

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA

**ESTIMACIÓN DEL PESO VIVO POR MEDIO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE CON
EL PERÍMETRO TORÁXICO Y LA ALTURA A LA CRUZ, EN BOVINOS
LECHEROS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES DE CUATRO CENTROS DE
ACOPIO DE LA DÉCIMA REGIÓN DE CHILE.**

Memoria de título presentada como parte de
los requisitos para optar al TÍTULO DE
MEDICO VETERINARIO

RODRIGO JAVIER GARAY VERA

VALDIVIA – CHILE

2003

PROFESOR PATROCINANTE:

Dr. Rubén Pulido F.

Firma

PROFESOR COLABORADOR

Dr. Héctor Uribe M.

Firma

PROFESORES CALIFICADORES:

Dr. Marcelo Herve A.

Firma

Dra. Carmen Gallo St.

Firma

*A mis padres y hermano con amor y
agradecimiento eterno.*

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Summary	2
3. Introducción	3
4. Material y métodos	9
5. Resultados	12
6. Discusión	23
7. Conclusiones	27
8. Bibliografía	28
9. Anexos	31
10. Agradecimientos	34

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la ecuación que mejor describe la relación existente entre peso vivo y perímetro torácico y entre peso vivo y alzada a la cruz en los bovinos de pequeños agricultores pertenecientes a cuatro Centros de Acopio modelo del Centro Nacional de Capacitación y Entrenamiento en Reproducción y Manejo Animal (CENEREMA).

Se trabajó con dos pequeños agricultores de cada uno de los cuatro centros de acopio lechero (CAL) modelo de CENEREMA en la Décima Región, ubicados en Máfil, San Pablo, Puerto Varas y Chiloé. Estos agricultores reunieron 295 hembras. Estos animales corresponden al genotipo Frisón Negro con distintas proporciones de Holstein Friesian.

Se realizaron 639 mediciones de peso vivo, perímetro torácico y alzada a la cruz. Estas variables fueron procesadas mediante los análisis de correlación de Pearson y regresión múltiple, para elaborar las ecuaciones de predicción del peso corporal.

Por medio de la correlación se determinó que la relación existente entre peso vivo y perímetro torácico y entre peso vivo y alzada a la cruz es positiva y alta siendo los coeficientes de correlación de Pearson 0,97 y 0,91 respectivamente. La regresión múltiple entre peso vivo y perímetro torácico permitió estimar el peso vivo con un 95,5 % de efectividad. Por su parte, la regresión entre peso vivo y alzada a la cruz lo hizo con un 82,1 % y la regresión entre peso vivo ambas variables lo hace con un 95,6 %.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el peso vivo puede ser estimado a través del perímetro torácico y la alzada a la cruz debido a la alta correlación que existe entre estas variables. De los modelos estudiados en este trabajo, el mejor para estimar el peso vivo es el siguiente: $\text{Peso Vivo Estimado} = (\text{Efecto cuadrático del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico})^2 + (\text{Efecto del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico}) + a$

Palabras claves: peso vivo, perímetro torácico, alzada a la cruz, estimación de peso.

2. SUMMARY

The aim of this study was to determine an equation which better describes the linear relation between live weight and chest girth; and live weight and wither height in Black Frison cattle owned by small farmers associated to model milk collection centers of the Centro Nacional de Entrenamiento en Reproducción y Manejo Animal (CENEREMA).

The study included two farmers in each of the four CENEREMA'S model milk collection centers in the Tenth Region of Chile; they were located in Máfil, San Pablo, Puerto Varas and Chiloé. These farmers provided information on 295 females of the Black Frison breed with different proportions of Holstein Friesian genes.

The data set had six hundred thirty nine records of live weight, chest girth and wither height. To construct an equation that would lead to predict body weight the data set was analyzed using Pearson correlation and multivariate linear regression.

The associations found between body weight and wither height and body weight and chest girth were very high and positive; Pearson correlation coefficients were 0.97 and 0.91, respectively. The linear regression of live weight on chest girth estimated live weight with a 95.5 % of accuracy; regression of live weight on wither height did it with an 82.1 % of accuracy, and multivariate regression of live weight on both variables yielded a 95.6 % of prediction accuracy.

According to the above results, live weight can be estimated by chest girth and wither height due to the high association between these variables. Among the models studied in this work, the best one to estimate live weight is the following: Estimated Live Weight = (Quadratic Effect of Chest Girth) * (Chest Girth)² + (Effect of Chest Girth) * (Chest Girth) + a

Key Words: Live weight, chest girth, wither height, live weight prediction.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 ANTECEDENTES GENERALES

La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) en un documento elaborado el año 2000 a partir de los datos arrojados por el VI Censo Nacional Agropecuario, establece que en Chile existen 329.705 explotaciones agrícolas, las que ocupan 51.300.314 ha. Asimismo en el país existen 4.140.247 cabezas de bovinos, de las cuales 617.612 corresponden a vacas lecheras.

En el mismo documento se dividen las explotaciones agrícolas en tres categorías según tamaño: pequeña explotación, cuyo límite se determinó de acuerdo a las características de cada región basándose en el tamaño máximo predial fijado por el INDAP para sus usuarios, mediana explotación, cuya superficie agrícola es mayor a la de las pequeñas explotaciones y menor que la de las grandes y gran explotación, que es aquella en que la superficie agrícola permite suponer retornos comerciales y beneficios de escala significativos, permitiendo entre otras características, prescindir de ayuda financiera del Estado como requisito fundamental para su producción. A su vez las pequeñas explotaciones se subdividen en pequeñas explotaciones empresariales, que son aquellas que entre otras características poseen una superficie de uso agropecuario igual o superior a la necesaria para permitir un ingreso mínimo mensual (\$90.500), y explotaciones de subsistencia, que son aquellas cuya superficie no permite alcanzar el ingreso mínimo mensual.

Al revisar los datos arrojados por el VI Censo Nacional Agropecuario de acuerdo al ordenamiento anterior se observa que el sector de los pequeños agricultores está compuesto de 278.840 explotaciones, lo que representa el 84,6 % del total censado, de éstos 102.766 operan en el nivel de subsistencia. El segmento empresarial está compuesto por 17.005 explotaciones de tamaño medio y otras 9.399 de gran tamaño; el resto corresponde a explotaciones sin actividad y sin clasificar. Cabe destacar que la pequeña agricultura concentra alrededor de un 40% del inventario total del ganado bovino, caprinos y cerdos (ODEPA, 2000).

Al analizar el cuadro N° 1, en el cual se presenta la distribución de las explotaciones por tipo de productor según Región, podemos observar que la Décima Región concentra un 17,3 % del total de explotaciones agrícolas del país. Además, un 98% de éstas corresponden a la categoría de pequeña explotación.

Cuadro N° 1: Distribución del Número de Explotaciones por Tipo de Productor según Región

Región	Subsistencia	Pequeño empresarial	Mediano	Grande	Sin actividad	Sin clasificar	Total general
I	871	1.741	604	161	1.163	1.664	6.204
II	630	934	187	21	265	69	2.106
III	672	1.101	117	199	358	525	2.972
IV	7.740	6.627	809	718	1.361	958	18.213
V	6.454	10.410	1.906	424	1.478	1.133	21.805
RM	2.905	8.406	2.611	912	652	1.324	16.810
VI	9.696	18.007	1.257	1.174	1.175	1.309	32.618
VII	13.024	24.294	2.294	1.522	1.074	1.860	44.068
VIII	18.165	33.255	3.386	1.455	1.959	1.728	59.948
IX	16.455	41.412	1.541	1.347	1.577	704	63.036
X	25.648	27.472	1.738	1.232	0	1.069	57.159
XI	319	1.754	208	218	0	858	3.357
XII	187	661	347	16	0	198	1.409
Total general	102.766	176.074	17.005	9.399	11.062	13.399	329.705

Fuente: elaborado por ODEPA a partir de la información del VI Censo Nacional Agropecuario, INE 1997.

3.2 PRODUCCIÓN DE LECHE

Según los datos aportados por el Boletín de la Leche de ODEPA, el promedio de recepción de leche en plantas de la Décima Región entre los años 1988 – 2001 fue de 789.524.393 litros anuales, lo que representa un 64,97% del promedio de la recepción nacional de leche en plantas en dicho periodo, siendo su mayor participación en el año 1992 con un 66,42%. La recepción más baja de leche en plantas corresponde al año 1995 con un 63,05% del total nacional, esto a pesar que la recepción en litros de leche ha ido aumentando en forma sostenida en todo el periodo, exceptuando los años 1999 y 2000 en que la recepción en plantas bajó levemente. El año 2001 la leche recibida en las plantas de la Décima Región fue 1.076.000.377 litros lo que corresponde a un 65,75% de la recepción nacional de leche en plantas (Chile, 1999; 2000; 2001).

La producción de leche en la Décima Región es un pilar fundamental en su economía, ya que ésta representa un 66,3% del Producto Interno Bruto (PIB) silvoagropecuario de la región, en comparación a la Novena Región que es la que la sigue en importancia de la producción de leche dentro del PIB silvoagropecuario con un 16,9%. (Anrique, 1999)

Latrille (1999), afirma que la Décima Región es la que tiene el más alto volumen en producción de leche del país, ya que ella contribuye con el 62,9 % del total nacional de recepción anual de leche en plantas. Del total de 1.126.150 ha que conforman la Décima Región se estima que aproximadamente el 50 % de la superficie regional, es utilizada para la producción de leche por 12.088 productores. El mismo autor los clasifica según nivel de producción, esta distribución es presentada en el cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Explotaciones lecheras (que entregan a plantas) en la Décima Región

Estrato (miles de litros)	N° de productores (% del total) ^a	Importancia (% del total) ^b
< de 20	7.000 (57,9)	8,91
20 a 50	3.200 (26,5)	14,9
50 a 100	1.000 (8,3)	10,0
100 a 500	500 (4,1)	15,1
500 a 1.000	290 (2,4)	22,8
1.000 a 2.000	67 (0,6)	11,2
2.000 a 5.000	22 (0,2)	7,0
5.000 a 10.000	8 (0,1)	5,6
> de 10.000	1 (0,008)	4,5

^a % del total de productores (estimado en 12.088)

^b % del total de recepción en plantas (784 millones de litros, 1994)

Adaptado de Latrille (1999)

Del cuadro anterior se desprende que 10.200 (84,4 %) productores sólo aportaron con el 23,81 % de la producción regional y que los 1.888 restantes aportaron el 76,19 % de los 784 millones de litros que se produjeron en la Región el año 1994. Latrille (1999) afirma que existirían alrededor 7.000 usuarios de INDAP en la Región, por lo tanto, basándose en lo anterior se puede afirmar que la mayoría de los productores lecheros de la Décima Región se encuentran dentro de la categoría de pequeños productores.

La producción de leche es una actividad crucial en la pequeña agricultura regional. Esto es dado por su positivo efecto en la disponibilidad de dinero, la seguridad de su mercado, la alta rentabilidad comparativa frente a otras actividades, los niveles de organización alcanzados en los centros de acopio y el desarrollo tecnológico (Ammann y col, 1999) .

Según Latrille (1999), la producción de leche es atractiva para los pequeños agricultores por una serie de razones, entre ellas:

- a) Les permite obtener un continuo flujo de caja mientras tengan vacas en lactación.

- b) Es una actividad que les permite trabajar con equipos propios de bajo costo, sobretodo, emplear eficientemente su mano de obra familiar.
- c) Como toda actividad ganadera permite al productor contar con capital relativamente fácil de liquidar.
- d) Cuenta con canales de comercialización apropiados.
- e) Provee de alimentos para el grupo familiar.
- f) Las ventajas de la organización de los campesinos en estructuras como los centros de acopio son muy claras.

Vargas (1999), describe a los pequeños productores de leche como aquellos que generalmente entregan a planta un volumen inferior a los 50.000 litros, con una alta estacionalidad en primavera, disponen de pocos animales, poseen poco nivel tecnológico y la mano de obra utilizada es generalmente familiar.

3.3 CRECIMIENTO

El crecimiento es uno de los fenómenos más importantes en la práctica ganadera, de hecho podría decirse que todas las actividades ganaderas están relacionadas con algún aspecto del crecimiento. Durante los procesos del crecimiento todos los organismos, excepto los más simples, no sólo aumentan su tamaño, sino que sufren cambios de forma debido a la diferente velocidad de crecimiento de sus tejidos (Pálsson, 1959).

Existen diversos modos de medir el crecimiento: como peso real o como curva de crecimiento, el método de incremento en porcentaje y la ganancia de peso por unidad de tiempo (Pálsson, 1959), además se puede medir el crecimiento a través de la medición del aumento de tamaño.

El peso vivo es quizás la forma más usada para estimar el crecimiento del ganado y generalmente lo que se hace es relacionar el peso vivo con la edad o con alguna unidad de tiempo ya sea años, días, meses etc. El primer método describe la curva de crecimiento y el segundo estima ganancias promedio de peso diario (gr/día).

Las curvas de crecimiento son similares en su forma para distintas razas y tipos de ganado, pero varían mucho cuando se relacionan con el peso a la madurez de éstas (Taylor y Field, 1999).

La medición del peso corporal es una técnica bastante sencilla, pero puede llevar a errores en la interpretación de los resultados si no se consideran algunos factores. Según Lawrence y Fowler (1997), la validez de los registros va a depender de la precisión de la

romana, del error humano y que se consideren como cambios en el peso vivo las fluctuaciones en el peso del contenido gastrointestinal. Los dos primeros factores son importantes, pero son relativamente fáciles de solucionar con un mayor cuidado de la persona encargada de la observación y registro de los datos. Con respecto al error inducido por el llenado del tracto gastrointestinal, los mismos autores proponen algunas soluciones: la primera es el ayuno de los animales antes de ser pesados, este ayuno debe durar entre 6 y 24 horas, la otra posibilidad de reducir las fluctuaciones, es estandarizar la hora de pesaje de los animales. En los animales a pastoreo la mejor hora para realizar los pesajes es en la mañana y en animales que no están a pastoreo lo mejor es pesarlos antes de que se les entregue la comida.

El conocer el peso vivo de los animales permite a los productores adecuar sus raciones, calcular ganancias de peso, programar el encaste, calcular la carga animal y por lo tanto, manejar la disponibilidad de forraje del predio, además manejar la venta o compra de animales. El conocer el peso vivo también permite la correcta dosificación de productos tanto terapéuticos como preventivos por parte del profesional que asesora el predio.

Heinrichs y Hargrove (1987), afirman que al conocer los requerimientos de las vaquillas en las distintas etapas de su desarrollo, se puede programar un ritmo de crecimiento adecuado, evitando así un crecimiento errático que perjudique el potencial productivo de la hembra. Los costos de criar una vaquilla de reemplazo para lechería incluyen el alimento, mano de obra, manejo sanitario, reproductivo, alojamientos y cualquier otro factor que pueda atribuirse directamente a la crianza de reemplazos del rebaño lechero. Éstos dependen del crecimiento de las vaquillas; aquellas que crecen más rápidamente necesitan de una mayor inversión en alimentación por día, sin embargo, esto se traduce a la larga en menores costos totales de alimentación (Tozer, 2000). Al reducir la edad al primer parto, se reduce el tiempo que se mantiene a las vaquillas sin producir, así como también se reduce el número de vaquillas para reemplazo necesarias (Tozer y Heinrichs, 2001). Si además consideramos que según Gabler y col. (2000), la alimentación de los reemplazos constituye alrededor de un 60% de los costos totales de su crianza, se hace evidente la importancia de conocer el peso de los animales durante su vida.

Sin embargo, es común no contar con balanzas para pesar los animales, situación frecuente en los pequeños productores debido a la menor disponibilidad de recursos. En consecuencia, aparece como valioso disponer de un método simple pero razonablemente seguro de estimación del peso. Como el peso vivo es una medida del crecimiento animal resulta razonable pensar que éste puede ser estimado a través de algunas medidas corporales que también reflejan crecimiento como lo son el perímetro torácico y la alzada a la cruz.

3.4 ESTIMACIÓN DE PESO

Ensminger (1973), consideró que la estimación del peso vivo de los bovinos a través del perímetro torácico es un método simple y seguro para su utilización. Pulido (1985), agrega que las medidas más adecuadas para la estimación del peso vivo en bovinos son el

perímetro y la alzada a la cruz para la raza Holstein Friesian, para el Frisón Negro lo son el perímetro y la edad y en la cruce de estas razas son el perímetro torácico y la alzada a la cruz. Además Robles (1990), agrega que el perímetro torácico es mejor estimador del peso vivo en novillos entre 8 y 18 meses, de las razas Holstein Friesian, Frisón Negro y diversas cruces entre estos genotipos, que la edad.

Werner (1987), en un trabajo realizado con terneros Holstein Friesian, Frisón Negro y su cruce, concluyó que las ecuaciones de regresión que incluyen la alzada a la cruz, perímetro torácico, largo del cuerpo y la edad, son confiables para estimar el peso vivo de los terneros entre 7 y 90 días de edad. Además Sauterel (1988), concluyó que la variable con que mejor se puede estimar el peso vivo a través de una regresión para terneros Frisón Negro entre el nacimiento y los 75 días de edad, es el perímetro torácico.

Del mismo modo Wall (2000), en un estudio en el que analizó el crecimiento de vaquillas Frisón Negro en predios lecheros de la Décima Región, concluyó que el peso vivo se puede además estimar a través de la alzada a la cruz y la alzada a la pelvis debido a la alta correlación que existe entre estos parámetros.

Heinrichs y col. (1992), reconocen que la estimación del peso vivo a través del perímetro torácico puede ser afectado por la raza, sexo, edad, tamaño y condición corporal de los animales. Pero este error se puede reducir al agrupar a los animales según categorías de edad, peso, sexo, reduciendo de esta forma la variación entre ellos. Por su parte, Lawrence y Fowler (1997), señalaron que, en los bovinos, la medida que tiene mayor correlación con el peso vivo es el perímetro torácico, pero aún así la estimación del peso obtenida de esta forma tiene una posibilidad de error mayor que el pesaje de los animales. Por lo tanto, al controlar los factores de error, aparece el perímetro torácico como una forma fácil de estimar el peso y que se convierte entonces en una herramienta muy útil cuando no se cuenta con una balanza en el predio.

3.5 OBJETIVO GENERAL

Determinar la ecuación que mejor describe la relación existente entre el peso vivo y el perímetro torácico y entre el peso vivo y la alzada a la cruz en los bovinos de pequeños agricultores pertenecientes a cuatro Centros de Acopio modelo de la Décima Región.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Lugar del ensayo: Se trabajó con ocho pequeños agricultores pertenecientes a cuatro centros de acopio lechero (CAL) modelo del Centro Nacional de Capacitación y Entrenamiento en Reproducción y Manejo Animal (CENEREMA) en la Décima Región, ubicados en Máfil (AGROLECHE Máfil Ltda.), San Pablo (Los Avellanos), Puerto Varas (Santa Bárbara) y Chiloé (El Trauco).

4.1.1.1 Agroleche Máfil Ltda.: En este CAL se trabajó con la “Parcela 12 lote 7” de propiedad del Sr. Heriberto Garríos. Este predio está ubicado en el sector Iñaque en la comuna de Máfil, provincia de Valdivia, con una superficie predial de 12,9 ha y una dotación animal de 10 vacas, 4 vaquillas preñadas, 3 vaquillas para encaste, 1 ternera y 2 terneros. Y en la “Parcela Huillón” de propiedad del Sr. Jovino Ordóñez, ubicada en el mismo sector de la comuna de Máfil, provincia de Valdivia, la superficie predial es de 13,5 ha de pradera, su dotación animal es de 8 vacas lecheras, 2 vaquillas preñadas y 3 vaquillas secas.

4.1.1.2 CAL Los Avellanos: En este CAL se trabajó en la “Parcela N° 5 San Antonio” de propiedad del Sr. Orlando Navarro. Este predio está ubicado en la comuna de San Pablo, a 1,5 km del pueblo de San Pablo, con una superficie predial de 30 ha de las cuales 24,5 son pradera, y una dotación animal de 17 vacas, 4 vaquillas preñadas, 8 vaquillas secas, 1 ternera y 6 terneros. Y en la “Parcela N° 8, San Antonio”, de propiedad de don Heriberto Navarro, ubicado en la comuna de San Pablo, a 2 km del pueblo de San Pablo, con una superficie predial de 28 ha, de las cuales 23 son pradera, y su dotación animal es de 18 vacas, 3 vaquillas preñadas, 9 vaquillas secas, 6 terneras, y 4 terneros.

4.1.1.3 CAL Santa Bárbara: En este CAL se trabajó en la “Parcela 6 Escudo de Chile” de propiedad del Sr. Johny González. Este predio está ubicado en el sector La Paloma, en la comuna de los Muermos, provincia de Llanquihue, a 2 km de Puerto Varas, con una superficie predial de 55 ha, de las cuales 50 son pradera, y una dotación animal de 35 vacas, 5 vaquillas preñadas, 6 vaquillas para encaste, 17 terneras, 15 terneros, 2 toros, 4 novillos y 2 bueyes. Y en el predio “Los Aromos” propiedad del Sr. Héctor Soto. Ubicado en el sector de Santa Bárbara, en la Comuna de Puerto Varas, provincia de Llanquihue, a 40 km de Puerto Varas, la superficie predial es de 23 ha, 22 de las cuales son pradera, y su dotación es de 18 vacas, 6 vaquillas preñadas, 4 vaquillas secas, 4 terneras, 8 terneros, 14 ovejas y 1 carnero.

4.1.1.4 CAL el Trauco: En este CAL se trabajó en el predio “el Manzano” propiedad del Sr. Carlos Ojeda Garay, ubicado a 10 km al sur de Chonchi por el camino a Queilen, con una superficie predial de 32 ha, correspondiendo a praderas 19 ha, y una dotación animal de 11 vacas, 5 vaquillas preñadas, 3 vaquillas para encaste, 4 terneras y 2 bueyes. Y en el predio “Los Arces”, propiedad del Sr. Juan Saldivia Aros, ubicado en el sector Curaco Bajo, a 11 km de Chonchi por el camino cruce Vilupulli, con una superficie predial de 20 ha, de las cuales 14,5 son praderas, y dotación animal de 13 vacas, 2 vaquillas preñadas, 4 vaquillas menores, 4 terneras, 3 terneros, 1 toro, 18 ovejas y 13 corderos.

4.1.2 Animales e identificación: Se trabajó con los datos de las mediciones de 295 hembras bovinas pertenecientes a los agricultores antes mencionados, las edades de las hembras fluctúan entre los dos días y los nueve años. Los animales fueron individualizados por medio de los autocrotales usados en el predio y por el nombre. Estos animales corresponden al genotipo Frisón Negro con distintas proporciones de Holstein Friesian.

4.2. MÉTODOS

4.2.1 Mediciones: Las mediciones que se utilizaron fueron el peso vivo, la alzada a la cruz y el perímetro torácico. Por motivos de facilidad de transporte y cercanía de los centros de acopio de Máfil y San Pablo se realizaron cuatro mediciones y en los centros de acopio El Trauco y Santa Bárbara se realizaron tres mediciones a las hembras bovinas por agricultor. Además, se debe tener en cuenta que la dotación animal de los productores no permaneció constante durante el periodo de obtención de los datos. De esta forma, de las 295 hembras bovinas se obtuvieron 639 mediciones individuales de peso vivo, perímetro torácico y alzada a la cruz.

4.2.1.1. Peso vivo: Se determinó mediante pesajes individuales en la mañana después de la rutina de ordeño. Para esto se utilizó una romana digital portátil con capacidad para 1.000 kg y sensibilidad 0,1 kg.

4.2.1.2 Perímetro torácico: Se midió con una cinta flexible graduada en centímetros, envolviendo al animal justo por detrás de los codos tocando tangencialmente la articulación radio cúbito humeral.

4.2.1.3 Alzada a la cruz: Se midió con un bovinómetro, registrando la altura desde el suelo hasta la cruz; la parte fija se posó en el suelo y el cursor móvil se hizo coincidir con la parte más alta de la cruz.

4.2.2 Análisis de los datos: Para caracterizar el grupo de animales se usaron parámetros estadísticos descriptivos como valor mínimo, máximo media y desviación estándar. La relación entre las variables se representó mediante gráficos de dispersión, para luego calcular el coeficiente de correlación de Pearson con el fin de estimar el grado de asociación entre las distintas variables. La estimación del peso vivo se realizó mediante regresión, donde la variable dependiente (peso vivo) es explicada por una o las dos variables independientes (perímetro torácico y alzada a la cruz), buscándose aquella ecuación que mejor describe la relación existente entre las variables. Para esto se utilizó el modelo de regresión propuesto por Pagano (1999):

$$Y' = b_1X_1^2 + b_2X_1 + b_3X_2^2 + b_4X_2 + a$$

Donde:

Y' = Valor de la predicción del peso vivo

a = Constante de predicción

b_1 = Efecto del Perímetro Torácico al cuadrado

b_2 = Efecto del Perímetro Torácico

b_3 = Efecto de la Alzada a la Cruz al cuadrado

b_4 = Efecto de la Alzada a la Cruz

X_1 = Perímetro Torácico

X_1^2 = Perímetro Torácico al cuadrado

X_2 = Alzada a la Cruz

X_2^2 = Alzada a la Cruz al cuadrado

Las correlaciones entre las variables y la regresión múltiple fueron hechas para cada Centro de Acopio por separado y también para el total de los animales; para este efecto se utilizó el software estadístico SPSS 8.0® para Windows®.

5. RESULTADOS

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES

Para caracterizar los animales de los cuales fueron obtenidos los datos se hizo un análisis estadístico descriptivo, en el que se consideró la media, valor mínimo, valor máximo y desviación estándar para las tres variables medidas, peso vivo, perímetro torácico y alzada a la cruz.

En el cuadro N° 3 se puede observar que la diferencia entre el valor mínimo y el máximo para el peso vivo en el grupo total de animales es de 677,6 kg, cifra que se mantiene similar si se separan los animales por Centro de Acopio. Además, se observa que, las medias también se mantienen relativamente constantes entre los centros de acopio, al igual que la desviación estándar.

Cuadro N° 3: Valor mínimo, máximo, media y desviación estándar del peso vivo para las hembras bovinas de los centros de acopio Los avellanos, Agroleche Máfil, Santa Bárbara y El Trauco, en conjunto y separadas por Centro de Acopio.

	N	Mínimo (kg)	Máximo (kg)	Media (kg)	Desviación Estándar (kg)
Población total	639	34,4	712	421	155,7
CAL Los Avellanos	197	38	634	430	139,2
CAL Agroleche Máfil	129	42,5	674	396	158,3
CAL Santa Bárbara	221	34,4	712	408	166,7
CAL El Trauco	92	75	700	472	152,6

En los cuadros N° 4 y N° 5 se puede observar que lo que ocurre con el peso vivo se repite con el perímetro torácico y la alzada a la cruz, es decir, sus valores para la media, el mínimo, el máximo y la desviación estándar son similares entre los distintos centros de acopio.

Cuadro N° 4: Valor mínimo, máximo, media y desviación estándar del perímetro torácico para las hembras bovinas de los centros de acopio Los avellanos, Agroleche Máfil, Santa Bárbara y El Trauco, en conjunto y separadas por Centro de Acopio.

	N	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Media (cm)	Desviación Estándar (cm)
Población total	639	73	219	171	28,9
CAL Los Avellanos	197	73	207	174	24,4
CAL Agroleche Máfil	129	82	215	165	29,7
CAL Santa Bárbara	221	73	219	167	31,9
CAL El Trauco	92	93	209	179	27,7

Cuadro N° 5: Valor mínimo, máximo, media y desviación estándar de la alzada a la cruz para las hembras bovinas de los centros de acopio Los avellanos, Agroleche Máfil, Santa Bárbara y El Trauco, en conjunto y separadas por Centro de Acopio.

	N	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Media (cm)	Desviación Estándar (cm)
Población total	639	61,8	139	119	14,6
CAL Los Avellanos	197	70	135	121	12,6
CAL Agroleche Máfil	129	68	139	117	14,9
CAL Santa Bárbara	221	61,8	139	118	16,2
CAL El Trauco	92	78,8	139	121	13,7

5.2 GRÁFICOS DE DISPERSIÓN

El gráfico N° 1 representa la distribución del peso vivo según el perímetro torácico. Se aprecia que la relación entre las dos variables corresponde a una relación positiva e imperfecta (Pagano, 1999). Es decir, los valores mayores del perímetro torácico se reflejan en valores mayores de peso vivo y es imperfecta porque no todos los puntos caen sobre la línea de regresión. Además, se observa que al trazar la línea de regresión de mínimos cuadrados, ésta adopta la forma de una curva.

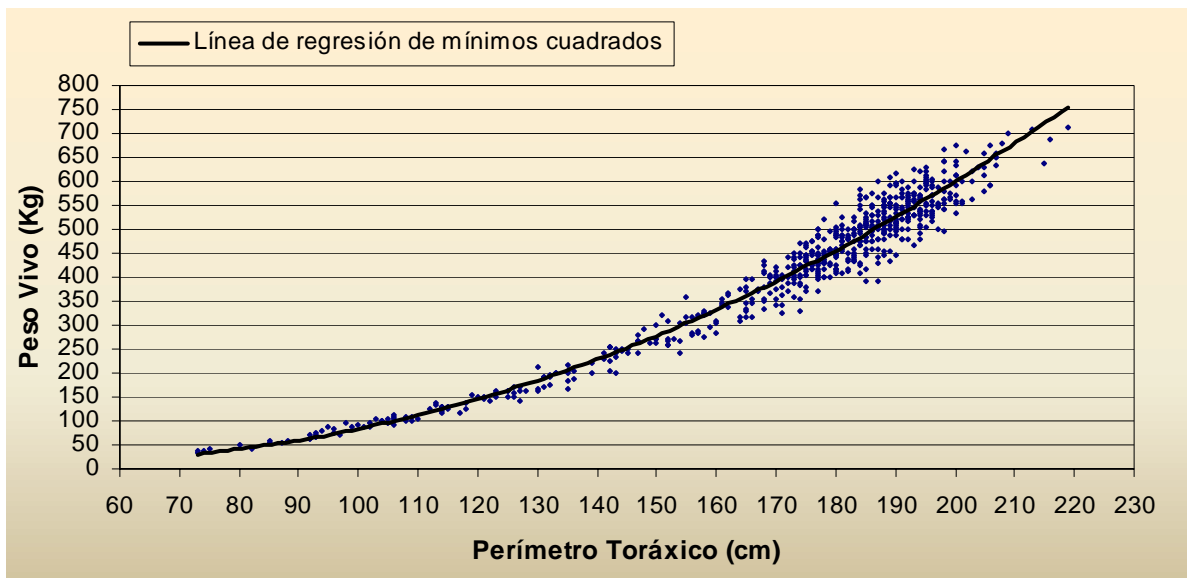


Gráfico N° 1: Distribución y línea de regresión del peso vivo según el perímetro torácico para las hembras bovinas de los centros de acopio Los avellanos, Agroleche Máfil, Santa Bárbara y El Trauco.

En el gráfico N° 2 se muestra la dispersión del peso vivo, esta vez según la alzada a la cruz. Se puede observar que la relación presenta las mismas características que la serie de datos anterior, es decir, se trata de una relación positiva e imperfecta. También es posible apreciar que aparentemente esta relación es más débil que la que presenta el peso vivo con el perímetro torácico, debido a que la nube de puntos se encuentra más dispersa y alejada de la línea de ajuste.

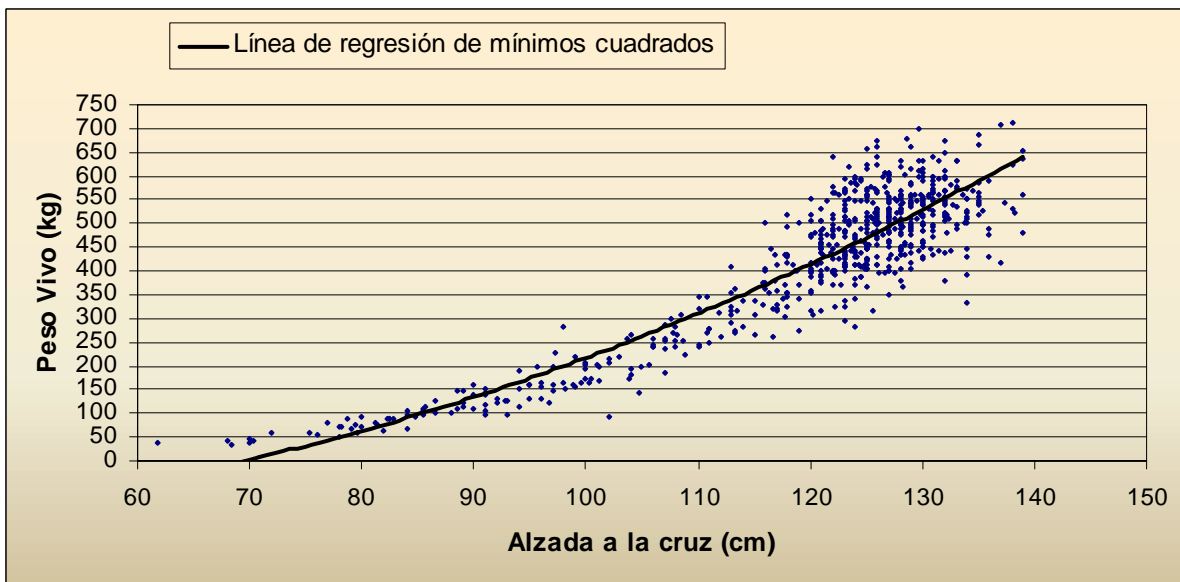


Gráfico N° 2: Distribución y línea de regresión del peso vivo según la alzada a la cruz para las hembras bovinas de los centros de acopio Los avellanos, Agroleche Máfil, Santa Bárbara y El Trauco.

Los gráficos N° 3 y N° 4; N° 5 y N° 6; N° 7 y N° 8; N° 9 y N° 10, muestran la relación entre el peso vivo y el perímetro torácico y entre el peso vivo y la alzada a la cruz para los CAL A. Máfil, Avellanos, S. Bárbara y Trauco respectivamente. Se puede apreciar que la relación observada en los gráficos hechos con el total de animales se mantiene en todos los CAL.

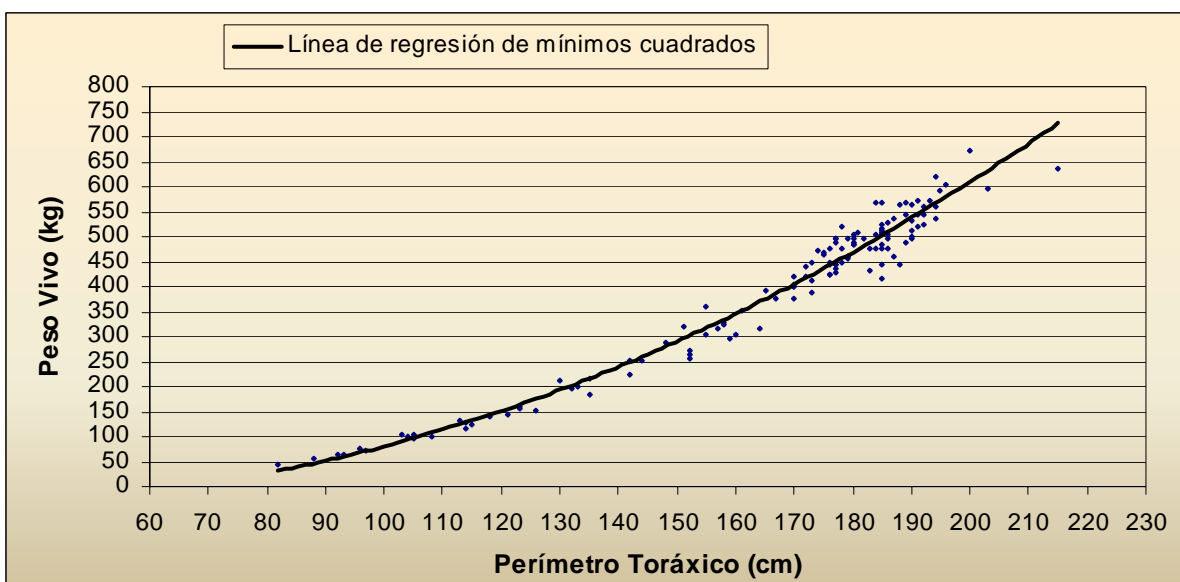


Gráfico N° 3: Distribución y línea de regresión del peso vivo según el perímetro torácico las hembras bovinas del CAL Agroleche Máfil.

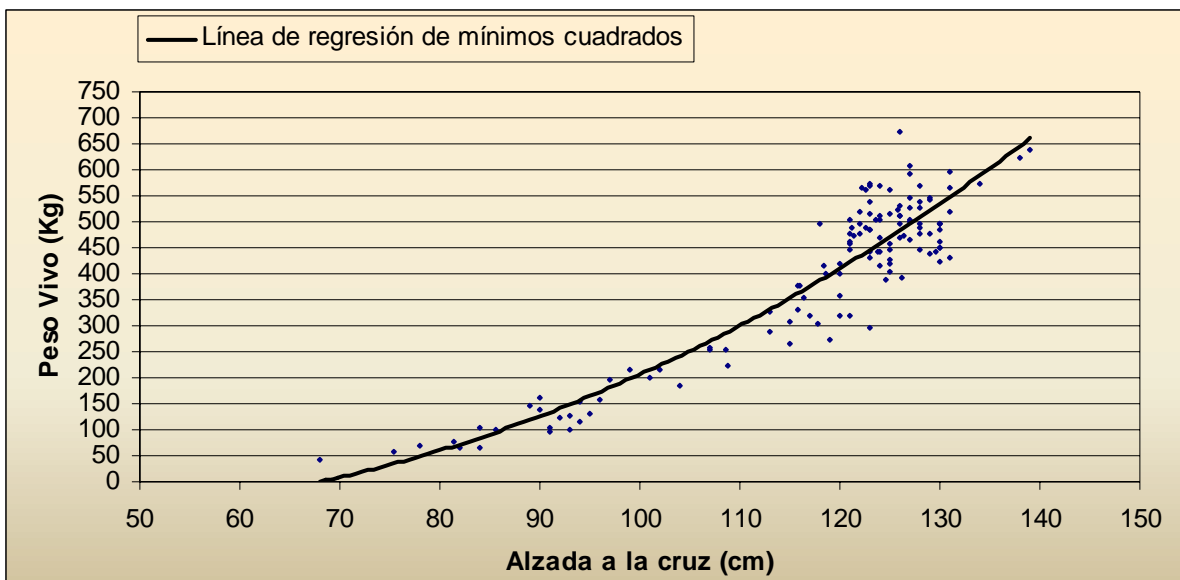


Gráfico N° 4: Distribución y línea de regresión del peso vivo según la alzada a la cruz las hembras bovinas del CAL Agroleche Máfil.

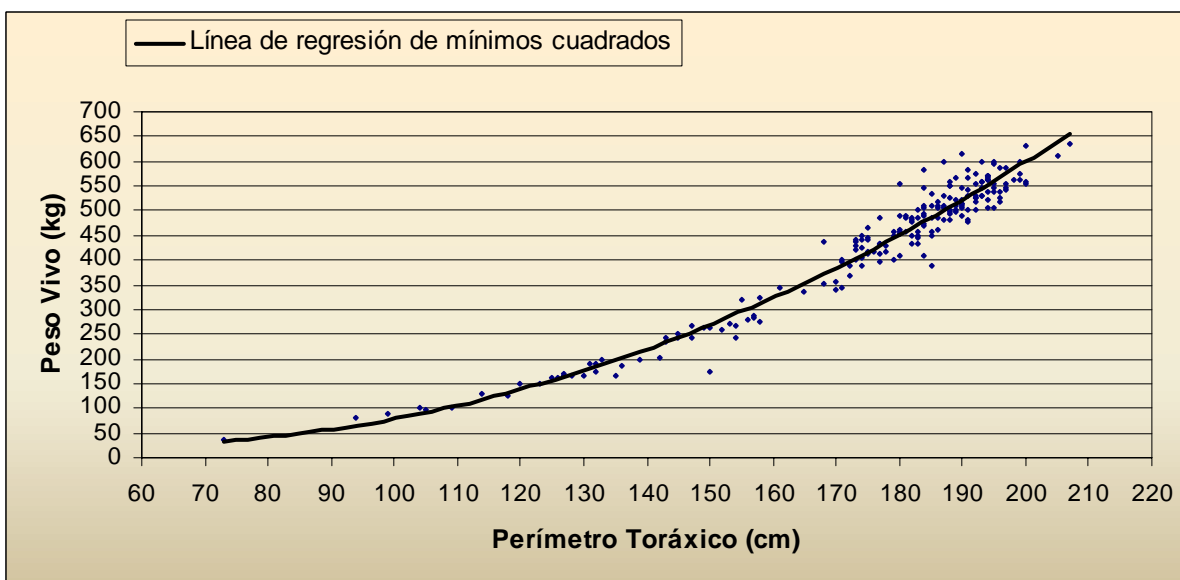


Gráfico N° 5: Distribución y línea de regresión del peso vivo según el perímetro torácico las hembras bovinas del CAL Los Avellanos.

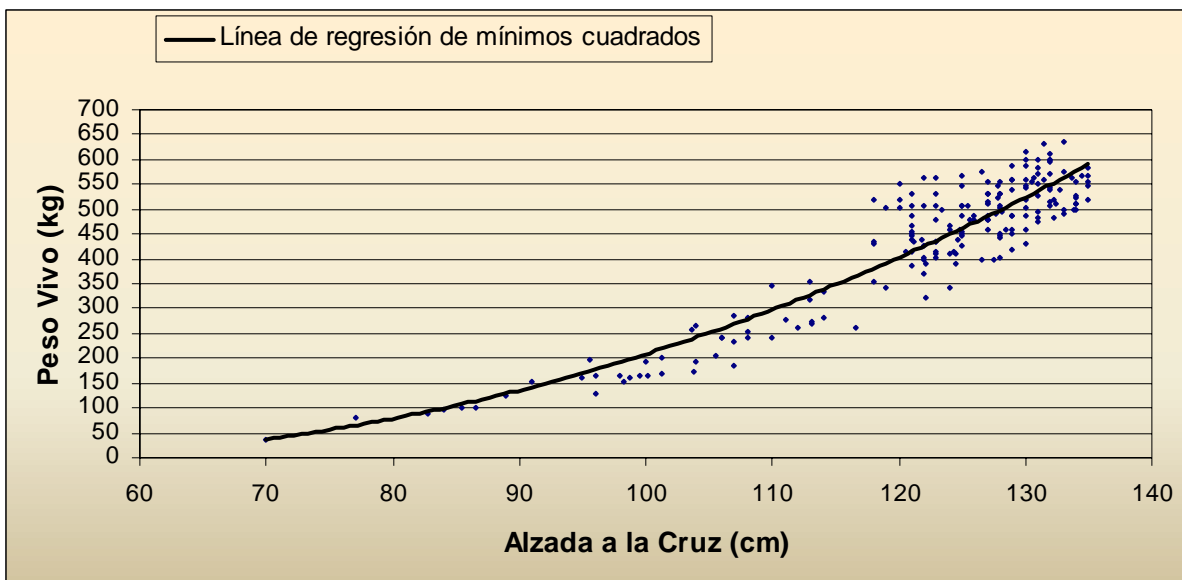
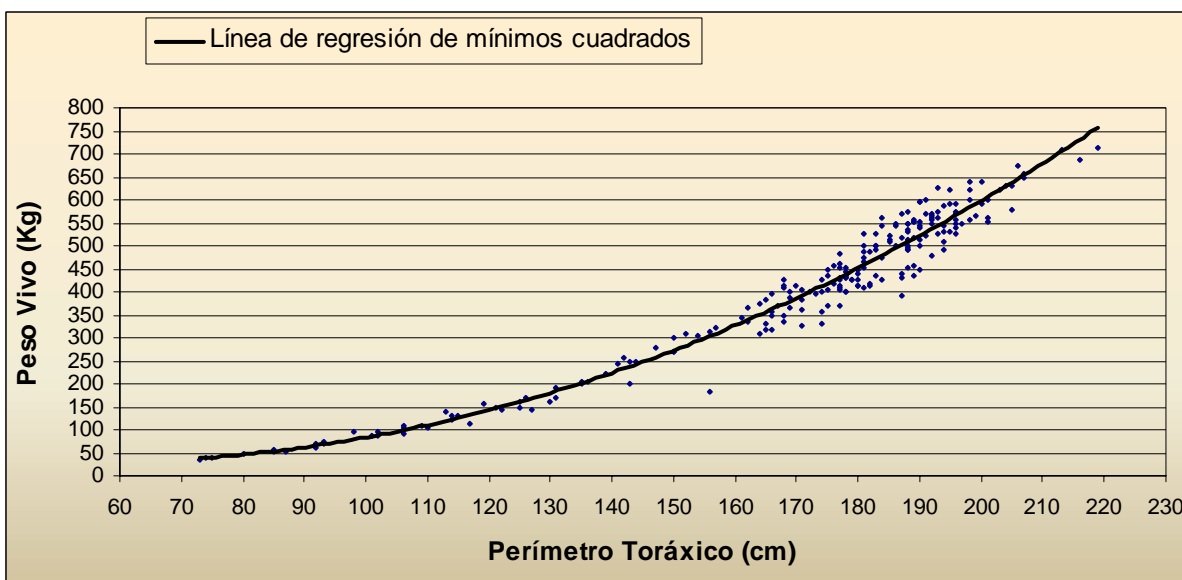


Gráfico N° 6: Distribución y línea de regresión del peso vivo según la alzada a la cruz para las hembras bovinas del CAL Los Avellanos.



sGráfico N° 7: Distribución y línea de regresión del peso vivo según el perímetro torácico para las hembras bovinas del CAL Santa Bárbara.

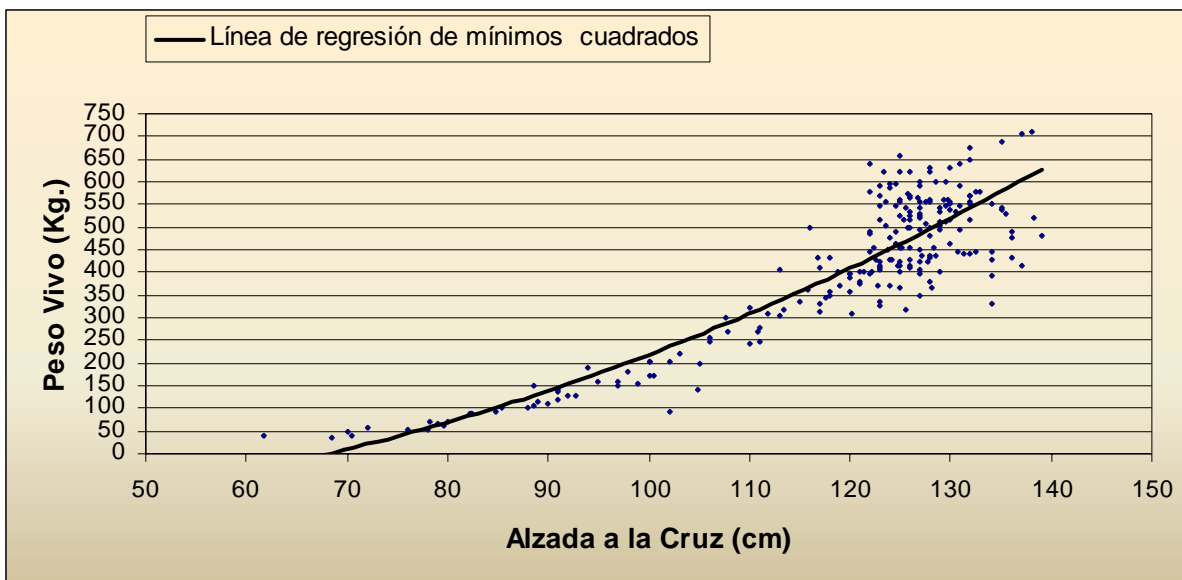


Gráfico N° 8: Distribución y línea de regresión del peso vivo según la alzada a la cruz para las hembras bovinas del CAL Santa Bárbara.

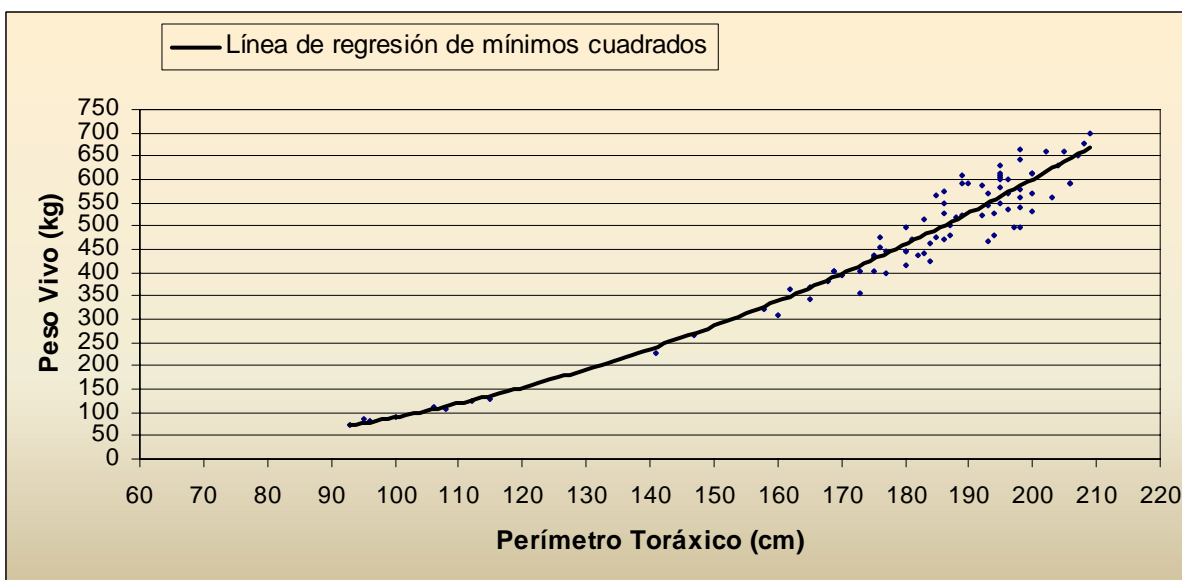


Gráfico N° 9: Distribución y línea de regresión del peso vivo según el perímetro Torácico para las hembras bovinas del CAL El Trauco.

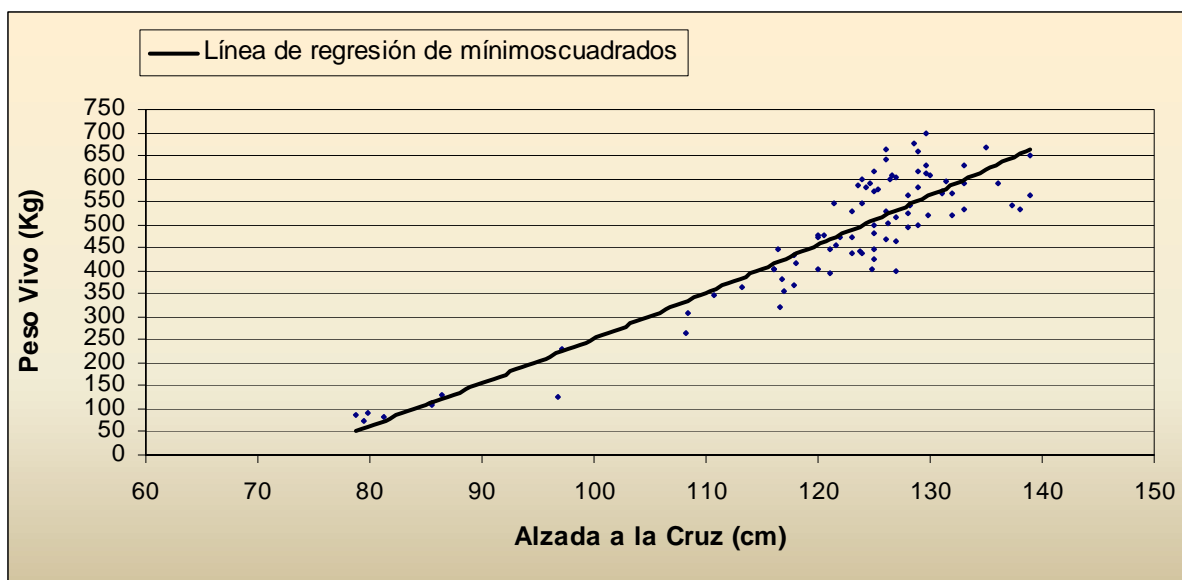


Gráfico N° 10: Distribución y línea de regresión del peso vivo según la alzada a la cruz para las hembras bovinas del CAL El Trauco.

5.3 CORRELACIONES

Luego de comprobar la existencia de una relación entre las variables estudiadas a través de las líneas de regresión, se estableció la magnitud de esta relación. Para esto se determinó el coeficiente de correlación lineal r de Pearson.

En el cuadro N° 6 se muestran los coeficientes de correlación entre peso vivo, perímetro torácico y alzada a la cruz. Se puede apreciar que la relación del peso vivo con ambas variables es una relación muy fuerte casi cercana a 1, que corresponde a una relación perfecta. Además, se observa que la relación más fuerte es la existente entre el peso vivo y el perímetro torácico y que esto se repite en todos los centros de acopio.

Además, se calculó la correlación entre el perímetro torácico y la alzada a la cruz. Esta correlación también es bastante potente 0,950 para la población total, siendo mayor que la correlación existente entre el peso vivo y la alzada a la cruz.

Cuadro N° 6: Coeficiente de correlación de Pearson entre peso vivo, perímetro torácico y alzada a la cruz.

	Peso Vivo - Perímetro Torácico	Peso Vivo - Alzada a la cruz	Perímetro Torácico – Alzada a la Cruz
Población total	0,965	0,902	0,950
CAL Avellanos	0,963	0,963	0,947
CAL A. Máfil	0,975	0,975	0,957
CAL S. Bárbara	0,963	0,890	0,949
CAL Trauco	0,957	0,912	0,962

P < 0,01 para todos los valores

5.4 REGRESIONES

Conociendo la existencia de una relación de una alta magnitud entre las variables estudiadas, se determinó la ecuación que nos permita estimar el peso vivo a través del perímetro torácico y/o la alzada a la cruz.

En el cuadro N° 7 se presentan los resultados de la regresión múltiple del peso vivo a través del perímetro torácico para el total de la población y además por CAL. La ecuación para la población total de acuerdo al modelo propuesto en material y métodos es la siguiente:

$$Y' = (\text{Efecto cuadrático del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico})^2 + (\text{Efecto del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico}) + a$$

El coeficiente de determinación múltiple nos indica la proporción de la variabilidad de la variable dependiente que es explicada por la variable independiente (Pagano, 1999). En el caso de esta ecuación el R^2 es 0,955 lo que nos indica que una gran proporción de la variabilidad del peso vivo puede explicarse por el perímetro torácico.

Al separar los animales por CAL, se aprecia que los valores de R^2 entre éstos son bastantes similares.

Cuadro N° 7: Constante de predicción, coeficiente de predicción y R² para la ecuación que considera el perímetro torácico para el total de los animales del estudio y separados por CAL.

	Constante	Efecto del Perímetro Torácico	Efecto cuadrático del Perímetro Torácico	R ²
Población total	76,8085*	-2,4876**	0,0255**	0,955
CAL Los Avellanos	117,5977	-3,1843**	0,0280**	0,951
CAL Agroleche Máfil	8,9359	-1,3050	0,0220**	0,965
CAL Santa Bárbara	114,0714**	-3,0308**	0,0273**	0,959
CAL El Trauco	58,5841	-2,0862	0,0240**	0,935

* p < 0,05

** p < 0,01

En el caso del modelo que considera la alzada a la cruz, el R² corresponde a 0,821 para la población total. La ecuación para estimar el peso utilizando la alzada a la cruz para los animales del estudio es la siguiente:

$$Y' = (\text{Efecto cuadrático de la Alzada a la Cruz}) * (\text{Alzada a la Cruz})^2 + (\text{Efecto de la Alzada a la Cruz}) * (\text{Alzada a la Cruz}) + a$$

En el cuadro N° 8 se muestran los datos correspondientes a la regresión múltiple entre el peso vivo y la alzada a la cruz para el total de los animales y separados por CAL.

Cuadro N° 8: Constante de predicción, coeficiente de predicción y R² para la ecuación que considera la alzada a la cruz para el total de los animales del estudio y separados por CAL.

	Constante	Efecto de la Alzada a la Cruz	Efecto cuadrático de la Alzada a la Cruz	R ²
Población total	-113,6854	-2,1520	0,0546**	0,821
CAL Los Avellanos	-110,4941	-2,5223	0,0569**	0,856
CAL Agroleche Máfil	61,4692	-5,8845	0,0733**	0,861
CAL Santa Bárbara	-120,4023	-1,7118	0,0510**	0,800
CAL El Trauco	-540,6859	6,0235	0,0190	0,833

** p < 0,01

En el cuadro N° 9 se aprecia la regresión múltiple del peso vivo considerando el perímetro torácico y la alzada a la cruz. En éste caso, el R^2 obtenido es 0,956, valor levemente mayor que el obtenido en la ecuación que incluye únicamente al perímetro torácico. Siendo la ecuación la siguiente:

$$Y' = (\text{Efecto del cuadrático del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico})^2 + (\text{Efecto del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico}) + (\text{Efecto cuadrático de la Alzada a la Cruz}) * (\text{Alzada a la Cruz})^2 + (\text{Efecto de la Alzada a la Cruz}) * (\text{Alzada a la Cruz}) + a$$

Cuadro N° 9: Constante de predicción, coeficiente de predicción y R^2 para la ecuación que considera perímetro torácico y la alzada a la cruz para el total de los animales y separados por CAL.

	Constante	Efecto del Perímetro Torácico	Efecto de la Alzada a la Cruz	Efecto cuadrático del Perímetro Torácico	Efecto cuadrático de la Alzada a la Cruz	R^2
Población total	52,3435	-3,3003**	1,3557	0,0273**	-0,0036	0,956
CAL Los Avellanos	332,3047*	-1,6902	-6,4272	0,0210**	0,0351	0,957
CAL Agroleche Máfil	122,1165	-0,6165	-3,5743	0,0191**	0,0183	0,966
CAL Santa Bárbara	-64,1490	-5,3483**	6,3098	0,0338**	-0,0259**	0,959
CAL El Trauco	-250,7775	-5,8893	10,6697	0,0342**	-0,0430	0,935

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

6. DISCUSIÓN

6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ANIMALES

En el cuadro N° 3 se presenta una descripción estadística del peso vivo de los animales utilizados en el estudio. Se observa que el peso de los animales fluctuó entre los 34,4 kg y los 712 kg. Esto nos indicaría que se abarcó casi todo el rango de pesos posibles, ya que, Kertz y col. (1998), describen para el genotipo Holstein Friesian un rango entre 40 y 727 kg de peso vivo para una hembra recién nacida y una vaca madura (mayor a dos años) respectivamente, teniendo en cuenta que se trabajó con hembras Frisón Negro con distintas proporciones de Holstein Friesian, no se puede desconocer el efecto de este genotipo sobre los animales del estudio.

Los cuadros N° 4 y N° 5 describen estadísticamente el perímetro torácico y la alzada a la cruz respectivamente. Se puede apreciar que la amplitud de los rangos se mantiene, es decir, en el caso de estas medidas también se abarcó casi todo el espectro posible de las medidas analizadas.

6.2 GRÁFICOS DE DISPERSIÓN

Para revisar la existencia de relación entre las variables estudiadas, se representó una serie de dispersigramas (gráficos del N° 1 al N° 10) en los cuales se presentó la distribución del peso vivo según el perímetro torácico y la alzada a la cruz. En estos gráficos, se pudo ver que la relación existente entre el peso vivo y el perímetro torácico y, entre el peso vivo y la alzada a la cruz, es una relación positiva e imperfecta (Pagano, 1999). Además, se observó que el mayor número de animales se encuentra en los niveles superiores de peso como de perímetro torácico y alzada a la cruz, esto dado por la mayor presencia de animales adultos. También es posible ver que la dispersión de las observaciones del peso vivo según la alzada a la cruz es mayor que la presentada por el peso vivo según el perímetro torácico, es decir la nube de puntos formada por los datos es más amplia. Como se muestra en los gráficos N° 3 al N° 10, la relación existente entre el peso vivo y ambas variables no varía mayormente al ser separados los animales según el Centro de Acopio al cual pertenecen.

6.3 CORRELACIONES

En el cuadro N° 6 se presentaron los resultados del cálculo de las correlaciones entre las distintas variables del estudio. Cabe destacar que todas las correlaciones son altas y muy cercanas a uno lo que concuerda con lo expuesto por Heinrichs y col. (1992), quienes sostienen que existe una alta correlación entre el peso vivo y algunas medidas corporales.

En particular, la relación entre peso vivo – perímetro torácico, corresponde a la correlación más alta de las estudiadas, donde el coeficiente de correlación en la población total fue de 0,965, valor similar a lo encontrado por Pulido (1985), quien trabajó con terneros en la etapa de recría, describiendo un coeficiente de correlación 0,964 para el genotipo Frisón Negro y 0,959 para la cruce Frisón Negro por Holstein Friesian. Por su parte Robles (1990), encontró valores algo menores 0,913 para novillos Frisón Negro y 0,854 para la cruce Frisón Negro por Holstein Friesian. En otro estudio Moreno (1992), encontró que el coeficiente de correlación para estas variables en terneros del genotipo Frisón Negro fue de 0,99 y para las cruces de Frisón Negro por Holstein Friesian fue de 0,98, lo que es similar a lo descrito por Sauterel (1988), quien menciona un coeficiente de correlación de 0,98 para terneros Frisón Negro. Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con los de los estudios anteriores, se observa que existe una pequeña diferencia en los resultados obtenidos, lo que puede ser explicado por factores propios del animal así como del ambiente, ya que, Heinrichs y col. (1992), señalan que la estimación del peso vivo a través del perímetro torácico puede ser afectada por las diferencias entre sexo, raza, edad y condición corporal de los animales, factores que participaron en distinta medida en los diferentes CAL. Conjuntamente esta diferencia puede ser explicada en parte por el número de predios utilizados en cada estudio, ya que, según Heinrichs (1998), el número de predios utilizados en un estudio influye en el efecto ambiental, afectando de esta forma las correlaciones entre las variables estudiadas. Por lo tanto los factores mencionados pueden explicar en mayor o menor medida la variación que se aprecia en las correlaciones para cada CAL.

La correlación peso vivo – alzada a la cruz, presenta un coeficiente de correlación menor que el expuesto para la relación entre peso vivo y perímetro torácico. A pesar de esto, la relación entre las variables sigue siendo alta. En este caso, el coeficiente de correlación para la población total fue de 0,902, valor que es un poco menor al obtenido por Wall (2000), quien en un estudio realizado en diez predios de la Décima Región, obtuvo un coeficiente de correlación para estas variables de 0,933. Por su parte Sauterel (1988), determinó que el coeficiente de correlación para estas variables es 0,89. Por su parte Pulido (1985), obtuvo un valor bastante similar al anterior, siendo éste para el genotipo Frisón Negro 0,896 y 0,877 para la cruce Holstein Friesian por Frisón Negro. De similar manera a lo ocurrido con la correlación peso vivo – perímetro torácico, los factores del animal y ambiente producen la variación en los coeficientes de correlación entre estas variables al ser calculados para cada Centro de Acopio.

La correlación perímetro torácico – alzada a la cruz, resultó ser alta, incluso más alta que la existente entre el peso vivo y la alzada a la cruz. No se encontraron datos en la

literatura revisada sobre esta correlación. Sin embargo el análisis de su efecto en la regresión múltiple del peso vivo con el perímetro torácico y la alzada a la cruz, es relevante.

6.4 REGRESIONES

De acuerdo con el modelo estadístico propuesto, se elaboraron las regresiones para predecir el peso corporal de las hembras.

6.4.1 Regresión múltiple del peso vivo por el perímetro torácico: Como se aprecia en el cuadro N° 7, se puede estimar el peso vivo de una hembra conociendo sólo el perímetro torácico, con un coeficiente de determinación de 0,955, es decir, que a través de este modelo se puede predecir el peso vivo de una hembra con un 95,5% de precisión. Este valor resultó mayor al obtenido por Pulido (1985), quien predijo el peso de los novillos Frisón Negro con un 92,9% de efectividad, valor que se redujo en los novillos cruce de Frisón Negro por Holstein Friesian, a un 92% de efectividad.

En el anexo N° 1, se presenta el cálculo del error estándar, que es la herramienta utilizada para cuantificar los errores de predicción, y mientras mayor sea su valor menos confiable es la predicción (Pagano, 1999). Este cálculo se hizo para las distintas ecuaciones de todos los animales y separados por CAL, y fue hecho de acuerdo a la ecuación propuesta por Hoel (1971). El error estándar para esta estimación fue de 32,96 kg. La importancia de este error, va de acuerdo al peso real del animal al que se le estime el peso, es decir un error de 30 kg va a ser relativamente más importante en un animal pequeño que en uno de mayor tamaño. Además, por tratarse de un valor estándar, este valor es variable por lo tanto el error de estimación va a variar de un animal a otro.

Al realizarse las regresiones para cada CAL, se observó que el coeficiente de determinación múltiple está por sobre un 93,5 %.

Considerando el alto valor de el coeficiente de determinación y el error estándar de la predicción, se puede decir que la ecuación de regresión múltiple del peso vivo por el perímetro torácico es una buena herramienta de predicción del peso vivo.

6.4.2 Regresión múltiple del peso vivo por la alzada a la cruz: Como se muestra en el cuadro N° 8, esta regresión resultó menos efectiva que la anterior, es decir predice con un 13,4 % menos de efectividad el perímetro torácico, pero sigue siendo una herramienta útil para la estimación del peso vivo ya que su efectividad llega al 82,1 %. Wall (2000), obtuvo un 88 % de efectividad al predecir el peso vivo mediante la alzada a la cruz. Pulido (1985), describe un R^2 de 0,802 en el Frisón Negro y de 0,769 para la cruce entre Frisón Negro y Holstein Friesian. Esta diferencia, al igual como sucedió en las correlaciones, se puede

explicar por los factores señalados en ese título actuando en mayor o menor medida en estos trabajos.

El error estándar de la estimación para este caso fue de 65,9 kg, valor más alto que el de la ecuación construida para el peso vivo y el perímetro torácico, y por lo tanto señala que esta ecuación es menos confiable que la elaborada a partir del peso vivo y el perímetro torácico. Esta situación se repite en los diferentes centros de acopio según se muestra en el anexo N° 1.

6.4.3 Regresión múltiple del peso vivo por el perímetro torácico y la alzada a la cruz: El incluir ambas variables a la vez en la ecuación que incluye a la población total, aumenta levemente la capacidad de predicción de ésta, aún así la diferencia entre usar el perímetro torácico o usar ambas variables a la vez (R^2 de 0,956) no es muy grande, es decir, sólo aporta un 0,1 % más de efectividad. El bajo aporte de incluir ambas medidas en un mismo modelo, puede ser explicada por la alta correlación existente entre ambas variables (cuadro N° 6), ya que al estar tan altamente correlacionadas al aumentar, una necesariamente aumenta la otra (Pagano, 1999), esto implicaría que al utilizar una de estas variables para la predicción del peso vivo se estaría considerando de alguna forma el efecto de la otra. Además el incluir una segunda medición requiere de equipo y trabajo adicional.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir:

- 1.- Existe una relación positiva de muy alta correlación entre el peso vivo y las dos variables estudiadas. La mayor correlación es la existente entre el peso vivo y el perímetro torácico.
- 2.- El peso vivo puede ser estimado con precisión a través del perímetro torácico y la alzada a la cruz, debido al alto coeficiente de determinación que existe entre estas variables.
- 3.- De los modelos estudiados en este trabajo, el mejor para estimar el peso vivo es el siguiente: $\text{Peso Vivo Estimado} = (\text{Efecto cuadrático del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico})^2 + (\text{Efecto del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico}) + a$

8. BIBLIOGRAFÍA

AMTMANN, C, MUJICA, F., VERA, B. 1999. Pequeña agricultura en la Región de los Lagos, Chile. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

ANRIQUE, R. 1999. Descripción del Chile lechero. En: Anrique, R., L. Latrille, O. Balocchi, D. Alomar, V. Moreira, R. Smith, D. Pinochet, G. Vargas. Competitividad de la producción lechera nacional. Fac. Ciencias Agrarias, UACH, Valdivia. Vol. 1.

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1999. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 1999. Boletín de la leche. Disponible en Internet <http://www.odepa.gob.cl>.

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2000. Boletín de la leche. Disponible en Internet <http://www.odepa.gob.cl>.

CHILE, MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2001. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. 2001. Boletín de la leche. Disponible en Internet <http://www.odepa.gob.cl>.

ENSMINGER, M. E. 1973. El manual del ganadero. El Ateneo. Buenos Aires.

GABLER, M. T., P. R. TOZER, A. J. HEINRICHS. 2000. Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *J. Dairy Sci.* 83:1104 – 1109

HEINRICHS, A., G. L. HARGROVE. 1987. Standards of weight and height for Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 70: 653 – 660

HEINRICHS, A. J, G. W. ROGERS, J. B. COOPER. 1992. Predicting body weight and wither height in Holstein heifers using body measurements. *J. Dairy Sci.* 75:3576 – 3582.

HEINRICHS, A. J. 1998. Nuevos gráficos de crecimiento para vaquillas Holstein. *Hoard's Dairyman*, 10:615 – 618.

HOEL, P. G. 1971. Estadística elemental. 4ª impresión. Compañía Editorial Continental S.A. México.

KERTZ, A. F., B. A. BARTON, L. F. REUTZEL. 1998 Relative efficiencies of wither height and body weight increase from birth until first calving in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 81:1479 – 1482.

LATRILLE, L. 1999. Producción de leche. En: Amtmann, C., Mujica, F., Vera, B. 1999. Pequeña agricultura en la Región de los Lagos, Chile. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

LAWRENCE, T. L. J., V. R. FOWLER. 1997. Growth of farm animals. CAB International. Londres.

MORENO, G. 1992. Comparación del crecimiento de terneros de las razas Holstein Friesian, Overo Negro Europeo y cruza Holstein Friesian por Overo Negro Europeo. Tesis, M.V., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.

ODEPA, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS. 2000. Clasificación de las explotaciones agrícolas del VI censo nacional agropecuario según tipo de productor y localización geográfica, documento de trabajo N° 5. Disponible en Internet <http://www.odepa.gob.cl/servicios-informacion/Explotaciones/>.

PAGANO, R. R. 1999. Estadística para las ciencias del comportamiento. Quinta edición. International Thomsom editores S.A. de C.V. México.

PÁLSSON, H. 1959. Conformación y composición del cuerpo. En: Avances en fisiología zootécnica las bases fundamentales de la producción animal, Volumen I. Editorial Acribia. Zaragoza.

PULIDO, R. 1985. Comparación del crecimiento en la etapa de recría de terneros Holstein Friesian, Overo Negro Europeo y cruce de Holstein Friesian x Overo Negro Europeo a pastoreo. Tesis, M.V., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias, Valdivia, Chile.

ROBLES, E. 1990. Crecimiento de novillos Overo Negro Europeo, Holstein Friesian y Holstein Friesian x Overo Negro Europeo, estabulados y no estabulados en época invernal. Tesis, M.V., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

SAUTEREL, P.E. 1988. Calostro ácido y distintas raciones de sustituto de lache, en crianza de terneros en diferentes predios. Tesis, M.V., Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

TAYLOR, R. E., T. G. FIELD. 1999. Beef production and management decisions. Prentice – Hall Inc. New Jersey.

TOZER, P. R. 2000. Least – cost ration formulations for Holstein dairy heifers by using linear and stochastic programming. *J. Dairy Sci.* 83:443 – 451.

TOZER, P. R., A. J. HEINRICHS. 2001. What affects the costs of raising replacement dairy heifers: a multiple – component analysis. *J. Dairy Sci.* 84:1836 – 1844.

VARGAS, G. 1999. Competitividad de la producción lechera nacional. En: Anrique, R., L. Latrille, O. Balocchi, D. Alomar, V. Moreira, R. Smith, D. Pinochet,. Competitividad de la producción lechera nacional. Fac. Ciencias Agrarias, UACH, Valdivia. Vol. 2.

WALL, L. W. 2000. Descripción del crecimiento corporal de hembras de reemplazo Frisón Negro Chileno en predios de la Décima Región. Tesis, M.V., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

WERNER, R.R. (1987) Estudio comparativo del crecimiento bajo sistemas de crianza artificial en tres líneas genéticas de bovinos (Holstein Friesian, Overo Negro Europeo, Holstein Friesian x Overo Negro Europeo). Tesis, M. V., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.

ANEXO N° 1

La fórmula utilizada para el cálculo del error estándar, propuesta por Hoel (1971) para la regresión que incluye los efectos cuadráticos es la siguiente:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum (Y - Y')^2}{N - 3}}$$

Donde:

- S_e = Error estándar.
 Y = Observación del peso real.
 Y' = Peso estimado.
 N = Población del estudio.

Error estándar calculado para las distintas regresiones del peso vivo.

CAL	Perímetro Torácico (kg)	Alzada al la Cruz (kg)	Perímetro Torácico y Alzada a la Cruz (kg)
Todos	32,96	65,93	32,94
Avellanos	31,03	52,73	29,10
Máfil	29,78	59,41	29,80
S. Bárbara	33,97	74,84	33,91
Trauco	39,41	63,10	39,69

ANEXO N° 2

Ejemplo de estimación de peso a través del perímetro torácico:

Datos:

- Peso real: 504 kg.
- Perímetro Torácico: 187 cm.
- Efecto del Perímetro Torácico: -2,488.
- Efecto del Perímetro Torácico al cuadrado: 0,026.
- Constante: 76,809.

La ecuación propuesta en los resultados es la siguiente:

$$Y' = (\text{Efecto cuadrático del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico})^2 + (\text{Efecto del Perímetro Torácico}) * (\text{Perímetro Torácico}) + a$$

Entonces:

$$Y' = (0,0255 * 34969) + (-2,4876 * 187) + 76,8085$$

$$Y' = 503,337 \text{ kg.}$$

De acuerdo a esto, el error de estimación para el caso de este animal es de 0,663 kg.

ANEXO N° 3

Tabla de peso estimado a través del perímetro torácico.

Perímetro Torácico (cm)	Peso Estimado (kg)	Perímetro Torácico (cm)	Peso Estimado (kg)	Perímetro Torácico (cm)	Peso Estimado (kg)	Perímetro Torácico (cm)	Peso Estimado (kg)
74	32	111	115	148	268	185	490
75	34	112	118	149	273	186	497
76	35	113	121	150	278	187	504
77	37	114	125	151	283	188	511
78	38	115	128	152	288	189	518
79	40	116	132	153	293	190	525
80	41	117	135	154	299	191	532
81	43	118	139	155	304	192	540
82	44	119	142	156	310	193	547
83	46	120	146	157	315	194	554
84	48	121	149	158	321	195	562
85	50	122	153	159	326	196	569
86	52	123	157	160	332	197	577
87	54	124	161	161	338	198	585
88	55	125	165	162	343	199	592
89	58	126	168	163	349	200	600
90	60	127	172	164	355	201	608
91	62	128	176	165	361	202	615
92	64	129	180	166	367	203	623
93	66	130	185	167	373	204	631
94	68	131	189	168	379	205	639
95	71	132	193	169	385	206	647
96	73	133	197	170	391	207	655
97	76	134	202	171	397	208	663
98	78	135	206	172	404	209	671
99	81	136	210	173	410	210	680
100	83	137	215	174	416	211	688
101	86	138	219	175	423	212	696
102	89	139	224	176	429	213	704
103	91	140	229	177	436	214	713
104	94	141	233	178	442	215	721
105	97	142	238	179	449	216	730
106	100	143	243	180	456	217	738
107	103	144	248	181	462	218	747
108	106	145	253	182	469	219	756
109	109	146	257	183	476		
110	112	147	262	184	483		

AGRADECIMIENTOS

Al término de este trabajo me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a cada una de las personas que contribuyeron de alguna u otra forma a su realización:

Dr. Rubén Pulido F., profesor patrocinante por sus constantes consejos, orientación y ayuda desinteresada.

Dr. Héctor Uribe M., por sus constantes consejos y el apoyo en la realización de este trabajo.

Dr. Kazuhisa Hosokawa por el apoyo prestado para la realización de este trabajo.

Sra. Maria Caravantes y Sres. Heriberto Garrios, Jovino Ordóñez, Orlando Navarro, Jhony Gonzáles, Héctor Soto, Carlos Ojeda, Juan Saldivia por toda la colaboración prestada para la obtención de datos.

CENEREMA por todas las facilidades y el apoyo prestado para la realización de este trabajo.

Sra. Mary por su buena disposición durante el desarrollo de este trabajo.

Mis padres por sus constantes consejos y apoyo.

Y a todos mis amigos que me brindaron todo su apoyo en la realización de este trabajo.