



UNIVERSIDAD DE CHILE

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



**SELECCIÓN FENOTÍPICA DE CARNERILLOS SUFFOLK
DOWN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE
ANÁLISIS DE ESTÁNDARES (MAST) COMO PRUEBA DE
RENDIMIENTO PROPIO**

PAULA VAQUERO REGAUER

Memoria para optar al
Título Profesional de
Médico Veterinario.

Departamento de
Fomento de la
Producción Animal.

PROFESOR GUÍA: DR. CARLOS ALVEAR SUITT

**SANTIAGO, CHILE
2010**



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS



SELECCIÓN FENOTÍPICA DE CARNERILLOS SUFFOLK DOWN MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE ESTÁNDARES (MAST) COMO PRUEBA DE RENDIMIENTO PROPIO

PAULA VAQUERO REGAUER

Memoria para optar al
Título Profesional de
Médico Veterinario

Departamento de
Fomento de la
Producción Animal.

NOTA FINAL:

| | NOTA | FIRMA |
|---|-------|-------|
| PROFESOR GUÍA : Dr. Carlos Alvear S. | | |
| PROFESOR CONSEJERO : Dr. Patricio Pérez M. | | |
| PROFESOR CONSEJERO : Dr. Luís Ibarra M. | | |

SANTIAGO, CHILE
2010

Dedicado a mis padres, por el apoyo incondicional que me han dado durante los momentos más difíciles, incluido este extenso proceso.

RESUMEN

Se utilizaron los registros de 484 corderos de la raza Suffolk Down, nacidos en la temporada 2008 en la VII Región de Chile, para realizar una selección fenotípica de carnerillos. Se registró el peso de los corderos al nacimiento (PN), al destete (PD) y ajustado a los 90 días de edad (P90); se calcularon las ganancias diarias de peso entre el peso al nacimiento y el peso al destete (GDP1) y entre el peso al nacimiento y el peso ajustado a los 90 días (GDP2).

Los registros fueron corregidos por los efectos de edad de la madre, tipo de parto (único o múltiple), sexo del cordero y edad del cordero al pesaje, ya que el destete ocurrió entre los 93 y 107 días de edad, con un promedio de 98 días.

Para realizar la selección, se establecieron cuatro esquemas de selección, cada uno representando un criterio de selección, con el objetivo de simular diferentes necesidades de los productores. El Esquema-1 fue el menos exigente; el Esquema-2 priorizó el peso vivo de los individuos; el Esquema-3 enfatizó las ganancias diarias de peso; y el Esquema-4 fue el más exigente en todos los rasgos considerados en el estudio.

Luego, de ser sometidos a la metodología MAST, el número de individuos seleccionados fue de 38, 6, 10 y 2, respectivamente para los cuatro escenarios.

Se utilizó el diferencial de selección y la respuesta a la selección como indicadores de la eficacia del método en la selección. Ya que ambos indicadores resultaron positivos en todos los escenarios, se concluye que el MAST es una metodología útil para la selección fenotípica multivariada.

SUMMARY

Records Collected on the birth season of 2008 for 484 Suffolk Down lambs from 7th Region in Chile, were utilized to make a phenotypic ram selection. Lamb body weights were taken at birth (PN), weaning (PD) and adjusted for 90 days of age (P90); average daily gains between birth weight and weaning weight (GDP1) and between birth weight and adjusted 90 days weight (GDP2) were calculated.

Data were adjusted for the effects of age of dam, birth type (single or multiple), sex of lamb and age of lamb at weight, because the weaning was between 93 and 107 days of age, with 98 days on average,

Four different selection criteria were used, each one representing a need or production objective. Every trait was equally important in Scheme-1; body weight was the most important trait in Scheme-2; average daily weight was the most important trait in Scheme-3; and every trait was equally important in Scheme-4 too, but the standard was harder.

Through the Standard Analysis Method (MAST), 38, 6, 10 and 2 lambs were respectively selected on each scheme.

Selection differential and Response to selection, both were positive. Thus, MAST is an efficient phenotypic selection method for multi-trait selection.

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. REVISIÓN BILIOGRÁFICA..... | 2 |
| 2.1. SITUACIÓN INTERNACIONAL DE LA CARNE OVINA..... | 2 |
| 2.2. SITUACIÓN NACIONAL DE LA CARNE OVINA..... | 6 |
| 2.3. SELECCIÓN FENOTÍPICA..... | 9 |
| 2.4. DEPURACIÓN DE REGISTROS..... | 14 |
| 2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS DE ESTÁNDARES (MAST)..... | 17 |
| 3. OBJETIVOS..... | 22 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 23 |
| 5. ANALISIS ESTADÍSTICO..... | 28 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 41 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 42 |
| 9. ANEXOS..... | 48 |

1. INTRODUCCIÓN

Hace aproximadamente 10.000 años, el hombre primitivo comenzó la domesticación de los animales, dando inicio a un proceso continuo de selección, que tenía por objetivo el mejorar ciertas características productivas o conductuales de sus animales.

Hoy en día, aún sin proponérselo, los productores toman decisiones que afectan el futuro del rebaño, como por ejemplo al momento de la venta de corderos, se está decidiendo sobre qué genes se quiere mantener en el rebaño, lo mismo ocurre con la retención de ovejas viejas, la compra de carneros o la elección de los carneros que formarán parte del encaste en cada período; los últimos dos casos tienen el efecto más importante, ya que invariablemente la mitad de los genes de cada camada de corderos proviene de los carneros utilizados en el servicio que le dio origen, y por lo tanto, explican en gran medida los niveles productivos alcanzados por el rebaño. Por lo mismo, cuantos menos carneros utilice el ganadero, más importante es su elección.

Sin embargo, cada rebaño y cada ganadero en particular posee sus necesidades o preferencias productivas, que dependen de las características del campo, objetivos de producción y expectativas económicas. Por lo que la decisión al momento de la selección se basa en un criterio único según cada productor.

El objetivo de este trabajo es utilizar el Método de Análisis de Estándares (MAST) como un instrumento de ayuda a los productores al momento de tomar decisiones de selección fenotípica multivariada en sus rebaños, basándose en registros de rendimiento propio de los animales.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Situación Internacional de la carne ovina

2.1.1. Contexto Histórico

Los ovinos son probablemente los animales más versátiles dentro de las especies domésticas. Se caracterizan por presentar una amplia dispersión geográfica y estar presentes en las más variadas condiciones ambientales de los cinco continentes. Las razones que pueden explicar esta amplia distribución espacial pueden deberse a su docilidad y a la posibilidad de criarlos en rebaños, lo que permite moverlos de un lugar a otro, situación que ha facilitado su crianza desde los primeros años de su domesticación, dado el sistema de vida nómada de la población humana en aquel tiempo.

Históricamente los ovinos han sido una especie a la que se le atribuye una baja rentabilidad, y su existencia ha estado ligada a pequeños agricultores, que obtienen principalmente carne y lana para su autoconsumo. Como consecuencia, el sistema de crianza es poco controlado y se basa casi exclusivamente en el uso de pradera, lo que corresponde a una ventaja de la especie, ya que tiene una gran capacidad de aprovechar recursos de bajo valor nutritivo, que otras especies no son capaces de utilizar.

Hoy en día, los ovinos son criados principalmente para la producción de carne, lana y leche. Sin embargo, particularmente en algunos de los países más pobres del mundo, tienen importantes roles adicionales, incluyendo el suministro de pieles, fertilizante y combustible, proporcionando una forma de inversión financiera y utilizando recursos inutilizables por otras formas de agricultura (Simm, 1998).

En los últimos 40 años, la carne ovina ha disminuido su participación en el mercado mundial de la carne, con un descenso de un 0,6% en el consumo per cápita; en tanto la carne de bovinos, aves y porcinos ha aumentado en un 6%, 90% y 260%, respectivamente (Fundación Chile, 2008).

Sin embargo, a pesar de la baja participación actual en la producción mundial de carnes, la carne de cordero es considerada como un producto gourmet y es altamente valorada como tal, especialmente en los países desarrollados (Fundación Chile, 2008).

2.1.2 Situación Actual

Durante la década de 1990, la economía mundial se caracterizó por presentar el mayor aumento en el consumo y el comercio de los principales productos agrícolas de todos los tiempos (FAO, 2009).

Como consecuencia, entre el año 2006 y el 2008, hubo un rápido incremento en los precios de los cultivos (Peters *et al.*, 2009). Según estimaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2009), esta alza generalizada de precios, estimada en un 75% desde comienzos de 2006 hasta Julio de 2008, especialmente en los costos de alimentación (130% desde Enero de 2002 hasta Julio de 2008), se reflejaría en mayores precios de la carne para los consumidores, lo que determinaría una disminución del consumo de carne per cápita en aproximadamente 7 kg entre el 2011 y 2012. Toda esta situación estaría desencadenando que la producción de todas las carnes declinara hacia el 2009 y 2010.

Debido, en parte, a las mayores tasas de conversión, los precios de la carne de ave permanecerían más bajos que los de las carnes rojas, y por lo tanto el descenso en su consumo sería también menor. Según proyecciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2009), este descenso sería de un 12% para la carne de vacuno v/s un 0,5% para las carnes blancas. Según esta misma fuente, el consumo de carne de ovino permanecería estable por lo menos hasta el año 2013.

Sin embargo, a pesar de que el escenario mundial para la carne de ovino pareciera ser auspicioso, Australia disminuyó su volumen de faena de ovinos en más de un 3% en el 2008 respecto al 2007, principalmente por problemas de sequía y encarecimiento de los suelos; Nueva Zelanda redujo sus exportaciones en un 30% hacia la Unión Europea, 22% hacia Estados Unidos y 5% a Canadá, por los mismos motivos que Australia; así mismo, en Estados Unidos la faena ha caído en un 5,5% (SAGYPA, 2009)

Por otra parte, hay países como Argentina y Uruguay, que han aumentado sus exportaciones. Argentina lo ha hecho en un 4% producto de dos fenómenos: el primero es el desarrollo de la “Ley Ovina para la recuperación y fomento de la ganadería ovina”, cuyo objetivo es aumentar el número de corderos a la señalada e incrementar la productividad por hectárea; y el segundo es el aprovechamiento del espacio dejado en el mercado por los principales países exportadores. Se espera que Uruguay siga la misma tendencia, ya que desde el año 1996 está implementando programas de fomento de la producción de corderos, como el “Programa Cordero Pesado de Uruguay” (SAGPYA, 2009).

Debido al alza de precios y la retracción de la demanda, se debiera optar por medidas que contribuyan a mejorar la productividad; en el caso del rubro ovino, Geenty (2000) plantea que si la tendencia mundial en los precios de los “commodities” es al descenso, entonces se enfatiza la necesidad de mejorar la genética y aumentar la productividad para mantener o mejorar la rentabilidad.

Según Mueller (2001), un mejoramiento en la producción animal se logra básicamente por dos vías: mejorando el ambiente de producción o mejorando la capacidad genética de los animales para producir en determinado ambiente. En general, mejoras en el ambiente de producción, tienen efectos importantes en el corto plazo, mientras que mejoras en la capacidad genética de los animales para producir tienen efectos pequeños, acumulativos y perceptibles a largo plazo (Mueller, 2001); convirtiendo al mejoramiento genético en una estrategia a largo plazo para aumentar la rentabilidad (Geenty, 2001)

Es en este sentido que Nueva Zelanda, uno de los mayores productores de carne de ovino en el mundo, lleva la delantera, ya que ha implementado grandes cambios en su agricultura desde 1985, cuando los subsidios estatales dejaron de funcionar. El número de cabezas de ganado es un indicador de estos cambios en la agricultura y el uso de los suelos; de todos los cambios, el más dramático ha sido en el número de ovinos, el cual disminuyó en un 32% desde Julio de 1985 a Julio de 2000. Sin embargo, la prolificidad aumentó en un 16% y el peso promedio de los cordero lo hizo en un 25%, resultando en un aumento en la producción de carne de corderos en un 0,8% entre 1985 y 1995. Este aumento en la productividad fue resultado de una combinación de factores favorables, como las buenas condiciones climáticas, el mejoramiento genético y la implementación de

un plan más eficiente de alimentación de los animales; lo que permitió que los animales pudieran expresar mejor su potencial genético (Davison, 2000).

2.1.3. Comercio Internacional

En la actualidad la masa mundial de ovinos alcanza los 1000 millones de cabezas, siendo China el país que mayor cantidad de animales posee, con 331 millones, secundado por India con 184 millones y los países del Medio Oriente, que en conjunto totalizan otros 169 millones (INDAP, 2008).

La producción mundial de carne de ovino ha crecido, producto de una mayor productividad, llegando a los 14,2 millones de toneladas en el 2009. De este total, se destina al mercado internacional sólo un 6,3%, exportado principalmente por Australia y Nueva Zelanda, que controlan más del 80% de la oferta mundial, siendo Nueva Zelanda el principal exportador, con 40 millones de cabezas (FAO, 2009).

Por el lado de la demanda, la distribución es un poco más difusa, siendo los principales importadores la Unión Europea (36%), Estados Unidos (10%), Japón (6%), Arabia Saudita (6%), China (5%), México (4%) y Canadá (2%) (INDAP, 2008).

Lo que significa que, en el caso de Estados Unidos, de acuerdo a datos del Departamento de Agricultura (USDA, 2009), el consumo total de carne ovina en ese país es de aproximadamente 170 mil toneladas al año, mientras su producción bordea las 80 mil toneladas. Esto implica que debe importar cada año una cifra similar a su producción para satisfacer la demanda interna (ODEPA, 2007).

Respecto al valor de la carne ovina en el mercado, éste se comporta de forma particular, por lo que es preciso diferenciar los productos que comprende el mercado; existen dos tipos diferentes de carne de ovino de muy distinto valor: la carne de mayor calidad, el cordero, que se refiere a canales de animales jóvenes; y la carne de ovino adulto, proveniente de animales con erupción de dientes incisivos permanentes. Los volúmenes y los valores de estos dos productos presentan una relación inversa. Así, del volumen total de carne ovina consumida en el mundo, casi el 70% corresponde a la carne de animales

adultos y sólo el 30% a la de cordero; en tanto que el valor de esta última alcanza el 90% del valor total de ambos productos (Fundación Chile, 2008).

2.2. Situación Nacional de la carne ovina

2.2.1. Situación Histórica

El sector ovino nacional se ha caracterizado por ser tradicionalmente extensivo y ocupar suelos donde la producción de ganado bovino es muy difícil (Pérez, 2003). La información proporcionada por el VII Censo Agropecuario Nacional (2007) confirma una significativa reducción de las existencias ovinas desde 6,7 millones en 1965 a 3,9 millones en 2007, lo que representa una baja de un 42% para el período; No obstante, en los últimos 10 años se observa un aumento del 5,2%, desde 3,7 millones de cabezas en 1997 a 3,9 millones en 2007 (Fundación Chile, 2007).

Es en la zona austral, constituida por la XI y XII Regiones, donde históricamente se ha concentrado el mayor número de ovinos del país, y donde se ha desarrollado una industria ovina orientada a la exportación de carne y lana. En tanto, la zona central ha orientado su producción al consumo local y al mercado interno.

La distribución nacional de ovinos por Región, establece históricamente una clara concentración geográfica de la masa ovina nacional en la zona austral del país; actualmente, la XII Región continúa manteniendo una participación predominante, con un 56,7%, aunque existen otras zonas de importancia, como la X (8,1%), XI (7,8%) y IX Regiones (7,1%) (Fundación Chile, 2007; Fundación Chile, 2008; ODEPA, 2009).

2.2.2. Situación Actual

Según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2009), el año 2006 la exportación chilena de carne ovina alcanzó las 5.677 ton, con un valor promedio de US\$4,12/kg. Durante el 2007 se exportaron 5.000 ton a U\$4,09/kg; y el 2008 no se logró alcanzar las 4.500 ton, a un valor de U\$5,3/kg.

Como se puede observar, existe una tendencia a la baja en el volumen de exportaciones de carne ovina en el país, sin embargo los precios aumentan; esta situación forma parte de la tendencia mundial al aumento de precios y disminución del consumo.

La firma de tratados comerciales y la disminución de la participación de los principales países exportadores, ha permitido abrir un espacio en el mercado de la carne ovina para nuevos actores exportadores, lo que se ha transformado en una oportunidad para Chile, ya que el país tiene un gran potencial para desarrollarse en el área, debido a las condiciones de sus praderas, a la baja tasa de extracción y a la disponibilidad de infraestructura, como plantas faenadoras (INDAP, 2008).

El Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP, 2008) estima que actualmente existen excelentes oportunidades de exportación en el rubro de la carne ovina nacional, y que el país tiene un potencial enorme, por lo que debiera existir un aumento en la producción de carne de ovinos.

Debido a las altas expectativas existentes, se han realizado inversiones significativas en la implementación de plantas faenadoras entre la VI y X Regiones desde la década de 1990, ya que en esa época en Chile existía sólo una planta frigorífica que cumplía con los requisitos necesarios para exportar carne ovina a los mercados más exigentes del mundo; esta faenadora se encontraba en la zona austral de Chile, lo que imposibilitaba la entrada en el negocio de la exportación a las ovejerías presentes en la zona central del país. Hoy en día existen en Chile siete plantas habilitadas para la exportación de carne ovina a los mercados más exigentes: cuatro en la zona austral y tres en la zona centro-sur (Fundación Chile, 2007; SAG, 2010)

2.2.3. Deficiencias del sector

Si bien, existe un mercado potencial por abordar, concretarlo significa solucionar y enfrentar deficiencias, como aumentar la masa crítica, mejorar la calidad y que la industria se adapte a las nuevas exigencias de los mercados mundiales.

Al comparar los niveles de productividad promedio del sector ovino nacional, es fácil apreciar que Chile se encuentra muy por debajo de los países con mayor tradición productiva ovina, como Nueva Zelanda. A nivel de indicadores, Chile desde hace años se sitúa en un 80% de destete promedio, con una carga no superior a los 0,8 e.o/há¹, pesos promedio entre 13,4 y 16,9 kg en vara para corderos, dependiendo de la zona geográfica y período de faena, y una tasa de extracción nacional cercana al 20% (Fundación Chile, 2007; ODEPA, 2009).

La tendencia del consumo internacional más la firma de acuerdos bilaterales tendientes a liberar el comercio, han generado un escenario dinámico en torno a la producción de alimentos. La oportunidad para Chile en el mercado de la carne ovina es acceder a nichos de mercado demandantes de productos de calidad, apoyado en la excelente situación sanitaria y las condiciones de producción natural. Sin embargo, el producto además de una buena y permanente calidad debe tener continuidad, para que el consumidor no tenga ninguna duda de lo que compra y lo incorpore a sus hábitos de consumo (Fundación Chile, 2007; ODEPA, 2007).

Por lo tanto, como Chile se encuentra en una etapa en la que requiere aumentar su volumen de producción de carne de cordero, como condición previa para garantizar el suministro constante a las grandes cadenas de distribución, la genética es la herramienta que puede ayudar a expandir la masa y a homogenizar el producto (Fundación Chile, 2007).

2.3. Selección Fenotípica

La selección fenotípica corresponde a una forma de mejoramiento genético realizado en base al valor fenotípico de los individuos, donde nunca se conoce el valor genético de los individuos que se están seleccionando. Esta forma de mejoramiento considera que el fenotipo de un animal corresponde a la expresión genética, modificada por factores no genéticos o ambientales.

¹ Equivalente ovino: una oveja adulta seca de 50 kg de peso vivo o su equivalente en otro estado fisiológico

Según Mueller (2001), en el caso de la producción de corderos, si se desea aumentar los ingresos del productor, esto se puede lograr a través de una mayor producción por unidad de recurso (cantidad) o un mayor valor por unidad de producto (calidad), según las distintas necesidades de los mercados. En ambos casos, para lograr el objetivo, se debe utilizar el mejoramiento genético de los rebaños, para lo que se requiere de la selección de los carneros más apropiados según la raza y tipo de ovinos, el sistema de producción y las características deseadas.

2.3.1. Elección de rasgos a utilizar

Mejoramiento genético significa hacer cambios genéticos positivos al rebaño para características que son económicamente importantes, de forma que las generaciones sucesivas tengan el potencial de superar productivamente a sus padres. Por lo tanto, es fundamental elegir las características correctas a mejorar según el objetivo de producción (Geenty, 2001)

Sin embargo, cuando el objetivo de la selección es el mejoramiento del valor económico de animales o plantas, generalmente ésta se aplica a varios caracteres simultáneamente y no a uno solo (Falconer y Mackay, 1996). Es así como en la producción de carne, los caracteres de importancia dicen relación con el crecimiento de los corderos, el peso corporal y la terminación; también es importante para una producción eficiente de carne, una adecuada eficiencia de conversión de alimento (Mueller, 2003; Stobart *et al* 1986). Aunque se debe considerar que mientras más rasgos se seleccionan, se obtiene un menor progreso en cada uno de ellos (Geenty, 2001).

Ercanbrack y Price (1972) concuerdan en que entre las características económicas más importantes en animales de carne están el peso corporal y la ganancia diaria de peso(GDP).

Sin embargo, el potencial para el mejoramiento genético de una característica es altamente dependiente de su heredabilidad y sus correlaciones genéticas con otras características. Por consiguiente, es importante destacar que mientras los animales crecen y maduran, la expresión de un genotipo particular cambia o ciertos efectos

ambientales se vuelven más o menos intensos, por lo que la heredabilidad de una característica varía con la edad del animal, debido principalmente a cómo los genes responsables de las diferencias entre individuos se ven afectados por los distintos factores ambientales que los afectan a lo largo de la vida. Así también se modifican en el tiempo las correlaciones genéticas y fenotípicas entre las características (Ercanbrack y Price 1972; Falconer y Mackay, 1996).

2.3.2. Correlaciones

2.3.2.1. Correlaciones Genéticas

Ya que el productor debe considerar varias características diferentes en su selección, debe tener en cuenta que algunas de ellas son independientes de otras, sin embargo, hay otras positivamente correlacionadas, así que al seleccionar por una de ellas se mejora levemente la otra. También hay características negativamente correlacionadas, esto hace un poco más difícil seleccionar por ambas a la vez.

La principal importancia de conocer las correlaciones entre características radica en saber cómo el mejoramiento de un carácter va a causar cambios simultáneos en otros caracteres (Falconer y Mackay, 1996).

MacNeil *et al.* (1998) y Bradford (1972) describen que el peso al nacimiento tiene una correlación genética positiva con el peso a edades subsecuentes; Ercanbrack y Price (1972) concuerdan y agregan que mientras más corto es el intervalo entre mediciones, mayores son las correlaciones. Simm (1998) afirma que las correlaciones entre el peso vivo medido a diferentes edades son generalmente altas, especialmente más tardíamente en la vida, cuando la fuerte influencia materna sobre el peso al nacimiento y pesos cercanos a éste tienden a declinar.

Stobart *et al.* (1986) en su análisis de patrones de maduración y peso vivo, indican que las correlaciones genéticas entre pesos corporales fueron positivas y generalmente altas entre el peso adulto y los pesos anteriores. Mousa *et al.* (1999) estudiaron los parámetros genéticos para características de crecimiento en ovinos, y obtuvieron una correlación de

0,45 entre el peso al nacimiento y el peso al destete, mientras Olson *et al.* (1976) y Stobart *et al.* (1986) obtuvieron valores de $0,65 \pm 0,12$ y $0,68 \pm 0,2$, respectivamente.

Respecto al peso entre el nacimiento y la edad adulta, Stobart *et al.* (1986) registran un valor de $0,55 \pm 0,16$. La correlación entre el peso al destete y el peso adulto es de $0,75 \pm 0,16$ y $0,83 \pm 0,17$ según Stobart *et al.* (1986) y Olson *et al.* (1976), respectivamente.

En relación a las GDP, Olson *et al.* (1976) al medir la correlación entre la GDP pre destete (entre las 0 y 10 semanas) y post destete (desde el destete hasta el peso adulto), reportan un valor de $0,53 \pm 0,26$. Maria *et al.* (1993) reportan un valor más alto, pero dentro del mismo rango para la correlación de la GDP entre el período pre destete y post destete (hasta los 90 días de edad), siendo de $0,69 \pm 0,01$

Maria *et al.* (1993) concluyen que la selección sería efectiva para peso al destete, pero menos efectiva para peso al nacimiento o a los 90 días; la selección para GDP sería más efectiva para el período nacimiento-destete que para el período destete-90 días. Y que las correlaciones genéticas entre los rasgos de crecimiento fueron, en general, positivas, indicando que la selección por cualquiera de los rasgos resultaría en el mejoramiento genético de los otros rasgos.

2.3.2.2. Correlaciones Fenotípicas

Olson *et al.* (1976) reportan que la correlación fenotípica entre la ganancia de peso pre destete (entre la 0 y 10 semanas) y la post destete es de 0,13 para el período de 10-14 semanas y 0,17 para el período de 14-18 semanas. Estas bajas correlaciones fenotípicas entre la ganancia de peso pre destete y la post destete, en combinación con las altas y positivas correlaciones genéticas registradas en el mismo estudio indican que las correlaciones genéticas van más en dirección positiva que las correlaciones ambientales. Lo que significa que si bien existe una correlación ambiental positiva, por lo que el ambiente es favorable para ambas características, la fuerza de la relación es baja, por lo que el ambiente no sería el determinante más importante, sino que sería la genética.

Thrift *et al.* (1973) hicieron un análisis genético de las características de crecimiento predestete y postdestete en corderos, registrando una correlación de 0,27 para la ganancia de peso entre el período nacimiento-70 días y 70 días-peso de mercado.

En el trabajo de Olson *et al.* (1976), las correlaciones fenotípicas entre los pesos medidos a distintas edades también fueron bajas, pero mayores que las correlaciones entre las ganancias de peso; la correlación fenotípica entre el peso al nacimiento y el peso al destete (10 semanas) es de 0,31; entre el nacimiento y las 14 semanas de edad, la correlación desciende a 0,27. Entre el peso al nacimiento y las 18 semanas es de 0,25 y sigue descendiendo hasta 0,22 a las 26 semanas.

Thrift *et al.* (1973) presentan en su trabajo una correlación fenotípica mucho más alta, reportando un valor de 0,49 entre el peso al nacimiento y el peso a los 70 días.

2.3.3. Heredabilidad

Según Mousa *et al.* (1999), quienes estimaron los parámetros genéticos para características de crecimiento en ovinos, utilizando el peso al nacimiento, el peso al destete, el peso a distintas edades y la ganancia diaria de peso entre algunas características, las heredabilidades obtenidas son suficientemente altas para que la selección sea efectiva en el mejoramiento de cualquiera de estas características de crecimiento.

Stobart *et al.* (1986) estiman que la heredabilidad para el peso adulto es de $0,53 \pm 0,12$ y que para las edades anteriores, la heredabilidad varía entre 0,26 y 0,46.

Esta información concuerda con la publicada por Ercanbrack y Price (1972), quienes obtuvieron que la heredabilidad del peso tiende a aumentar con la edad, desde $0,26 \pm 0,13$ al nacimiento hasta $0,65 \pm 0,15$ al año de edad en ovinos de la raza Rambouillet; desde $0,12 \pm 0,11$ al nacimiento hasta $0,63 \pm 0,15$ al año de edad en ovinos de la raza Columbia y desde $0,31 \pm 0,10$ al nacimiento hasta $0,50 \pm 0,11$ al año de edad en ovinos mestizos.

Sin embargo, los resultados de Olson *et al.* (1976) discrepan sustancialmente de los anteriores, ya que la tendencia es inversa; en su estudio sobre criterios de selección registran una heredabilidad de $0,23 \pm 0,05$ para el peso al destete y de $0,39 \pm 0,07$ para el peso al nacimiento.

Respecto a la heredabilidad de la ganancia de peso en distintos momentos, desde el destete al año de edad es claramente más alta que desde el nacimiento al destete según el estudio de Ercanbrack y Price (1972); por ejemplo en la raza Columbia, tiene una heredabilidad de $0,14 \pm 0,11$ desde el nacimiento al destete y $0,58 \pm 0,14$ desde el destete al año de edad o la raza Targhee que tiene valores de $0,17 \pm 0,09$ y $0,52 \pm 0,12$ para los mismos períodos.

El aumento de la heredabilidad en el tiempo se debe, según Cundiff (1972) a que los efectos maternos juegan un rol importante tempranamente en el crecimiento postnatal, esta influencia disminuye después del destete, cuando aumenta la influencia de los genes transmitidos al individuo y éstos tienen un efecto directo sobre el crecimiento. Mousa *et al.* (1999) concuerdan en esta apreciación, y según los resultados obtenidos en su trabajo describen que la heredabilidad materna sugiere que el efecto materno no es importante para el peso o la ganancia de peso a edades mayores.

En ganado vacuno, el efecto materno explica el 35-45% de la varianza de la GDP desde el nacimiento al destete, alrededor de los 7 meses de edad. Sin embargo, puede esperarse que el efecto materno sea más importante en ovinos que en ganado bovino por el hecho de que muchos corderos son parcialmente dependientes de la administración de leche de sus madres hasta que son vendidos, o al menos hasta que han alcanzado una gran proporción de su peso de faena, a diferencia de lo que ocurre en bovinos (Bradford, 1972).

2.4. Depuración de Registros

El mejoramiento genético a través de la selección, en un programa de reproducción depende de la exactitud al identificar a los animales superiores. Esto requiere que los

factores no genéticos que influyen en la exactitud, sean controlados experimentalmente o estadísticamente (Van Wyk *et al.*, 1993).

Son muchos los autores (Bradford, 1972; García *et al.*, 1985; Olson *et al.*, 1976; Reynolds, 1980) que concluyen que el peso de los individuos es afectado por la raza, el nivel de nutrición de la madre, el número de corderos de la camada (o tipo de parto), la edad de la madre, el sexo del individuo y temporada de nacimiento. Todos estos efectos son mediados enteramente o en parte por la madre; según Bradford (1972) los efectos postnatales son explicados en tres cuartos o más por la influencia materna hasta el destete.

En general, el efecto ambiental es una fuente de error que reduce la precisión en los estudios genéticos, por lo tanto, el propósito es reducirla como sea posible por medio de un manejo cuidadoso o por medio del diseño apropiado (Falconer y Mackay, 1996).

Por lo tanto, en los esquemas de selección por peso y ganancia diaria de peso en corderos, definitivamente se requieren ajustes por tipo de parto, edad de la madre y sexo de los corderos (Olson *et al.*, 1976). Bradford (1972) concuerda y añade que un ambiente materno, especialmente favorable puede tender a oscurecer la varianza genética en el crecimiento temprano de los mamíferos.

2.4.1. Tipo de parto

La superioridad de los corderos nacidos como únicos por sobre los nacidos como múltiples se encuentra ampliamente documentada (Van Wyk *et al.*, 1993; Maria *et al.* 1993; Ercanbrack y Price, 1972), y varía entre los 3 y 8 kg en el peso al destete, y alcanza hasta los 1,23 kg en el peso al nacimiento. Bradford (1972) describe que los mellizos pesan un 22% menos que los únicos, y los trillizos un 38% menos.

Olson *et al.* (1976) describen que la varianza ambiental del tipo de parto, entre otros factores, limita la efectividad de la selección por crecimiento en corderos destetados en primavera. En el mismo trabajo, se reporta que los corderos nacidos y criados como mellizos y trillizos retardaron su crecimiento hasta las 4 – 8 semanas post destete en

comparación con los nacidos únicos; y que el efecto del tipo de parto fue mayor y altamente significativo en la característica GDP entre el nacimiento y las 10 semanas (momento en que ocurrió el destete) y las 10 y 14 semanas en relación a edades posteriores. Así mismo, la ventaja de 0,9 kg de peso al nacimiento de los nacidos únicos por sobre los mellizos aumentó rápidamente a 4,5 kg al momento del destete (10 semanas). Los análisis de Bradford (1972) también indican que el número de corderos criados por hembra afecta el crecimiento postnatal y peso al destete de los corderos.

Stobart *et al.* (1986) reportan que el tipo de parto afecta el peso de los corderos a todas las edades, pero que las diferencias producto de este efecto tienden a declinar con la edad. El valor que registra es de 0,04 kg/día de diferencia en la GDP entre animales nacidos y criados como únicos versus los nacidos y criados como mellizos. Van Wyk *et al.* (1993) registran prácticamente el mismo valor (0,047 kg/día)

Bradford (1972) afirma que de los diferentes factores ambientales por los cuales es corregido el peso al destete, el tipo de parto normalmente tiene la mayor influencia, por lo que el error en el ajuste por tipo de parto conduce a una selección a favor de los corderos nacidos como únicos.

2.4.2. Edad de la madre

Respecto a la edad de la madre, los resultados de los estudios muestran que todas las características de crecimiento temprano son afectadas por la edad de la madre.

Olson *et al.* (1976) muestran que este efecto es mayor en la GDP entre el nacimiento y las 10 semanas de edad; según sus resultados, los corderos de madres entre 3 y 7 años crecieron más rápido durante este período. Sin embargo, a todas las edades registradas, los corderos más pesados fueron los de las madres de 3 a 7 años de edad y los más livianos fueron los de madres de 1, 2 y 9 años de edad. Van Wyk *et al.* (1993) obtuvieron los mismos resultados en peso al nacimiento.

Stobart *et al.* (1986) determinaron que la madre influyó significativamente el peso al nacimiento, el peso al destete y el peso a los 12 meses de edad. Las hijas de madres de 2

años de edad fueron las más livianas al nacimiento y al destete (18 semanas), con 0,5 kg menos que las hijas de madres adultas (4 años de edad y más); el peso al destete y al año de edad exhibieron la misma tendencia, presentando una diferencia de 2,1 kg entre las hijas de madres de 2 años de edad y las adultas en el peso al destete (36,6 vs. 38,7) y 1,8 kg de diferencia en el peso al año (46,8 vs. 38,7 kg).

Según Van Wyk *et al.* (1993), el error en el ajuste de los registros por edad de la madre resulta en una selección sesgada contra la progenie de las madres más jóvenes, resultando en un aumento del intervalo generacional y reducción del avance genético.

2.4.3. Sexo

Olson *et al.* (1976) afirman que las diferencias entre corderos de distintos sexos son de 0,08 kg de peso al nacimiento y 0,54 kg para el peso a las 10 semanas de vida, siendo siempre mayores los pesos de los machos. Según el mismo autor, la diferencia en la ganancia diaria de peso entre el nacimiento y las 10 semanas de vida (momento del destete), es de 0,06 kg.

Sin embargo, Van Wyk *et al.* (1993) presentan mayores diferencias, desde 0,26 kg en el peso al nacimiento hasta 2,8 kg al destete. Siempre favorable para los machos

2.5. Método de Análisis de Estándares (MAST)

Durante el año 2006, Fundación Chile diseñó y desarrolló un modelo llamado Método de Análisis de Estándares (MAST), que consiste en una herramienta para la creación de estándares de calidad, y cuyo soporte técnico se basa en una planilla de cálculo. Este método corresponde a un sistema de selección clasificatoria por cumplimiento de un nivel mínimo o estándar mínimo en un número indeterminado de rasgos de interés.

Sin embargo, el MAST puede ser utilizado en otras aplicaciones, como la selección fenotípica, donde permite evaluar el comportamiento de una población determinada en relación a un esquema de selección multivariado. A través de este método, se puede fijar

un nivel mínimo de clasificación para cada uno de los rasgos incluidos en un esquema de selección, permitiendo la segregación de la población.

El MAST trabaja con los valores fenotípicos corregidos de los individuos, de forma que elimina los efectos ambientales que se identifique afectan al fenotipo. Sin embargo, no considera las relaciones de parentesco entre individuos, por lo que constituye un método de selección fenotípica basada en datos de rendimiento propio de cada animal.

Las pruebas de rendimiento propio entregan una predicción de cómo se comportaría un individuo como padre; por lo tanto brindan al productor información objetiva que le sirve de ayuda para poder identificar a los animales superiores dentro de la población considerada (Geenty, 2001; Coronel, 2008). En términos generales, las pruebas de rendimiento propio son indicadas para individuos evaluados en el mismo tiempo, lugar y que se encuentran bajo el mismo régimen; además, sólo son indicadas para rasgos de moderada a alta heredabilidad; y no se usan para medir rasgos en un sexo en que no se expresa dicho rasgo (Willis, 2004; Simm, 1998). El resultado puede ser positivo, negativo o cero, lo que significa que cada individuo está por sobre o por debajo del grupo de animales donde se calculó su desempeño, y se expresa en la misma unidad que el rasgo medido (Simm, 1998).

Las etapas relacionadas con el desarrollo de la metodología se detallan a continuación:

Primera Etapa: Definición de objetivos de mejoramiento:

Tanto el productor como el mejorador, deben tener claridad respecto a los atributos que desean que posean los animales del rebaño, y por lo tanto definir los objetivos de mejoramiento en base a ellos. Sin embargo, para precisar el objetivo, se debe considerar la raza, el sistema productivo y el mercado al cual se quiere llegar.

Una vez que se conoce el objetivo, es necesario determinar cuáles son los rasgos o características que deben ser utilizadas para lograr el objetivo propuesto.

Segunda Etapa: Definición de un nivel mínimo clasificatorio:

En relación a la proporción de individuos que se desea seleccionar, y al avance genético que se espera obtener; se debe determinar el nivel mínimo clasificatorio en cada uno de los rasgos a utilizar.

Al fijar los niveles mínimos de clasificación, la población queda dividida en tres subconjuntos, de acuerdo al grado de cumplimiento del esquema: individuos que cumplen, que no cumplen y que cumplen parcialmente. En los gráficos de resultados se puede observar que la población queda dividida en cuatro cuadrantes:

- Cuadrante superior derecho: aquí se ubican los individuos cuyos registros productivos son mayores que el valor mínimo de cumplimiento de cada parámetro.
- Cuadrante inferior izquierdo: sector de individuos cuyos registros productivos son menores que el valor mínimo de cumplimiento de cada parámetro.
- Cuadrante superior izquierdo: muestra los individuos cuyos registros productivos son mayores que el nivel mínimo de cumplimiento para el parámetro del eje y (ordenada) pero que no cumplen con el nivel mínimo de cumplimiento del parámetro del eje x (abscisa).
- Cuadrante inferior derecho: muestra los individuos cuyos registros productivos son mayores que el nivel mínimo de cumplimiento para el parámetro del eje x (abscisa) pero que no cumplen con el nivel mínimo de cumplimiento del parámetro del eje y (ordenada) (Niño de Zepeda, 2007).

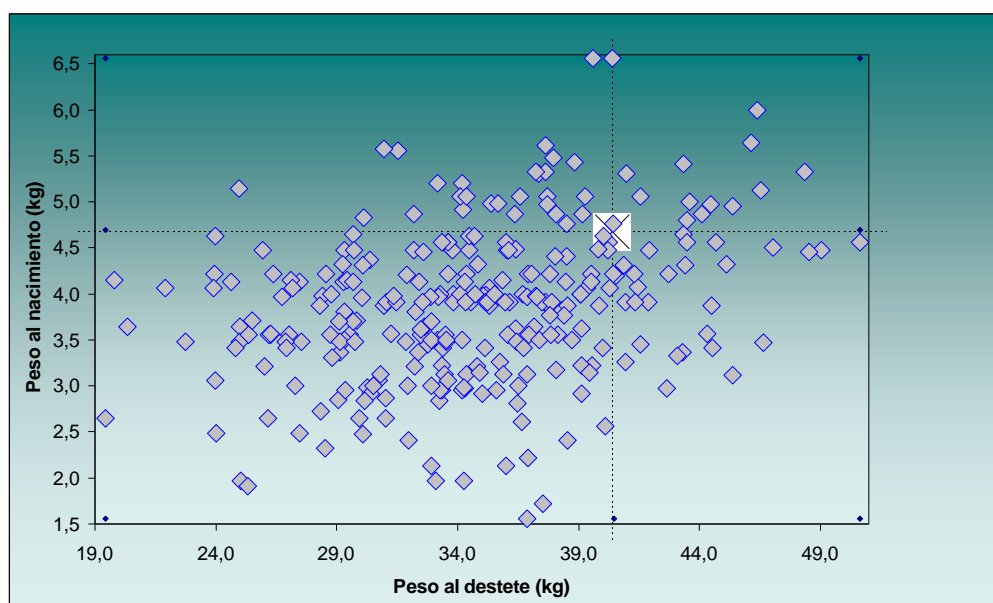
Tercera Etapa: Análisis de los resultados:

La forma en que el MAST entrega los resultados es a través de la representación gráfica de la distribución de la población en relación a dos características; sin embargo, ya que el MAST permite realizar una selección multivariada, se generan tantos gráficos como combinaciones de características existan.

En la representación gráfica, cada individuo corresponde a un vector dentro del gráfico, y los ejes del gráfico corresponden a los rasgos en análisis. Por lo tanto, al observar un

gráfico sólo se tiene una visión parcial de la dispersión de la población. Sin embargo, si el método se utiliza para realizar una selección simultánea de varias características, el área bidimensional del gráfico se transforma virtualmente en un volumen, el cual se divide entre los volúmenes que cumplen, no cumplen o cumplen parcialmente; por lo tanto, para obtener una visión total de la dispersión de la población en relación a los mínimos clasificatorios establecidos, es necesario observar todos los gráficos que se generan, y analizarlos en conjunto con los cuadros de resumen (Niño de Zepeda, 2007).

A continuación se ejemplifica la forma en que se presentan los resultados mediante el Método de Análisis de Estándares:



Fuente: Niño de Zepeda, 2007

El análisis del MAST considera también la existencia de parámetros críticos, que corresponden a aquellos que constituyen una restricción para el cumplimiento del plan de selección; estos parámetros se pueden identificar a través de una tabla de resumen llamada “contador bidimensional”, que analiza el grado de cumplimiento de los mínimos clasificatorios para los dos rasgos graficados. Este contador indica el número de datos y el porcentaje que representan del total de la muestra los individuos que cumplen, no cumplen o cumplen parcialmente (Niño de Zepeda, 2007).

| Contador BI | |
|--------------------|-------------|
| Cumple ST | % |
| 12 | 4,2 |
| No cumple | |
| 217 | 75,9 |
| Cumple Par. | |
| 57 | 19,9 |
| Total | |
| 286 | 100 |

Fuente: Niño de Zepeda, 2007

Existe también un “contador general”, que entrega el número y porcentaje que representan del total de la muestra, los individuos que cumplen con los niveles mínimos fijados en todos los rasgos que se están considerando; el mismo contador entrega el número y porcentaje de los individuos que no cumplen con ninguno de los parámetros considerados (Niño de Zepeda, 2007).

| Contador Gral | | | |
|----------------------|---|-------|-----------|
| Cumple | | | No Cumple |
| | 5 | 1,7 % | 32 |
| | | | 11,2 % |

Fuente: Niño de Zepeda, 2007

Cuarta Etapa: Análisis de la población seleccionada:

Una vez que se han realizado las tres etapas anteriores, se obtiene un grupo de individuos seleccionados. Este conjunto se describe en relación a las medias aritméticas y varianzas, las cuales son comparadas con la población de origen, para obtener el diferencial y la respuesta a la selección, y determinar cuáles son las diferencias entre ambas poblaciones.

Si los resultados obtenidos no son satisfactorios, se puede modificar el mínimo clasificatorio, con el objetivo de aumentar o disminuir el nivel de exigencia, y por lo tanto la proporción de individuos seleccionados.

Además de la forma ya descrita de selección, el MAST permite una aplicación particular, ya que puede ser utilizado para realizar una selección escalonada, lo que significa que permite eliminar individuos en la medida en que se van obteniendo los registros de las

distintas características incluidas en el plan de selección, por lo que muchos individuos pueden ser eliminados tempranamente al no cumplir con el nivel fenotípico mínimo en un rasgo; por consiguiente, son eliminados antes de realizar las mediciones de todas las características, proporcionando a los productores una herramienta muy útil, ya que permite la venta temprana de animales. Por ejemplo, si los rasgos mediante los cuales se va a evaluar una población fueran: peso vivo al nacimiento, a los tres meses y al año de edad; se puede eliminar a los animales que no lograron un peso vivo mínimo a los 3 meses, sin necesidad de esperar los resultados de la siguiente medición.

3. **OBJETIVOS**

Objetivo general

Utilizar el MAST como un instrumento de ayuda en la toma de decisiones al realizar selección fenotípica multivariada de carnerillos.

Objetivos específicos

- Utilizar el MAST como instrumento metodológico para realizar selección fenotípica de corderos al momento del destete, para separar a aquellos que serán faenados de los que podrían convertirse en reproductores en la temporada siguiente, mediante pruebas de rendimiento propio en ovinos.
- Describir el efecto de la selección a través de la comparación entre el promedio de los carnerillos seleccionados y la población de origen, en cada variable incluida en el MAST
- Predecir el cambio existente en la descendencia de los animales seleccionados, para cada variable incorporada en el MAST.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar

Los registros fueron obtenidos desde un rebaño ovino ubicado en el Fundo San Juan de Capellanía, en el secano interior de la Provincia de Cauquenes, VII Región; distante 27 km al norponiente de la ciudad de Cauquenes y a 8 km al norte del cruce Capellanía, en la ruta Cauquenes-Parral. Esta zona cuenta con una pluviosidad promedio anual de 650 mm., precipitaciones que ocurren entre mediados de Abril y Octubre, vale decir, que hay seis meses secos y seis meses húmedos.

El predio tiene 587 há en total, de las cuales 540 há están dedicadas a la ovejería.

4.2. Población

La población de individuos de este estudio, corresponde a los machos nacidos durante la temporada de partos del año 2008, la cual se extendió desde la segunda quincena de Julio hasta la primera quincena de Septiembre.

La población de origen corresponde a 500 ovejas de base genética Suffolk Down, las cuales fueron encastadas mediante una combinación de inseminación artificial y monta natural; para lo cual se utilizó el semen importado de 5 carneros de pedigree de raza Suffolk Down y 5 carneros provenientes del rebaño, también de raza Suffolk Down.

El semen de los 5 carneros de pedigree, provino de Australia, Nueva Zelanda y Canadá, y fue utilizado a través de inseminación artificial (IA), mediante la utilización de laparoscopia, previa sincronización de las ovejas a través del uso de dispositivos eazybreed®; este procedimiento se realizó a 230 ovejas durante el mes de Febrero de 2008, lo que representa un 46% de la población total de hembras del predio. Para este proceso se eligieron hembras de 4, 6 y 8 dientes, por su mayor fertilidad esperada.

Los 5 carneros de la raza Suffolk Down originarios del rebaño criollo fueron utilizados como carneros de repaso para las hembras inseminadas que repitieron el celo, mediante

la implementación de grupos de encaste; esto ocurrió en el mes de Marzo. El resto de las hembras del rebaño fueron incorporadas a esta modalidad de encaste.

4.3. Rasgos utilizados

Los rasgos utilizados en el estudio corresponden al peso vivo, medido en distintos momentos y las ganancias diarias de peso entre ellos. Los momentos de medición del peso vivo fueron al Nacimiento (PN) y al Destete (PD), el cual ocurrió entre los 63 y 114 días de edad, con un promedio de 98. También se utilizó el Peso ajustado a los 90 días de edad (P90). Las Ganancias Diarias de Peso utilizadas son dos, la primera entre el peso al nacimiento y el peso al destete (GDP1), y la segunda entre el peso al nacimiento y el peso ajustado a los 90 días (GDP2).

4.4. Manejos y Recopilación de registros

Cada cordero fue identificado individualmente mediante un crotal metálico con un número correlativo, único e irreplicable dispuesto en una oreja al momento del nacimiento.

Según la fecha de nacimiento, se estableció el origen de cada cordero, ya fuere producto de la inseminación artificial o monta natural. Dependiendo del origen, los animales fueron separados en dos grupos, cada uno de los cuales fue dispuesto en un sector del predio; sin embargo, ambos recibieron los mismos manejos alimentarios, sanitarios y otros.

Al momento del nacimiento se estableció la filiación de cada cordero con su madre y se procedió a identificar el sexo de la cría, su peso y el tipo de parto (único o múltiple). Toda esta información se registró en un cuadro con el siguiente formato:

| Fecha | ID madre | ID cría | Tipo de parto | Peso de la cría | Sexo de la cría | Comentarios |
|-------|----------|---------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|
|-------|----------|---------|---------------|-----------------|-----------------|-------------|

Para la medición del peso al nacimiento, se utilizó una romana mecánica, cuya graduación sólo se extiende hasta los 10 kg ya que el pesaje se realizó en el campo, a medida que se encontró a los individuos recién nacidos, por lo que este instrumento

ofrece las mayores facilidades de manejo. Para realizar el resto de las mediciones, se utilizó una romana digital, la cual ofrece una mayor facilidad y rapidez en la recolección de registros.

4.5. Depuración de registros productivos

Una vez obtenidos los registros productivos, se procedió a ajustar los valores según:

- La edad de cada cordero al momento de las mediciones: ya que éstas se realizan en un período específico y muy corto de tiempo, pero los partos tienen una mayor dispersión en el tiempo, por lo que la comparación de peso entre animales de distintas edades es incorrecta.
- Sexo de la cría: ya que machos y hembras tienen diferencias en desarrollo muscular y capacidad de crecimiento; siendo los machos más grandes, de crecimiento más rápido y menos engrasados que las hembras.
- La edad de la madre: las hembras más jóvenes tienden a producir crías de menor crecimiento que las hembras mayores, ya que tienen una menor producción de leche.
- El tipo de parto (único o múltiple): los individuos nacidos de partos múltiples pueden crecer más lentamente que aquellos nacidos de partos individuales.

4.6. Criterios de selección

El criterio utilizado para la selección de los carnerillos fue en base al desempeño productivo alcanzado en el peso vivo medido en distintos momentos, y la ganancia diaria de peso entre ellos; previo ajuste de los valores fenotípicos por edad de la madre, tipo de parto y edad del carnerillo al momento de la medición.

Con el objetivo de imitar lo que ocurre en la realidad con los productores, los cuales tienen distintas necesidades u objetivos productivos, y por lo tanto diferentes criterios de selección, se plantearon 4 esquemas de selección en la misma población, priorizando

distintos rasgos. Luego de determinar los diferentes mínimos clasificatorios, los individuos fueron sometidos a la metodología MAST.

Los 4 esquemas utilizados fueron:

E1: se definió como el de menor exigencia, para lo cual se utilizó como estándar mínimo clasificatorio la media aritmética de la población, en todos los rasgos medidos.

E2: se quiso simular una mayor exigencia de mercado, o mejor precio de los animales, en relación al peso vivo, enfatizando el criterio de selección en dichos rasgos, por lo que el punto de corte se aumentó una desviación estándar por sobre la media en los tres pesos utilizados (PN, PD y P90).

E3: se pensó como un esquema de maximización de los recursos disponibles, por lo que se le dio prioridad a las ganancias diarias de peso, y se utilizó la media aritmética poblacional más una desviación estándar como mínimo clasificatorio, en ambos rasgos (GDP1 y GDP2).

E4: fue el más exigente, pensando en un productor que desea un mayor avance genético en su población, permitiendo clasificar sólo a aquellos individuos que estuviesen en una desviación estándar por sobre la media aritmética de la población, en todos los rasgos medidos.

4.7. Utilización del MAST para la Selección

Con los registros productivos depurados y los niveles mínimos de clasificación establecidos, se procedió a aplicar la metodología MAST, en los 4 esquemas ya definidos. Esto permitió, que en cada esquema, se realizara una segregación de los individuos en grupos; organizando a los animales según su grado de cumplimiento (total, parcial o nulo).

En este estudio, sólo se seleccionó a aquellos individuos que tuviesen un cumplimiento total, es decir, en todos los requerimientos y sólo se consideraron los valores fenotípicos propios, sin tener en cuenta los valores de ningún tipo de parientes.

4.8. Comparación entre el promedio de los carnerillos seleccionados y la población de origen (Diferencial de Selección), en cada esquema

Con el objetivo de describir el efecto de la selección, en términos de las propiedades observables de la población, se calcularon las medias de las sub poblaciones de individuos seleccionados.

Para realizar esta descripción, se procedió a calcular la media aritmética de los individuos seleccionados en cada uno de los 4 esquemas, para luego compararlo con el promedio de la población de origen. De esta forma se pudo conocer cuál es la superioridad promedio de los progenitores seleccionados, respecto a la población de origen, es decir el Diferencial de Selección (S).

4.9. Predicción del efecto de la selección en la siguiente generación (Respuesta a la Selección), en cada esquema

Los Diferenciales de Selección (S) obtenidos para cada uno de los 4 esquemas propuestos, se ponderaron por la heredabilidad descrita en la literatura por Ercanbrack y Price (1972) para ovinos de raza mestiza, en cada rasgo en estudio ($S * h^2 = R$) y así se obtuvo la Predicción a la Respuesta a la Selección fenotípica.

Con este cálculo, se estima cuál sería la diferencia fenotípica entre la descendencia de los individuos seleccionados y la población base, antes de realizar la selección.

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las diferentes variables productivas consideradas en este estudio fueron corregidas mediante un modelo estadístico para los efectos ambientales conocidos: sexo del cordero, edad de la madre al parto y tipo de parto; utilizando el método de mínimos cuadrados para obtener estimaciones confiables de los parámetros genéticos de la población base.

El modelo estadístico es el que se detalla a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + E_j + T_k + b X_{ijkl} + e_{ijkl} \quad (1)$$

siendo: μ = media poblacional.
 S_i = efecto fijo del i-ésimo sexo del cordero ($i = 1,2$).
 E_j = efecto fijo de la j-ésima edad de la madre ($j = 1 \dots 5$)
 T_k = efecto fijo del k-ésimo tipo de parto ($k = 1,2$).
 b = regresión de la edad del cordero a la medición determinada.
 e_{ijkl} = error individual.

Luego de realizar este ajuste de los registros, se obtuvieron los valores fenotípicos de los individuos; los cuales permitieron realizar comparaciones entre ellos sin ser afectadas por los factores identificados y descritos anteriormente.

Sin embargo, de los 484 individuos con los que se inició el estudio, se eliminó a 198 por falta de registros, como sexo, edad de la madre o peso vivo. Por lo que la población base fue descrita con los registros de 286 individuos.

Luego, para realizar la selección de carnerillos mediante la aplicación del Método de Análisis de Estándares, sólo se utilizaron los registros de los machos (145).

Los resultados fueron descritos a través de medias aritméticas y desviaciones estándar.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Descripción de la población

Durante la temporada, se registró el parto de 406 ovejas y el nacimiento de 484 corderos, lo que corresponde a un porcentaje de parición de 96,8% y una prolificidad de 1,19. El porcentaje de parición es un poco más bajo a lo registrado por la literatura para la raza Suffolk en Chile, Recalde (1988) describe un 114% de parición, mientras Crempien (1999) reporta un 110% para la raza en la VII Región. Sin embargo, la prolificidad se encuentra dentro de lo esperado para la raza en Chile, Ovando (1998) registra una prolificidad de 1,17 en la VI Región y García y Avendaño (1991) reportan la misma para la raza en la VII Región; aunque la Sociedad de ovinos Suffolk describe que lo esperado para la raza es una prolificidad entre 1,3 y 1,9.

Según la fecha de nacimiento se determinó que 93 de los corderos nacidos fueron producto de IA, lo que representa un 19,2% respecto a la población total de corderos. Mediante el mismo método se determinó que 391 corderos eran hijos de los carneros usados en la monta natural, lo que significa un 80,7% de la población de corderos.

De los partos registrados, 153 de los 484 corderos (31,6%) corresponden a partos gemelares y 331 a únicos (68,3%). Lo que se encuentra dentro de lo esperado para la raza.

La distribución por sexo de los corderos fue según lo esperado, registrándose 232 machos (47,9%) y 238 hembras (49,1%), de los 14 corderos restantes (2,8%) no existe registro de sexo.

Respecto a la distribución de edades de las madres, según la observación y clasificación de su dentadura, fue la siguiente: un 3,4% de las hembras de la población tiene dientes de leche, lo que significa que son hembras que nacieron esa misma temporada y por lo tanto tienen menos de un año de edad, un 20,4% tiene dos dientes permanentes, es decir, un año de edad, un 14,5% tiene cuatro dientes permanentes o dos años de edad,

un 19,7% tiene seis y un 41,8% tiene la boca llena, lo que significa que tienen cuatro años de edad o más, ninguna oveja presentó boca partida o caída de dientes permanentes.

6.2. Parámetros de la población

Las medias aritméticas, desviaciones estándar y coeficientes de variación para los distintos rasgos medidos (peso vivo y ganancias diarias de peso) en la población de origen, previo a la selección, son presentados en la Tabla 1.

Tabla 1: Promedio, desviación estándar y coeficiente de variación del Peso vivo al Nacimiento (PN), al Destete (PD) y ajustado a los 90 días (P90), de las ganancias diarias de peso entre el nacimiento y el destete (GDP1) y entre el nacimiento y el peso ajustado a los 90 días (GDP2)

| Variables | \bar{X} | SD | CV% |
|--|-----------|------|-------|
| Peso al Nacimiento - PN (kg) | 4,07 | 0,99 | 24,44 |
| Peso al Destete - PD (kg) | 33,54 | 4,54 | 13,54 |
| Peso ajustado a los 90 días - P90 (kg) | 31,32 | 5,27 | 16,83 |
| GDP1 (kg/día) | 0,314 | 0,04 | 13,47 |
| GDP2 (kg/día) | 0,284 | 0,06 | 22,69 |

Respecto al PN, el valor promedio de la población en estudio ($4,07 \pm 0,99$ kg) es menor a los valores obtenidos en publicaciones tanto nacionales como internacionales para la raza. Según la Sociedad de ovinos Suffolk, el peso esperado al nacimiento es de 5,6 kg Pérez *et al.* (2007) y García *et al.* (2006) obtuvieron en sus estudios, un peso vivo de 4,5 y 4,3 kg al nacimiento en ovinos Suffolk en Chile. La diferencia entre el peso al nacimiento obtenido en el estudio, y el reportado para la raza en Chile, podría deberse a diversos efectos, como los descritos por Reynolds *et al.* (1980) y Bradford (1972), quienes afirman que el peso al nacimiento es influenciado por diversos factores, entre ellos la condición corporal de la madre al encaste y al parto, siendo 3,0 el óptimo en ambos momentos si se desea obtener un adecuado desarrollo de la gestación y de los corderos una vez nacidos; considerando que las hembras del estudio presentaron una condición corporal promedio

de 2,6 al momento del encaste, se podría suponer que el bajo PN promedio es producto de la mala alimentación de las madres.

Respecto al P90, la sociedad de ovinos Suffolk describe que los ejemplares de la raza, debieran alcanzar fácilmente los 40 kg de peso vivo alrededor de las 15 semanas de edad; sin embargo, el P90 de la población en estudio apenas sobrepasa los 30 kg a los 90 días. Sin embargo, Leymaster y Jenkins (1993), registran un peso promedio de 31,8 kg medido al momento del destete (90 días de edad), en su trabajo con corderos híbridos Suffolk. En relación a lo que ocurre con la raza Suffolk en Chile, la población en estudio se encuentra muy por encima del resultado obtenido por García *et al.* (2006), quienes revelan un peso de 22,6 kg en su población al momento del destete, el cual ocurrió a los 90 días de edad.

Respecto a las ganancias diarias de peso, la GDP1 (0,314 kg) es mucho mayor a la GDP2 (0,284 kg), esto sucedería porque la GDP1 fue calculada con el peso al destete, el cual ocurrió entre los 63 y 114 días de edad, y por lo tanto existe una mayor dispersión de los valores también. Rastogi *et al.* (1975) registran 0,289 kg de GDP en el período pre-destete en ovinos Suffolk, con destete a los 70 días. García *et al.* (2006) obtuvieron 0,212 kg para la raza en Chile, en el período entre el nacimiento y los 60 días de edad.

Los coeficientes de variación para los pesos vivos se extienden desde 13,54% para el PD hasta 24,44% para el PN; estos resultados son similares a los presentados por María *et al.* (1993), cuyos CV% se encuentran entre 14 y 25% para las características de PN, PD y P90. Tosh y Kemp (1994) obtuvieron CV% mucho mayores, entre 23 y 28%, al medir el peso al nacimiento, a los 50 y 100 días en varias razas ovinas.

En relación a los CV% de las ganancias diarias de peso, Van Wyk *et al.* (1993) publicaron un valor de 20% en el período nacimiento-destete, el cual ocurrió entre los 93 y 107 días de edad de los corderos, valor similar al 22% de este estudio.

6.3. Descripción de los individuos seleccionados

6.3.1. Esquema-1 de selección

Luego de aplicar la metodología MAST a la población, según el criterio de selección especificado en el E1, treinta y ocho individuos fueron seleccionados, lo que corresponde a un 26,2% de la población de carnerillos, y un 7,8% de la población total; esto representa una intensidad de selección de 1,85. Por otra parte, sólo 2 individuos, es decir un 1,4% de la población de machos, no cumplieron con el mínimo clasificatorio en ninguna de las características incluidas en el plan de selección. El resto de la población, 105 individuos, presentaron un cumplimiento parcial.

Al examinar los análisis bidimensionales, se observa que las interacciones PN-PD y PD-P90 poseen los mayores porcentajes de cumplimiento, con un 57,9 y 55,2% respectivamente. En el cuadro resumen, se distingue que el PN y PD tienen el mayor nivel de cumplimiento, con un 68,97 y 70,34%, respectivamente.

Por otra parte, las combinaciones PN-GDP1, PD-GDP1 y GDP1-GDP2 tienen los porcentajes de cumplimiento más bajos, correspondientes a un 37,2, 37,9 y 37,2%, respectivamente. En el cuadro resumen, se puede ver que el nivel de cumplimiento del parámetro GDP1 es de 51,03%, lo que significa que sólo 74 individuos se encuentran por sobre el mínimo clasificatorio; el 48,97% restante no cumple con el estándar mínimo, por lo tanto, la GDP1 representa un parámetro crítico de selección, por lo que constituye una restricción para el cumplimiento del plan de selección.

En el Anexo 1 se puede observar la interacción PN-PD, junto a las tablas de análisis que contienen la información más relevante del MAST.

Ya que el objetivo de este trabajo es realizar una selección temprana, segregando un grupo de probables carnerillos de reemplazo del resto de la población, los cuales volverán a ser seleccionados durante la temporada de encaste del año siguiente, los treinta y ocho individuos seleccionados son un número adecuado de animales clasificados. Sin embargo, ya que en este caso se aplicó el mismo nivel de exigencia a todas las

características en estudio, correspondiente al promedio poblacional, si se deseara obtener un mayor número de individuos seleccionados, la GDP1 debiera ser el primer parámetro a flexibilizar. Por el contrario, si se deseara disminuir el número de individuos seleccionados, se puede aumentar la exigencia en las características PN y PD, ya que existe una mayor proporción de individuos por sobre el estándar.

6.3.2. Esquema-2 de selección

Al utilizar el criterio de selección propuesto en el E2, sólo seis individuos cumplieron con el nivel mínimo exigido en todas las características, lo que representa un 1,2% de la población total y un 4,1% de la población de machos, lo que equivale a una intensidad de selección de 2,66. Solo tres individuos, 2,1% de la población de machos, no cumplieron con ninguno de los parámetros en estudio. Ciento treinta y seis carnerillos cumplieron parcialmente con las exigencias del plan de selección.

Ya que en este esquema, se utilizó una mayor exigencia para aquellas características de peso vivo, la combinatoria GDP1-GDP2 presenta una mayor proporción de cumplimiento del estándar mínimo, con un 37,2%. Así mismo, se puede ver en el cuadro resumen, que ambas características (GDP1 y GDP2) tienen un alto porcentaje de cumplimiento, con un 51,03 y 54,48% respectivamente. En el Anexo 2 se muestra la dupla GDP1-GDP2 y las tablas de análisis.

Por otra parte, según los análisis bidimensionales, los binomios PD-P90 y PD-GDP2, muestran un nivel de cumplimiento de un 5,5 y 6,2%, respectivamente; donde sólo un 26,9% de los individuos cumplen con el mínimo exigido para el PD, y 23,45% lo hacen para el P90, por lo que ambos rasgos componen parámetros críticos de selección

Ya que el rebaño en estudio está compuesto de 500 hembras, y considerando que la literatura sugiere un 2% de carneros como proporción óptima de machos en un predio ovino, los cuales pueden permanecer en el rebaño por 4 a 5 años, en este caso existe una necesidad de reemplazar a 2 carneros por año. Por lo tanto, el plan de selección propuesto en este caso es eficiente; sin embargo, al trabajar con un número de individuos tan cercano al mínimo necesario, se disminuye la posibilidad de realizar una nueva

selección una vez que los individuos son adultos, por ejemplo, según características físicas o anatómicas. Por lo tanto, debiera disminuirse el nivel de exigencia en los parámetros PN, PD y P90, con el objetivo de aumentar el número de animales clasificados.

6.3.3. Esquema-3 de selección

Al utilizar el E3, diez individuos fueron seleccionados, lo que representa un 2% de la población total, y un 6,9% de la población de machos. Esto corresponde a una intensidad de selección de 2,42. Sólo 2 individuos, que representan el 1,4% de la población, no cumplieron con ninguna de las características del plan de selección.

Debido a que en este esquema se dio énfasis a las características de ganancia diaria de peso por sobre el peso vivo, el nivel de exigencia del PN, PD y P90 es menor, por consiguiente, las combinaciones PN-PD y PD-P90 presentan un mayor número de individuos que cumplen con el estándar mínimo (57,9 y 55,2% respectivamente).

La pareja GDP1-GDP2 posee sólo un 9% de cumplimiento; mientras que el binomio PD-GDP1 tiene un 14,5%. Al analizar la tabla resumen, se aprecia que la GDP1 tiene un nivel de cumplimiento de apenas un 20%, por lo que en este caso constituye un rasgo restrictivo. En el Anexo 3 se puede apreciar la combinatoria GDP1-GDP2 y tablas anexas.

En este esquema, al igual que con el anterior, el número de individuos seleccionados sería adecuado, pero bajo considerando los objetivos del plan de selección.

6.3.4. Esquema-4 de selección

Con el criterio de selección del E4, el más exigente de todos, sólo dos individuos fueron seleccionados; esto corresponde a un 0,41% de la población en estudio, un 1,4% de la población de carnerillos, y una intensidad de selección de 2,96. Sin embargo, sólo cuatro individuos, 4,8%, no cumplieron con ninguna de las características del esquema de selección.

Al observar los análisis bidimensionales generados por el MAST, se advierte que existe un bajo nivel de cumplimiento general, especialmente en las combinaciones PD-P90, PD-GDP1 y PD-GDP2, con un 5,5, 4,8 y 2,1% de cumplimiento, respectivamente. Así mismo, al observar la tabla resumen, se ve que todas las características tienen un bajo nivel de cumplimiento, comparado con los esquemas anteriores, presentando las características de GDP2, GDP1 y P90, los valores más bajos (22,76, 20 y 23,45%, respectivamente). Por lo tanto, en este caso no se podría decir que existe algún rasgo limitante, si no más bien, que el plan de selección es demasiado exigente.

En el Anexo 4 se observa la interacción PN-PD, la cual puede ser comparada con la generada por el E1 de selección.

Al utilizar el Esquema-4, el número de individuos seleccionados es insuficiente para conformar un grupo de carnerillos de reemplazo. Por lo tanto, el criterio de selección utilizado en este esquema es demasiado exigente.

Los individuos seleccionados según cada Esquema propuesto se encuentran en la tabla 2

Tabla 2: Resumen de individuos seleccionados por el MAST en los distintos esquemas planteados

| ID | Esquema1 | Esquema2 | Esquema3 | Esquema4 |
|------|----------|----------|----------|----------|
| 2532 | X | | | |
| 2536 | X | X | | |
| 3401 | X | | | |
| 3428 | X | X | | |
| 3492 | X | | | |
| 3499 | X | | | |
| 3503 | X | X | X | X |
| 3513 | X | | | |
| 3514 | X | X | | |
| 3516 | X | X | X | X |
| 3518 | X | | X | |
| 3522 | X | | | |
| 3523 | X | | | |
| 3541 | X | X | | |
| 3543 | X | | | |
| 3549 | X | | X | |
| 3550 | X | | | |
| 3552 | X | | | |
| 3577 | X | | | |
| 3578 | X | | | |
| 3611 | X | | | |
| 3612 | X | | | |
| 3617 | X | | | |
| 3633 | X | | X | |
| 3643 | X | | | |
| 3682 | X | | X | |
| 3685 | X | | | |
| 3686 | X | | | |
| 3695 | X | | | |
| 3700 | X | | X | |
| 3705 | X | | | |
| 3708 | X | | | |
| 3712 | X | | | |
| 3722 | X | | X | |
| 3734 | X | | | |
| 3746 | X | | X | |
| 3748 | X | | | |
| 3755 | X | | X | |

Como se puede observar, los individuos que fueron seleccionados según el criterio utilizado en los E2 y E3 fueron los mismos, sólo en dos casos. Sin embargo, al observar a los individuos que cumplen con el criterio del E4, se observa que ambos individuos fueron seleccionados en los tres esquemas anteriores.

6.4. Estimación del Diferencial de Selección (Promedio Seleccionados – Promedio Poblacional)

Las heredabilidades utilizadas para calcular el diferencial de selección se muestran a continuación, en la tabla 3.

Tabla 3: Heredabilidades

| | h^2 |
|-------------|-------|
| PN | 0,16 |
| PD | 0,17 |
| P90 | 0,17 |
| GDP1 | 0,09 |
| GDP2 | 0,10 |

Los diferenciales de selección obtenidos en el estudio y en los distintos esquemas planteados, se observan en las tablas 4, 5, 6 y 7.

En el E1, los diferenciales de selección (S) para las distintas variables productivas son de: 1,20 kg, 3,46 kg, 7,57 kg, 0,043 kg y 0,069 kg, respectivamente para los rasgos de PN, PD, P90, GDP1 y GDP2, lo que corresponde a una superioridad de un 29,5%, 10,32%, 24,18%, 13,81% y 24,23% de la población seleccionada por sobre la población de origen, respectivamente para los rasgos de PN, PD, P90, GDP1 y GDP2, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4: Medias Aritméticas y Diferencial de Selección según el Esquema-1

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| MEDIA POBLACIÓN BASE (kg) | 4,07 | 33,54 | 31,32 | 0,314 | 0,284 |
| MEDIA SELECCIONADOS-1 (kg) | 5,27 | 37,00 | 38,89 | 0,357 | 0,353 |
| DIFERENCIAL DE SELECCIÓN (kg) | 1,20 | 3,46 | 7,57 | 0,043 | 0,069 |

En la tabla 5 se observan los resultados obtenidos luego de seleccionar individuos utilizando el criterio del E2. Los diferenciales de selección (S) corresponden a 1,91 kg, 5,36 kg, 9,51 kg, 0,065 kg y 0,058 kg, respectivamente para los rasgos de PN, PD, P90, GDP1 y GDP2. Esto significa que los valores de los individuos seleccionados, para los distintos rasgos utilizados son 46,92%, 15,98%, 30,36%, 20,7% y 20,42% mayores a los de la población de origen.

Como se esperaba, los diferenciales de selección fueron mayores a los observados en el E1 en las características de peso vivo, ya que se aplicó un mayor nivel de exigencia a dichos rasgos.

Tabla 5: Medias Aritméticas y Diferencial de Selección según el Esquema-2

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| MEDIA POBLACIÓN BASE (kg) | 4,07 | 33,54 | 31,32 | 0,314 | 0,284 |
| MEDIA SELECCIONADOS-2 (kg) | 5,98 | 38,90 | 40,83 | 0,379 | 0,342 |
| DIFERENCIAL DE SELECCIÓN (kg) | 1,91 | 5,36 | 9,51 | 0,065 | 0,058 |

En la tabla 6 se observan los resultados obtenidos luego realizar la selección, utilizando el criterio descrito para el E3 de selección. Los diferenciales de selección (S) corresponden a 1,23 kg, 3,40 kg, 10,35 kg, 0,069 kg y 0,107 kg, para el PN, PD, P90, GDP1 y GDP2, respectivamente. Lo que implica que los individuos seleccionados son 30,22%, 10,13%, 33,04%, 21,97% y 37,67% mayores en los rasgos PN, PD, P90, GDP1 y GDP2, respectivamente respecto a la población de origen.

Como se esperaba, los diferenciales de selección fueron mayores a los observados en los esquemas anteriores en las características de ganancia diaria de peso, ya que se aplicó una mayor exigencia a dichos rasgos.

Tabla 6: Medias Aritméticas y Diferencial de Selección según el Esquema-3

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|--------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| MEDIA POBLACIÓN BASE (kg) | 4,07 | 33,54 | 31,32 | 0,314 | 0,284 |
| MEDIA SELECCIONADOS-3 (kg) | 5,30 | 36,94 | 41,67 | 0,383 | 0,391 |
| DIFERENCIAL DE SELECCIÓN (kg) | 1,23 | 3,40 | 10,35 | 0,069 | 0,107 |

En el E4, los diferenciales de selección (S) para las distintas variables productivas son de: 1,58 kg, 5,52 kg, 12,03 kg, 0,096 kg y 0,085 kg, respectivamente para los rasgos de PN, PD, P90, GDP1 y GDP2, lo que corresponde a una superioridad de un 38,82%, 16,45%, 38,40%, 30,57% y 29,92%, respectivamente, como se observa en la tabla 7.

Como se esperaba, los diferenciales de selección fueron mayores a los anteriores, ya que si bien, el nivel mínimo clasificatorio fue el mismo aplicado en los E2 y E3, en este caso fue aplicado a todas las características en estudio, por lo que es más difícil que los individuos cumplan con todos los requerimientos a la vez.

Tabla 7: Medias Aritméticas y Diferencial de Selección según el Esquema-4

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| MEDIA POBLACIÓN BASE (kg) | 4,07 | 33,54 | 31,32 | 0,314 | 0,284 |
| MEDIA SELECCIONADOS-4 (kg) | 5,65 | 39,06 | 43,35 | 0,410 | 0,369 |
| DIFERENCIAL DE SELECCIÓN (kg) | 1,58 | 5,52 | 12,03 | 0,096 | 0,085 |

6.5. Predicción de la Respuesta a la Selección Fenotípica (R).

En la tabla 8 se observa la predicción de la Respuesta a la Selección para los cuatro esquemas propuestos y para cada uno de los rasgos incluidos en el trabajo.

Tabla 8: Predicción de la Respuesta a la selección según esquemas planteados y rasgos utilizados

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| E1 (kg) | 0,186 | 0,588 | 1,287 | 0,004 | 0,007 |
| E2 (kg) | 0,296 | 0,911 | 1,617 | 0,006 | 0,006 |
| E3 (kg) | 0,191 | 0,578 | 1,760 | 0,007 | 0,010 |
| E4 (kg) | 0,245 | 0,939 | 2,045 | 0,009 | 0,008 |

Como se puede captar de la tabla 8, el Esquema 4 de selección, al ser el más exigente, presenta en casi todos los rasgos en estudio, la mayor Respuesta a la Selección; lo que significa que se espera que la siguiente generación, tenga en promedio, el mayor avance genético en cada una de las características.

A continuación se presentan, en la tabla 9, los valores en porcentaje que representan las Respuestas a la Selección obtenidas, en relación a los valores de la población de origen.

Tabla 9: Avance Genético

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|---------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| E1 (%) | 4,57 | 1,75 | 4,11 | 1,27 | 2,46 |
| E2 (%) | 7,27 | 2,72 | 5,16 | 1,91 | 2,11 |
| E3 (%) | 4,69 | 1,72 | 5,62 | 2,23 | 3,52 |
| E4 (%) | 6,02 | 2,80 | 6,53 | 2,87 | 2,82 |

Como se advierte en la tabla 9, la respuesta a la selección es proporcionalmente mayor en el rasgo PN, que en el resto de las características en estudio. Así también se ve que la GDP1 es el atributo que presenta un menor avance.

Tomando los valores obtenidos de Respuesta a la selección, y considerando que sólo se puede obtener una generación por año en la población en estudio, se calcularon los valores que se espera, en promedio, posea la siguiente generación en los rasgos en análisis, al aplicar los distintos esquemas de selección. Los resultados se pueden observar en la tabla 10.

Tabla 10: Valores esperados en la siguiente generación

| | PN | PD | P90 | GDP1 | GDP2 |
|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| E1 (kg) | 4,26 | 34,13 | 32,61 | 0,318 | 0,291 |
| E2 (kg) | 4,37 | 34,45 | 32,94 | 0,320 | 0,290 |
| E3 (kg) | 4,26 | 34,12 | 33,08 | 0,321 | 0,294 |
| E4 (kg) | 4,32 | 34,48 | 33,37 | 0,323 | 0,292 |

Al utilizar esta metodología de selección, se alcanzaría el peso al nacimiento observado por Pérez *et al.* (2007) y García *et al.* (2006) para la raza Suffolk en Chile, el cual se encuentra entre los 4,3 y 4,5 kg. Sin embargo, no se lograría cumplir con los estándares internacionales para la raza.

En relación al resto de las características, todas se encuentran dentro de lo esperado para la raza en Chile, por lo que el avance genético alcanzado sólo lograría distanciar más los valores de la población en estudio del promedio nacional.

Sin embargo, los parámetros internacionales se encuentran aún distantes para los caracteres de P90 y PD.

Por consiguiente, a la luz de los distintos resultados obtenidos, se puede decir que el método de análisis de estándares corresponde a un método útil y eficaz al momento de realizar una selección fenotípica multivariada; y que además corresponde a un método sencillo para identificar a los individuos que alcanzan los objetivos de mejoramiento fijados en un programa de selección.

7. CONCLUSIONES

- El Método de Análisis de Estándares permite a los productores aplicar un esquema multivarado de selección fenotípica.
- El promedio de los individuos seleccionados fue superior al promedio de la población base, en todos los esquemas y características en estudio, por lo que el MAST permite identificar a los individuos fenotípicamente superiores.
- El cambio predicho en la descendencia de los individuos seleccionados fue positivo en todos los esquemas y características en estudio, por lo que el método permite realizar un avance genético.
- El MAST permite realizar una selección fenotípica con dirección positiva.

8. BIBLIOGRAFÍA

BRADFORD, G. E. 1972. The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: VII Maternal Effects in Sheep. J. Anim. Sci. 35: 1324-1334.

CORONEL, F. 2008. La Importancia de la Información y su correcta Interpretación en la Compra de Reproductores. En 3° seminario de mejoramiento genético ovino. Uruguay. 12 p.

CREMPIEN, C. 1999. Nuevas tecnologías en producción ovina para el secano mediterráneo. INIA. Centro Regional La Platina, Santiago. 163 p.

CUNDIFF, L. V. 1972. The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: VIII Comparative Aspects of Maternal Effects. J. Anim. Sci. 35: 1335-1337.

DAVISON, R. M. 2000. Genetic improvement and importance to sheep and beef farming. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 60: 184-188.

ERCANBRACK S. K.; PRICE, D. A. 1972. Selecting for weight and rate of gain in Noninbred Lambs. J. Anim. Sci. 34: 713-725.

FALCONER, D. S.; MACKAY, F. C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Scientific & Technical, England. 340 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. 2009. Food Outlook. Global Market Analysis. 4 p.

FUNDACIÓN CHILE. 2007. Competencias Laborales Industria Ovina. Fundación Chile. 120 p.

FUNDACIÓN CHILE. 2008. Informe INNOVA proyecto "Clasificación de Corderos". Fundación Chile. Santiago, Chile. 13 p.

GARCÍA, X.; NEIRA, R.; VEGA, M. 1985. Efectos no genéticos en características de peso corporal en ovinos corridale. *Avances en Producción Animal* 10 (1-2): 89-100.

GARCÍA, X.; AVENDAÑO, J. 1991. Evaluación de distintos genotipos ovinos para producir carne. I. Características reproductivas y de crecimiento de los corderos. 122 p.

GARCÍA, X.; MAGOFKE, J. C.; AUBERT, C. 2006. Comportamiento productivo del Merino Precoz y Suffolk en el secano interior de la región metropolitana de Chile. *Avances en Producción Animal* 31 (1-2): 35-56.

GEENTY, K. G. 1999. Increased production is the key to profit growth for sheep farmers. *Wool grower*, Spring issue: 22-23.

GEENTY, K. G. 2000. Sheep industry vision and SIL. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 60: 180-183.

GEENTY, K.G. 2001. *A Guide to Genetic Improvement in Sheep*. Sheep Improvement Limited, Palmerston North. 136 p.

INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO. INDAP. 2008. Rubro Ganadería Ovina (Carne). [En línea] <http://www.indap.gob.cl/observatorio/index.php?option=com_content&task=view&id=24> [Consulta: 29-10-2008].

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. INE. 2009. Producción pecuaria – Informe annual 2003-2009. [En línea] <http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_agropecuarias/2009/07/pecuarias_2007_completa.pdf> [Consulta: 29-10-2008].

LEYMASTER, K.A.; JENKINS T.G. 1993. Comparison of Texel and Suffolk-sired crossbred lambs for survival, growth, and compositional traits. *J. Anim. Sci.* 71:859-869.

MACNEIL, M. D.; URICK, J. J.; SNELLING, W. M. 1998. Comparison of Selection by Independent Culling Levels for Bellow-Average Birth Weight and High Yearling Weight with Mass Selection for High Yearling Weight in Line 1 Hereford Cattle. *J. Anim. Sci.* 76: 458-467.

MARIA, G.A; BOLDMAN K.G; VAN VLECK, L.D. 1993. Estimates of variantes due to direct and maternal effects for growth traits of Romanov sheep. *J. Anim. Sci.* 71: 845-849.

MOUSA, E.; VAN VLECK, L. D.; LEYMASTER, K. A. 1999. Genetic parameters for growth traits for a composite terminal sire breed of sheep. *J. Anim. Sci.* 77: 1659-1665.

MUELLER, J. 2001. Mejoramiento genético de las majadas patagónicas. Cap. 10 pp 209-222. *Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral*. Borrelli, P. y G. Oliva Ed. INTA Reg. Pat. Sur. 269 p.

MUELLER, J. 2003. Curso de Capacitación en Mejoramiento Genético de Ovinos. Argentina. 33 p.

NIÑO DE ZEPEDA, A. 2007. Informe MINAGRI proyecto "Producción Agroalimentaria bajo estándares de calidad como mecanismo de desarrollo tecnológico en la economía del conocimiento". Santiago, Chile. Programa de calidad, Agroindustria, Fundación Chile. 50 p. Ministerio de Agricultura.

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS. ODEPA. 2007. Mercado de la carne ovina. [En línea] <<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr;jsessionid=D0123C4F6880E5CF668EFD03B280F6C4?idcla=2&idcat=8&idn=2014>> [Consulta: 11-03-2009].

OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS. ODEPA. 2009. La zafrá ovina 2008-2009. [En línea] < <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2223.pdf> > [Consulta: 11-01-2010].

OLSON, L. W.; DICKERSON, G. E.; GLIMP, H. A. 1976. Selection Criteria for Intensive Market Lamb Production: Growth Traits. *J. Anim. Sci.* 43: 78-89.

OVANDO, H. G.; 1998. comparación de la productividad de carne y lana de 5 genotipos ovinos de 1 er parto de las razas Merino Precoz, Dorset Horn, Border Leicester y Suffolk Down en el secano costero mediterráneo de Chile. Memoria de Título Ing. Agr. Santiago, Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología. 99 p.

PÉREZ, P. 2003. Producción de cordero lechal. Características de los ovinos producidos en Chile. Gobierno de Chile. Fundación para la Innovación Agraria (FIA) 52 p.

PÉREZ, P.; MAINO, M.; TOMIC, G.; KÖBRICH, C.; MORALES, M. S.; POKNIAK, J. 2006. Calidad de carne de corderos lechales del cruce Suffolk Down x Merino Precoz Alemán: efecto del peso de sacrificio y sexo. *Arch. Zootec.* 55: 171-182.

PÉREZ, P.; MAINO, M.; MORALES, M. S.; KÖBRICH, C.; BARDON, J. ; POKNIAK, J. 2007. Gender and slaughter weight effects on carcass quality traits of suckling lambs from four different genotypes. *Small Ruminant Research*, V:70, issue: 2-3:124-130.

PETERS, M.; LANGLEY, S.; WESTCOTT, P. 2009. Agricultural Commodity Price Spikes in the 1970s and 1990s Valuable Lessons for Today. United States Department of Agriculture. [En línea] <www.ers.usda.gov/AmberWaves/March09/Features/AgCommodityPrices.htm> [Consulta: 09-03-2009].

RASTOGI, R.; BOYLAN, W. J.; REMPEL, W.E.; WINDELS, H.F. 1975. Lamb Performance and Combining Ability of Columbia, Suffolk and Targhee Breeds of Sheep. *J. Anim. Sci.* 41:10-15.

RECALDE, M. 1988. análisis de un sistema semiintensivo de producción para ovinos Suffolk Down (Tercera temporada) en el secano interior central. Memoria de Título Ing. Agr. Quillota, Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. 78 p.

REYNOLDS, W. L.; DE ROUEN, T. M. ; MOIN, S. ; KOONCE, K. L. 1980. Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of angus, zebu cross beef cattle. J. Anim. Sci. 51: 860-867.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTOS DE LA REPÚBLICA DE ARGENTINA. SAGYPA. 2009. Faena y Producción de Carne Ovina 2008. [En línea] <http://www.sagpya.gov.ar/SAGPyA/ganaderia/ovinos/01=informes/01-boletin/_archivos/000002_Carne.pdf> [Consulta: 11-03-2009].

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO. SAG. 2010. Establecimientos Exportadores Pecuarios. [En línea] <http://www2.sag.gob.cl/Pecuaria/establecimientos_habilitados_exportar/habilitados_especie/especie_pais_tablas/ovino_s/ovino_europa.htm> [Consulta: 11-01-2010].

SIMM, G. 1998. Genetic Improvement of Cattle and Sheep. Farming Press. 1° ed. United Kingdom. 433 p.

STOBART, R.H.; BASSETT, J.W.; CARTWRIGHT, T.C.; BLACKWELL, R.L. 1986. An Analysis of Body Weights and Maturing Patterns in Western Range Ewes. J. Anim. Sci. 63: 729-740.

THE SUFFOLK SHEEP SOCIETY. 2009. [En línea]<<http://www.suffolksheep.org> > [Consulta: 03-09-2009].

THRIFT, F. A.; WHITEMAN J. V.; KRATZER, D. D. 1973. Genetic Analysis of Prewaning and Postweaning Lamb Growth Traits. J. Anim. Sci 36: 640-643.

TOSH, J. J.; KEMP, R. A. 1994. Estimation of Variance Components for Lamb Weights in Three Sheep Populations. J. Anim. Sci 5:1184-1190.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. USDA. 2009. USDA Agricultural Projections to 2018. [En línea] <<http://www.ers.usda.gov/publications/oce091/>> [Consulta: 09-03-2009].

VAN WYK, J.B.; ERASMUS, G.J.; KONSTANTINOV, K.V. 1993. Non-genetic factors influencing early growth traits in the Elsenburg Dormer sheep atud. S. Afr. J. Anim. Sci. 23: 67-71.

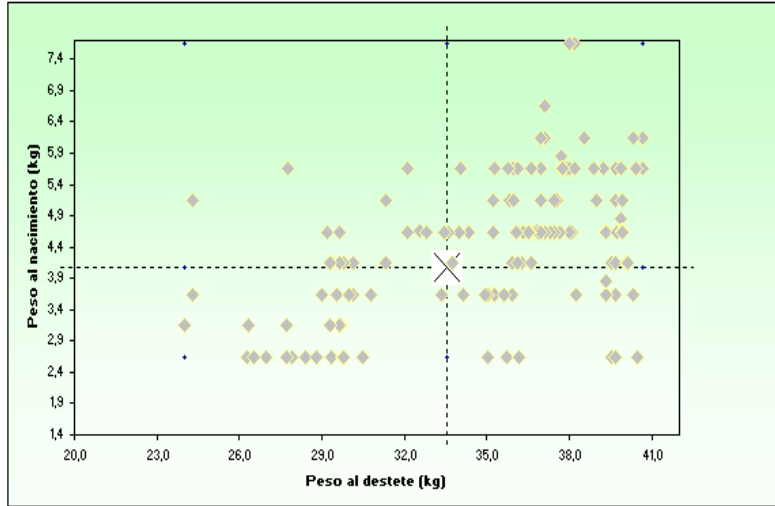
WALDRON, D. F.; THOMAS, D.L.; STOOKEY, J. M.; NASH, T. G.; KEITH, F. K.; FERNANDO, R. L. 1990. Central ram tests in the Midwestern United States: III. Relationship between sire's central test performance and progeny performance. J. Anim. Sci. 68: 45-53.

WILLIS, M. 2004. Dalton's Introduction to Practical Animal Breeding. Blackwell Science. 4° ed. United Kingdom 166 p.

9. ANEXOS

ANEXO Nº 1

Método de Análisis de Estándares (MAST)



[Retorno](#)

Producto: Corderos en pie

Uso:

RELACIÓN :
ORDENADA Peso al nacimiento
ABSCISA Peso al destete

INTERACCIÓN N° /

Contador BI

Cumple Σ %

84 57,9

No cumple

27 18,6

Cumple Par.

34 23,4

Total

145 100

N. Exigencia BI

Cumple ST

0,31

No cumple

0,16

Cumple Par.

0,47

Total

0,94

Contador Gral

Cumple

38 26,2 %

No Cumple

2 1,4 %

N.Exigencia Gral

Cumple

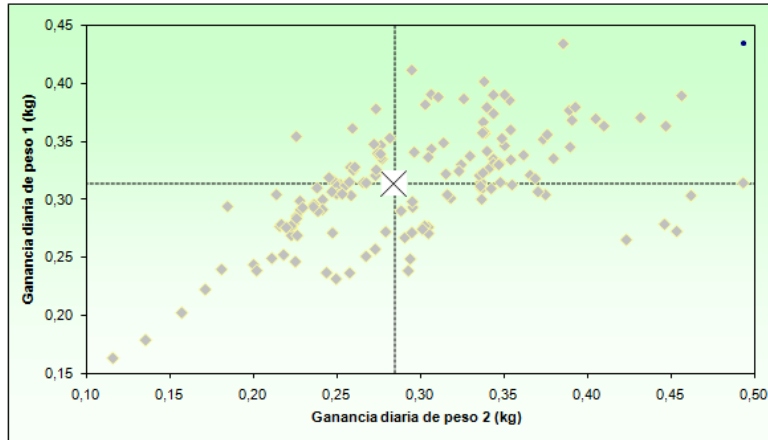
DIM

| Cumplimiento Estandar | Nivel de cumplimiento | | | | Análisis Estadístico | | | | Seleccionados | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------|-------|-----|----------------------|-------|-------|-------|---------------|----------|------------|-------|----------|
| | Cumple | | | n° | No cumple | | | | | | | | |
| | Max | Min | St | n° | % | Max | Min | St | μ | δ | δ^2 | CY | Promedio |
| Peso al nacimiento (kg) | 7,65 | 4,14 | 4,07 | 100 | 0,69 | 3,85 | 2,65 | 4,07 | 4,44 | 1,08 | 1,17 | 24,37 | 5,27 |
| Peso al destete (kg) | 40,65 | 33,62 | 33,54 | 102 | 0,70 | 33,45 | 24,01 | 33,54 | 35,08 | 4,26 | 18,1 | 12,13 | 37,00 |
| Peso ajustado a 90 días (kg) | 45,40 | 31,50 | 31,32 | 92 | 0,63 | 31,20 | 15,30 | 31,32 | 32,72 | 5,60 | 31,3 | 17,10 | 38,89 |
| Ganancia diaria de peso 1 (kg) | 0,43 | 0,31 | 0,31 | 74 | 0,51 | 0,31 | 0,16 | 0,31 | 0,31 | 0,05 | 0,0022 | 14,88 | 0,357 |
| Ganancia diaria de peso 2 (kg) | 0,49 | 0,29 | 0,28 | 79 | 0,54 | 0,28 | 0,12 | 0,28 | 0,30 | 0,07 | 0,0047 | 23,00 | 0,353 |

ANEXO Nº 2

Método de Análisis de Estándares (MAST)

[Retorno](#)



| | |
|---|--|
| Producto: Corderos en pie | |
| Uso: | |
| RELACIÓN : ORDENADA ABSISA | Ganancia diaria de peso1 Ganancia diaria de peso2 |
| INTERACCIÓN N°: | 3 |

| Contador BI | N. Exigencia BI |
|----------------|-----------------|
| Cumple % | Cumple ST |
| 54 37,2 | 0,25 |
| No cumple | No cumple |
| 46 31,7 | 0,25 |
| Cumple Par. | Cumple Par. |
| 45 31,0 | 0,51 |
| Total | Total |
| 145 100 | 1,00 |

| Contador Gral | Cumple | No Cumple |
|---------------|---------|-----------|
| Cumple | 6 4,1 % | 3 2,1 % |

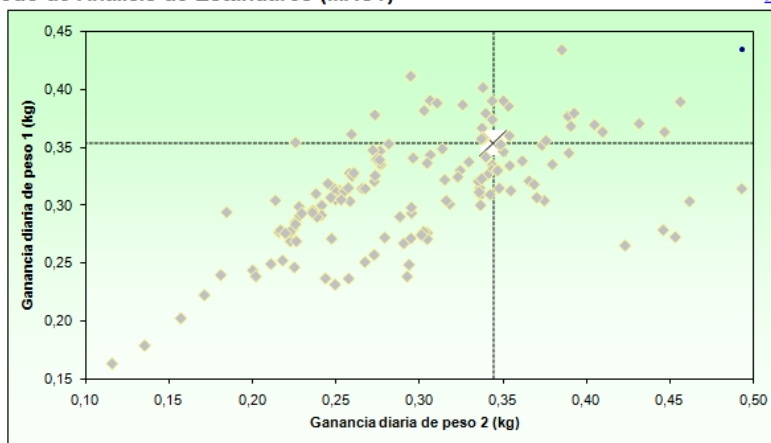
| N. Exigencia Gral |
|-------------------|
| Cumple |
| DIM |

| Cumplimiento Estandar | Nivel de cumplimiento | | | | No cumple | | | Análisis Estadístico | | | | Seleccionado | |
|------------------------------|-----------------------|-------|-------|----|-----------|-------|-------|----------------------|----------|------------|--------|--------------|----------|
| | Cumple | | n | % | Max | Min | St | μ | σ | δ^2 | CV | | Promedio |
| Peso al nacimiento (kg) | 7,65 | 5,15 | 5,06 | 45 | 31,03 | 4,85 | 2,65 | 5,06 | 4,44 | 1,08 | 1,17 | 24,37 | 5,96 |
| Peso al destete (kg) | 40,65 | 36,08 | 36,08 | 39 | 26,90 | 36,00 | 24,01 | 36,08 | 35,08 | 4,26 | 18,1 | 12,13 | 36,90 |
| Peso ajustado a 90 días (kg) | 45,40 | 36,70 | 36,59 | 34 | 23,45 | 36,50 | 15,30 | 36,59 | 32,72 | 5,60 | 31,3 | 17,10 | 40,83 |
| Ganancia diaria de peso 1 | 0,43 | 0,31 | 0,31 | 74 | 51,03 | 0,31 | 0,16 | 0,31 | 0,31 | 0,05 | 0,0022 | 14,88 | 0,379 |
| Ganancia diaria de peso 2 | 0,49 | 0,29 | 0,28 | 79 | 54,48 | 0,28 | 0,12 | 0,28 | 0,30 | 0,07 | 0,0047 | 23,00 | 0,342 |

ANEXO Nº 3

Método de Análisis de Estándares (MAST)

[Retorno](#)



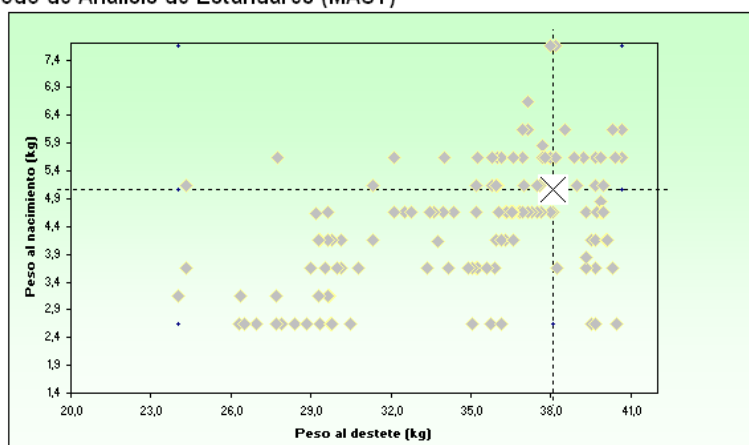
| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Producto: Corderos en pie | |
| Uso: | |
| RELACIÓN : | Ganancia diaria de peso1 |
| ORDENADA | Ganancia diaria de peso2 |
| ABSCISA | |
| INTERACCIÓN N° | 3 |

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Contador BI | N. Exigencia BI |
| Cumple \leq % | Cumple ST |
| 13 9,0 | 0,12 |
| No cumple | No cumple |
| 96 66,2 | 0,42 |
| Cumple Par. | Cumple Par. |
| 36 24,8 | 0,46 |
| Total | Total |
| 145 100 | 1,00 |
| Contador Gral | |
| Cumple | No Cumple |
| 10 6,9 % | 2 1,4 % |
| N. Exigencia Gral | |
| Cumple | DIM |

| Cumplimiento Estandar | Nivel de cumplimiento | | | | Análisis Estadístico | | | | | | | Seleccionado | |
|------------------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|------|--------|--------------|----------|
| | Cumple | | | No cumple | Max | Min | St | μ | s | s2 | CV | | Promedio |
| | Max | Min | St | n' | % | | | | | | | | |
| Peso al nacimiento (kg) | 7,65 | 4,14 | 4,07 | 100 | 68,97 | 3,85 | 2,65 | 4,07 | 4,44 | 1,08 | 1,17 | 24,37 | 5,30 |
| Peso al destete (kg) | 40,65 | 33,62 | 33,54 | 102 | 70,34 | 33,45 | 24,01 | 33,54 | 35,08 | 4,26 | 18,1 | 12,13 | 36,94 |
| Peso ajustado a 90 días (kg) | 45,40 | 31,50 | 31,32 | 92 | 63,45 | 31,20 | 15,30 | 31,32 | 32,72 | 5,60 | 31,3 | 17,10 | 41,67 |
| Ganancia diaria de peso 1 | 0,43 | 0,35 | 0,35 | 29 | 20,00 | 0,35 | 0,16 | 0,35 | 0,31 | 0,05 | 0,0022 | 14,88 | 0,383 |
| Ganancia diaria de peso 2 | 0,49 | 0,35 | 0,34 | 33 | 22,76 | 0,34 | 0,12 | 0,34 | 0,30 | 0,07 | 0,0047 | 23,00 | 0,391 |

ANEXO Nº 4

Método de Análisis de Estándares (MAST)



[Retorno](#)

| | |
|--|---------------------------------------|
| Producto: Corderos en pie | |
| Uso: | |
| RELACIÓN : ORDENADA ABSCISA | Peso al nacimiento Peso al destete |
| INTERACCIÓN N° | / |

| | |
|-------------------------|------------------------|
| Contador BI | N. Exigencia BI |
| Cumple ϵ % | Cumple ST |
| 16 11,0 | 0,08 |
| No cumple | No cumple |
| 77 53,1 | 0,41 |
| Cumple Par. | Cumple Par. |
| 52 35,9 | 0,49 |
| Total | Total |
| 145 100 | 0,38 |
| Contador Gral | |
| Cumple | No Cumple |
| 2 1,4 % | 4 2,8 % |
| N.Exigencia Gral | |
| Cumple | |
| | DIM |

| Cumplimiento Estandar | Nivel de cumplimiento | | | | Análisis Estadístico | | | | Seleccionados | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------|-------|-----------|----------------------|----------|------------|-------|---------------|------|--------|-------|-------|
| | Cumple | | | No cumple | μ | δ | δ^2 | CV | | | | | |
| | Max | Min | St | n° | % | Max | Min | St | Promedio | | | | |
| Peso al nacimiento (kg) | 7,65 | 5,15 | 5,06 | 45 | 0,31 | 4,85 | 2,65 | 5,06 | 4,44 | 1,08 | 1,17 | 24,37 | 5,65 |
| Peso al destete (kg) | 40,65 | 38,08 | 38,08 | 39 | 0,27 | 38,00 | 24,01 | 38,08 | 35,08 | 4,26 | 18,1 | 12,13 | 39,06 |
| Peso ajustado a 90 días (kg) | 45,40 | 36,70 | 36,59 | 34 | 0,23 | 36,50 | 15,30 | 36,59 | 32,72 | 5,60 | 31,3 | 17,10 | 43,35 |
| Ganancia diaria de peso 1 (kg) | 0,43 | 0,35 | 0,35 | 29 | 0,20 | 0,35 | 0,16 | 0,35 | 0,31 | 0,05 | 0,0022 | 14,88 | 0,410 |
| Ganancia diaria de peso 2 (kg) | 0,49 | 0,35 | 0,34 | 33 | 0,23 | 0,34 | 0,12 | 0,34 | 0,30 | 0,07 | 0,0047 | 23,00 | 0,369 |