



Impacto de las Tecnologías Reproductivas sobre la Eficiencia de Producción del Ganado Vacuno

Henry William Vivanco-Mackie

Zootecnista, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
MsC. en Fisiología Reproductiva Animal, California State Polytechnic University, USA.

Ph.D. en Fisiología Reproductiva Animal, Utah State University, USA

Director e investigador del centro de desarrollo tecnológico de la compañía
South Pacific Biotech of Echuca, Australia.

WilliamVivanco@hotmail.com

(Perú – Radicado en Nueva Zelanda)

Introducción

Los progresos recientes alcanzados en la manipulación de la reproducción del ganado bovino vía transferencia embrionaria convencional o “in vitro”, el sexado de embriones, sexado de espermatozoides, clonación, marcadores genéticos, etc. (Tervit et al., 1998) ha creado oportunidades para seleccionar animales de reemplazo en formas diferentes a las usadas en la actualidad.

En la industria lechera de Nueva Zelanda, las terneras de reemplazo son comúnmente producidas por monta natural o predominantemente por inseminación artificial usando semen de toros probados de alto valor genético (Anon, 2000). La selección por el lado paterno es bastante intensa (los toros probados en cada generación son a su vez crías de toros probados y de alrededor de 30 vacas selectas de una población total de mas de 2 millones de vacas).

En cambio la selección en el lado materno de las terneras de reemplazo es muy limitada, prácticamente todas las terneras nacidas al principio de la estación de parición (y que hayan sido producto de inseminación artificial) son retenidas como terneras de reemplazo independientemente de la calidad genética de la madre, esto debido a que los hatos lecheros solo inseminan por 2 ciclos consecutivos y las vacas que no preñan después de dos inseminaciones son puestas en monta natural con toros de carne, bajo este sistema hay una producción de terneras más reducida en el hato y por consiguiente toda ternera nacida de inseminación , no importa cual sea la madre, es retenida como ternera de reemplazo; por lo que la única selección que ocurre en el lado materno es cuando se hace el descarte anual de vacas al final de la estación de ordeño.

Las nuevas tecnologías reproductivas permiten incrementar el número de crías posibles de ser obtenidas por vaca, sobre todo la técnica de recolección de ovocitos y subsiguiente fertilización y cultivo “in vitro” que permite obtener mas de 70 crías por vaca donante por año si la vaca se dedicara exclusivamente a la producción embrionaria y por lo menos 12 crías por vaca si solo se dedicaran 2 meses (de los 30 a





los 90 días post parto) a la producción embrionaria (Vivanco-Mackie, 2000). Este incremento en la tasa reproductiva de las vacas permite seleccionar solo las vacas elite de una población o hato como madres de todas las terneras de reemplazo necesarias, aun más, las nuevas tecnologías permiten utilizar animales jóvenes (vaquillas) y hasta pre púberes (terneras) como donantes de ovocitos y consiguientemente como madres de terneras de reemplazo. La mayor presión de selección (solo hembras elite usadas como madres) y la menor edad de las madres donantes de embriones crea la oportunidad para alcanzar mucho más alta ganancia genética en la población de hembras del hato.

Como una evaluación de esta oportunidad, se condujo el estudio, desarrollando para el caso de ganado lechero, un modelo matemático para simular y medir el valor de los beneficios que podrían resultar del uso de las tecnologías reproductivas de punta. Los efectos en el “Valor de Cría” (Breeding Worth¹) o valor genético sobre un periodo de 10 años fueron comparados con el sistema de uso corriente (o status quo) en los hatos lecheros de Nueva Zelanda.

Las vacas de carne tienen requerimientos de alimentación más flexibles que las vacas lecheras y son usadas en el sistema pastoril de Nueva Zelanda para controlar la calidad de la pastura (McCall, 1994; Nicol y Nicoll, 1987; Pleasants et al., 1994). Esta flexibilidad está basada en hacer la parición de las vacas al inicio de la primavera de tal manera de hacer coincidir sus requerimientos de alimentación con la curva de crecimiento y disponibilidad de pasturas.

Sin embargo y a pesar de recientes avances, tales como sistemas de selección para animales de carne, empadre anual, uso de madres cruzadas y uso de machos de razas de “término” en sistemas de triple cruza, etc. (McMillan y McCall, 1991; Smeaton, 1996), los sistemas de producción con vacas de carne son percibidos como de menor rentabilidad en comparación con otras explotaciones ganaderas en Nueva Zelanda (Webby y Thomson, 1994) aunque McRae (1999) sugiere todo lo contrario. Cualquiera que sea el caso, ganancias en productividad son altamente deseables ya que todos los sistemas de producción de carne de bovino tienen que competir con otras fuentes de proteína animal cada vez más eficientes y económicas (por ejemplo la carne de aves).

El mayor costo de producción por kilogramo de carne es el alto costo de la energía consumida para mantener la vaca de carne; este costo llega a ser cerca del 50% del costo total de la energía utilizada para producir un Kg. de carne de bovino; en comparación con solo 3% en el caso de las aves. En adición a los aspectos de costo, los productores de carne tienen que hacer frente a la demanda de los mercados por consistencia en la calidad del producto, tamaño de los cortes, etc. Los sistemas de manejo pastoril han tenido que enfrentar siempre los impactos del medio ambiente, la

¹ “Breeding Worth” es el Índice de Evaluación Genética utilizado en Nueva Zelanda, es una combinación de parámetros genéticos (“Breeding Values” o BV) multiplicados por su valor económico (“Economic Values” o EV). La fórmula del Breeding Worth es = BV para grasa x EV para grasa + BV para proteína x EV para proteína + BV para volumen leche x EV para volumen de leche + BV para peso vivo x EV para peso vivo + BV para longevidad x EV para longevidad.



estación y los efectos biológicos en la variabilidad de los animales (Pleasant et al. 1994). Invariablemente, las estrategias para mitigar estos efectos tienen un costo que se traduce ya sea como baja productividad y/o menor rentabilidad.

Las tecnologías reproductivas de avanzada (Tervit et al., 1998) tienen el potencial de asistir a través de las avenidas de inducción de mellizos (Smeaton et al., 1999; Smeaton, 2000), empadre y partos sincronizados, separación del vínculo genético entre la madre y la cría vía transferencia embrionaria (TE), control del sexo de la cría, control de la consistencia fenotípica y genética de las crías vía TE y uso de clonación para minimizar variación genética.

El presente estudio como una evaluación de los potenciales beneficios de las tecnologías reproductivas en la producción de carne de bovino aplicó modelos matemáticos para medir la influencia de:

1. Uso de control del sexo de la cría para capturar el mas rápido ritmo de crecimiento de los machos enteros en comparación con otro sexo.
2. Uso vía TE de madres nodrizas pequeñas, de bajo consumo de energía de mantenimiento pero de alta producción lechera, para gestar, parir y criar terneros carniceros de alto ritmo de crecimiento.

La influencia de estas tecnologías fue estudiada bajo un programa de partos resultante de una sola ronda de transferencias embrionarias con celos sincronizados.

Los modelos matemáticos evaluaron cuatro escenarios de sistemas de producción que variaron en el tipo de madre lactante y tipo de cría. La eficiencia de conversión de alimentos de los sistemas en estudio fue comparada con un sistema "status quo" (de uso corriente en Nueva Zelanda) basado en vacas cruzadas Holstein x Hereford y servidas por monta natural por toro Simmental.

1. ESTUDIO EN GANADO LECHERO

1.1 Materiales y métodos

El modelo de simulación fue desarrollado usando "Visual Basic" en una hoja de datos "Excel". Los datos de un hato lechero de 160 vacas en lactación fueron usados para predecir los cambios en el "Valor de Cría" ("Breeding Worth" o BW) sobre un periodo de 10 años usando las diferentes estrategias para seleccionar las terneras de reemplazo que pueden ser obtenibles con el uso de las nuevas tecnologías reproductivas.

Las cuatro estrategias evaluadas fueron:

(1) Estrategia "status quo", usada corrientemente por el ganadero lechero neocelandés basada en el uso del "toro del día" que el servicio de inseminación artificial distribuye como semen fresco para inseminar en el día en particular en todo el país, son toros





probados de alto valor genético pero el ganadero no tiene opción a escoger el toro, simplemente ese día en particular se usa ese toro, y no importa en que vaca o sea el sistema es totalmente al azar, las vacas se inseminan con el toro del día a como vayan entrando en celo hasta que se tenga suficiente numero de vacas preñadas que garantice que se va a generar el suficiente numero de terneras de reemplazo (Anon, 2000b).

(2) Una nueva estrategia es aquella en donde se genera el suficiente número de terneras de reemplazo usando igualmente el “toro del día” del servicio de inseminación pero usando como madres solamente el 25% superior de las vacas del hato. Estas vacas superiores son dedicadas a la colección de ovocitos para la subsiguiente fertilización y cultivo de embriones “in vitro” los cuales se transfieren a vacas del mismo hato pero de menor valor genético que servirán de recipientes.

(3) Igual que el sistema descrito en (2) pero usando como madres solo el 25% superior (en base a su valor de cría) de las vaquillonas de primer servicio (vaquillonas de 18 a 20 meses de edad) como donantes de los ovocitos.

(4) Igual que el sistema descrito en (2) pero usando como madres donantes de los ovocitos solo al 25% superior (en base a su valor de cría) de las terneras pre púberes (menores de 1 año de edad).

Los parámetros asumidos para los modelos incluyeron:

- El valor de cría (BW) de la progenie es el promedio del valor de cría de los padres (padre y madre) Anon (b)(2000).
- El promedio de valor de cría (BW) de los “toros del día” usados en la primavera del año 2000 en Nueva Zelanda fue de 135 y la desviación standard (sd) del promedio de valor de cría de los toros para cada año se asumió en un valor de ± 7 (Anon (b) (2000)).
- Se asumió un incremento promedio en el valor de cría (BW) de \$5 unidades lineares por año. Este es un estimado conservador comparado con estimados en la mayoría de los casos que asumen \$6. (Anon (a), 2000; Garrick y López-Villalobos, 1998; López-Villalobos y Garrick, 1997).
- Se asumieron las tasas de reemplazos de 15, 20 y 25% consistiendo de 5, 10 y 15% de saca por producción respectivamente, basada en BW y 10% de saca al azar debido a muertes, enfermedad o falta de preñez. Simmonds (1998) usó una tasa de reemplazo de 21.6% y uso 18 y 20% (Anon, 2000).

Las cuatro estrategias fueron evaluadas en términos de cambios en el Valor de Cría del Hato (herd BW) sobre un periodo de 10 años, usando datos originales de un establo lechero que en base a su BW estaba dentro del 10% superior de los hatos de Nueva Zelanda. A este paquete de datos se le consideró como “caso estudio número uno” (hato de alto valor genético al inicio del programa).

Los datos del hato fueron copiados de los registros del establo a la base de datos de nuestro modelo. Las fases en la simulación comprendieron:





- (1) Determinar la dimensión de las poblaciones, promedios y desviaciones Standard para las vacas, vaquillonas y terneras al inicio de cada año.
- (2) Selección de las vacas de saca al azar utilizando números al azar.
- (3) Selección de las vacas de saca por producción ordenando las vacas de acuerdo a su valor de cría (BW)
- (4) Creación de la progenie del siguiente año determinando su BW con base en el promedio de los BW de la madres y de los padres.
- (5) Ganancia de un año de edad para todo el ganado y creación de la lista de la población del hato del siguiente año incluyendo vaquillas y terneras.
- (6) Determinación de los tamaños de población, los promedios y desviaciones standard de los animales retenidos para el inicio del siguiente año.
- (7) Repetir el ciclo por 10 años y compendiar los resultados.

Se efectuaron análisis de varianza para los promedios de los resultados de 20 corridas o repeticiones usando el programa de análisis estadístico "Genstat (Genstat 5 Committee, 1993). Se probó la hipótesis nula de que no había diferencias significativas en el ritmo de ganancia genética y la ganancia genética total después de 10 años de selección entre los 4 métodos de selección y tasas de reemplazo usadas.

El "caso estudio número dos" (hato de bajo nivel genético al inicio del programa) se creó simplemente sustrayendo 30 unidades de valor de cría (BW) al valor de cría de cada vaca del hato usado como "caso estudio número uno". Se generó así un hato que se ubicó en el 10% inferior de los hatos de Nueva Zelanda (Anon, 2000a).

1.2 Resultados y discusión:

El gráfico 1 ofrece el resultado de una muestra de 20 corridas de simulaciones de la estrategia que alcanzó el más significativo incremento de nivel genético: La estrategia (4) aplicada al "caso estudio número dos" (hato de bajo nivel genético inicial).

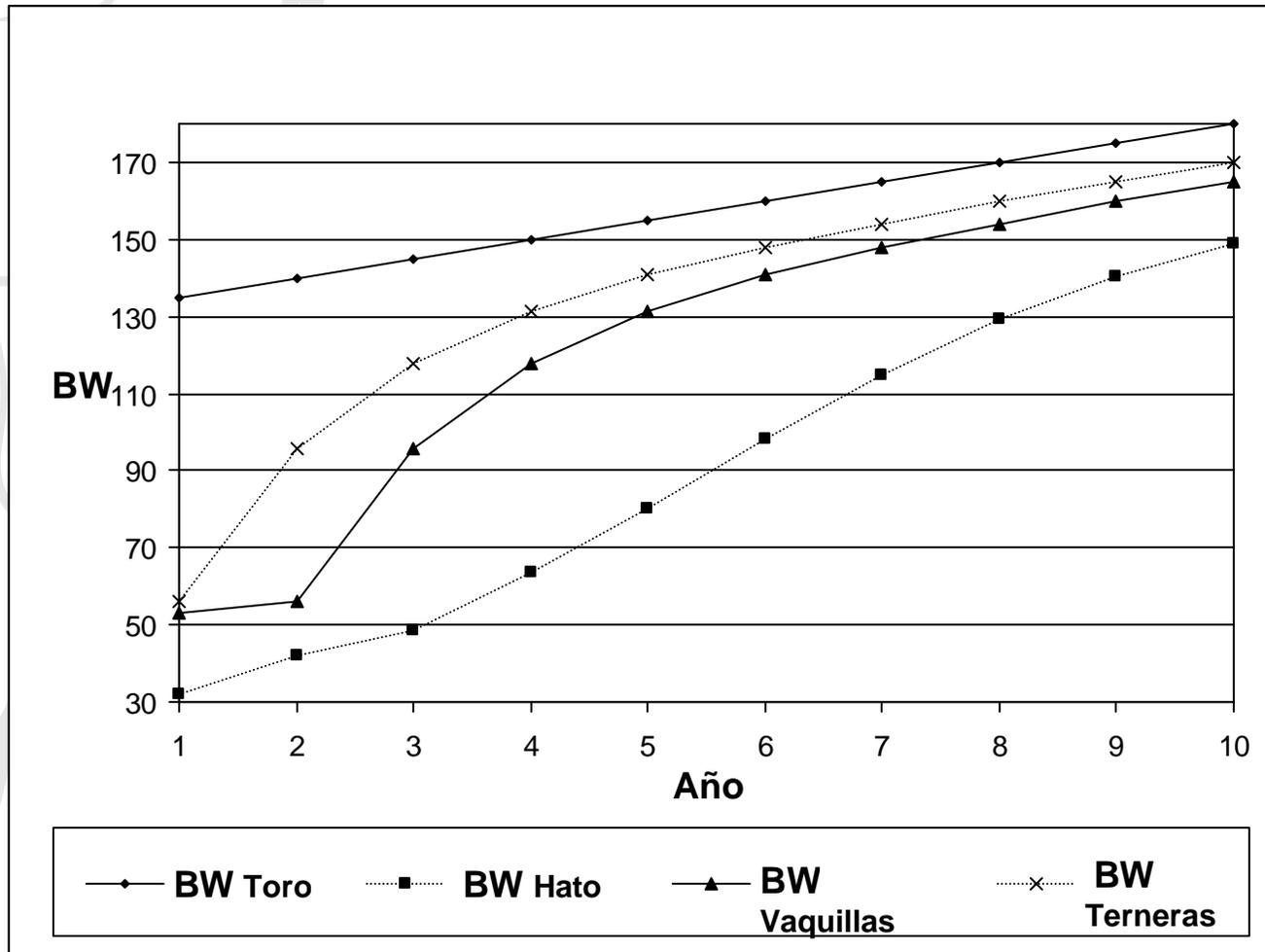
En esta combinación, en el hato de bajo nivel genético inicial se reemplazó anualmente el 25% de las vacas del hato con hembras de reemplazo originadas por TE usando como donadoras de ovocitos al 25% superior de terneras prepúberes e inseminando y fertilizando los ovocitos para producción de embriones in vitro con semen de los "toros del día". El gráfico 1 muestra un significativo progreso genético alcanzado en un periodo de 10 años usando esta estrategia; el mayor progreso genético fue alcanzado en los primeros 5 años. Este tipo de respuesta ha sido documentada previamente por Clarke (1992).





Gráfico 1

Promedio de valor de cría (BW) simulado para cada grupo de edad (vacas, vaquillas, terneras) por año para el hato lechero de bajo BW sometido a la estrategia de selección (4) en la cual el 25% del hato es reemplazado anualmente con hembras generadas usando ovocitos del 25% superior de terneras pre púberes y semen del “toro del día”.

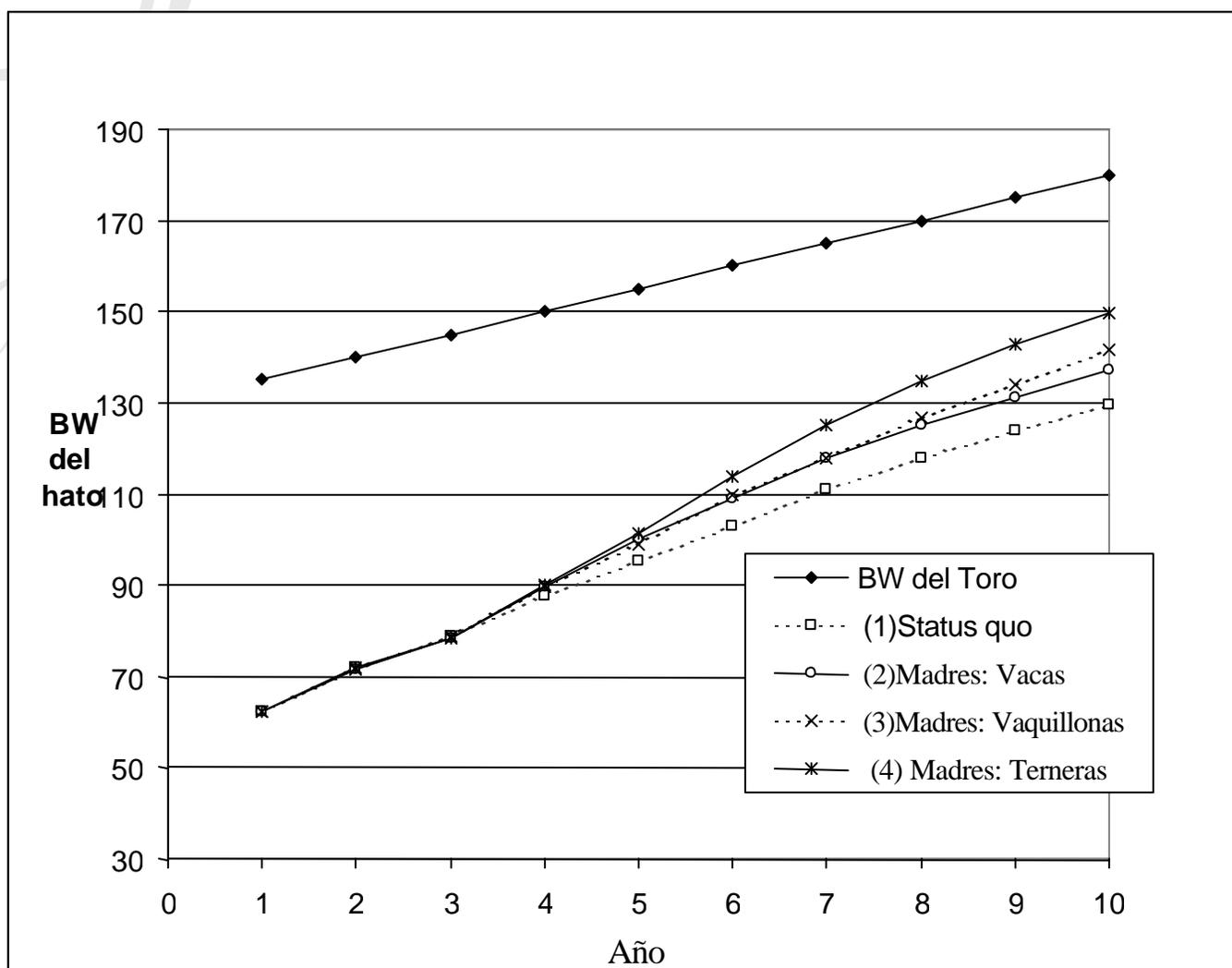




El gráfico 2 muestra el progreso en el tiempo para cada una de las 4 estrategias de selección aplicadas al hato de alto valor de cría inicial a una tasa de reemplazo del 25%. Los resultados muestran la magnitud de la posible ganancia genética por mayor presión de selección (status quo versus las otras alternativas) incrementada por mas cortos intervalos generacionales (comparación extrema estrategia 4 vs. 1). La ganancia genética usando embriones de vacas adultas o de vaquillonas de primer servicio para generar las hembras de reemplazo, a igual presión de selección (25% superior), fue prácticamente la misma, por lo que el efecto de menor intervalo generacional es marcado solamente cuando se usan terneras pre púberes.

Gráfico 2

Progreso en el valor de cría (BW) del hato a través del tiempo para cada una de las estrategias de reproducción y mejoramiento genético para el hato de alto valor genético (BW) inicial

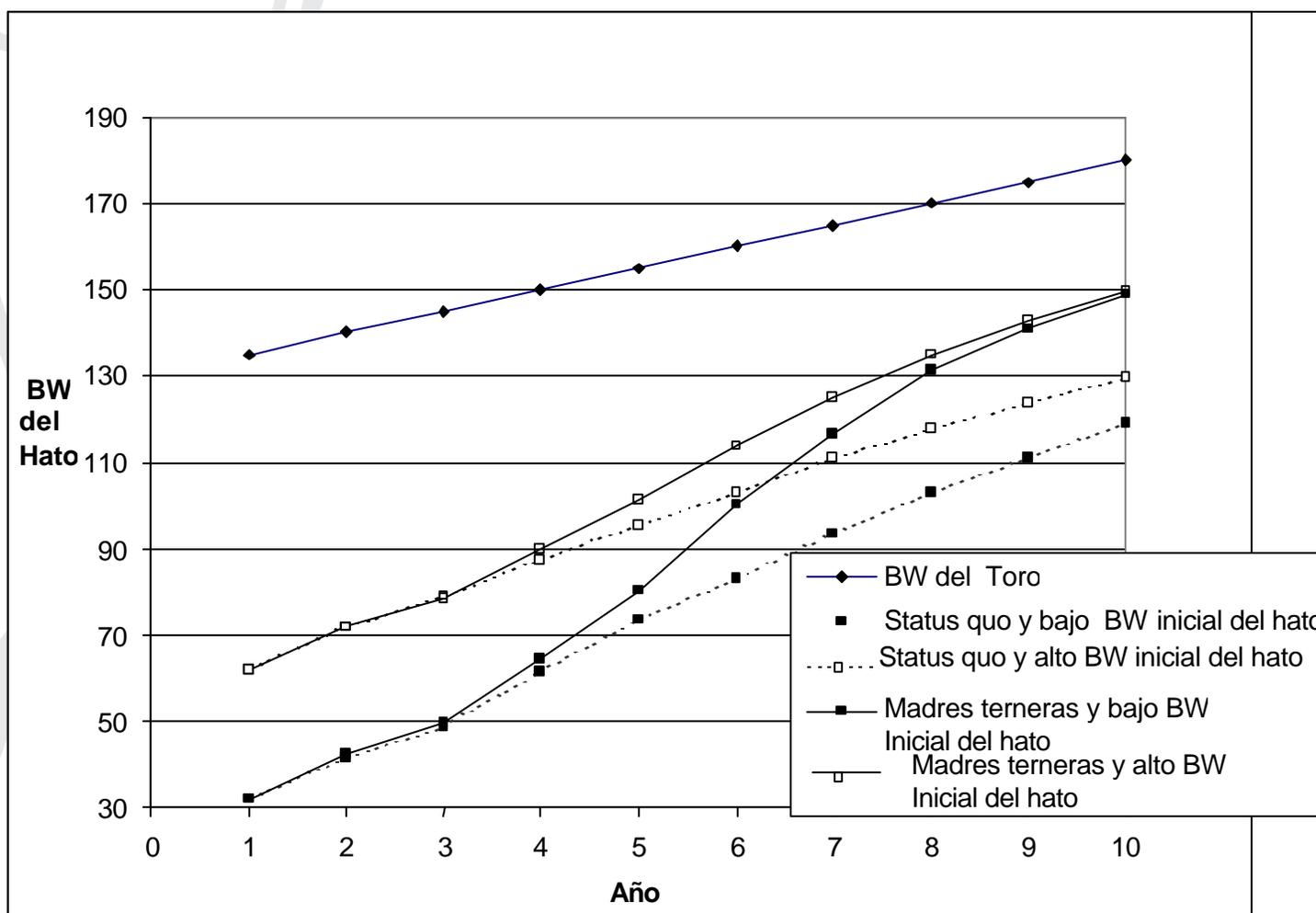




La ganancia genética fue mayor para el hato que empezó con una base genética baja (Gráfico 3, $p < 0.01$), especialmente cuando el intervalo generacional fue corto (estrategia 4, $p < 0.01$). En general es de esperar que los hatos de menor nivel genético inicial sean los que más se beneficien de la introducción de genes de alta productividad (toros probados) y de la mayor presión de selección y reducido intervalo generacional, esto debido a la mayor selección diferencial (diferencia entre los padres selectos y el promedio de la población) dada por el nivel genético de los individuos selectos y/o introducidos y la mayor variabilidad observada en hatos donde no se ha practicado selección intensa anteriormente.

Gráfico 3

Progreso en valor genético (BW) del hato a través del tiempo para las estrategias de selección 1 y 4 en hatos de bajo y de alto nivel genético (BW) inicial

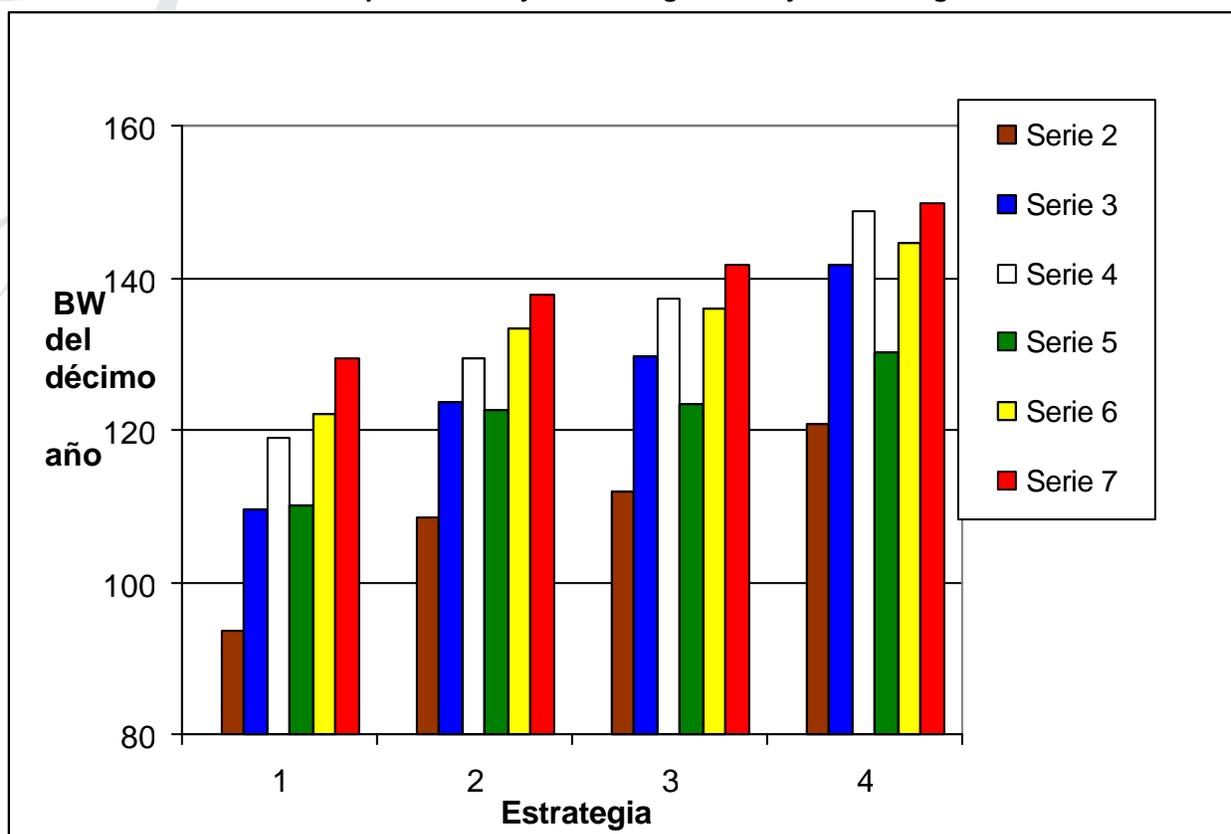




El gráfico 4 ofrece el efecto en 10 años de aplicación de las 4 diferentes estrategias de mejoramiento genético y el efecto de diferentes tasas de reemplazo de las vacas del hato para cada tipo de estrategia de mejoramiento usada. Este análisis confirma que las mayores ganancias genéticas con el uso de tecnologías reproductivas de punta son obtenidas por los hatos de menor nivel genético inicial ($p < 0.001$), obteniendo los ovocitos de terneras prepúberes ($p < 0.001$) y a una alta tasa de reemplazos anual ($p < 0.001$). Tal como se aprecia en el gráfico 4, un hato usando esta combinación (estrategia 4 y 25% de reemplazo anual de vacas) obtendrá un incremento de 55 puntos en el valor genético (BW) del hato en un periodo de 10 años en comparación con el status quo (estrategia 1 y 15% de saca anual). Para un hato con alto valor genético (BW) inicial la misma comparación da una ganancia de 40 puntos de BW.

Gráfico 4

Valor genético (BW) del hato al año 10 de acuerdo con el valor genético (BW) inicial del hato, la tasa de reemplazo anual y la estrategia de mejoramiento genético



Descripción de las series del gráfico 4:

Serie 2: Tasa de reemplazo anual de vacas del 15%, hato de bajo BW inicial

Serie 3: Tasa de reemplazo anual de vacas del 20%, hato de bajo BW inicial

Serie 4: Tasa de reemplazo anual de vacas del 25%, hato de bajo BW inicial

Serie 5: Tasa de reemplazo anual de vacas del 15%, hato de alto BW inicial

Serie 6: Tasa de reemplazo anual de vacas del 20%, hato de alto BW inicial

Serie 7: Tasa de reemplazo anual de vacas del 25%, hato de alto BW inicial

1.3 Conclusiones del estudio aplicado a los hatos lecheros

Nuestros modelos muestran que las tecnologías reproductivas de punta producen las máximas ganancias genéticas cuando son aplicadas a hatos lecheros de bajo valor genético inicial en sistemas de alta tasa de reemplazo de vacas por año y usando como madres de la siguiente generación a terneras prepúberes. Hatos de alto valor genético inicial también muestran un significativo incremento del valor genético pero en menor magnitud que en los hatos de menor nivel genético inicial.

2. ESTUDIO EN EVENTUALES NUEVOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE GANADO DE CARNE

2.1 Materiales y métodos:

Los cinco sistemas (status quo y 4 sistemas nuevos) fueron simulados usando “Excel”.

El Sistema 1 (status quo) es el sistema óptimo actual usado por la industria de ganado de carne en Nueva Zelanda (McMillan, 1989; McMillan y McCall, 1991; Smeaton, 1996) que utiliza vacas cruzadas Hereford x Holstein Friesian (HxF) servidas por monta natural por hasta 3 ciclos consecutivos con toros Simmental (S) o de cualquier otra raza de “termino”.

El Sistema 2 considera solamente un ciclo de transferencia embrionaria (TE) a vacas HxF usando embriones S x HxF (Simmental x Holstein Friesian).

El Sistema 3 es igual al sistema 2 pero usando embriones sexados produciendo 95% de terneros macho.

El Sistema 4 considera solamente un ciclo de transferencia embrionaria (TE) a vacas Jersey (J) en vez de vacas HxF y usando los mismos embriones S x HxF

El Sistema 5 es igual al sistema 4 pero usando embriones sexados produciendo 95% de terneros macho.

Cada sistema incluyó 100 vacas. Los sistemas 2 al 5 asumieron que todas las vacas quedaron preñadas después de una sola ronda de TE y poniendo las vacas al toro para que sirva por monta natural a las vacas que retornan al celo. Todos los parámetros asumidos se basaron en resultados publicados (Baker et al., 1986; Morris et al., 1986; Smeaton, 2000; Xu, 2000) o fueron parámetros medidos (pesos de vacas y terneros, tasas de preñez y control de la proporción de sexos) en una población de animales experimentales en la estación de investigación de Whatawhata donde se utilizaron embriones de las razas descritas y que fueron producidos “in vitro” en el centro de Investigación de Ruakura.

En la tabla 1 se muestran los valores asumidos para los diferentes parámetros. El gráfico 1(5) muestra los valores usados de peso vivo de las vacas. Se asumió que las vacas de ambas razas HxF y J produjeron similar cantidad de leche corregida por porcentaje de grasa (FCM). Las predicciones de los requerimientos de consumo de



energía metabolizable (EM) y materia seca (MS) fueron derivados para los sistemas descritos usando las funciones y la información de Geenty y Rattray (1987). Los requerimientos de alimento para las vacas en el Sistema 1 fueron comparados con los estimados de "Stockpol" (Marshall et al., 1991).

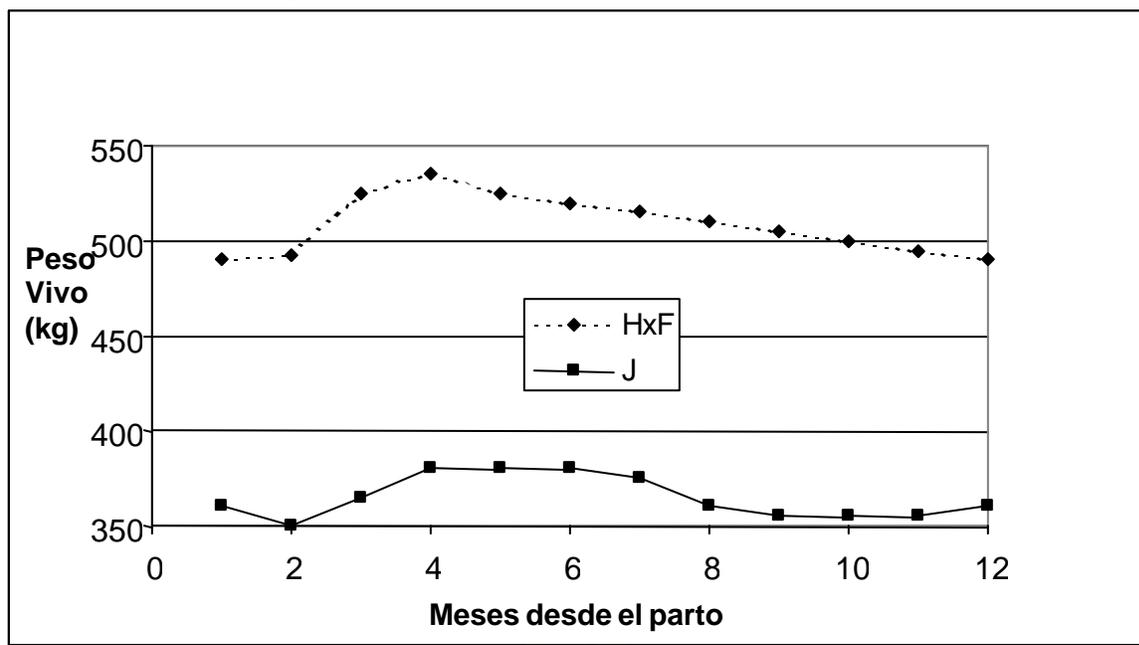
TABLA 1

Asunciones usadas en los modelos de simulación

Porcentaje de preñez a un solo servicio:		
- Cuando se transfirió embriones	60 %	De las vacas recipientes
- Monta natural	60 %	De las vacas servidas
Pérdidas fetales hasta el diagnóstico de preñez en Marzo	5 %	De las vacas presentes
Subsiguiente pérdida fetal hasta el parto	5 %	De las vacas presentes
Pérdidas de terneros al nacimiento	5 %	De los terneros nacidos
Pérdida de terneros hasta el destete	5 %	De los terneros nacidos vivos
Porcentaje relativo de supervivencia de machos y hembras	95 %	
Proporción sexual al nacimiento para machos	51.5 %	En relación al total
Promedio de peso de terneras hembra al nacimiento	35 Kg.	
Efecto del sexo en el peso vivo de machos	115 %	En relación a las hembras
Efecto de fecha de nacimiento sobre el peso del ternero	1.1	Kg./día
Fecha planeada de inicio de parto (FPIP)	1	Septiembre
Periodo entre FPIP al destete	180	días
Duración del ciclo estral	21	días

Gráfico 5

Curvas de peso vivo de las vacas usadas en los sistemas de los modelos





Alterando las asunciones del Sistema 1, tal como se enlistan en la Tabla 2, se generaron los sistemas 2, 3,4 y 5. Los resultados de los 5 sistemas fueron expresados y comparados como Kg. de ternero destetado por Kg. de peso vivo de vaca al destete del ternero, MJ EM/(vaca + ternero)/año/Kg. de ternero al destete y Kg. MS/(vaca + ternero)/año/Kg. de peso al destete del ternero.

TABLA 2
Asunciones usadas para generar los sistemas 2, 3,4 y 5

Asunción	Sistema				
	1	2	3	4	5
Raza de la madre, natural o nodriza	HxF	HxF	HxF	J	J
Peso vivo de la vaca madre en Marzo	515	515	515	375	375
Tipo de servicio	Natural	TE	TE	TE	TE
No. De ciclos estrales con servicios	3	1*	1*	1*	1*
Proporción de sexos (% machos)	51.5	51.5	95.0	51.5	95.0

* Se adquirió para todos los sistemas vacas preñadas que fueron servidas por 3 ciclos por monta natural para reemplazar las vacas no preñadas al diagnóstico de preñez en Marzo.

Los resultados estadísticos se obtuvieron aplicando análisis de riesgo. Se usaron desviaciones standard estimadas, basadas en publicaciones de datos de campo disponibles y el modelo fue repetido 1000 veces usando el análisis de riesgo. Las desviaciones standard resultantes del análisis de riesgo se ofrecen en las tablas de resultados.

2.2 Resultados

Los pesos de los terneros generados por el modelo (tabla 3) muestran que las vacas Jersey destetaron terneros con peso al destete similar al de los terneros criados por vacas HxF (sistemas 2 vs. 4 y 3 vs. 5).

Estos resultados fueron predecibles dada la asunción de que las vacas Jersey (J) producen similares cantidades de leche corregida por contenido de grasa (FCM) que las HxF. Además las fechas de nacimiento de los terneros (duración de gestación), peso vivo al nacimiento y ganancias de peso fueron asumidas que fueron iguales a través de razas de madres naturales o nodrizas. La longitud de lactación varía dependiendo de si las vacas fueron servidas por 1 o por 3 ciclos. Esta es la razón de la diferencia en 10 Kg. ($p < 0.001$) entre el sistema 1 y 2 (status quo vs. TE). El control del sexo de la cría influyó en 14 a 15 Kg. ($p < 0.001$) mas el peso del ternero al destete.



TABLA 3
Parámetros sobre la producción de terneros predichos por el modelo y asunciones claves utilizadas

	Sistema				
	1	2	3	4	5
Raza de la madre natural o nodriza	HxF	HxF	HxF	J	J
Tipo de reproducción	MN	TE	TE	TE	TE
Genotipo del ternero	HxFxS	HxFxS	HxFxS	HxFxS	HxFxS
Resultados del modelo:					
Peso del ternero al destete (Kg.)	221	231	244	231	244
Edad promedio al destete (días)	170	180	180	180	180
<i>Parámetros claves que afectaron los resultados y que son dependientes de las asunciones usadas</i>					
Fecha promedio de parto	10 Sep	1 Sep	1 Sep	1 Sep	1 Sep
Desarrollo del ternero hasta el destete (Kg./ternero/día)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Peso del ternero al nacimiento (Kg.)	37.7	37.7	40.0	37.7	40.0
No. De terneros destetados	93	93	91	93	91
No. De terneros macho destetados	47	47	85	47	85

Los resultados de eficiencia (Tabla 4), muestran que el parto sincronizado (debido a transferencia embrionaria) y el control del sexo de la cría (Sistemas 2 y 3 vs. 1) usando vacas HxF resultó en un efecto negativo pequeño o modestamente positivo en la eficiencia de las vacas ($p < 0.05$). Sin embargo, la raza de la vaca tuvo un efecto marcadamente superior ($p < 0.001$) debido al impacto de la raza de la vaca en el peso vivo de la vaca (sistemas 2 y 3 vs. 4 y 5) que a su vez afectaron los requerimientos predichos de alimentos (tabla 4, $p < 0.001$). Los sistemas 4 y 5 que usaron vacas de menor peso vivo fueron 17% más eficientes que los sistemas 2 y 3 ($p < 0.001$) que fueron a su vez directamente comparables.

TABLA 4:
Eficiencia de cada uno de los sistemas de acuerdo a la predicción de los modelos

	Sistema				
	1	2	3	4	5
Raza de la madre natural o nodriza	CSF	CSF	CSF	J	J
Tipo de reproducción	MN	TE	TE	TE	TE
Genotipo del ternero	HxFx S	HxFx S	HxFx S	HxFx S	HxFx S
Estimados de eficiencia					





- Kg. de ternero destetado/Kg. de peso vivo de la vaca al destete	0.44	0.44	0.47	0.61	0.64
- MJ EM/Kg. de ternero destetado	164	167	159	143	137
- Kg. MS/Kg. de ternero destetado	14.3	14.6	13.9	12.5	11.9
- Kg. MS consumidos/(vaca + ternero)/ año	3301	3371	3405	2891	2925

2.3 Discusión

Las predicciones de los modelos, tales como los usados en este estudio, son altamente dependientes de las asunciones de los parámetros y de las variancias asociadas con ellos. En nuestra opinión, el uso de datos publicados por (Baker et al 1986); (Morris et al., 1986); (Smeaton, 2000); Xu, 2000 y los valores de los resultados del experimento de campo del centro experimental de Whatawhata en particular, han proveído una base muy sólida para las asunciones usadas en este estudio.

Si hubiéramos usado "Stockpol" (Marshall et al., 1991) para generar los requerimientos de alimentos de las vacas no hubiéramos podido simular, debido a limitaciones de dicho programa, la situación de vacas criando terneros de genotipo diferente a la madre y de madres de tan disimilar peso vivo como los asumidos para las Jersey y HxF en este estudio. Por ello contar con los datos del estudio de validación del experimento de campo de Whatawhata fue de mucha ayuda y se pudo hacer asunciones apropiadas.

Los resultados demostraron que parto sincronizado (debido a la transferencia de embriones en vacas con ciclo estral sincronizado) y el control del sexo de la cría (usando embriones sexados) influyen positivamente en el peso al destete de los terneros pero tienen muy poca influencia en la eficiencia de la vaca para producir Kg. de ternero destetado. A pesar de que cada una de estas tecnologías respectivamente produjo 3.5 y 6% terneros más pesados al destete, nuestro modelo predijo un paralelo incremento en el consumo alimenticio de la unidad vaca + ternero.

Esto es típico de los resultados experimentados por muchos sistemas de mejoramiento donde la selección está basada en peso vivo a una determinada edad, por ejemplo peso a los 300, 500 y 600 días de edad (Dicker y Farquharson, 1994). La selección resulta en un mejoramiento de estos pesos pero en los pocos casos donde se evaluó también eficiencia de conversión de alimentos, la eficiencia varía muy poco debido al incremento en el tamaño y consumo de alimento de la madre que parece estar altamente correlacionado con los pesos a determinada edad (Smeaton et al., 2000).

La excepción parece ser la comparación entre razas de alta y moderadamente alta producción de leche. Este efecto no es aplicable a nuestros modelos.

Las más grandes ganancias en eficiencia se obtuvieron debido al uso en el modelo de vacas lecheras y de bajo peso vivo. Estas, en la vida real, son las vacas Jersey que de acuerdo a los resultados experimentales preliminares de Whatawhata pueden gestar y parir y criar terneros FxS exitosamente.





2.4 Conclusiones del estudio aplicado a los sistemas de producción de bovinos de carne

Nuestros modelos de simulación indican que la mayor ganancia en eficiencia debido al uso de tecnologías reproductivas (de aquellas usadas por nosotros) de punta en sistemas de producción de ganado de carne se logra cuando se usa vacas pequeñas.

Otros factores tales como parto sincronizado como consecuencia de un solo ciclo de parto y control de sexo del ternero parecen generar relativamente pequeñas ganancias en eficiencia. Estos hallazgos fueron altamente dependientes de las asunciones usadas, en particular de aquellas relacionadas con los requerimientos de las vacas pequeñas vs. vacas grandes ambas produciendo terneros de similar peso al destete.

Una asunción adicional muy importante fue la de asumir que la vaca pequeña puede parir terneros de alto ritmo de crecimiento, de potencialmente alto peso vivo al nacimiento, con una eficiencia similar a la de las vacas grandes.

BIBLIOGRAFÍA

ANON. 2000(a). Dairy Statistics 1999-2000. Livestock Improvement Corporation, Hamilton, New Zealand.

ANON. 2000(b). A farmer publicity sheet for 'Premier Sires mating service'. Dairy Statistics. 1999-2000. Livestock Improvement Corporation, Hamilton, New Zealand.

BAKER, R. L., Carter, A. H., Morris, C. A., Johnson, D. L. 1990. Evaluation of eleven cattle breeds for cross-bred beef production: performance of progeny up to 13 months of age. *Animal Production*, 50: 63-77.

CLARKE, J. N. 1992 Farm sheep production. Ruakura Farmers' Conference Proceedings. 154-161.

DE BOER, I.J.M.; Meuwissen, T.H.E.; van Arendonk, J.A.M. 1994. Combining the genetic and clonal responses in a closed dairy cattle nucleus scheme. *Animal Production* 59: 345-358

DICKER, R. W., Farquharson, R. J. 1994: The glen Innes experiment – production efficiency, market suitability and profitability of cattle selected for growth. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 20: 20-22.

GARRICK, D.J.; Lopez-Villalobos, N. 1998 Tomorrow's cows – some kiwi cows of the future. Ruakura Dairy Farmers' Conference 39-44.

Genstat 5 Committee. 1993. Lawes Agriculture Trust. Genstat 5, Release 3. Reference manual. Rothamsted Experimental Station, Harpenden, United Kingdom





GEENTY, K.G., Rattray, P.V. 1987: The energy requirements of grazing sheep and cattle. Chapter 3, pp39-53. In 'Livestock feeding on pasture', New Zealand Society of Animal Production. Occasional publication No.10.

HARRIS, B.L.; Clark, J.M., Jackson, R.G. 1996. Across breed evaluation of dairy cattle. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 56: 12-15.

LOPEZ, VILLALOBOSs, N., Garrick, D.J. 1997) Effect of crossbreeding strategies on long-term rates of genetic gain in New Zealand dairy cattle. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 57: 22-25

MACMILLAN, K.L. et al. The cost of herd wastage. Proceedings of New Zealand Large Herds Conference, Palmerston North.

MACMILLAN, W.H. 1989. Turning potential into profit – the breeding cow. Proceedings of a series of field days for beef producers held in April/may 1989. Sponsored by New Zealand Beef Council.

MARHSALL, P.R., McCall, D.G., Johns, K.L., 1991: Stockpol: A decision support model for livestock farms. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 53: 137-140.

McCALL, D. G. 1994. The complementary contribution of the beef cow to other livestock enterprises. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 54: 323-327

McRAE, A. 1999. How many cows or ewes or bulls ...? New Zealand Beef Council, Meat New Zealand Article Number BC36

MORRIS, C. A.; Bennett, R. L.; Baker, R. L.; Carter, A. H. 1986. Birth weight, dystocia and calf mortality in some New Zealand beef breeding herds. Journal of Animal Science.62: 327-343.

NICOL, A. M.; Nicoll, G. B. 1987. Pastures for beef cattle. In: Livestock feeding on pasture. Occasional Publication No. 10 New Zealand Society of Animal Production, 119-132.

PLEASANTS, A. B.; Barton, R. A.; McCall, D. G. 1994. Nutritional buffering: do we make the best use of this phenomenon in the beef cow. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 54: 329-332.

SIMMONDS, J. 1998 What is a profitable sustainable replacement rate? Ruakura Dairy Farmers' Conference 66-69.

SMEATON, D. C.; Bown, M. D.; Clayton, J. B. 1999. Optimum live weight, feed intake, reproduction and calf output in beef cows on North Island hill country, New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research 43: 71-82



TERVIT H.R.; Vivanco H.W. and Wells D.N. 1998. Embryo Technology for the Dairy Industry. Proceedings of Dairy Cattle Session. Industry Session. 15th Annual Seminar of the Society of Dairy Cattle Veterinarians of the New Zealand Veterinary Association. Publication No 184. Veterinary Continuing Education. Massey University. Palmerston North. New Zealand. Pp 235-244.

THOMPSON, J.G., Tervit, H.R., Peterson, A.J., Montgomery, G.M. 1998. Future developments in reproductive technology for livestock species. Chapter 13, Pages 201-213: In Reproductive management of grazing ruminants in New Zealand. Ed Fielden, E.D. and Smith, J.F. Occasional Publication 12 of The New Zealand Society of Animal Production

VAN VLECK, L.D. 1981 Potential genetic impact of artificial insemination, sex selection, embryo transfer, cloning and selfing in dairy cattle. In. New technologies in animal breeding. Brackett, B.G.; Seidel, G.E.; Seidel, S.M. (Eds) New York, U.S. : Academic Press, 221-242.

VIVANCO-MACKIE, H.W. 2000. Development and Application of Ovum Pick Up (OPU) and In Vitro Embryo Production in the Bovine. A view to arTech Experiences. Proceedings of the Australian Embryo Transfer Society. Perth Conference. "ET Beyond 2000", Observation City, WA. Australia. 28-30 June, 2000. pp.: 29- 48.

WEBBY, R. W.; Thomson, R. D. 1994. The current status of the beef breeding cow in mixed livestock systems. Proceedings of New Zealand Society of Animal Production 54: 311-314.

XU, Z.Z., Johnson, D.L., Burton, L.J. 2000. Factors affecting the sex ratio in dairy cattle in New Zealand. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 60: 301-302.

