproductiva. *In*: Mejoramiento de la eficiencia reproductiva del ganado bovino para carne. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 209-225.
4. Bo, G. A.; Cutaia, L.; Brogliatti, G. M.; Medina, M.; Tríbulo, R.; Tríbulo H. 2001. Programas de inseminación a tiempo fijo en ganado bovino utilizando progestágenos y estradiol. *In*: Simposio Internacional de Reproducción Animal (4º., 2001, Córdoba, Argentina). Trabajos presentados. Madrid, Huerta Grande. pp. 117-136.
5. Burris, M. J.; Priode, M. 1958. Effect of calving date on subsequent calving performance. *J. Anim. Sci.* 17:527-533.
6. Cushman, R. A.; Kill L. K.; Funston, R. N.; Mousel, E. M.; Perry, G. A. 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights trough six parturitions. *J. Anim. Sci.* 91:4486-4491.
7. Cutaia, L. 2005. Programas de inseminación artificial a tiempo fijo: análisis de costos e implementación. (en línea). Uberaba, MG, ABS Pecplan. s.p. Consultado jun. 2018 Disponible en https://www.abspecplan.com.br/upload/library/Analise_costo_beneficio_IATF_monta_natural.pdf
8. Davis, M. E.; Rutledge, J. J.; Cundiff, L. V.; Hauser, E. R. 1983. Life cycle efficiency of breed production: II) Relationship of cow efficiency ratios to traits of the dam and progeny weaned. *J. Anim. Sci.* 57:852-866.
9. Dickerson G. E. 1970. Efficiency of animal production – molding the biological components. *J. Anim. Sci.* 30:849-859.

10. _____., 1978. Animal size and efficiency: basic concepts. *Anim. Sci.* 27:367-397.
11. Dunn, T. G.; Kaltenbach, C. C. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* 51 (suppl. 2):29-39.
12. Dziuk, P.; Bellows, R. 1983. Management of reproduction of beef cattle, sheep and pig. *J. Anim. Sci.* 57 (suppl. 2):355-379.
13. Funston, R. N.; Musgrave, J. A.; Meyer, T. L.; Larson, D. M. 2012. Effect of calving distribution on cattle progeny performance. *J. Anim. Sci.* 90(13):5118-5121.
14. Franke, D. E.; Wyatt, W. E. 1982. The influence of previous calving date on subsequent calving rate and date. *J. Anim. Sci.* 55 (suppl. 1):147-152.
15. Gleddie, V. M.; Berg, R. T. 1968. Milk production in range beef cows and its relationships to calf gains. *Can. J. Anim. Sci.* 48:323-333.
16. Hansen, P. J.; Hauser, E. R. 1984. Photoperiodic alteration of postpartum reproductive function in suckled cows. *Theriogenology.* 22:1-14.
17. Hess, B. W.; Lake, S. L.; Scholljegerdes, E. J.; Weston, T. R.; Nayigihugu, V.; Molle, J. D. C.; Moss, G. E. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim. Sci.* 83:E90-106E.
18. Johnson, S. K.; Jone, R. D. 2008. A stochastic model to compare breeding system costs for synchronization of estrus and artificial insemination to natural service. *PAS.* 24(6):588-595.
19. Lesmeister, J. L.; Burfening, P. J.; Blackwell, R. L. 1973. Data of first calving in beef cows and subsequent production. *J. Anim. Sci.* 36:1-6.
20. Loseke, G. L. 1989. A cost analysis of artificial insemination breeding systems as compared to natural service for Nebraska cow-calf producers. PhD. dissertation, Lincoln, USA. University of Nebraska. s.p.
21. Macmillan, K. L. 1983. Prostaglandin responses in dairy herd breeding programs. *N. Z. Vet. J.* 31(7):110-113.
22. Martinez, M. F.; Kastelic, J. P.; Colazo, M. G.; Mapletoft, R. J. 2007. Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle. *Dom. Anim. Endocrinol.* 33:77-90.
23. Miller, K. E.; Whitter, J. C.; Peel, R. K.; Enns, R. M.; Brummer, J. E.; Umberger, W. J. 2004. Comparison of breeding and marketing

systems for Red Angus cattle using an integrated computer-based spreadsheet. PAS. 20(5):429-436.

24. Morris, C.A. 1980. A review of relationships between aspects of reproduction in beef heifers and their lifetime production 2) Association with relative calving date and with dystocia. Anim. Breed. Abs. 48(10):655-676.
25. Morrow, D. L.; Brinks, W. E. 1968. The effect of season of birth of calf on weaning weight and cow production. In: Annual Beef Cattle Improvement Day and Anctron (19th., 1968, Colorado). Proceedings. s.n.t. s.p. (Gen. Series N869.)
26. Paloma, J. G.; Alberio, R.; Miquel, M. C.; Grandona, M. O.; Carrillo, J.; Schiersmann, G. 1992. Effect of calving date on lifetime productivity of cows in a winter-calving Aberdeen Angus herd. J. Anim. Sci. 55(2):177-184.
27. Plasse, D.; Warnick, A. C.; Koger, M. 1968. Reproductive behavior of *Bos indicus* females in a subtropical environment. I. Puberty and ovulation frequency in Brahman and Brahman x British heifers. J. Anim. Sci. 27:94-100.
28. Ramos, M.; Ramos, C. W.; Cutaia, L.; Bo, G. 2011. Momento de la ovulación en vacas cruza con cría al pie tratado con dispositivos con distintas concentraciones de P4 y combinados con ECP. In: Simposio Internacional de Reproducción Animal (4º., 2011, Córdoba, Argentina). Resúmenes. s.n.t. p. 343.
29. Short, R. E.; Bellows, R. A.; Moody, E. L.; Howland, B. E. 1972. Effects of suckling and mástectomy on bovine postpartum reproduction. J. Anim Sci. 50:799-810.
30. _____, Staigmiller, R. B.; Berardinelli, J. G.; Custer, E. E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. J. Anim. Sci. 68(3):799-816.

9. ANEXOS

A continuación se presentan los perfiles de costos utilizados para el modelo. Es la estructura básica del perfil de costo de IATF y SN.

Cuadro 1. Perfil costo de la IATF

Costo IATF	
pistola o inyector	0,22
termo	
descongelador	0,13
termo criogénico	0,42
Nitrógeno	0,48
Vainas	0,1
Semen	7
prostaglandina	1,1
benzoato de estradiol	0,08
DIB	6
DTC	10,5
técnico inseminador	1
1/2 MN	18,36

Cuadro 2. Perfil de costo de SN

Costo MN	
Alimentación	5,6
Sanidad	0,18
amortización	
compra	14,23
costo	
oportunidad	14,4
Mortandad	0,79
Flete	1,48