



UNIVERSIDAD DE CHILE

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



***RESPUESTA CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN POR
PRODUCCIÓN LÁCTEA DE TOROS HOLSTEIN DE
ESTADOS UNIDOS, EN VACAS HOLSTEIN DE LA ZONA
CENTRAL (CHILE)***

TAMARA JACQUELINE TUOHY BIZJAK

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

PROFESOR GUÍA : DR. NELSON BARRÍA P.

PROYECTO FONDECYT N° 1000794

SANTIAGO – CHILE

2003



UNIVERSIDAD DE CHILE

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



***RESPUESTA CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN POR
PRODUCCIÓN LÁCTEA DE TOROS HOLSTEIN DE
ESTADOS UNIDOS, EN VACAS HOLSTEIN DE LA ZONA
CENTRAL (CHILE)***

TAMARA JACQUELINE TUOHY BIZJAK

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

NOTA FINAL:.....

		<i>NOTA</i>	<i>FIRMA</i>
<i>PROFESOR GUÍA</i>	<i>: NELSON BARRÍA P.</i>
<i>PROFESOR CONSEJERO</i>	<i>: VICTOR MARTINEZ M.</i>
<i>PROFESOR CONSEJERO</i>	<i>: LUIS IBARRA M.</i>

PROYECTO FONDECYT N° 1000794

SANTIAGO – CHILE

2003

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1	RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN EN SEMEN HOLSTEIN NORTEAMERICANO.....	2
2.2	INTERACCIÓN GENÉTICO AMBIENTAL.....	4
2.2.1	TIPOS DE INTERACCIÓN GENÉTICO AMBIENTAL.....	4
2.2.2	INTERACCIÓN GENÉTICO AMBIENTAL EN DIVERSOS PAÍSES.	5
2.3.	RESPUESTA CORRELACIONADA.....	10
2.3.1	RESPUESTA A LA SELECCIÓN EN ESTADOS UNIDOS.....	12
2.3.2.	RESPUESTA CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN, EN LATINOAMÉRICA.	13
3.	OBJETIVOS	17
3.1.	OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
4.1.	INFORMACIÓN DE VACAS CHILENAS	18
4.2.	INFORMACIÓN DE LOS PADRES.....	18
4.3.	INFORMACIÓN DEL AMBIENTE	21
4.4.	RESTRICCIONES DEL ANÁLISIS.....	22
4.5.	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN Y DE VARIABILIDAD.....	24
4.6.	ESTIMACIÓN DE LA RESPUESTA CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN.....	26

5.	RESULTADOS.....	28
5.1	LA PRODUCCIÓN DE LECHE, GRASA Y PROTEÍNA.....	28
5.2.	RESPUESTA CORRELACIONADA	32
5.2.1	RESPUESTA GLOBAL	32
5.2.2	RESPUESTA SEGÚN NIVEL DE PRODUCCIÓN	33
5.2.3	RESPUESTA SEGÚN NIVEL DE VARIABILIDAD.....	36
5.2.4	RESPUESTA SEGÚN <i>PTA</i> DEL PADRE.....	39
6.	DISCUSIÓN	42
6.1	PRODUCCIÓN Y VARIABILIDAD	42
6.2	RESPUESTA CORRELACIONADA	43
6.2.1	RESPUESTA GENERAL	43
6.2.2	RESPUESTA SEGÚN NIVEL PRODUCTIVO	44
6.2.3	RESPUESTA SEGÚN NIVEL DE VARIABILIDAD.....	45
6.2.4	RESPUESTA SEGÚN <i>PTA</i> DE LECHE DEL PADRE.....	46
6.2.5	RESPUESTA SEGÚN <i>PTA</i> PARA LECHE DEL PADRE, EN LA ZONA SUR DE CHILE.....	47
6.3	OTROS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN	48
7.	CONCLUSIONES.....	50
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
9.	ANEXOS.....	54

RESUMEN

Se ha evaluado la respuesta correlacionada a la selección por producción láctea, en hijas de toros Holstein AI de Estados Unidos, en diversos países de Latinoamérica. Los resultados han sido menores a los obtenidos en los Estados Unidos, determinando en algunos casos que el sistema productivo dejase de ser rentable.

En la Zona Central de Chile se evaluó la respuesta correlacionada a la selección utilizando un modelo lineal, donde uno de los coeficientes de regresión (β_1) asociaba la producción sobre el valor genético del padre. Los valores obtenidos fueron 0,47, 0,52 y 0,66 para leche, grasa y proteína láctea, respectivamente. Estos resultados correspondieron a la mitad de lo obtenido en los Estados Unidos, y fueron menores a lo obtenido en la Zona Sur de Chile. Se estudió la respuesta correlacionada a la selección a través de distintos niveles de producción y de variabilidad, observándose mayores respuestas en los niveles de mayor producción (0,66, 0,78 y 1,02, para leche, grasa y proteína respectivamente) y en los de mayor variabilidad (0,61 y 0,72 para leche y proteína). Al evaluar la respuesta correlacionada en las vacas, hijas de toros con valores genéticos negativos, no se encontró una relación lineal entre la producción de leche o componentes lácteos y los respectivos valores genéticos de los padres. En cambio, en el grupo de hijas de toros con valores genéticos positivos, la respuesta correlacionada a la selección fue prácticamente el doble de lo obtenido con el total de los datos (1,01, 1,04 y 1,23 para leche, grasa y proteína, respectivamente), siendo semejante a la del noreste de Estados Unidos (1,16, 1,10 y 1,21 para leche, grasa y proteína, respectivamente).

SUMMARY

The correlated response to sire selection has been evaluated for diverse Latin American countries, from daughter's records of AI American Holstein bull. The response has been smaller to that obtained in the selected country, determining in some cases that the dairy farmer got negative economic returns.

In the Central Zone of Chile the correlated response to sire selection was evaluated using a regression model, where a coefficient (β_1) associates the production on the sire's genetic value. The results obtained were 0,47 , 0,52 and 0,66 for milk, fat and protein, respectively. This represented half of the obtained in the United States, and was smaller to that obtained in the Chilean South Regions.

The correlated response to selection through different levels of production and variability showed greater responses in levels of higher productions (0,66, 0,78 and 1,02, for milk, fat and protein, respectively) and of greater variability (0,61 and 0,72 for milk and protein). In a separated evaluation, the daughter's records of bulls with negative genetic values didn't show a linear relationship between the milk production or milk components and the respective sire genetic values.

However, in the group of positive genetic values sires daughters, the correlated response to the selection was the double of the obtained with all records (1,01, 1,04 and 1,23 for milk, fat and protein, respectively) and was close of the response in the Northeast of the United States (1,16, 1,10 and 1,21 for milk, fat and protein, respectively).

1. INTRODUCCIÓN

La producción lechera bovina, así como cualquier producción pecuaria, busca maximizar la rentabilidad del proceso. En respuesta a esto se han desarrollado e implementado exitosamente algunas biotecnologías como la inseminación artificial.

El uso de la técnica de congelación de semen, ha permitido aumentar el intercambio de material genético dentro y entre los países. Poco a poco esta opción ha comenzado a tomar fuerza en el rubro lechero chileno.

Muchos países en Sudamérica y el mundo utilizan esta herramienta pues proporciona rápidos y efectivos resultados. Los toros Holstein de EE.UU. han sido altamente seleccionados por producción de leche y compuestos lácteos, determinando que muchos productores los prefieran. Sin embargo, por muy claros que sean los aumentos en la producción, todo sistema que incorpore un cambio en sus manejos, debe evaluar la rentabilidad real de éste. En distintos países de Latinoamérica, se ha estimado la respuesta a la selección por producción láctea en vacas hijas de toros estadounidenses, comparándola con la respuesta de las hijas de esos toros en Estados Unidos.

Los resultados obtenidos indicaron que la respuesta correlacionada obtenida fue menor a la obtenida en EE.UU. Este hecho se debería a la presencia de interacciones genético ambientales. En algunos casos, esto determinó que el uso de la inseminación con semen Holstein de Estados Unidos, dejase de ser rentable

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN EN SEMEN HOLSTEIN NORTEAMERICANO.

Para determinar la rentabilidad del uso de semen Holstein estadounidense en predios lecheros Latinoamericanos, es necesario calcular el valor presente neto de semen. Éste va a variar según la política de selección usada, la tasa de concepción, la tasa de interés real, el nivel productivo y la respuesta productiva de las hijas a la selección de los toros.

En México, se utilizó en las evaluaciones de rentabilidad, el valor de *PD* (*predicted differences*), para leche, grasa y proteína de toros Holstein de inseminación (Blake *et al.*, 1988). Este predictor se obtuvo del informe anual de Enero 1987, de la evaluación genética del Departamento de Agricultura de EE.UU. (*USDA*). El *PD*, es un predictor del valor aditivo del toro. En este trabajo se asumió que la respuesta a la selección era semejante a la obtenida en Estados Unidos o sea un nivel de respuesta cercano a la unidad. En términos generales, el provecho obtenido en México, con los toros de inseminación estadounidenses, fue menor al que se obtuvo en su país de origen. No obstante, en la mayoría de los casos en México, la inversión dio retornos económicos positivos. Se observó un cambio en el porcentaje de toros utilizables y un cambio en el ordenamiento de los toros de mayor provecho económico. Se vio la necesidad de una investigación posterior, para determinar exactamente el aumento en la producción de leche por aumento en la unidad de valor genético del toro. Dos años más tarde, Holmann *et al.*, (1990), realizaron un nuevo estudio de rentabilidad del uso de semen estadounidense en México. También se estudiaron los casos de Colombia y Venezuela. Se consideró la información, aún sin publicar, de Stanton *et al.*, que

mostraba el grado de respuesta a la selección existente en estos países latinoamericanos. Utilizando estos coeficientes de regresión, como una manera de cuantificar el grado de respuesta correlacionada a la selección, los resultados se vieron dramáticamente invertidos, respecto al trabajo realizado anteriormente. El retorno económico promedio de la inversión en semen Holstein estadounidense, fue negativo en la mayoría de los casos en cada país. Con los resultados de Stanton *et al.*, un pequeño porcentaje de los predios colombianos, mexicanos y venezolanos tendrían posibilidades de obtener provechos de la importación de semen de Estados Unidos. Las mayores oportunidades de tener retornos económicos positivos se dieron al utilizar semen de menor costo. La importación de semen debería reservarse a situaciones de alta respuesta correlacionada a la selección, alta producción, y alta tasa de concepción. Por otro lado, este estudio evaluó también la rentabilidad de importar toros y procesar el semen en Venezuela, considerando distintos grados de respuesta a la selección y distintas tasas de concepción. El retorno fue positivo en la mayoría de los casos. Estos resultados mostraron la importancia de conocer el grado de respuesta correlacionada para utilizar este antecedente en el cálculo de rentabilidad de la inversión de importación de semen.

2.2 INTERACCIÓN GENÉTICO AMBIENTAL.

La expresión fenotípica de una característica de importancia económica, como la producción de leche, se debe tanto a factores genéticos como ambientales. El componente genético responsable de esta característica está determinado por un conjunto de genes, por lo que se le denomina carácter poligénico.

En algunos casos, la expresión de los componentes genéticos presenta variación dependiendo del factor ambiental que esté actuando. Esto indica cierto grado de interacción entre factores genéticos y ambientales, lo que se denomina interacción genético ambiental (IGA) (Lynch y Walsh, 1998; Falconer y Mackay, 1996). Se sumarán, a los factores de variación genéticos y ambientales, aquellos dados por los efectos conjuntos del genotipo y el ambiente. La IGA producirá una nueva fuente de variación, denominada varianza de interacción. La magnitud o tendencia de esta nueva fuente de variación, no es predecible desde los efectos genéticos o ambientales por separados (Dickerson, 1962).

2.2.1 TIPOS DE INTERACCIÓN GENÉTICO AMBIENTAL

Se describen dos tipos de interacción genético ambiental. La primera de ellas se presenta cuando la correlación genética para una misma característica, en distintos ambientes, es significativamente menor a la unidad. En estos casos se observa una clara diferencia en la base genética que determina la expresión de la característica en cuestión. Al variar el ambiente, se produce un cambio en el grupo de genes participantes. Al evaluar el valor aditivo de un toro, en los distintos ambientes se obtendrán distintos valores. Por la misma razón, el ordenamiento de los toros podría diferir entre distintos ambientes.

Aún cuando la correlación genética sea igual a la unidad, puede presentarse otro tipo de interacción genético ambiental. Este segundo tipo fue descrito por Dickerson en 1962. Él la denominó “seudo interacción genético ambiental”. Esta nace de la presencia de varianzas heterogéneas en los distintos ambientes. No se observarían variaciones en el ordenamiento de los toros entre los distintos ambientes, pues la característica en estudio estaría determinada por el mismo conjunto de genes. Al existir heterogeneidad de varianzas, la selección va a favorecer a los toros, padres de vacas de mayores producciones, de los predios con mayor varianza, provocando una sobre estimación de las evaluaciones. Por otra parte, si se realiza la evaluación de un toro cuyas hijas se encuentran en un ambiente de baja variabilidad, ésta se verá subestimada. El ambiente restringido limitará la correcta expresión del potencial genético del toro. Otro punto a considerar es la distinta representatividad, de los toros, entre los grupos. En estos casos, los valores genéticos de los toros, pueden ser tanto subestimados como sobrestimados (Stanton *et al.*, 1991a). Así se explica como la IGA puede modificar el grado de respuesta a la selección.

2.2.2 INTERACCIÓN GENÉTICO AMBIENTAL EN DIVERSOS PAÍSES.

2.2.2.1 Interacción Genético Ambiental en Estados Unidos

En los Estados Unidos, Carabaño *et al.*, (1990) describieron la correlación genética para la producción de leche y grasa entre los estados de California, Nueva York y Wisconsin. Todas ellas fueron superiores a 0,90, lo que evidenció la baja presencia de interacción genético ambiental, para producción de leche y grasa a través de estos tres estados. La alta correlación genética en distintos

ambientes indicó que la característica de producción estuvo determinada, prácticamente, por el mismo grupo de genes. Según estos resultados, no se esperaba un reordenamiento de los toros, entre los distintos ambientes. Anteriormente, Lytton y Legates (1966), habían obtenido resultados similares, relacionando datos de las zonas norte y sur de los Estados Unidos. Este trabajo concluyó que la alta correlación genética encontrada mostraba la baja presencia de Interacción Genético Ambiental, pero también aclaró, la necesidad futura de estudiar la posible existencia de heterogeneidad de varianzas.

2.2.2.2 Interacción Genético Ambiental en Europa

En 1996, Weigel estimó el impacto en la evaluación internacional de toros de lechería, al incorporar los datos de países como Italia, Holanda y Alemania. Él concluyó, que los valores de las evaluaciones que consideraron la incorporación de éstos u otros países, deberían ajustar sus datos según el nivel de variabilidad del país, pues de otra manera la evaluación internacional se vería alterada. Se dedujo que, entre los ambientes dados en estos países europeos, existió un grado distinto de respuesta, en comparación con la encontrada en Estados Unidos. El nivel de respuesta dependió del grado de variabilidad de cada país. Eso pudo deberse a la interacción genético ambiental presente en estos países.

2.2.2.3 Interacción Genético Ambiental en Colombia, y Puerto Rico.

Stanton *et al.*, (1991b) estudiaron la correlación genética entre países latinoamericanos y Estados Unidos. Encontraron que la correlación genética para producción de leche era alta, del orden de 0,9. Esto indicó que no debieran existir diferencias sustanciales en el ordenamiento de los toros entre los distintos países.

También se estudió la respuesta correlacionada a través de niveles de variabilidad. Se vio distinto grado de respuesta, producto de la heterogeneidad de varianzas. La respuesta para producción de leche de las hijas de toros norteamericanos, en Colombia y Puerto Rico, aumentó al aumentar el nivel de variabilidad. Aproximadamente, la mitad del desvío observado para producción de leche en hijas norteamericanas, se vio en las hijas de los mismos toros, en los predios latinoamericanos de menor variabilidad.

2.2.2.4 Interacción Genético Ambiental en Brasil.

Costa *et al.*, (2000), estudiaron la correlación genética entre la producción láctea de Estados Unidos y de Brasil. Los resultados mostraron una alta correlación para la producción láctea (0,85). Al realizar este estudio, agrupando los datos brasileños según nivel de variabilidad, la correlación genética fue de 0,79 y 0,87 para el grupo mayor y menor variabilidad, respectivamente..

En el caso de la producción de grasa, la correlación genética entre los datos de Estados Unidos y los de Brasil resultó ser cercana a la unidad. Tanto para leche como para grasa, la alta correlación genética, hizo poco probable un cambio en el ordenamiento de los toros.

Para evaluar la presencia de varianzas heterogéneas se vieron las respuestas correlacionadas, para leche y grasa. Estas fueron, respectivamente 0,56 y 0,48, en el nivel de menor variabilidad y 0,67 y 0,57, para el nivel de mayor variabilidad. La IGA estaría provocando menor nivel de respuesta a la selección en los ambientes de menor de variabilidad.

2.2.2.5 Interacción Genético Ambiental en México

Stanton *et al.*, (1991b) estudiaron la correlación genética entre distintos países latinoamericanos y Estados Unidos, entre los cuales estuvo México. El coeficiente obtenido para producción de leche fue 0,9. Posteriormente, Cienfuegos *et al.*, (1999) buscaron la presencia de interacción genético ambiental en México estimando los componentes de varianza en este ambiente. Las varianzas genéticas y fenotípicas mexicanas fueron 24 y 18 por ciento menores a las obtenidas bajo el ambiente de Estados Unidos. El coeficiente de correlación genética para producción de leche entre ambos países fue 0,63. Este coeficiente fue significativamente menor a la unidad, lo que hizo pensar en un cambio en el grupo de genes participantes en producción de leche entre ambos países. Se calculó también la correlación genética entre distintos grupos, según nivel de variabilidad, tanto para los datos mexicanos como para los estadounidenses. Fue entre el grupo norteamericano de menor variabilidad y el mexicano de mayor variabilidad donde se presentó la mayor correlación genética. Tanto el menor grado de variabilidad genética respecto a la presente en Estados Unidos, como el hecho de obtener un coeficiente de correlación genético menor a la unidad, hicieron suponer cierta participación de la interacción genético ambiental. El cambio en la base genética determinó un cambio en el ordenamiento de los toros. Por otra parte, se estudió el grado de respuesta a la selección, en niveles de alta y baja variabilidad. Los coeficientes de regresión de valor aditivo de los padres sobre la producción de las hijas en los dos ambientes mexicanos fueron 0,57 y 0,83. Con esto se mostró la presencia de varianzas heterogéneas, y en consecuencia, otra posible forma de participación de la IGA.

2.2.2.6 Interacción Genético Ambiental en Chile y Argentina

En Chile se realizaron estudios para evaluar la existencia de interacción genético ambiental en producción de leche bovina. Jara y Barria (2000) evaluaron componentes de varianza e importancia relativa, para cuatro niveles de producción. El trabajo consideró leche, grasa y proteína. Además, se estimó la correlación genética entre los distintos niveles. Esta resultó ser alta y positiva, por ende, la base genética se mantendría constante, y el ordenamiento de los toros se conservaría entre niveles. Sin embargo, se detectó heterogeneidad de varianzas indicando la posible presencia de interacción genético ambiental. Se obtuvo mayores respuestas productivas en niveles de mayor variabilidad y menores en ambientes de menor variabilidad.

Posteriormente, se realizaron estudios en la Zona sur de país, principalmente en la IX (Guzmán, 2002) y X (Verdugo, 2002) regiones, para evaluar la respuesta correlacionada a la selección en hijas de toros Holstein norteamericanos. En ambos casos, los resultados reforzaron lo encontrado por Jara y Barría. El grado de respuesta fue mayor a mayor nivel de variabilidad y viceversa. De esta manera, se constata nuevamente la posible participación de interacción genético ambiental en Chile.

En Argentina, Verdugo; (2002) estudiando el grado de respuesta correlacionada a la selección por producción de leche y grasa, observó una variación en la respuesta según el grado de desviación estándar del grupo, haciendo que los grupos de menor variabilidad tuvieran una menor respuesta, lo que señala la posible presencia de interacción genético ambiental.

2.3. RESPUESTA CORRELACIONADA

La selección genética efectuada sobre un carácter determinado produce una respuesta directa en la expresión de éste. Por otro lado, las características correlacionadas genéticamente con este carácter, presentarán una respuesta indirecta a la selección o respuesta correlacionada (Falconer y Mackay, 1996).

Muchas características fenotípicas del tipo cuantitativo, como lo es la producción láctea, están determinadas por un conjunto de genes. El conjunto interactúa en la expresión de la característica, pero no siempre éste considera los mismos genes. Al variar el ambiente, algunos genes pueden variar su grado de expresión. Esto se produce por presencia de Interacción Genético Ambiental (IGA). En presencia de IGA, la producción láctea, en distintos ambientes, estaría determinada por algunos genes distintos y otros compartidos. Por lo tanto, puede considerarse como dos características distintas, pero correlacionadas. La selección en un ambiente producirá una respuesta correlacionada distinta en otro ambiente.

La predicción del valor aditivo (*PTA*, *predicted transmitting ability*) es una predicción del valor genético, que un animal transmite a su descendencia para una característica dada. Se calcula utilizando el Modelo Animal. La información considerada proviene de tres fuentes. El mérito genético de los padres, los registros de producción de los descendientes, y el desempeño productivo del animal (si corresponde) (Wattiaux, 2002). El Modelo Animal considera el efecto del ambiente, en la expresión fenotípica del toro y también ajusta los valores de los *PTA*'s de las hijas, por el mérito genético de la madre.

Los valores de *PTA* son expresados como un desvío de una base genética. Ésta es distinta para cada característica predicha, y para cada raza lechera. En

Estados Unidos la base genética se modifica cada cinco años (Wattiaux, 2002). Se espera un aumento en una unidad de producción en las hijas, por cada aumento de unidad del *PTA* del padre. El uso de los valores de *PTA* se concentra en los siguientes dos casos. Para rankear individuos respecto a la base genética, y para estimar diferencias genéticas entre individuos (Cassell, 1998). Los animales con *PTA*'s negativos no debieran ser elegidos al momento de comprar semen o dejar animales para reproducción.

Al regresar el valor del *PTA* sobre el desvío productivo de las hijas en el ambiente donde fue calculado este predictor, el resultado será el grado de respuesta directa la selección. Diversos investigadores como Stanton *et al* (1991a). Costa *et al.* (2000), Cienfuegos *et al.* (1999), han estudiado la relación entre el valor genético predicho de los toros (*PTA*) y el desvío productivo de las hijas de esos toros en otros países (β_1). Cuando las hijas de los toros estudiados, se encuentran en un ambiente distinto, la característica de producción se considera como una característica distinta, pues los genes que están determinando su expresión pueden haber variado, debido a la presencia de la IGA. Por lo tanto, regresar la producción de estas hijas sobre el *PTA* calculado en Estados Unidos, corresponde a evaluar el grado de respuesta correlacionada por selección. Para el cálculo del coeficiente (β_1), se regresa, los valores de las diferencias productivas intraprediales de grupos de progenie sobre la predicción de las diferencias de sus padres (*PTA*). Este coeficiente dará cuenta de la ganancia productiva obtenida por unidad de aumento en el *PTA*.

2.3.1 RESPUESTA A LA SELECCIÓN EN ESTADOS UNIDOS.

En Estados Unidos, desde 1936, el Departamento de Agricultura (*U.S.D.A.*), realiza evaluaciones y selección de toros. Las predicciones de los valores genéticos (*PTA*) de los toros estadounidenses se han realizado de manera más precisa cada vez. Hoy, estos valores se calculan incluyendo datos de diversos países, donde se lleven registros de producción de las hijas de estos toros. Powell y Norman (1984), estudiando la respuesta a la selección, encontraron coeficientes de regresión (β) 1,18 y 1,17, para leche y grasa, respectivamente, utilizando solo primeras lactancias. Además observaron, que se obtenían mayores respuestas en grupos de mayor nivel productivo. Los coeficientes de regresión obtenidos fueron 0,75 y 1,49, para los niveles de menor y mayor producción, respectivamente. Se observó además una correlación positiva entre los niveles de producción y los niveles de variabilidad, hecho que dio pie a considerar la presencia de varianzas heterogéneas, como posible causa de las diferencias en las respuestas correlacionadas, entre los grupos de mayor y menor producción.

Posteriormente Weigel (1996) estudió el comportamiento real de las hijas de toros estadounidenses, en relación al valor del *PTA* del padre, para vacas en pastoreo. Los resultados mostraron que el *PTA* estimaba en forma adecuada, los valores de leche y proteína, pero no así los de grasa.

Más recientemente, se midió la respuesta correlacionada utilizando los datos de primeras lactancias, de predios ubicados en el Noroeste de Estados Unidos (Verdugo, 2002). Los resultados fueron concordantes con los obtenidos por Powell y Norman (1984). Los coeficientes de regresión para leche, grasa y proteína fueron 1,16 1,10 y 1,21, respectivamente.

2.3.2. RESPUESTA CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN, EN LATINOAMÉRICA.

En términos generales, los países latinoamericanos, han mantenido niveles de producción láctea y de variabilidad, inferiores a los alcanzados en los Estados Unidos.

Stanton *et al.*, (1991a) realizaron estudios de respuesta correlacionada a la selección en México, Colombia y Puerto Rico. Los coeficientes de regresión, de la desviación de las hijas sobre el *PTA* del toro, fueron similares para Colombia (0,31) y Puerto Rico (0,32), pero inferiores a lo encontrado en México (0,54). En todos estos países, los resultados fueron sustancialmente menores, al rango de respuesta reportado para Estados Unidos (1,0). No se observó mayor respuesta, en los grupos de mayores producciones. El nivel de respuesta obtenido con los datos de los predios de menor variabilidad en Estados Unidos superó lo obtenido en el mejor de los casos en Latinoamérica, y, por lo tanto, sobreestima la respuesta de las hijas en estos países. Los coeficientes de regresión, del desvío de las hijas sobre el *PTA* del toro, aumentaron con niveles de mayor variabilidad, en cada país. De esta manera se vio la necesidad de evaluar el nivel de respuesta correlacionada a la selección, en los distintos países de Latinoamérica que utilizan la importación de semen Holstein norteamericano, como estrategia para aumentar la producción lechera.

Cienfuegos *et al.*, (1999), también estudiaron la respuesta correlacionada a la selección en México. Para la estimación se regresó el valor aditivo para producción de leche, de los datos mexicanos, sobre el *PTA* obtenido desde los datos de Estados Unidos. Se observó el grado de respuesta en distintos ambientes Mexicanos y estadounidenses, según nivel de variabilidad. La respuesta encontrada, fue inferior a uno, en todos los ambientes mexicanos. Al considerar

la totalidad de los datos mexicanos y estadounidenses, el coeficiente de regresión fue 0,55. La respuesta de las hijas en México fue mas alta en los ambientes de mayor desviación estándar (0,62) y menos marcada en los de menor desviación estándar (0,47). La mayor respuesta se observó al utilizar los datos correspondientes a los niveles de alta desviación estándar para México y baja desviación estándar para Estados Unidos (0,83).

En Brasil se realizaron estudios semejantes (Costa *et al.*, 2000), cuyos objetivos fueron conocer el grado de respuesta correlacionada a la selección, por producción de leche y grasa, en hijas brasileñas de toros Holstein, utilizando la información de las hijas de estos toros en Estados Unidos. El coeficiente de regresión se obtuvo dividiendo la covarianza del toro en los distintos países, sobre la varianza medida en Estados Unidos. Los coeficientes para leche y grasa, considerando el total de los predios, fueron 0,66 y 0,55, respectivamente. Estos resultados fueron similares a los estimados para el ambiente brasileño, de mayor desviación estándar (0,67 y 0,58), y mayores a los obtenidos para el nivel de menor variabilidad (0,56 y 0,48). El mayor grado de respuesta se dio al utilizar los datos de los predios brasileños de alta variabilidad y los estadounidenses de baja variabilidad (0,77).

Al respecto de este tema, en Chile, se han realizado recientemente estudios para cuantificar el grado de respuesta correlacionada a la selección. En un primer estudio se consideró los datos de producción le leche, grasa y proteína, de lactancias provenientes de la IX y X regiones (Verdugo, 2002). En este mismo trabajo se estudió además, la situación en Argentina, considerando únicamente los datos de producción láctea y grasa. Los resultados obtenidos, mostraron en ambos países, respuestas menores a la unidad. En Chile los coeficientes obtenidos fueron 0,57 0,55 y 0,60 para leche, grasa y proteína, respectivamente. En Argentina, la respuesta fue menor tanto para leche (0,44) como para grasa

(0,01). Al observar la respuesta a través de niveles de variabilidad, se observó en ambos países, una mayor respuesta al aumentar el grado de variabilidad.

Otro estudio realizado en Chile (Guzmán, 2002), utilizó información proveniente de lecherías ubicadas en las provincias de Malleco y Bío-Bío. En este caso solo se obtuvo información acerca de la respuesta correlacionada a la selección, por producción de leche y grasa. Los resultados fueron menores a los obtenidos por Verdugo, siendo 0,40 para producción de leche y 0,30 para grasa.

Los coeficientes de regresión de la producción lechera de las hijas sobre el *PTA* de sus respectivos padres, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Respuesta correlacionada a la selección (β_1), por producción de leche, en distintos países de Latinoamérica		
País	β_1	Autores
México	0,75; 0,55 0,54	Blake <i>et al.</i> ,1988; Holmann <i>et al.</i> ,1990; Stanton <i>et al.</i> ,1991b
Colombia	0,30; 0,32	Holmann <i>et al.</i> , 1990; Stanton <i>et al.</i> , 1991b
Puerto Rico	0,31	Stanton <i>et al.</i> , 1991b
Venezuela	0,30	Holmann <i>et al.</i> ,1990
Argentina	0,44	Verdugo, 2002
Chile	0,56; 0,40	Verdugo, 2002; Guzmán,2002

Cabe destacar, que los estudios realizados por Verdugo (2002) y Guzmán (2002), en Chile, utilizaron información correspondiente a lactancias efectuadas en la Zona Sur y Centro-Sur del país. En esta zona, el tipo de producción lechera es muy distinto al de la Zona Central. Particularmente, las diferencias raciales, de alimentación y manejo determinan significativas diferencias de nivel productivo, lo que obligó a considerar a éstas como zonas lecheras distintas. Esto mostró la necesidad de conocer el tipo de respuesta correlacionada que tienen las lecherías de la Zona Central, para tener una visión global, de lo que ocurre con la respuesta correlacionada a la selección en el país. Barría *et al.*, (2002) realizaron un estudio preliminar, utilizando información de esta zona geográfica. Los coeficientes de regresión para leche, grasa y proteína, mostraron valores similares a los obtenidos en la Zona Sur del país.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Estimar en vacas Holstein de la Zona Central de Chile la respuesta correlacionada a la selección por producción y componentes lácteos de toros Holstein de EE.UU. y Canadá, evaluados en Estados Unidos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar coeficientes de regresión de la producción láctea y componentes lácteos de las hijas de los toros Holstein, sobre las predicciones de los valores genéticos calculados en Estados Unidos.
- Evaluar las respuestas correlacionadas a través de diferentes niveles de producción y de variabilidad, para producción total de leche, grasa y proteína.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. INFORMACIÓN DE VACAS CHILENAS

Después de editada la información, se dispuso de 2180 lactancias de primer parto, controladas oficialmente por Cooprinsem, iniciadas entre los años 1997 y 2001, en la Zona Central del país proveniente de 17 rebaños lecheros.

Se consideró primeras lactancias con el objeto de evitar sesgos por concepto de selección, debido a la eliminación de animales en partos posteriores. La información de producción láctea, de grasa y proteína, fue estandarizadas a 305 días de duración (305d), y madurez equivalente (ME). Esta operación fue realizada por la misma empresa que entregó los datos productivos.

4.2. INFORMACIÓN DE LOS PADRES

Para estimar la respuesta correlacionada a la selección por producción láctea, grasa y proteína, se utilizó las predicciones de los valores genéticos (*PTA*) de los toros evaluados en Estados Unidos. Estas se obtuvieron del informe anual de Agosto del 2000 de la evaluación genética del Departamento de Agricultura (USDA), de *EE.UU.* El *PTA* se calcula para producción de leche, grasa y proteína. Los datos utilizados comprenden las cinco primeras lactancias de vacas que hayan comenzado sus primeras lactancias a partir del año 1960 y pedigríes de animales nacidos desde el año 1950. Antes de realizar la evaluación los datos son ajustados según la edad a la lactancia, en número de ordeñas por día (2 ordeñas), los días abiertos antes de la lactancias, el largo de la lactancia (305 días), la

varianza heterogénea (las varianzas a través de las lactancias se estandarizan a la segunda lactancia, y a través de los años, a la segunda lactancia del año 1997). Para la evaluación se utiliza el modelo animal de medidas repetidas (U.S.D.A.; 2002)

En la Tabla 2 se presentan los valores predichos de los toros de inseminación, padres de las vacas, cuyas lactancias se utilizaron en este estudio. Los valores originales de *PTA* en libras, se transformaron a kilos, multiplicando por 0,453515.

Tabla 2. Número de toros (N), promedio (Prom.) , desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), mínimo y máximo, para *PTA* de leche, grasa y proteína en kilos.

Variable	N	Prom.(kg)	DE (kg)	CV (%)	Mínimo (kg)	Máximo (kg)
<i>PTA</i> leche	193	347	362	104	-1.136	1.125
<i>PTA</i> grasa	193	11	13	123	-40	37
<i>PTA</i> proteína	193	9	10	111	-29	27

La edad promedio de los toros utilizados fue 11 años. Si bien los toros más jóvenes fueron poco utilizados, los toros de mayor antigüedad tuvieron un mayor uso. (Anexo: Gráficos 3 y 4).

Si bien la mayor parte de los toros ingresaron al servicio de inseminación artificial entre los años 1984 y 1992, se observaron algunos toros con inicios de servicio muy anteriores a este rango (1967)(Anexo: Gráficos 5 y 6).

Lo observado en la distribución de las edades de los toros y en las fechas de ingreso al servicio de inseminación artificial, fue concordante con la distribución de los valores de *PTA* para leche. Si bien el promedio fue 347 kg, y la mayoría de los datos se encuentran cercanos a este valor, se presentó un

pequeño grupo de observaciones cuyos valores de *PTA* de leche descendieron hasta -1130 kg. (Anexo: Gráficos 7 y 8).

El uso de semen de toros con valores de *PTA* de leche negativos no fue un fenómeno puntual de un predio. Del total de predios estudiados, solo 2 no utilizaban este tipo de semen. Uno de los predios estudiados utilizó hasta 6 toros con valores de *PTA* para leche negativos. El predio que reportó menor promedio productivo (9023 kg.) fue también el que tuvo más vacas, hijas de toros con valores de *PTA* para leche negativos (Anexo: Gráficos 9 y 10).

4.3. INFORMACIÓN DEL AMBIENTE

La Zona Central se definió para este estudio entre los paralelos 32,9 y 34,8 de latitud sur, comprendiendo las provincias de Valparaíso, Chacabuco, Melipilla, Talagante, Maipo y Colchagua.

El clima de esta Zona es templado, de tipo mediterráneo. Se caracteriza por una estación seca prolongada y lluvias invernales (Errazuriz *et al.*, 1992). En esta Zona de Chile se ubican la mayor parte de los suelos de aptitud agrícola (tipo I, II y III) del país. (Anón, 2003) Esto permite realizar cultivos de diversos tipos. Esto explica en parte el alto precio de la tierra y por lo tanto, el bajo interés en utilizarlas como praderas natural. La mayor parte de las praderas existentes en la Zona, son sembradas. Por sus valores nutritivos y tipo de crecimiento, junto con las características de clima y suelo, las especies más empleadas para lechería son la alfalfa (*Medicago Sativa*) y el maíz de ciclo largo (*Zea Mays*) (Ruiz, 1996). Desde el punto de vista demográfico, esta Zona concentra más de la mitad de los habitantes del país, ahí radica su importancia como centro de consumo, explicando la constante y elevada demanda de productos lácteos (Jahn, 1996).

Dadas las características de la Zona, los productores han optado mayoritariamente por un sistema de confinamiento permanente. La alimentación ofrecida se compone fundamentalmente de alfalfa, maíz y concentrado con alto aporte energético y proteico. La dieta, durante el año, muestra poca variación en su composición.

4.4. **RESTRICCIONES DEL ANÁLISIS.**

Se utilizó lactancias de vacas con padre conocido, de origen estadounidense y canadiense, con evaluación genética en Estados Unidos. Se descartaron lactancias con producciones de leche inferiores a los 5000 kg o superiores a 18500 kg. Así también se excluyeron lactancias con producciones de grasa y proteína superiores a 650 kg y 550 kg, respectivamente.

La descripción de los datos productivos utilizados en este estudio se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de lactancias (N), promedio (Prom.), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), y producciones mínimas y máximas, para leche, grasa y proteína, ajustadas a 305d, ME, en la Zona Central.

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Prom.(kg)</i>	<i>DE (kg)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Mínimo (kg)</i>	<i>Máximo (kg)</i>
Leche	2.180	11.421	2.364	21	5.070	17.680
Grasa	2.180	386	76	20	150	597
Proteína	2.122	350	70	20	148	547

Entre los factores de variación ambientales, el efecto predio dio cuenta de la mayor variación en la producción, tanto para leche con para grasa o proteína (Tabla 4).

Otro factor que determinó alguna variación fue la época en que el animal comenzó su lactancia. Pues, dentro de un mismo predio, pudiesen presentarse variaciones dadas, por ejemplo, por cambios en la composición de la dieta, en la

cantidad o calidad de algún insumo, manejos de tipo sanitario, movimiento de los animales, cambios de los precios de los insumos o de los productos lácteos, entre muchos otros. Al estudiar el comportamiento de la producción de leche, grasa y proteína, a través del tiempo, no se observó una tendencia a la estacionalidad. Pero sí se observó que tanto los años de inicio de lactancia como los meses dentro de estos años, marcaban un efecto sobre la producción.

Combinando estos 3 factores ambientales de variación se definieron 442 rebaños-año-mes (RAM). Pertenecieron a un mismo RAM aquellas lactancias de vacas del mismo predio cuyos inicios de lactancia coincidieron en el año y en el mes.

Tabla 4. Porcentaje de la variabilidad en la producción de leche, grasa y proteína, explicada por los efectos fijos.

	EFECTOS FIJOS			
	Predio	Año parto	Mes parto	RAM
Leche	0,51	0,01	0,02	0,63
Grasa	0,35	0,02	0,03	0,58
Proteína	0,51	0,02	0,02	0,64

4.5. DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE PRODUCCIÓN Y DE VARIABILIDAD.

Para los estudios según nivel productivo y de variabilidad, se consideró aquellos RAM que contaran con 3 o más lactancias y cuyas vacas fueran hijas de al menos 2 toros distintos. De esta manera el número de RAM se redujo a 303 correspondiendo a 2180 lactancias.

Se definió 3 niveles de producción. Al nivel 1 correspondieron los RAM cuyos promedios de producción de leche estuvieron bajo los 10.000 kg.

En el nivel 2 se encontraron los RAM con promedios productivos superiores o iguales a 10.000 kg. y bajo los 12.560 kg.

Al tercer nivel correspondieron los RAM con promedios productivos superiores o iguales a 12.560 kg.

Al distribuir los RAM según niveles de variabilidad se conformaron 2 grupos; A y B. En el grupo A se incluyó las lactancias con niveles de desviación estándar por debajo los 1.530 kg. En cambio el grupo B correspondió a las lactancias con valores de desviación estándar iguales o superiores a 1.530 kg. La distribución de las lactancias en los grupos de producción y de variabilidad se muestra en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Distribución de las lactancias según los grupos de producción.

<i>Grupo de producción</i>	<i>Rango de producción (kg.)</i>	<i>Porcentaje</i>
1	< 10.000	24
2	$10.0000 \leq < 12.560$	44
3	$12.560 \leq$	32

Tabla 6. Distribución de las lactancias según los grupo de variabilidad

<i>Grupo de variabilidad</i>	<i>Rango de desviación estándar. (kg.)</i>	<i>Porcentaje</i>
A	< 1.530	54
B	$1.530 \leq$	46

4.6. ESTIMACIÓN DE LA RESPUESTA CORRELACIONADA A LA SELECCIÓN.

La respuesta correlacionada se estimó a través de la regresión lineal de la producción láctea, de grasa y proteína acumuladas a 305d, ME de las hijas sobre el *PTA* del padre, según el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \beta_0 + RAM_i + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} : la producción ajustada de la k-ésima vaca, hija del j-ésimo padre, del i-ésimo *RAM*

β_0 : el intercepto

RAM_i : efecto del i-ésimo rebaño-año-mes de parto

β_1 : coeficiente de regresión lineal de y_{ijk} sobre X_{1j}

X_{1j} : *PTA* en kg para el j-ésimo padre

β_2 : coeficiente de regresión lineal de y_{ijk} sobre X_{2j}

X_{2j} : fecha en que el j-ésimo padre entró en servicio de inseminación en *EE.UU.*

ε_{ijk} : efecto residual

La covariable X_{2j} , que correspondió a la fecha en que el j-ésimo padre entró en servicio de inseminación, se incorporó al modelo para eliminar el efecto de la tendencia genética en los toros.

Las respuestas correlacionadas (β_1) fueron estimadas para los 3 niveles de producción y los 2 niveles de variabilidad.

Para estimar los coeficientes de regresión de la producción láctea y componentes lácteos se utilizó el procedimiento PROC GLM (SAS, 1995), del programa estadístico The SAS System Versión 6.12, con licencia para la Universidad de Chile, en el Sitio 0003329002, otorgado por The SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. El modelo se aplicó a los datos de leche, grasa láctea y proteína láctea para el total de las observaciones y para los distintos grupos de producción y de variabilidad. Los coeficientes del modelo se estimaron con un método de mínimos cuadrados. Para cada coeficiente calculado, la significancia se evaluó según las siguientes hipótesis:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

a través del test t-Student con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. (SAS, 1995)

5. RESULTADOS

5.1 LA PRODUCCIÓN DE LECHE, GRASA Y PROTEÍNA.

En la Tabla 7a se describe la producción de leche, grasa y proteína, por nivel productivo y total, mientras que en la Tabla 7b se describe la situación productiva de los RAM por nivel de producción.

La descripción para producción de leche, grasa y proteína según nivel de variabilidad, se muestra en la Tabla 8a. La descripción de la desviación estándar de los RAM, por nivel de variabilidad, para producción de leche, se muestra en la Tabla 8b.

Tabla 7a. Número de lactancias (N), promedio (Prom.), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), mínimo (Min.) y máximo (Máx.), de producciones de leche, grasa y proteína, por nivel de producción y total.

Leche	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel 1	528	8.849	1.600	18	5.070	13.747
Nivel 2	968	11.399	1.671	15	5.975	16.257
Nivel 3	684	13.439	1.644	12	6.575	17.680
Total	2.180	11.421	2.364	21	5.070	17.680

Grasa	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel 1	528	322	63	20	160	586
Nivel 2	968	383	60	16	150	586
Nivel 3	684	440	63	14	260	597
Total	2.180	386	76	20	150	597

Proteína	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel 1	526	275	46	17	148	404
Nivel 2	930	349	50	14	183	480
Nivel 3	666	409	49	12	213	547
Total	2.122	350	70	20	148	547

Tabla 7b. Número de RAM (N), promedio (Prom.), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), mínimo (Min.) y máximo (Máx.), de las producciones de leche, grasa y proteína, de los RAM por nivel de producción.

Leche	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel 1	71	8.724	758	9	6.737	9.962
Nivel 2	139	11.444	687	6	10.036	12.550
Nivel 3	93	13.456	746	6	12.565	16.322
Grasa	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel 1	71	319	38	12	253	399
Nivel 2	139	385	36	9	282	471
Nivel 3	93	443	35	8	388	550
Proteína	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel 1	71	272	19	7	225	309
Nivel 2	135	351	25	7	296	408
Nivel 3	92	409	27	7	364	507

En la Tabla 7a, se muestra los promedios productivos de leche, grasa y proteína láctea, calculados en la Zona Central. Estos fueron superiores a lo reportado para la Zona Sur (Verdugo, 2002) y Centro-Sur del país (Guzmán, 2002). También superaron el promedio productivo reportado para Argentina, sin embargo fueron similares a lo reportado para el Noreste de los Estados Unidos (Verdugo, 2002).

Dado el menor número de observaciones con respecto a los datos de la Zona Sur y Centro-Sur de Chile, se lograron conformar 3 grupos de producción. En términos generales los niveles productivos correspondieron a los niveles medio y alto de producción, descritos en otras zonas de Chile, en Argentina y Estados Unidos. El mayor número de lactancias y el mayor número de RAMs

(Tabla 7b), se ubicaron en el Nivel 2 (10.000 a 12.560 kg.), mientras que el Nivel 1 (menor a 10.000), fue el que presentó menor número de observaciones y de RAMs. Al ir aumentando el nivel productivo, se observó un aumento en la variabilidad, tanto por mayores valores de las desviaciones estándar como por mayores valores en los coeficientes de variación.

Tabla 8a. Número de lactancias (N), promedio (Prom.), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV), mínimo (Min.) y máximo (Máx.), de las producciones de leche, grasa y proteína, por nivel de variabilidad y total.						
Leche	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel A	1.171	11.351	2.257	20	5.117	17.368
Nivel B	1.009	11.503	2.481	22	5.070	17.680
Total	2.180	11.421	2.364	21	5.070	17.680
Grasa	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel A	1.171	385	73	19	181	597
Nivel B	1.009	388	78	201	150	592
Total	2.180	386	76	20	150	597
Proteína	<i>N</i>	<i>Prom.(kg.)</i>	<i>DE (kg.)</i>	<i>CV(%)</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel A	1.131	348	67	19	168	537
Nivel B	991	352	73	21	148	547
Total	2.122	350	70	20	148	547

Tabla 8b. Número de RAM (N), promedio (Prom.), desviación estándar (DE), coeficiente de variación (CV (%)), mínimo (Min.) y máximo (Máx.), de las desviaciones estándar para producciones de leche, de los RAM, por nivel de variabilidad.

Leche	<i>N</i>	<i>Prom.(Kg.)</i>	<i>DE (Kg.)</i>	<i>CV</i>	<i>Min.</i>	<i>Máx.</i>
Nivel A	176	1.140	295	26	217	1.523
Nivel B	127	1.998	382	19	1.534	3.607

Las desviaciones estándar de las producciones de leche, grasa y proteína láctea, observadas en la Zona Central fueron cercanas a las encontradas en el Noreste de Estados Unidos. Y superaron lo encontrado en las Zonas Sur y Centro-Sur de Chile, así como también lo encontrado en Argentina.

El bajo número de lactancias que se disponía para el estudio determinó que solo pudiesen realizarse 2 grupos de variabilidad según la desviación estándar de los RAMs. El número de observaciones, los promedios productivos, y los niveles de variabilidad general de los grupos A y B, se mostraron muy cercanos (Tabla 8a). Las diferencias de variabilidad sólo se vieron al observar los promedios y los valores mínimos y máximos de las desviaciones estándar de los RAMs (Tabla 8b).

5.2. RESPUESTA CORRELACIONADA

5.2.1 RESPUESTA GLOBAL

Utilizando el modelo propuesto se estimó los coeficientes de regresión para la producción de leche, grasa y proteína láctea. Los resultados se describen en las Tablas 9, 10 y 11, donde β_0 correspondió al intercepto; β_1 correspondió al coeficiente de regresión lineal de la producción de leche, grasa o proteína sobre el valor de habilidad de transmisión predicha (*PTA*) en kg. del padre, para leche, grasa o proteína según correspondiera; y β_2 correspondió al coeficiente de regresión lineal de la producción sobre fecha en que el padre entró en servicio de inseminación en *EE.UU.*

Tabla 9. Respuesta a la selección por producción de leche. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de leche ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t),</i>
β_0	10525	991	10,6	0,0001
β_1	0,47	0,17	2,8	0,0059
β_2	-37	15	-2,4	0,0155

Tabla 10. Respuesta a la selección por producción de grasa. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de grasa ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t),</i>
β_0	407	34	11,9	0,0001
β_1	0,52	0,16	3,2	0,0013
β_2	-1,8	0,5	-3,3	0,0010

Tabla 11. Respuesta a la selección por producción de proteína. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t -Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de proteína ajustada a 305 ME

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
β_0	341	29	11,8	0,0001
β_1	0,66	0,20	3,3	0,0012
β_2	-1,5	0,5	-3,1	0,0020

5.2.2 RESPUESTA SEGÚN NIVEL DE PRODUCCIÓN

Se estimó la respuesta según nivel de producción utilizando el modelo descrito anteriormente, en cada nivel productivo. Los coeficientes de regresión (β_1) de la producción de leche, grasa o proteína láctea de las hijas, sobre el valor de la habilidad predicha de transmisión de sus padres para leche, grasa o proteína según correspondiera, se muestran en la Tabla 12a, 12b y 12c. También se muestran los valores obtenidos para los otros coeficiente de regresión y los valores de error estándar (EE), y del t (t -Student) para la hipótesis nula H_0 según la cual el valor de coeficiente estimado es igual a cero, y el valor de p de t ($Pr > |t|$).

Tabla 12a. Respuesta a la selección por producción de leche. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de leche ajustada a 305 ME, por nivel de producción.

		<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>Pr > t </i> ,
<i>Nivel 1</i>	β_0	9725	1098	8,9	0,0001
	β_1	0,00	0,34	0,0	0,9935
	β_2	-0,9	23,4	0,0	0,9736
<i>Nivel 2</i>	β_0	11348	956	11,9	0,0001
	β_1	0,57	0,28	2,1	0,0379
	β_2	-43,6	23,9	-1,8	0,0684
<i>Nivel 3</i>	β_0	14050	860	16,3	0,0001
	β_1	0,66	0,29	2,3	0,0220
	β_2	-53,8	28,70	-1,9	0,0609

Tabla 12b. Respuesta a la selección por producción de grasa. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de grasa ajustada a 305 ME, por nivel de producción.

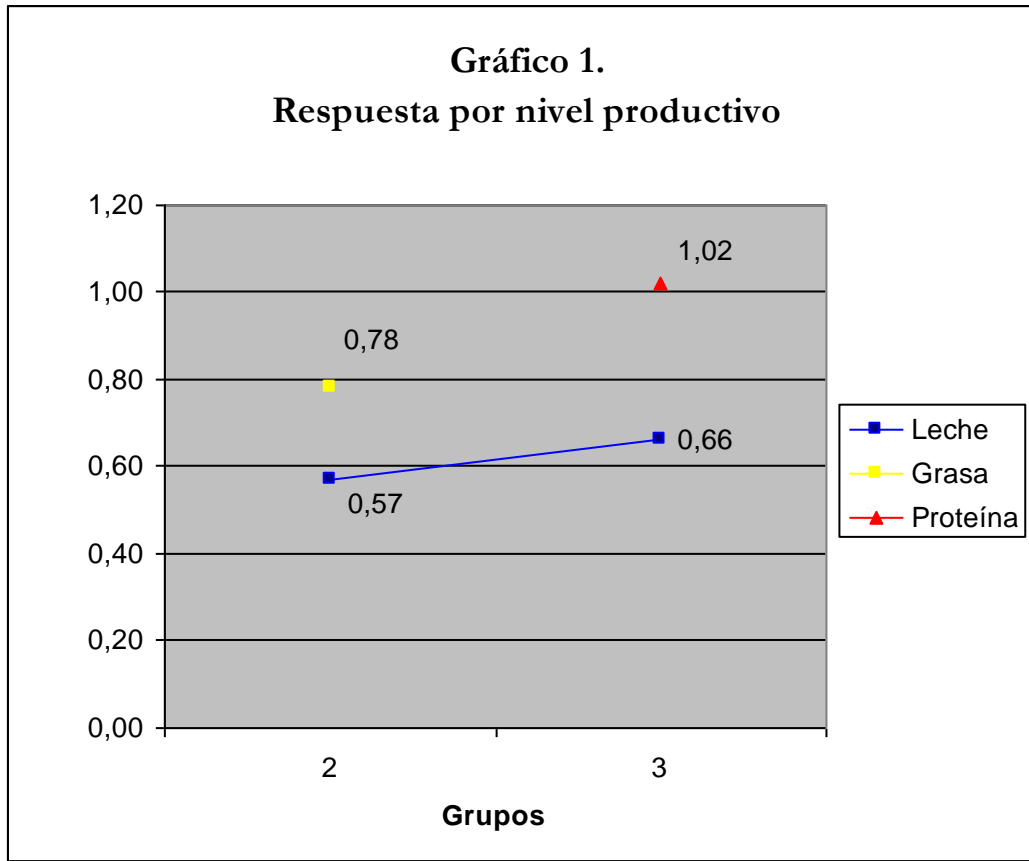
		<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
<i>Nivel 1</i>	β_0	381	40	9,6	0,0001
	β_1	0,14	0,34	0,4	0,6883
	β_2	-0,7	1,0	-0,6	0,5226
<i>Nivel 2</i>	β_0	441	33	13,4	0,0001
	β_1	0,78	0,25	3,2	0,0016
	β_2	-2,6	0,8	-3,2	0,0016
<i>Nivel 3</i>	β_0	455	32	14,1	0,0001
	β_1	0,45	0,27	1,7	0,0968
	β_2	-1,6	1,1	-1,5	0,1375

Tabla 12c. Respuesta a la selección por producción de proteína. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de proteína ajustada a 305 ME, por nivel de producción.

		<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
<i>Nivel 1</i>	β_0	330	33	10,0	0,0001
	β_1	0,53	0,42	1,3	0,2066
	β_2	-1,0	0,9	-1,1	0,2579
<i>Nivel 2</i>	β_0	358	29	12,2	0,0001
	β_1	0,40	0,33	1,2	0,2308
	β_2	-1,38	0,8	-1,7	0,0908
<i>Nivel 3</i>	β_0	431	26	16,8	0,0001
	β_1	1,02	0,32	3,1	0,0018
	β_2	-2,1	0,9	-2,4	0,0161

El Gráfico 1 muestra el comportamiento de la respuesta a la selección según nivel productivo, para leche grasa y proteína. Solo se incluyeron los datos de los niveles 2 y 3, pues para el nivel 1 el coeficiente de regresión asociado a los valores genéticos (β_1) no fue estadísticamente distinto de 0 (valor de $p > 0,05$). Para grasa y proteína, los coeficientes encontrados solo resultaron significativos (valor de $p < 0,05$) para uno de los tres niveles de producción.

5.2
.3
e
cal
cul
ó
los
co
efi
cie
nte



s de regresión, de la producción de las hijas, sobre el valor de la habilidad predicha de transmisión de sus padres, para leche, grasa o proteína láctea, según correspondiera, por nivel de variabilidad. Esto fue indicador del grado de respuesta correlacionada a la selección. Las Tablas 13a, 13b y 13c muestran los coeficientes estimados, el error estándar (EE), el valor de t (t-Student) para la hipótesis nula H_0 según la cual el valor de coeficiente estimado es igual a cero, y el valor de p de t ($\text{Pr} > |t|$).

Tabla 13a. Respuesta a la selección por producción de leche. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de leche ajustada a 305 ME, por nivel de variabilidad.

		<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
<i>Nivel A</i>	β_0	10385	796	13,04	0,0001
	β_1	0,35	0,18	-2,0	0,0496
	β_2	-30,2	15,6	-1,9	0,0528
<i>Nivel B</i>	β_0	11375	1125	10,1	0,0001
	β_1	0,61	0,30	2,0	0,0465
	β_2	-45	28	-1,6	0,1085

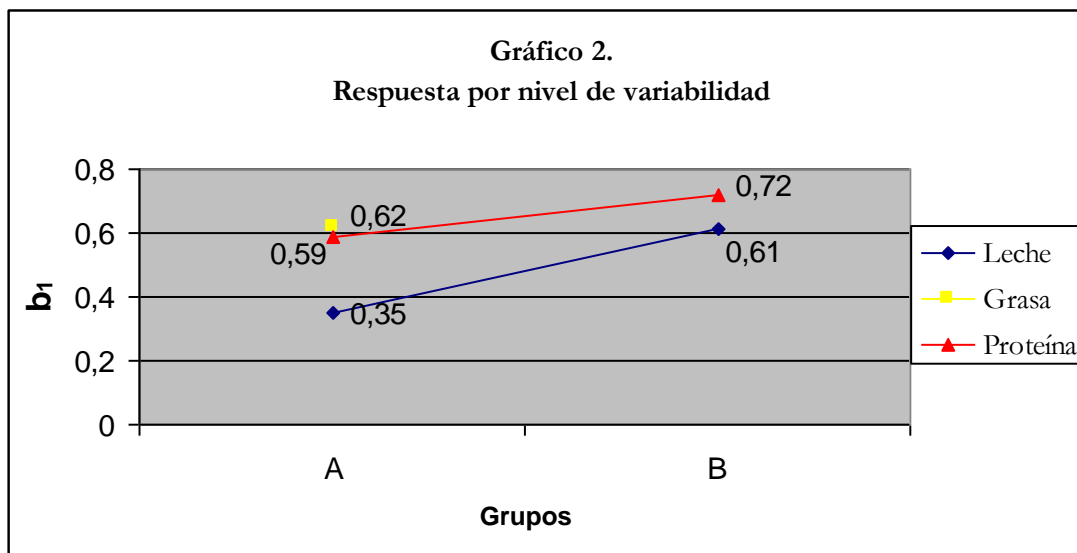
Tabla 13b. Respuesta a la selección por producción de grasa. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de grasa ajustada a 305 ME, por nivel de variabilidad.

		<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
<i>Nivel A</i>	β_0	411	32	12,8	0,0001
	β_1	0,62	0,20	3,2	0,0016
	β_2	-2,0	0,6	-3,1	0,0022
<i>Nivel B</i>	β_0	415	37	11,1	0,0001
	β_1	0,41	0,26	1,6	0,1190
	β_2	-1,6	0,9	-1,7	0,0816

Tabla 13c. Respuesta a la selección por producción de proteína. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t-Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de proteína ajustada a 305 ME, por nivel de variabilidad.

		<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
<i>Nivel A</i>	β_0	343	25	13,9	0,0001
	β_1	0,59	0,23	2,6	0,0101
	β_2	-1,6	0,5	-2,9	0,0039
<i>Nivel B</i>	β_0	360	33	11,0	0,0001
	β_1	0,72	0,35	2,1	0,0362
	β_2	-1,4	0,9	-1,7	0,0976

El Gráfico 2 muestra la respuesta a la selección según nivel variabilidad, para leche grasa y proteína. Los datos no significativos (valor de $p < 0.05$) no fueron incluidos en el gráfico.



La Tabla 14 muestra un resumen de la respuesta correlacionada y el error estándar para leche grasa y proteína en el total de las lactancias, y en los distintos niveles de producción y variabilidad.

Tabla 14. Respuesta correlacionada (β_1) y error estándar (EE), para leche, grasa y proteína. Según nivel productivo, nivel de desviación estándar y total.

		Leche		Grasa		Proteína	
		β_1	EE	β_1	EE	β_1	EE
Producción	1	0.00*	0,34	0,14*	0,34	0,53*	0,42
	2	0,57	0,28	0,78	0,25	0,40*	0,33
	3	0,66	0,29	0,45*	0,27	1,02	0,32
Desviación estándar	A	0,35	0,18	0,62	0,20	0,59	0,23
	B	0,61	0,30	0,41*	0,26	0,72	0,35
Total		0,47	0,17	0,52	0,16	0,66	0,20

* valor de $p > 0.05$

5.2.4 RESPUESTA SEGÚN *PTA* DEL PADRE.

Para conocer el grado el impacto, que tuvo la presencia de valores de *PTA* negativos para leche, sobre la respuesta correlacionada, se utilizó el mismo modelo descrito anteriormente. Se calcularon los coeficientes de regresión, separando las lactancias según si las vacas eran hijas de toros con *PTA* de leche negativos o positivos. Los coeficientes calculados para leche, grasa y proteína láctea, según el valor de *PTA* de leche de los padres, se muestran en las Tablas 12, 13, 14, 15, 16 y 17.

Tabla 15. Respuesta a la selección por producción de leche, de hijas de toros con PTA negativo. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t- Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de leche ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t),</i>
β_0	12976	2240	5,8	0,0001
β_1	-0,04	0,16	0,0	0,9810
β_2	19	99	0,2	0,8466

Tabla 16. Respuesta a la selección por producción de leche, en hijas de toros con PTA positivo. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t- Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de leche ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t),</i>
B_0	9118	1127	8,1	0,0001
β_1	1,01	0,20	5,0	0,0001
B_2	-11	26	0,4	0,6674

Tabla 17. Respuesta a la selección por producción de grasa, de hijas de toros con PTA negativo. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t- Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de grasa ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t),</i>
β_0	455	78	5,8	0,0001
β_1	0,82	0,33	-1,0	0,8317
β_2	-0,2	3,6	0,0	0,9666

Tabla 18. Respuesta a la selección por producción de grasa, en hijas de toros con PTA positivo. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t- Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de grasa ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
β_0	330	39	8,5	0,0001
β_1	1,04	0,18	5,7	0,0001
β_2	1,0	0,9	1,1	0,2591

Tabla 19. Respuesta a la selección por producción de proteína, de hijas de toros con PTA negativo. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t- Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de proteína ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
β_0	351	88	4	0,0001
β_1	-1,7	2,2	-0,8	0,4472
β_2	1,4	3,7	0,4	0,7100

Tabla 20. Respuesta a la selección por producción de proteína, en hijas de toros con PTA positivo. Coeficientes de regresión estimados, error estándar (EE), valor de t para H_0 (t- Student), valor de p ($Pr > |t|$), para producción de proteína ajustada a 305 ME.

<i>Parámetro</i>	<i>Estimador</i>	<i>EE</i>	<i>t-Student</i>	<i>(Pr > t)</i> ,
β_0	290	33	8,8	0,0001
β_1	1,23	0,23	5,4	0,0001
β_2	0,2	0,8	0,2	0,8214

6. DISCUSIÓN

6.1 PRODUCCIÓN Y VARIABILIDAD

Los niveles productivos encontrados en la Zona Central de Chile, fueron concordantes con lo esperado. Los promedios de producción de leche (11.421 kg.), grasa (386 kg.) y proteína láctea (350 kg.) fueron cercanos a los obtenidos en el Noreste de los Estados Unidos (leche: 11.545 kg., grasa: 360 kg., proteína: 418 kg.), superando los niveles productivos de la Zona Sur (leche: 7.548 kg., grasa: 274 kg., proteína: 241 kg.) y Centro Sur de Chile (leche: 8.523 kg. Grasa: 279 kg.)

Así mismo, el grado de variabilidad, medido como desviación estándar, que se observó en esta Zona (leche: 2.364 kg., grasa: 76 kg., proteína: 70 kg.), fue superior a la registrada en la Zona Sur (leche: 1.751 kg., grasa: 59 kg., proteína: 58 kg.) y Centro-Sur (leche: 2.085 kg., grasa: 71 kg.), acercándose a los niveles alcanzados en el Noreste de los Estados Unidos (leche: 2.307 kg., grasa: 68 kg., proteína: 83 kg.).

6.2 RESPUESTA CORRELACIONADA

6.2.1 RESPUESTA GENERAL

En la Zona Sur y Centro-Sur de Chile los sistemas de alimentación y alojamiento son diferentes a los utilizados en la Zona Central y por lo tanto la respuesta correlacionada podría ser totalmente distinta. Por otra parte se observó que el Noreste de los Estados Unidos y la Zona Central de Chile, poseían niveles productivos y de variabilidad similares. Dados estos antecedentes, se esperaban obtener mejores respuestas correlacionadas a la selección en la Zona Central que en otras Zonas del país.

A pesar de las similitudes encontradas con la situación del noreste de Estados Unidos, los coeficientes de regresión obtenidos para leche y grasa láctea (β_1 ; leche: 0,47, grasa: 0,52), no sólo fueron menores a los obtenidos en el Noreste de Estados Unidos (β_1 ; leche: 1,16, grasa: 1,10), si no que también fueron menores a los obtenidos en la Zona Sur de Chile (β_1 ; leche: 0,57, grasa: 0,60) (Tablas 9, 10 y 11). Las respuestas fueron superiores a las obtenidas en la Zona Centro-Sur (β_1 ; leche: 0,40, grasa: 0,30) y en Argentina (β_1 ; leche: 0,44, grasa: 0,10). Los resultados indicaron un aumento de 0,47 kilos de leche, y 0,52 kilos de grasa láctea, por sobre lo obtenido por la base genética ($PTA=0$), por cada punto de aumento en el valor genético del toro. La respuesta a la selección por proteína láctea ($\beta_1 = 0,66$) fue mayor a la obtenida a la Zona Sur, ($\beta_1 = 0,54$) pero inferior a lo obtenido en el noreste de Estados Unidos ($\beta_1 = 1,21$).

6.2.2 RESPUESTA SEGÚN NIVEL PRODUCTIVO

Las respuestas correlacionadas a la selección por producción de leche, grasa y proteína láctea, por nivel productivo (Tablas 12a, 12b y 12c) mostraron un comportamiento similar al descrito en otros países como Estados Unidos, Argentina, y también como el de la Zona Sur y Centro Sur de Chile. En el nivel de mayor producción ($\beta_1 = 0,66$), la respuesta correlacionada a la selección por producción de leche presentó mayor respuesta que en el nivel medio ($\beta_1 = 0,57$). Los resultados del nivel inferior no fueron significativos.

La respuesta correlacionada a la selección por producción de grasa láctea por nivel productivo solo obtuvo un resultado significativo en el nivel de producción medio (nivel 2) ($\beta_1 = 0,78$). Al comparar el resultado obtenido en este nivel de producción con el resultado obtenido en el total de las lactancias ($\beta_1 = 0,52$), se observó un aumento en el nivel de respuesta. El promedio productivo de este nivel (Tabla 7a) fue muy similar al obtenido en la totalidad de las lactancias (383 kg. y 386 kg. respectivamente), y por lo tanto no se pudo atribuir el aumento en la respuesta correlacionada a la presencia de un mayor o menor nivel de producción.

La respuesta correlacionada a la selección por producción de proteína láctea por nivel productivo sólo obtuvo un resultado significativo ($\beta_1 = 1,02$) en el grupo con mayor nivel de producción. En este grupo de producción la respuesta correlacionada a la selección fue completa. La producción de proteína láctea aumentó en un kilo con respecto a lo obtenido por la base genética, por cada unidad de *PTA* para proteína aumentada. La respuesta correlacionada fue

mayor a la obtenida para el total de las lactancias ($\beta_1=0,66$). En términos generales se pudo observar la presencia de respuestas heterogéneas entre niveles productivos. A mayores niveles productivos se obtuvieron mejores respuestas correlacionadas a la selección.

6.2.3 RESPUESTA SEGÚN NIVEL DE VARIABILIDAD

En las Tablas 13a y 13c, se observó un aumento en el grado de respuesta correlacionada a la selección por producción de leche y proteína. Los valores de los coeficientes de regresión (leche: $\beta_1(A)=0,35$; $\beta_1(B)=0,61$; proteína: $\beta_1(A)=0,59$; $\beta_1(B)=0,72$) fueron mayores al aumentar el nivel de variabilidad. Esto coincide con lo descrito en el Sur de Chile (Verdugo 2002, Guzmán 2002), Estados Unidos (Verdugo 2002) y otros países latinoamericanos (Stanton 1991a). En producción de grasa láctea, solo se obtuvo un resultado significativo para cálculo de β_1 en el nivel de menor variabilidad (Tabla 13b). A pesar de representar el nivel de menor variabilidad, el coeficiente de regresión ($\beta_1 = 0,62$) arrojó un valor superior al obtenido para el total de lactancias ($\beta_1 = 0,52$).

6.2.4 RESPUESTA SEGÚN *PTA* DE LECHE DEL PADRE

En las Tablas 15, 17 y 19, se muestran los coeficientes de regresión β_1 para leche, grasa y proteína láctea, considerando únicamente los datos de lactancias de vacas, hijas de toros con *PTA* negativo. En los tres casos se obtuvo un valor de $\Pr(t) > 0,05$, y se aceptó la hipótesis nula (H_0) con un 95% de confianza. Para este grupo, la producción de leche grasa o proteína láctea no estarían asociadas linealmente con el valor de *PTA* respectivo.

Por otro lado, en las Tablas 16, 18 y 20 se puede observar como responden correlacionadamente a la selección, las vacas hijas de toros con valores de *PTA* positivos. Asombrosamente, los coeficientes de regresión β_1 prácticamente duplicaron los valores obtenidos anteriormente. En el caso de la producción de leche el valor de β_1 pasó de 0,47 a 1,01. En la producción de grasa láctea el valor de β_1 pasó de 0,52 a 1,02. La producción de proteína láctea obtuvo un valor de β_1 de 1,23 aumentando en relación al 0,66 obtenido anteriormente.

En los todos los casos el valor $\Pr(t)$ fue inferior a 0,1%. Se vio, con un 99,9% de confianza, una asociación lineal entre estas dos variables.

Con estos resultados se pudo constatar la importancia en la respuesta global, de incorporar los datos de lactancias de vacas hijas de toros con *PTAs* negativos. En este estudio un 13% de los toros poseían valores de *PTA* para leche negativos, correspondiendo a un 9,6% de las lactancias. La sola presencia de estos datos hizo bajar la respuesta correlacionada a la mitad. En los Gráficos 3 y 4, se observa que del total de predios utilizados, únicamente dos no poseían hijas de toros con *PTA* negativo. Esto hizo ver que el uso de semen importado con valores de *PTA* negativos fue y posiblemente sea todavía una práctica común entre los productores la Zona Central de Chile. Resulta poco probable que esto

ocurra por la compra de semen con bajo valor genético, sino más bien por el uso de semen comprado y almacenado durante mucho tiempo. Con el paso de los años, el progreso genético y los ajustes en la base genética, hacen que los valores iniciales de *PTA* de los toros adquiridos sean cada vez más bajos. Esto demuestra la importancia de una correcta asesoría en el uso del material genético importado.

6.2.5 RESPUESTA SEGÚN *PTA* PARA LECHE DEL PADRE, EN LA ZONA SUR DE CHILE

La gran influencia en la respuesta correlacionada, de los datos de lactancias de hijas de toros con valores de *PTA* para leche negativos, motivaron la búsqueda de este mismo fenómeno en la Zona Sur de Chile. Se utilizaron los mismos datos empleados por Verdugo (2002). La edición de los datos y el modelo utilizado también fueron los mismos del estudio realizado por Verdugo (2002). En la Tabla 18 (anexo) se observan los distintos coeficientes de regresión β_1 correspondientes a los datos de producción de leche, grasa, y proteína láctea, agrupados según el signo de *PTA* para leche del padre. Salvo para los datos correspondientes a la respuesta de la proteína láctea, todos los coeficientes de regresión β_1 obtuvieron niveles de significancia adecuados, tanto en el grupo con valores de *PTA* negativos como en el con valores positivos. Esto representó una primera diferencia con lo encontrado en la Zona Central. En la Zona Sur, se encontró una relación lineal entre los datos de producción de leche y grasa láctea y los respectivos valores de *PTA*, en el grupo de datos con valores de *PTA* negativos. Al observar lo sucedido con los valores de los coeficientes de regresión β_1 , en el grupo con valores de *PTAs* positivos, se vio una segunda

gran diferencia. Si bien se vio un aumento de la respuesta en el grupo con valores *PTA* positivo en comparación con la respuesta obtenida utilizando el total de las lactancias, este aumento fue moderado. La respuesta para producción de leche en el grupo con valores de *PTA* positivos ($\beta_1=0,60$) aumentó un 5% en relación a la respuesta observada utilizando todas las observaciones ($\beta_1=0,57$) y un 9% en relación a la respuesta para el grupo de *PTAs* negativos ($\beta_1=0,55$). En el grupo con valores de *PTAs* positivos, la respuesta en la producción de grasa láctea ($\beta_1=0,63$) fue 15% superior a la obtenida con el total de las observaciones ($\beta_1=0,60$) y un 47% en relación a la respuesta del grupo de *PTAs* negativos ($\beta_1=0,43$).

6.3 OTROS RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN

El modelo de regresión utilizado en el presente trabajo fue similar al empleado en otros estudios realizados tanto dentro del país como en el extranjero lo que permitió comparar resultados con los diversos autores. En él se incluyó el cálculo de los coeficientes β_0 y β_2 , aunque estimaciones de éstos no fueran de principal interés. En algunos casos, el valor de Pr (t) para el coeficiente β_2 , estuvo por debajo del 5%, lo que indicó con un 95% de confianza que el valor de β_2 fue igual a cero. Esto pudo deberse a que los valores de *PTA* se calculan utilizando el modelo animal que considera la tendencia genética de los toros. Por lo tanto, no sería necesario incluir el año de ingreso al servicio de inseminación del toro en el modelo de regresión pues la tendencia genética ya estaría siendo considerada al incluir el valor del *PTA*.

Los toros que ingresaron más tardíamente al servicio de inseminación artificial fueron aquellos de menor edad y por lo tanto, sus *PTAs* debieran ser cada vez mas altos. Como β_2 correlacionaba la producción ya sea de leche, grasa

o proteína, con la fecha de ingreso al servicio de inseminación artificial, se esperaba que este coeficiente tomara valores positivos, es decir mientras más tardía fuera la fecha de ingreso al centro de inseminación, más joven sería el toro, y la producción de las hijas sería mayor. Sin embargo cuando los coeficientes β_2 fueron significativos, los valores estimados fueron negativos. Este fenómeno también se reportó en los trabajos de Guzmán (2002) y Verdugo (2002). Posibles explicaciones para este resultado no fueron satisfactorias y por lo tanto, queda planteada la necesidad de un trabajo posterior para establecer en forma más clara el comportamiento de este estimador y el valor de su incorporación en los modelos de regresión utilizados a nivel nacional.

7. CONCLUSIONES

1. La respuesta correlacionada a la selección por producción de leche, grasa y proteína láctea, de toros Holstein norteamericanos, obtenida en la Zona Central de Chile, fue significativamente menor a la obtenida en Estados Unidos.
2. La respuesta correlacionada a la selección por producción de leche, grasa y proteína láctea, de toros Holstein de norteamericanos, obtenida en la Zona Central fue menor a la obtenida en la Zona Sur y mayor a la obtenida en la Zona Centro-Sur de Chile.
3. A mayores niveles de producción o de variabilidad, la respuesta correlacionada fue mayor. Concordando con lo observado en otras Zonas de Chile y en diversos países de Latinoamérica.
4. Se observó la importante influencia del signo (+/-) del valor genético de toro, sobre la respuesta correlacionada de las hijas en la Zona Central de Chile. Este hecho muestra un punto sobre el cual se puede realizar progresos fácilmente, orientando de manera más eficiente a los productores al momento de adquirir o usar las dosis de semen, y de esta manera mejorar la respuesta productiva.

8. BIBLIOGRAFÍA

- **ANÓN.** 2003. La vida a nuestros pies. [en línea]. Santiago, Chile. Artículo 1179. **In:** Suelo. <<http://www.conama.cl/rm/568/article-1179.html>> [consulta: 09-06-2003].
- **BARRÍA, N.; VERDUGO, R.; CASANOVA, D.; JARA, A.** 2002. Selection response of U.S. Holstein sires for milk production in Chile and Argentina. **In:** 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Montpellier, France. 19-23 August 2002. CD ROM.
- **BARRÍA, N.; VERDUGO, R.; TUOHY T.; JARA, A.** 2002. Respuesta a la selección por producción láctea de toros IA Holstein de Estados Unidos en una población de vacas Holstein en Chile. **In:** XXVII Reunión anual sociedad chilena de producción animal. Chillán, Chile. 2-4 Octubre 2002. U. Concepción, Fac. Agronomía – Sochipa A. G. pp. 197-198.
- **BLAKE, R.W.; HOLMANN, F.J.; GUTIERREZ, J.; CERVALLOS, G.F.** 1988. Comparative profitability of United States Holstein artificial insemination sires in Mexico. J. Dairy Sci. 71: 1378-1388.
- **CARABAÑO, M.J.; WADE K.M.; VAN VLECK, L.D.** 1990. Genotype by environmental interaction for milk and fat production across regions of the United States. J. Dairy Sci. 73: 173-180.
- **CASSELL B.** 1998. The Animal Model. [en línea] <http://www.ext.vt.edu/pubs/dairy/404-086/404-086.pdf> [consulta: 07-08-2003].
- **CIENFUEGOS, E.G.; OLTENACU, P.A.; BLAKE R.W.; SCHAWAGER, S.J.; CASTILLO-JUAREZ, H.; RUIZ, F.J.** 1999. Interaction between milk yield of Holstein cows in Mexico and United States. J. Dairy Sci. 82: 2218-2223.

- **COSTA, C.N.; BLAKE, R.W.; POLLAK, E.J.; OLTENACU P.A.; QUAAS R.L.; SEARLE S.R.** 2000. Genetic analysis of Holstein cattle populations in Brazil and the United States. *J. Dairy Sci.* 83: 2963-2974.

- **DICKERSON, G.E.** 1962. Implication of genetic-environmental interaction in animal breeding. *Anim. Prod.* 4: 47-63.

- **ELZO, M.A; BRADFORD G.E.** 1985. Multibreed sire evaluation procedure across countries. *J. Dairy Sci.* 60: 953-963.

- **ERRAZURIZ, A.K.; CERECEDA, P.T.; GONZALEZ J. L.; GONZALEZ, M. L.; HENRIQUEZ, M. R.; RIOSECO, R. H.** 1992. Climatología de Chile. **In:** Manual de Geografía de Chile. 2° Ed. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile. pp 40-59.

- **FALCONER, D.S.; MACKAY, M.T.C.** 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th Ed. Oliver and Boyd. Edinburgh. UK. pp.132-133, 317-321.

- **GUZMÁN, A.** 2002. Respuesta de toros Holstein, seleccionados por producción láctea de Estados Unidos, en las provincias de Bío-bío y Malleco. Memoria de Título Medico Veterinario. Santiago, Chile. U. Mayor. Fac. Cs. Silvoagropecuarias. pp. 32, 43-45.

- **HOLMANN, F. J.; BLAKE, R. W.; MILLIGAN, R. A.; BARKER, R.; OLTENACU, P. A.; HAHN, M. V.** 1990. Economic returns from US artificial insemination sires in Holstein herds in Colombia, Mexico and Venezuela. *J. Dairy Sci.* 73: 2179-2189.

- **JAHN, E.** 1996. La pradera en los sistemas de leche bovina. **In:** Ruiz, I. Praderas para Chile. 2° Ed. INIA. Santiago, Chile. pp. 658-664.

- **JARA, A.; BARRÍA, N.** 2000. Interacción genético ambiental para características de producción y puntaje de células somáticas en vacas lecheras. XVI Reunión de producción Animal y III Congreso Uruguayo de Producción Animal. Montevideo- Uruguay, Marzo 2000.

- **LYNCH, M.; WALSH, B.** 1998. Genetics and Analysis of Quantitative Traits. Sinauer Assocs., Inc. Sunderland, MA, USA. pp. 657-658.

- **LYTTON, V.H.; LEGATES, J.E.** 1966. Sire by region interaction for production traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 49: 874.
- **POWELL, R.L.; NORMAN, H.D.** 1984. Response within herd to sire selection. *J. Dairy Sci.* 67: 2021-2027.
- **RUIZ, I.** 1996. La pradera en el llano longitudinal y valles de la zona central. **In:** Praderas para Chile. 2° Ed. INIA. Santiago, Chile. pp. 496-504.
- **SAS.** 1995. User's Guide. Version 6.12. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- **STANTON, T. L.; BLAKE, R. W.; QUAAS, R. L.; VAN VLECK, L. D.** 1991a. Response to selection of US Holstein sires in Latin America. *J. Dairy Sci.* 74: 651-664.
- **STANTON, T. L.; BLAKE, R. W.; QUAAS, R. L.; VAN VLECK., L. D.; CARBAÑO, M. J.** 1991b. Genotype by Environment Interaction for Holstein Milk Yield in Colombia, Mexico, and Puerto Rico. *J. Dairy Sci.* 74: 1700-1714.
- **UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. ANIMAL IMPROVEMENT PROGRAMS LABORATORY .** 2002. USDA yield evaluation description. [en línea]. <http://www.aipl.arsusda.gov/reference/yield.htm> > [consulta: 11-02-2003].
- **VERDUGO, R.** 2002. Respuesta a la selección por producción láctea de toros Holstein de Estados Unidos en Chile y Argentina. Memoria de Título Medico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile. Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. pp. 1, 49-51.
- **WEIGEL, K.A.** 1996. Impact of second-country data of foreign bulls on international evaluations of Dairy bulls. *J. Dairy Sci.* 79: 900-906.
- **WATTIAUX, M.** 2002. Predicted transmitting ability and reliability. [en línea] <http://babcock.cals.wisc.edu/de/html/ch16/reproduction_eng_ch16.html> [consulta: 02-09-2003].

9. ANEXOS

Los Gráficos 3, 4, 5 y 6 entregan antecedentes acerca de la edad de los toros utilizados. En los Gráficos 3 y 4, se consideró como edad del padre, la diferencia de años entre el nacimiento del toro y el promedio los inicios de las primeras lactancias de sus hijas. En ellos se observa la distribución de las hijas según edad promedio del padre (Gráfico 3) y la distribución de los toros según su edad promedio (Gráfico 4). El Gráfico 5 corresponde al número de vacas, según el año en que el padre ingresó al servicio de inseminación. En cambio en el Gráfico 6, se muestra la distribución de los toros según el año en que ingresaron al servicio de inseminación.

En el Gráfico 7 se muestra, como se distribuyeron las lactancias de las vacas, de acuerdo con el valor de *PTA* para leche de los padres. El Gráfico 8 muestra la distribución de los toros padres según rango de *PTA* para leche.

El Gráfico 9 presenta el número total de lactancias de vacas, hijas de toros con *PTA* negativo para cada predio, así como el promedio de producción de leche para ese predio.

El Gráfico 10 indica el número de toros con *PTA* negativo usados en cada predio y la producción de leche promedio para ese predio. Para los Gráficos 9 y 10, el promedio de producción de leche por predio se calculó considerando la totalidad de las lactancias.

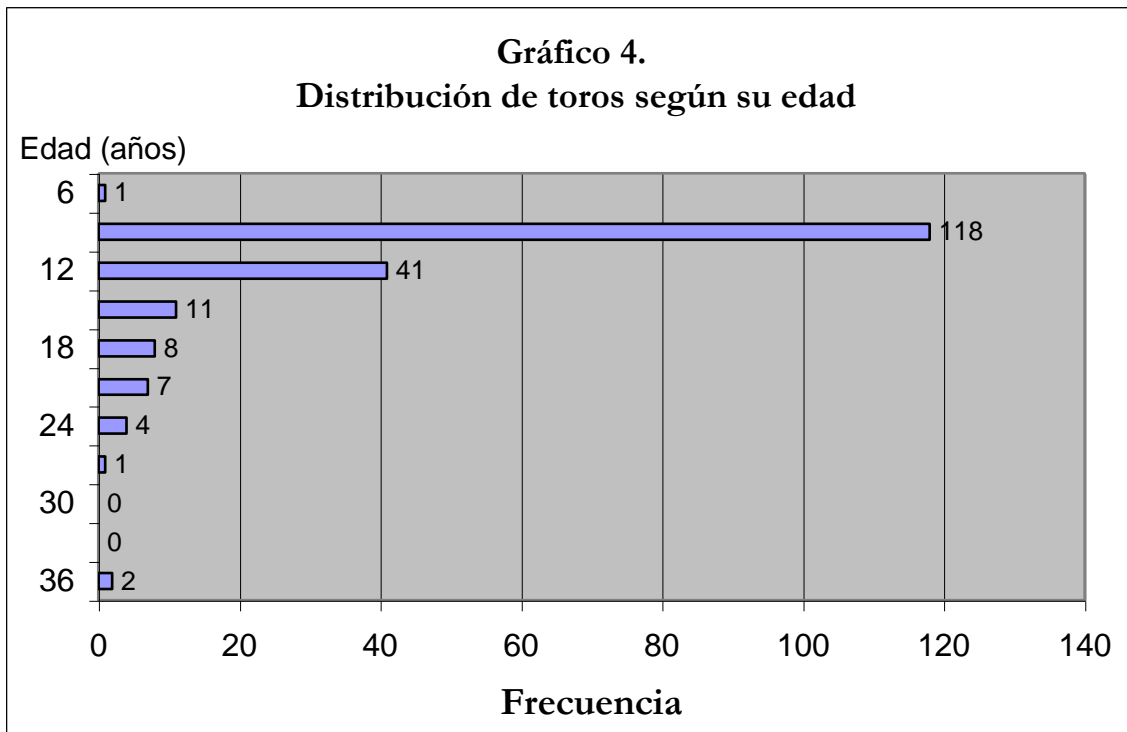
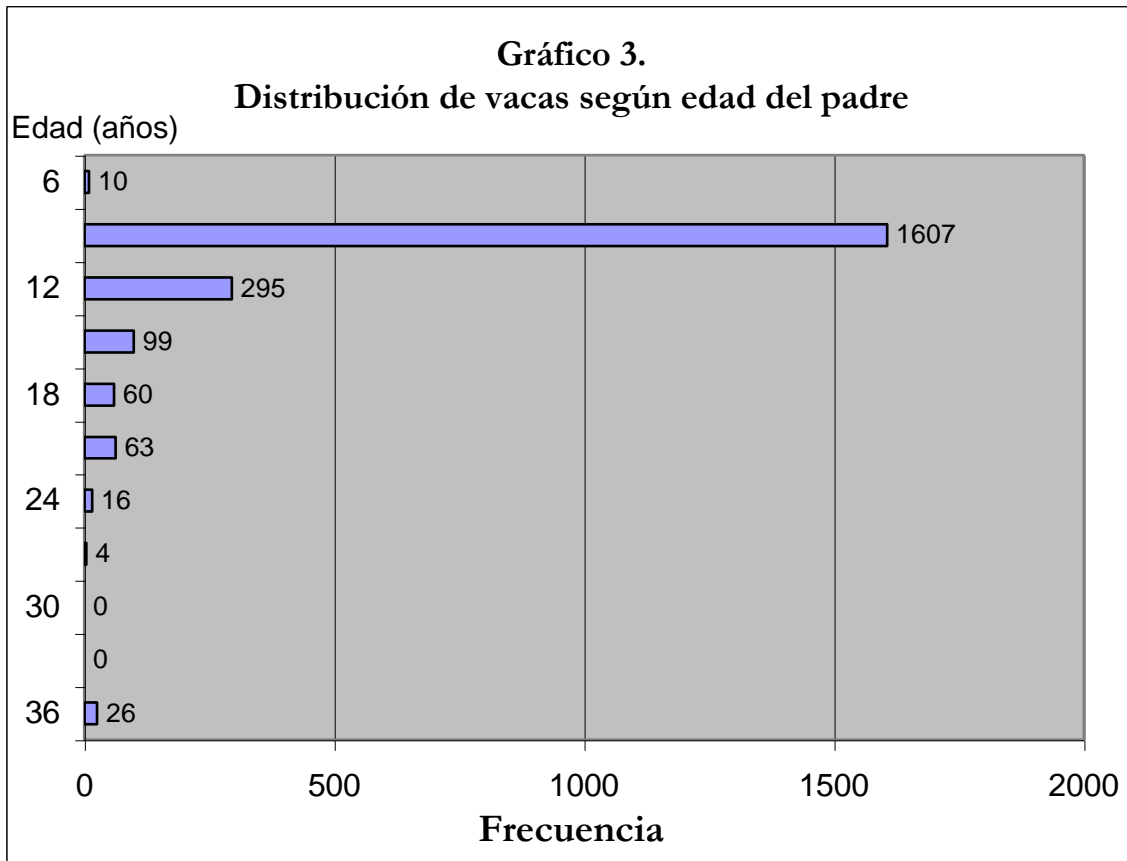


Gráfico 5.
Distribución de vacas, según año de ingreso al servicio de inseminación del padre.

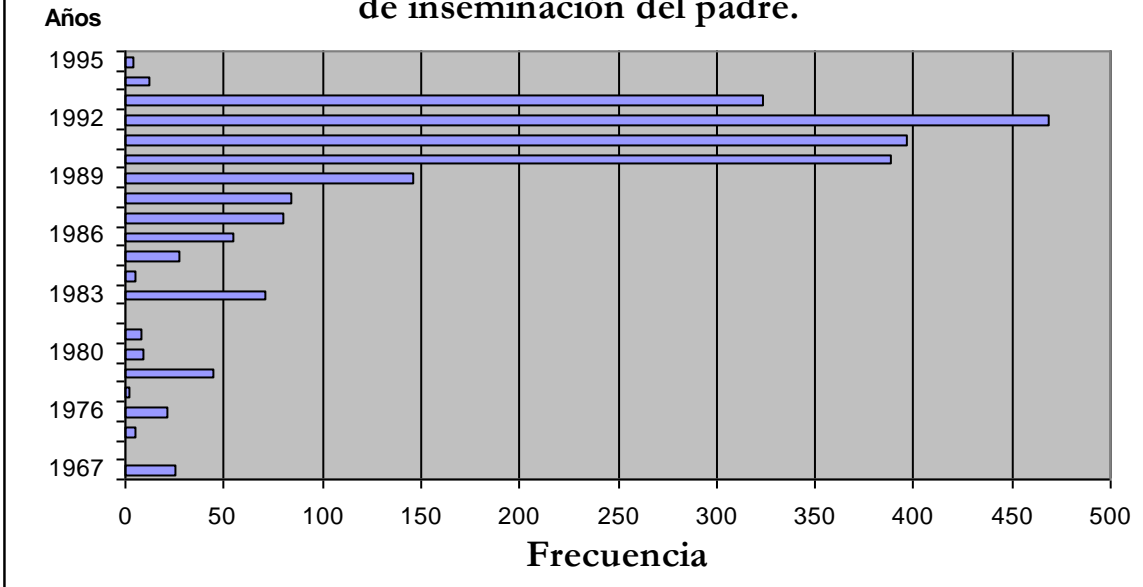
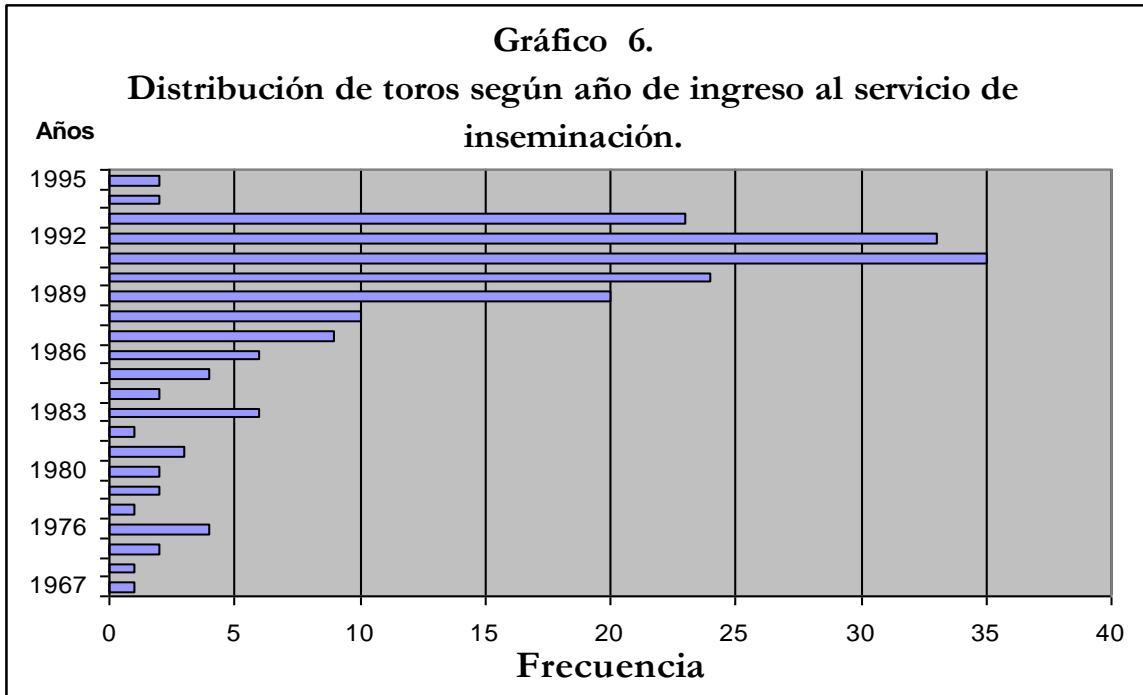


Gráfico 6.
Distribución de toros según año de ingreso al servicio de inseminación.



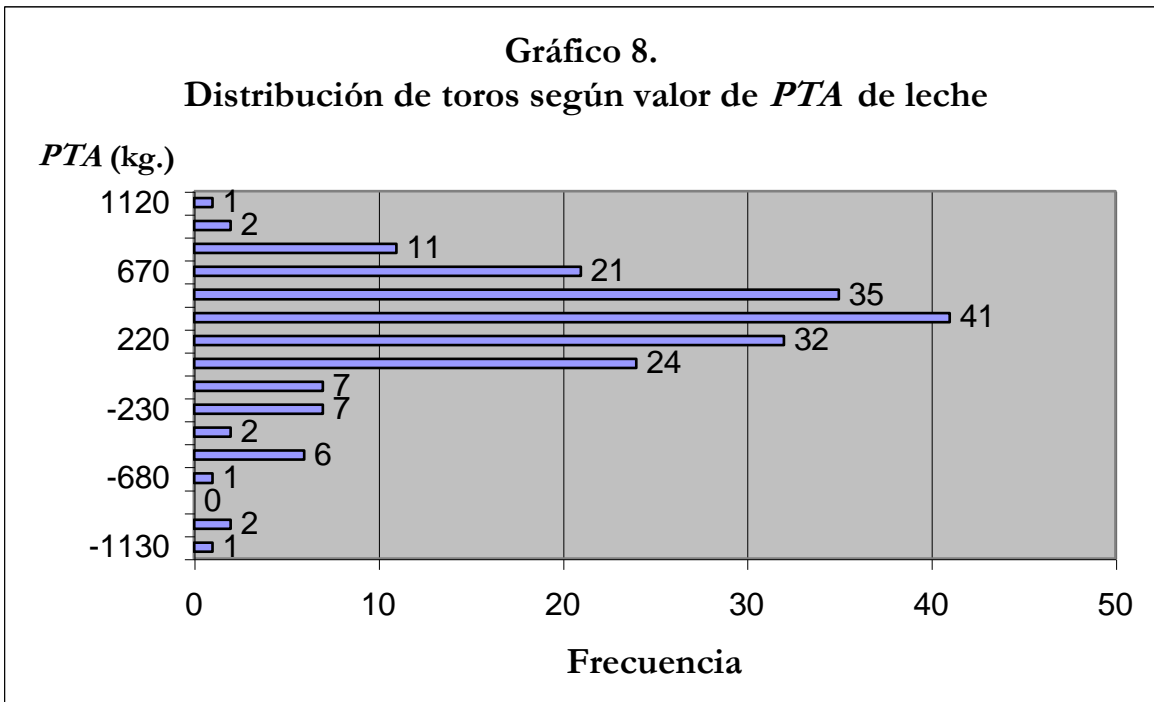
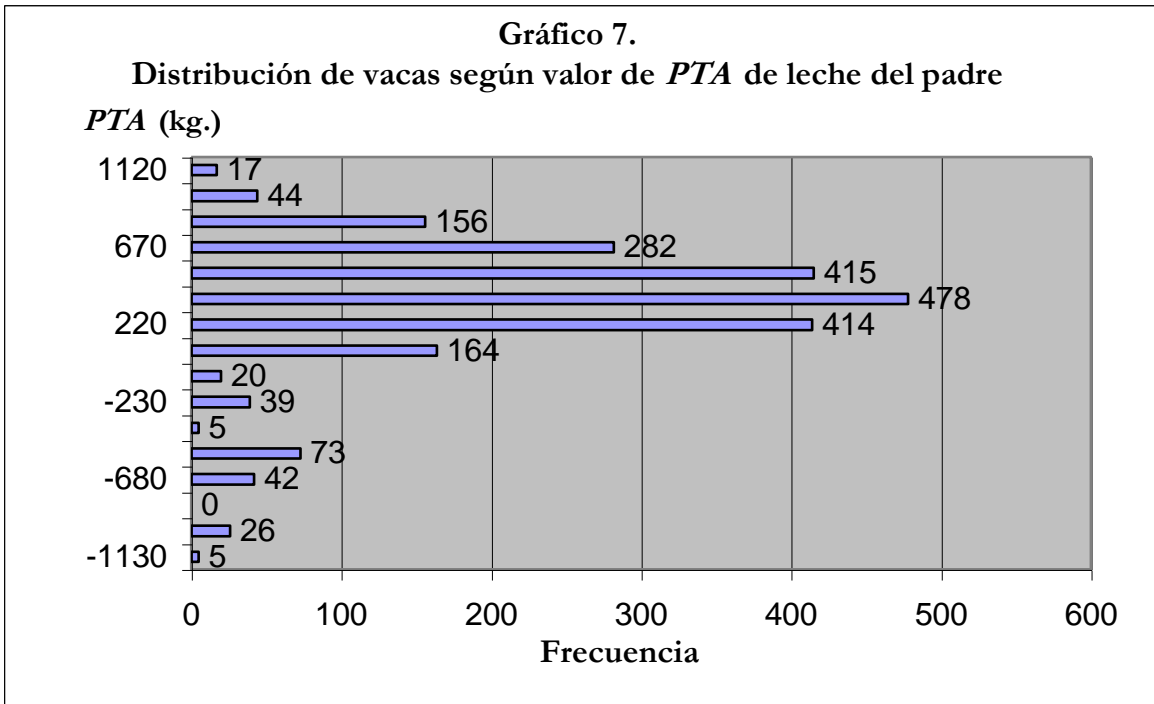


Gráfico 9
Distribución hijas de toros con *PTA* negativo, y promedio productivo de leche, por predio.

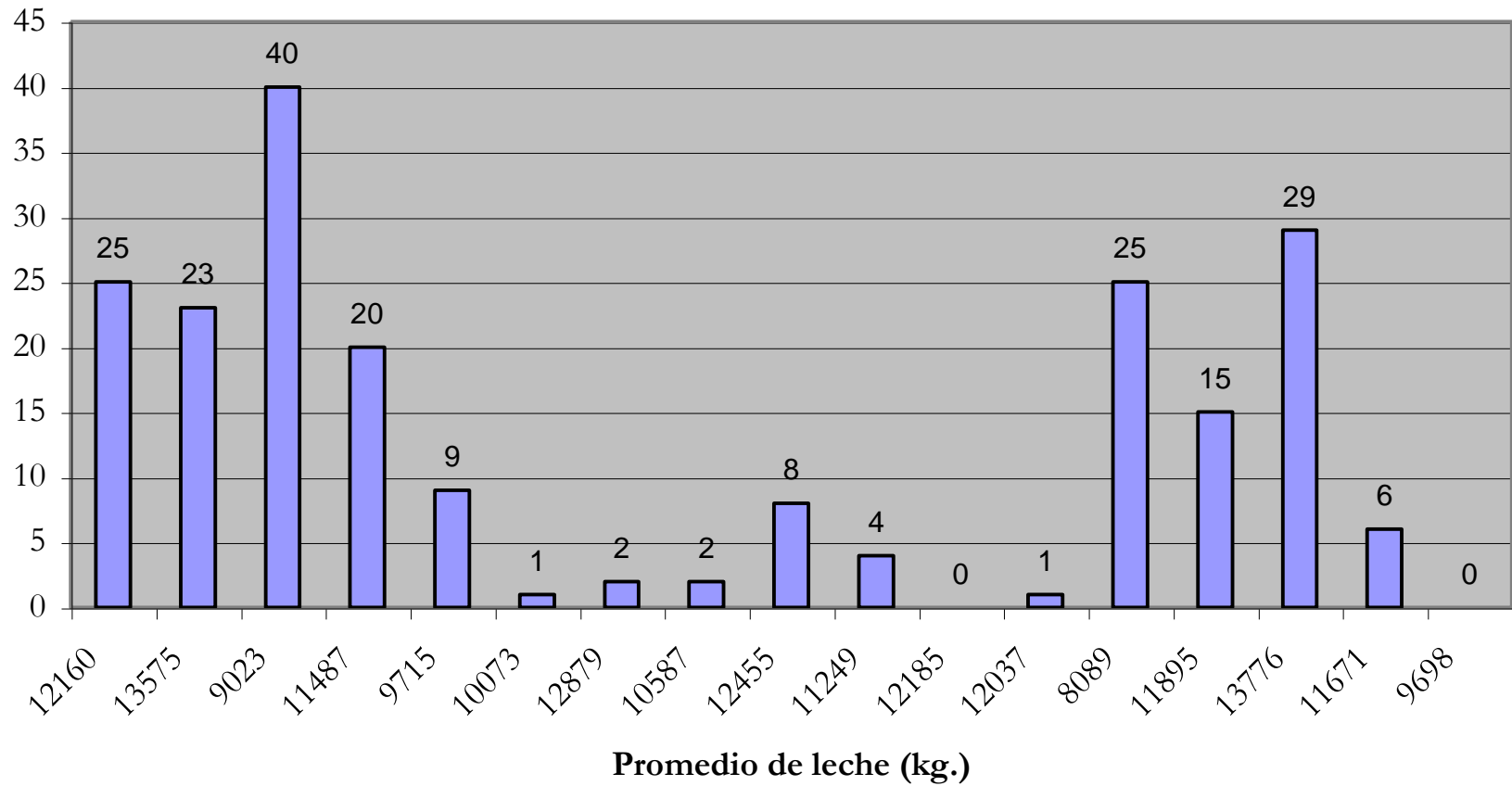
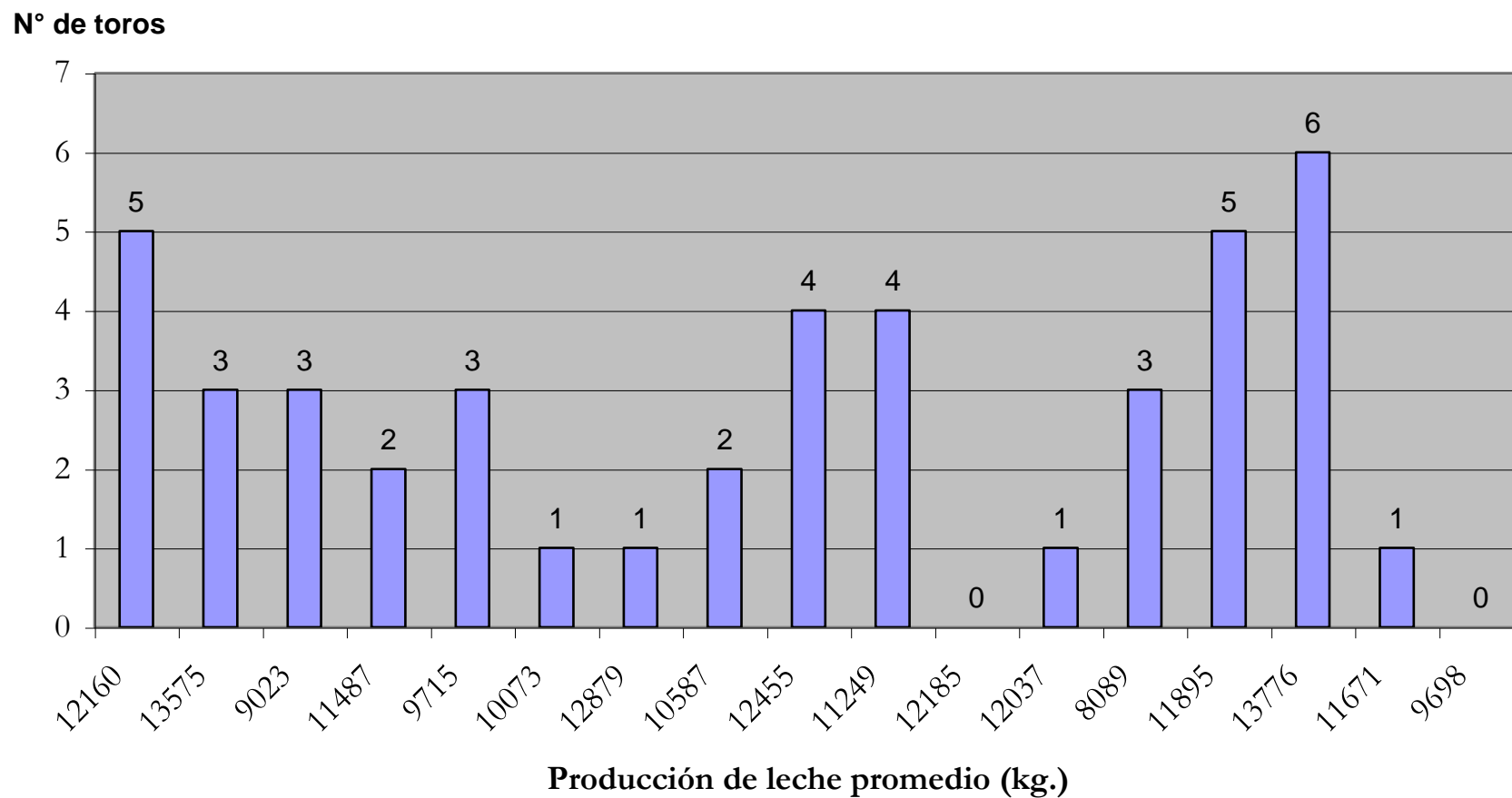


Gráfico 10
Distribución de toros con *PTA* negativo y promedio productivo para leche, por predio.



Los Gráficos 11 a 16 y la Tabla 20, se obtuvieron con datos de la Zona Sur de Chile y corresponden exactamente a los datos utilizados por Verdugo (2002). Con el programa computacional, The Sas System, se obtuvieron los histogramas, los coeficiente de regresion (β_1) y errores estándar (EE).

El Gráfico 11 muestra la distribución de las lactancias de vacas de la Zona Sur de Chile, según la edad del padre. En el Gráfico 12 se muestra la distribución los toros según edad. En ambos casos se consideró como edad del padre, la diferencia de años entre el nacimiento del toro y el promedio los inicios de las primeras lactancias de sus hijas.

El Gráfico 13 muestra la dirtribución de las lactancias de la Zona Sur de Chile, según el año en que el padre ingresó al servicio de inseminación artificial. El Gráfico 14 en cambio muestra la ditribución de los toros, según el año en que ingresaron al servicio de inseminación.

Los Gráficos 15 y 16 muestran la distribución del las hijas y de los toros, respectivamente, según el valor de *PTA* para leche del toro.

Gráfico 11.
Distribución de vacas según edad del padre.
(Zona Sur de Chile)

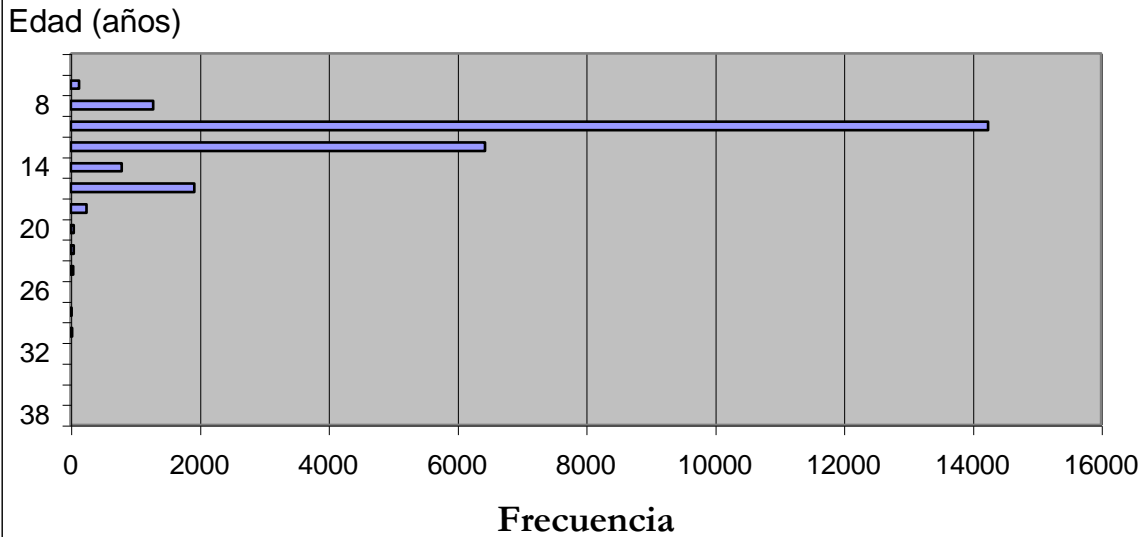


Gráfico 12.
Distribución de toros según edad.
(Zona Sur de Chile)

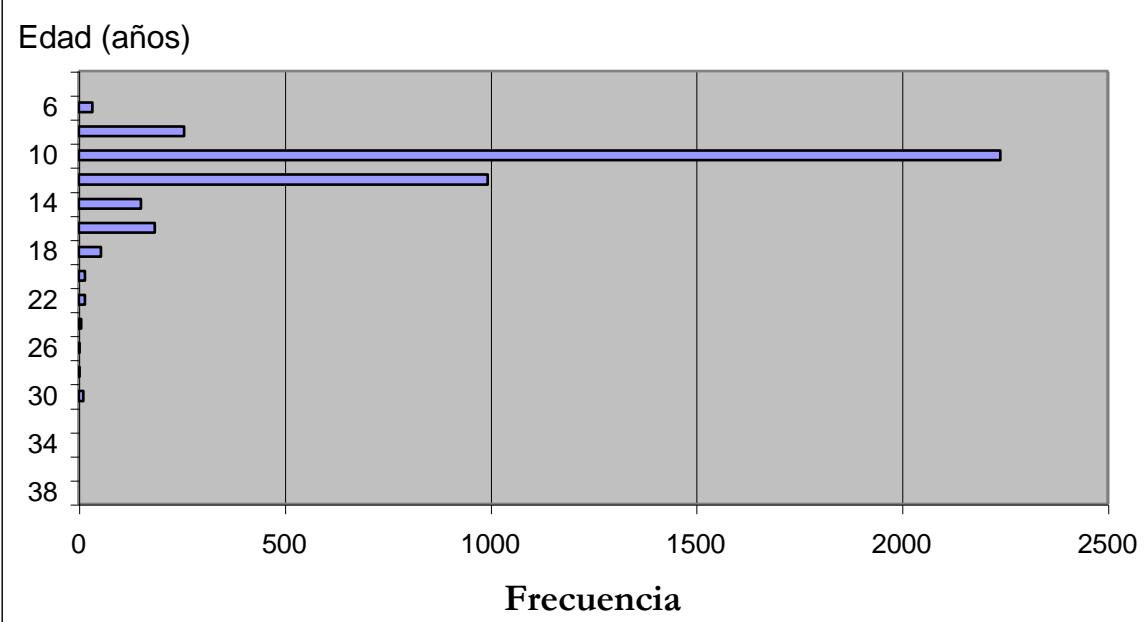


Gráfico 13.
**Distribución de vacas según año de ingreso al servicio de
inseminación del padre. (Zona Sur de Chile)**

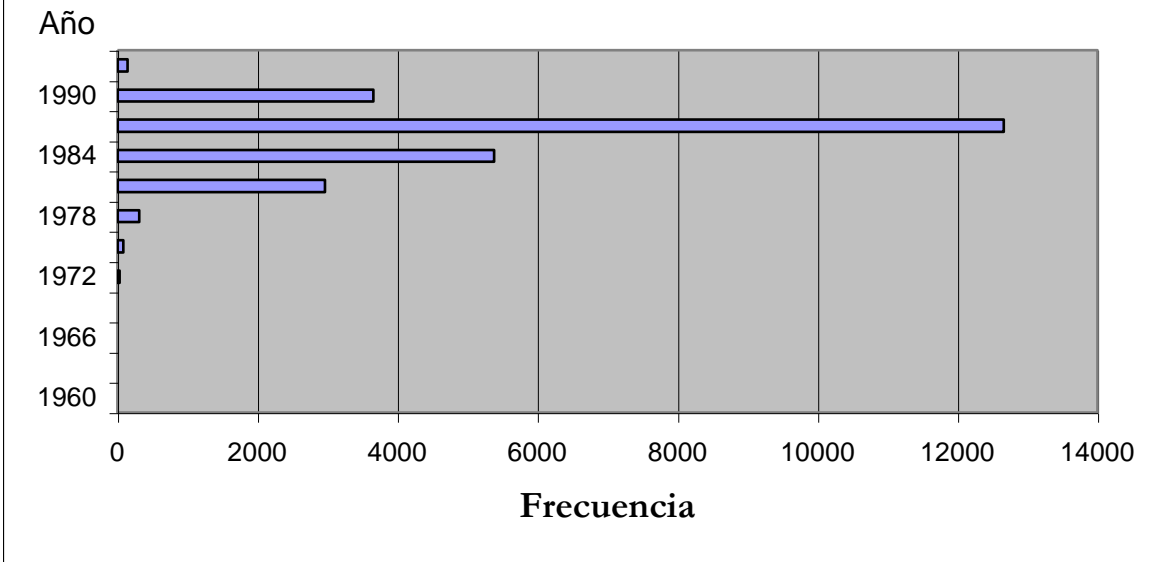


Gráfico 14.
**Distribución de toros según al año de ingreso al servicio de
inseminación. (Zona Sur de Chile)**

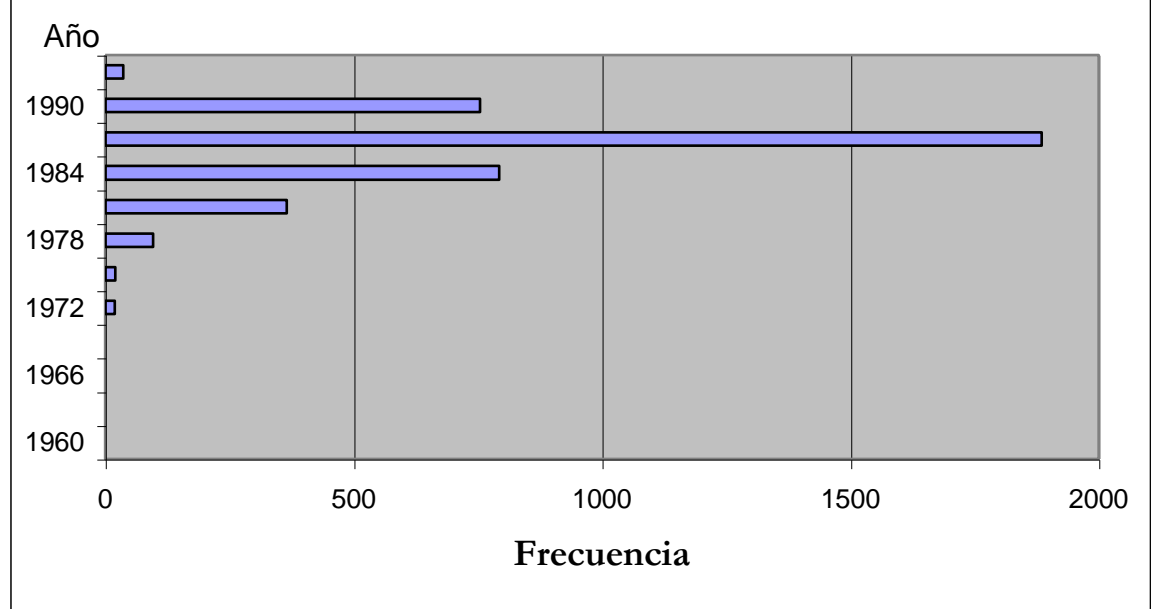


Gráfico 15.
Distribución de vacas según *PTA* de leche del padre.
(Zona Sur de Chile)

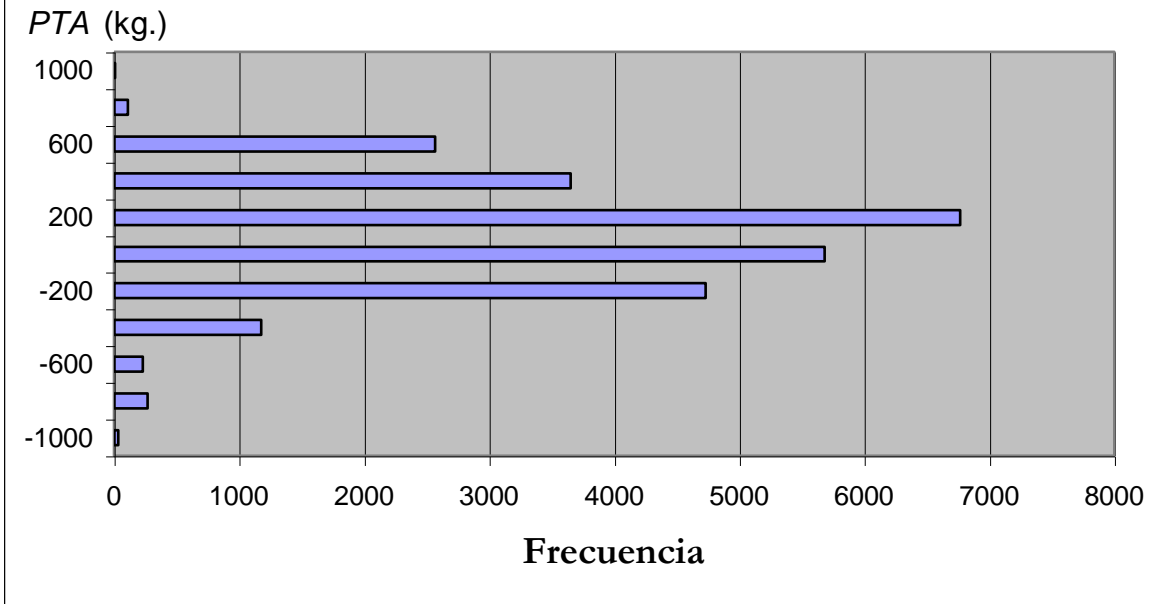
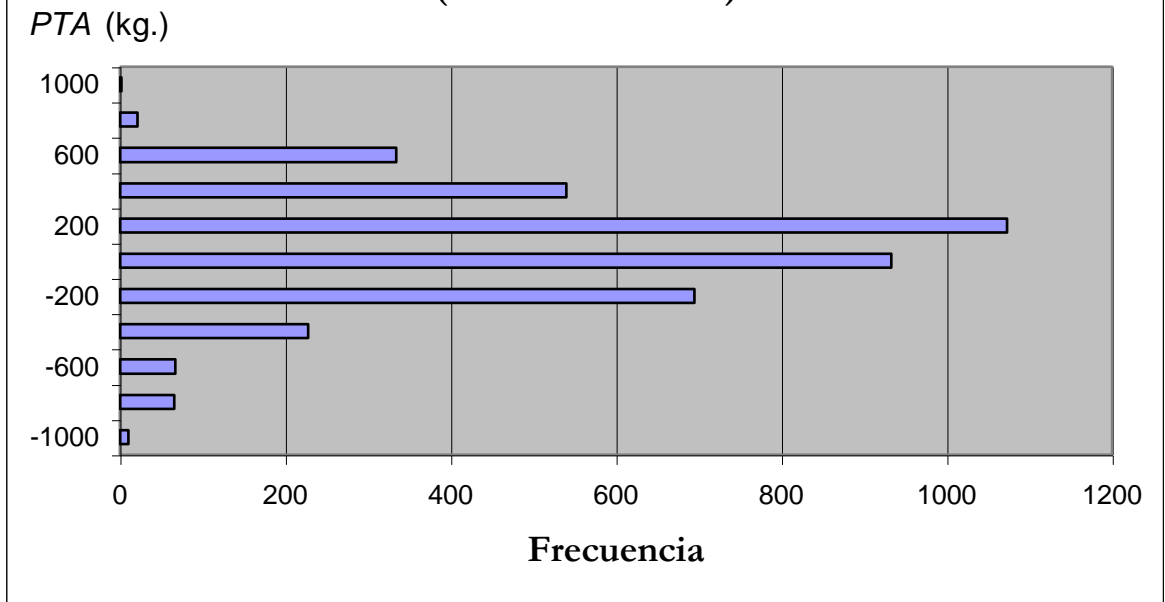


Gráfico 16.
Distribución de toros según valos de *PTA* de leche.
(Zona Sur de Chile)



En el cálculo de la respuesta correlacionada se utilizó un modelo distinto, aunque similar, al del presente trabajo. La diferencia radica en el efecto ambiental, que en el caso de los datos del Sur, incluye el efecto de la estacionalidad.

Tabla 20. Coeficientes de regresión estimados (β_1) y error estándar (EE), para leche, grasa y proteína ajustada a 305 2x ME, en hijas de toros Holstein norteamericanos, según valor de *PTA* para leche, del padre.

	<i>PTA (leche)</i> Negativo		<i>PTA(leche)</i> Positivo	
	β_1	<i>EE</i>	β_1	<i>EE</i>
Leche	0,55	0,10	0,60	0,06
Grasa	0,43	0,05	0,63	0,05
Proteína	0,10*	0,65	0,24*	0,36

* valor de $p > 0.05$