

4° SEMINARIO INTERNACIONAL

SOBRE PRODUCCION DE LECHE

Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia

Universidad Autónoma de Nuevo León

MEJORAMIENTO EN BOVINOS DE LECHE

II. Selección de Reproductores

Fernando Mujica, Ph.D.
CATIE

Monterrey, México



Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
División de Estudios de Posgrado
Ave. Lázaro Cárdenas No. 4600 Ote. Unidad Mederos
Monterrey, Nuevo León.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Y

GOBIERNO DEL ESTADO DE NUEVO LEON
SECRETARIA DE FOMENTO AGROPECUARIO



INVITAN AL

4º SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCION DE LECHE

P R O G R A M A

Diciembre 2

8:00 - 9:00	Registro de participantes.
9:00 - 9:30	Inauguración.
9:30 - 10:30	La Comisión Estatal de la Leche en Nuevo León y sus funciones. ING. JOSE. G. MURAIRA GUTIERREZ.
10:30 - 11:30	Comportamiento de becerras Holstein alimentadas con diferentes sustitutos de leche versus leche entera. MVZ. M.Sc. RUPERTO CALDERON ESPINOSA.
11:30 - 11:45	Receso.
11:45 - 12:45	Factores importantes en la estabulación del ganado lechero. DR. EDUARDO CHRISTENSEN CALERO.
12:45 - 15:00	Comida.

- 8:00 - 10:00 Utilización de Canola en la alimentación del ganado lechero.
DR. ALFREDO NEWELL INSUA.
- 8:00 - 17:00 Estándares de calidad para leches destinadas a las plantas pasteurizadoras y factores que los afectan.
ING. JOSE G. SANCHEZ VILLARREAL
- 7:00 - 17:15 Receso.
- 7:15 - 10:15 Utilización de Buffers en la alimentación de vacas lecheras.
MVZ. MC. FCO. JAVIER PICON RUBIO

9 de diciembre 3

- 9:00 - 10:00 Proteína y Energía de 2 toneladas de leche.
DR. J. TAL HUBER
- 9:00 - 11:00 Manejo de la alimentación para vacas lecheras bajo stress por el calor.
DR. J. TAL HUBER
- 9:00 - 11:15 Receso.
- 9:15 - 17:00 Aditivos en las raciones lecheras ¿ se pagan ?
DR. J. TAL HUBER
- 9:15 - 12:15 Producción de leche maximizando el uso de forrajes en las raciones.
DR. JORGE KAWAS GARCIA
- 9:15 - 15:00 Comida.
- 9:00 - 17:30 Mejoramiento en bovinos de leche: Bases genéticas y generalidades sobre selección.
DR. FERNANDO MUJICA CASTILLO
- 9:30 - 17:30 Integración de un complejo industrial productor de leche.
MVZ. MIGUEL FORAT SANCHEZ
- 7:30 - 17:45 Receso.
- 7:45 - 19:15 Los grupos sanguíneos de los bovinos.
DR. JERRY CALDWELL

10 de diciembre 4

- 9:00 - 10:00 Aspectos contables de un establo lechero.
MVZ. FCO. JAVIER ESPINOSA LOZANO
- 9:00 - 11:30 La utilización de los grupos sanguíneos en los programas de mejoramiento del ganado lechero.
DR. JERRY CALDWELL
- 1:30 - 11:45 Receso.

11:45 - 12:00 Matrimonio en bovinos de leche: Selección de reproductores.
DR. FERNANDO MUJICA CASTILLO.

13:15 - 15:00 Comida.

15:00 - 16:00 Enfermedades metabólicas en la vaca lechera.
DR. NEAL A. JORGENSEN.

16:00 - 17:00 Alimentación de la vaca seca.
DR. NEAL A. JORGENSEN.

17:00 - 17:30 Receso.

17:30 - 18:30 Metabolismo del calcio y fósforo en la vaca lechera.
DR. NEAL A. JORGENSEN.

18:30 - 19:00 Clausura con recuerdos memoria y películas.

REFERENCISTAS:

Ing. José G. Muraira Gutiérrez, Comisión Escatal de la Leche, Unión Ganadera Regional de Nuevo León.

MVZ. M.Sc. Ruperto Calderón Espejel, Facultad de Agronomía, - U.A.N.L.

Dr. Eduardo Christensen Calero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.A.N.L.

Dr. Alfredo Newell Insúa, Asesor en Nutrición Animal.

Ing. Jose G. Sánchez Villarreal, Pasteurizadora Granja las -- Puentes, S. de R.L., Monterrey, N.L.

MVZ. MC. Fco. Javier Picón Rubio, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.A.N.L.

Dr. J. Tal. Huber, University of Arizona, U.S.A.

Dr. Jorge Kawas Garza, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.A.N.L.

Dr. Fernando Mujica Castillo, C.A.T.I.E., Depto. de Zootecnia, Turrialba, Costa Rica.

MVZ. Miguel Forat Sancholle, Complejo Agropecuario Industrial de Tizayuca, Hgo.

Dr. Jerry Caldwell, Imm Gen, Inc., College Station, Texas, -- U.S.A.

MVZ. Fco. Javier Espinosa Lozano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.A.N.L.

Dr. Neal A. Jorgensen, University of Wisconsin, Madison. - U.S.A.

FECHAS: 2, 3 y 4 de diciembre de 1987.

SEDE Biblioteca de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,
de la U.A.N.L.

HORARIO: 9:00 a 19:00

CUOTA DE INSCRIPCION \$ 30,000.00
15,000.00 Estudiantes

VALOR CURRICULAR: Diploma de asistencia.

INFORMES E INSCRIPCION: División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia de la U.A.N.L.

TELEFONOS 57-62-23, 57-61-19 y 57-60-15.

COORDINADORES DEL EVENTO

DR. EDUARDO CHRISTENSEN
DR. JORGE KAWAS GARZA
MVZ. FCO. JAVIER ESPINOSA LOZANO

4° SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE
PRODUCCION DE LECHE, FMVZ-UANL

MEJORAMIENTO EN BOVINOS DE LECHE

Fernando Mujica Castillo

CATIE, Turrialba, Costa Rica

II. SELECCION DE REPRODUCTORES

1. Introducción

En el Seminario I se expresa algunos conceptos generales sobre selección y sus bases genéticas. Además, a modo de introducción se dio algunas indicaciones sobre selección de vacas y de toros. En el presente seminario se ampliarán estas consideraciones, diferenciando si la selección se realiza a nivel de finca o en forma centralizada, con ayuda de medios computacionales.

Se parte de la base que la modalidad de producción es lechería especializada con semi estabulación o exclusivamente a base de pastoreo. Esto para diferenciar de lecherías en sistemas de doble propósito, que tienen características especiales de manejo, producción, genotipos de animales y selección.

Independientemente de la forma de producción, es indispensable que las fincas cuenten con un manejo genético práctico, que considere sus modalidades y características propias. La base del manejo genético de los animales a nivel de

finca lechera es la identificación de las vacas y llevar adecuados registros de producción.

2. Consideraciones generales sobre la producción de leche

La tendencia actual en nuestros países es un desbalance entre el aumento de la población humana y el aumento de la población bovina (McDowell, 1987) lo que implica la necesidad de aumentar los rendimientos y productividad de leche y carne. Esto para evitar un aumento de la producción, fundamentalmente basado en la extensión de la superficie dedicada a la producción bovina, pues normalmente conlleva a la destrucción de áreas con vocación forestal y la consiguiente destrucción ecológica.

Los esfuerzos para aumentar los rendimientos por animal y mejor aún, por área de superficie, se hacen más necesarios, si se considera que los países latinoamericanos, entre otros México, son deficitarios en la producción de leche, debiendo recurrir a las importaciones para cubrir la demanda nacional. Esto tiene dos consecuencias principales: por una parte se gastan divisas que deberían estar destinadas a la importación de productos imposibles de producir (o extraer) en nuestras condiciones y por otra parte se importa un producto subencionado, normalmente leche en polvo, que compite en forma injusta, con el producto nacional, causando muchas veces la ruina de algunos productores, especialmente medianos, por no poder ofrecer sus productos a precios competitivos.

Ante esta situación se debe promover modelos de desarrollo pecuario integrado que permitan incrementar, en forma económica, la producción por área de superficie, evitando con esto la necesidad de extender la ganadería a zonas ecoló

gicas no adecuadas para ella, para aumentar la producción (Tewolde, 1987).

En la consecución de estos modelos integrados es de fundamental importancia trabajar con poblaciones de animales que respondan a las condiciones particulares de producción, mas adecuado a las realidades del país y más aún, a las realidades de las diferentes zonas del país.

Esto implica realizar la selección de los reproductores, bajo las correspondientes condiciones de producción y que no siempre corresponden a aquellas de donde provienen los animales o semen, que eventualmente se importan.

3. Selección de las vacas

3.1. Generalidades

Como ya se ha señalado anteriormente, lo básico para empezar un programa de mejoramiento es la identificación de los animales y llevar adecuados registros de producción a nivel de fincas. Con base en éstos se debe proceder a la clasificación y selección de animales superiores, lo que tendrá como gran mérito y ventaja, de realizar la selección bajo las condiciones normales de finca, o sea, bajo los sistemas de producción imperantes, considerando los propios recursos y características de producción locales.

Debe considerarse que un adecuado programa de selección no solamente garantiza un mejoramiento del potencial genético productivo de los animales, que se manifestará en la próxima selección, sino además un aumento inmediato de la producción media del rebaño.

En el Seminario 1 (Mujica, 1987a) se señaló que la producción de leche está influenciada, además del potencial genético de las vacas, por otra serie de factores no genéticos que deben ser identificados y luego corregir la producción de leche en base a ellos para hacer comparable los registros de producción de diferentes vacas.

3.2. Selección a nivel de finca

Como ya se señaló anteriormente (Mujica, 1987a), debe distinguirse entre selección de novillas de reemplazo y vacas adultas.

El reemplazo anual debiera ser aproximadamente de un 30%. Si el porcentaje de parición es 80%, habrán en edad de servicio aproximadamente 36 novillas candidatas para reemplazo (en un rebaño de 100 vacas), considerando un porcentaje de pérdida por muerte o debido a las primeras etapas del proceso de pre-selección. Si se escogen las mejores 30, el resto de las novillas (6) son eliminadas por:

- baja producción en su primera lactancia
- Problemas serios de conformación
- enfermedades

Si el porcentaje de parición es más bajo o si se desea realizar una selección más estricta, el número de vaquillas de reemplazo puede ser 25.

Esto da lugar, a la posibilidad de eliminar 25 o 30 vacas de mas de un parto, si el productor no desea aumentar el tamaño de su rebaño. Para ésto

él deberá establecer prioridades de criterios, sobre los cuales eliminar sus vacas, ejem.:

- enfermedades infecto-contagiosas como brucelosis, mastitis irrecuperable, u otras
- baja producción
- problemas reproductivos
- problemas serios de conformación (patas, pezuñas, ubres, etc.)

Los criterios de selección deben establecerse en relación con el promedio del rebaño donde las contemporáneas también están produciendo. Así, como ya se ha mencionado anteriormente, la producción de leche de una vaca debe compararse con la producción de leche de vacas que han estado sometidas a condiciones de manejo y alimentación semejante (compañeras de rebaño o contemporáneas). Por otra parte, en cuanto a eficiencia reproductiva, a modo de ejemplo, en un rebaño con 50% de preñez es relativamente buena una vaca que ha tenido 4 partos en 6 años, pero si el rebaño tiene 80% de preñez, esta vaca debe ser eliminada.

Para formarse criterios de decisión son entonces fundamentales los registros productivos y reproductivos de todos los animales del rebaño.

En primer lugar los registros de producción de leche deben ser ajustados o corregidos, en la forma señalada (Mujica, 1987a) con base en: largo de lactancia, % de materia grasa y número de ordeños (donde existen más de dos ordeños por día). Posteriormente se debe proceder a la elaboración de clases en relación con edad al primer parto y época del parto. Estas clases se deben efectuar considerando el tamaño, manejo y nivel del rebaño.

Ejemplo: en cuanto a la edad al primer parto se puede establecer 2 o 3 clases:

	<u>Clases</u>	<u>Edad al primer parto</u>
a)	1	Menos de 31
	2	31 y más meses
b)	1	Menos de 28 meses
	2	28 a 34 meses
	3	Mas de 34 meses

En cada clase de edad al primer parto se pueden distinguir 2 ó 4 épocas de parto considerando:

- a) las épocas del año de mayor calor (Mayo - Octubre) y las de menor calor (Noviembre - Abril), o
- b) las cuatro épocas del año

De esta forma se obtiene desde un total de cuatro clases con sus correspondientes promedio edad - estación - rebaño), que son las siguientes:

- 1) parto precoz - época más calor.
- 2) parto precoz - época menos calor
- 3) parto tardío - época mas calor
- 4) parto tardío - época menos calor,

hasta un extremo de 12 clases , que son irreales considerando el tamaño normal de los rebaños.

Para cada clase debe calcularse una media (promedio edad parto - es-

tación - rebaño: Prom. E.E. Rebaño) y para cada vaca debe estimarse su habilidad probable de producción (HPP) y su valor estimado genético (VEG), según ya fue referido en el Seminario I (Mujica, 1987a).

3.2.1. Selección de novillas de reemplazo

El VEG para novillas se estima con la siguiente fórmula:

$$\text{VEG} = h^2 \times (\text{producc. corr.} - \text{Prom. E.E. Rebaño}) \quad (1)$$

Ejemplo práctico considerando datos del Cuadro 1.

Quadro 1. Registros de producción de leche de novillas de reemplazo y sus Valores Estimados Genéticos - (VEG).

VACA NUMERO	EDAD AL 1er. PARTO (MESES)	FECHA DEL PARTO	PRODUCCION DE LECHE (KG), (CORREG.)	VALOR ESTIMA- DO GENETICO (VEG)
1	36	14-1-86	4572	3.5
2	34	30-4-86	4301	-16.3
3	25	9-8-86	4220	50.0
4	31	10-6-86	4320	-11.5
5	30	15-7-86	4010	-2.5
6	29	2-12-86	4100	-26.8
7	27	25-5-86	3980	-10
8	26	28-2-86	4210	0.75
9	33	8-3-86	4610	13.0
10	31	16-8-86	4478	28
11	38	7-11-86	4640	20.5
12	24	4-5-86	3870	-37.5
13	34	22-12-86	4410	-37
14	29	13-1-86	4310	25.8

Partiendo de la base de la división en 4 clases, anteriormente expuesta, las novillas correspondientes a cada clase y sus promedios de producción son los siguientes:

Clase 1: Novillas: 3 - 5 - 7 - 12, Promedio de la clase 4020 kg de leche
Clase 2: Novillas: 6 - 8 - 14, Promedio de la clase 4207 kg de leche
Clase 3: Novillas: 2 - 4 - 10, Promedio de la clase 4366 kg de leche
Clase 4: Novillas: 1 - 9 - 11 - 13, Promedio de la clase 4558 kg de leche

Aplicando la fórmula (1) y considerando $h^2 = 0.25$, se obtienen los VEG indicados en la Tabla 1.

Ejem: Novilla 3: $VEG = 0.25 \times (4220 - 4020) = 50$

Novilla 13: $VEG = 0.25 \times (4410 - 4558) = -37$

Es interesante hacer notar que la clasificación de las novillas con base en sus producciones difiere de aquella con base en sus VEG, que son los que se debe considerar como criterio de selección.

3.2.2. Selección de vacas adultas

En vacas con más de una lactancia se debe proceder en forma semejante, pero calculando separadamente el desvío de cada registro de producción con el correspondiente Promedio Edad Parto - Estación - Rebaño. Así se obtiene la suma de los desvíos de los registros de cada vaca en relación con los correspondientes Promedios E.E. Rebaño, o Diferencia Total. Esta Diferencia Total se divide por el N° de registros, para calcular la Diferencia Media de cada vaca o Promedio de las diferencias con las compañeras de rebaño. Ejemplo según datos Cuadro 2.

Cuadro 2. Registros de producción de leche y su comparación con el Promedio de las compañeras del rebaño (Prom. E.E. Rebaño).

VACA N°	N° DE LACTANCIA	PROD. LECHE CORRREGIDA (KG) (a)	PROMEDIO E.E. REBAÑO (KG) (b)	DIFERENCIA DE (a) - (b) EN KG
3	1	4220	4020	200
	2	4315	4232	83
	3	4434	4318	116
10	1	4478	4366	112
	2	4508	4426	82
	3	4564	4483	81
	4	4585	4509	76

La Diferencia Media de la vaca N° 3 es 133 kg mientras que este valor para la vaca N° 10 es de 88 kg.

Con estos datos se pueden estimar:

- A) La Habilidad Probable de Producción (HPP) que está condicionada por:
- a) el valor genético de la vaca
 - b) las condiciones ambientales permanentes de la vaca

Según la fórmula:

$$\text{HPP} = \frac{nr}{1 + (n-1)r} \times (\text{Promedio de las diferencias con las compañeras de rebaño}) \quad (2)$$

Donde: $n = N^\circ$ de registros

$r =$ Índice de Constancia o Repetibilidad del Caracter

Ejemplos (si se supone $r = 0.40$ para producción de leche) =

$$\text{Vaca N}^\circ 3 : \text{HPP} = \frac{3 \times 0.40}{1 + (3-1) 0.40} \times 133 = 89 \text{ kg de leche}$$

$$\text{Vaca N}^\circ 40 : \text{HPP} = \frac{4 \times 0.40}{1 + (4 - 1) 0.40} \times 88 = 64 \text{ kg de leche}$$

B. El valor estimado genético (VEG) o Valor de Transmisión, que estima la superioridad genética para la producción lechera;

Según la fórmula:

$$\text{VEG} = \frac{n h^2}{1 + (n-1)r} \times (\text{Promedio de las diferencias con las compañeras del rebaño}) \quad (3)$$

Donde: $n = N^\circ$ de registros

$h^2 =$ Heredabilidad del carácter

$r =$ Repetibilidad del carácter

Ejemplos (si se supone $h^2 = 0.25$ y $r = 0.40$):

$$\text{Vaca N}^\circ 3 : \text{VEG} = \frac{3 \times 0.25}{1 + (3-1) 0.40} \times 133 = 55 \text{ kg de leche}$$

$$\text{Vaca N}^\circ 10 : \text{VEG} = \frac{4 \times 0.25}{1 + (4-1) 0.40} \times 88 = 40 \text{ kg de leche}$$

Otros ejemplos: Tewolde y Mujica (1987)

En la estimación del VEG, además de los registros de la vaca, se pueden considerar los registros de parientes tales como: madre, abuela, hijas, medias hermanas paternas (o sea, prueba de progenie de su padre). Sin embargo, debe considerarse que los propios registros de una vaca son dos veces mas valiosos que los de su madre y cuatro veces mas que los de su abuela (Van Vlek, 1976).

La selección de las vacas debe hacerse con base en el VEG, pues así se garantiza que su superioridad, respecto a las otras vacas del rebaño, sea transmitida a su descendencia. Las vacas con VEG mas alto deben ser destinadas preponderantemente como madre de sementales; como segunda prioridad deben ser seleccionadas como madre de futuras madres. Realizando esta selección en adecuada forma, se puede contribuir hasta ^{con} ~~en~~ un 30% del avance genético posible del rebaño (24% como madres de sementales y 6% como madre de futuras vacas reproductoras) (Skjervold, 1982).

En explotaciones pequeñas, en las cuales no hay muchas posibilidades de comparación de una vaca con compañeras de rebaño de la misma lactancia (o edad) se pueden llevar los registros de producción de leche de todas las vacas del rebaño,

a una misma edad. Esto se obtiene corrigiendo con base en "equivalente adulto" (6-8 años) usando tablas, que en lo posible deben ser hechas con datos de las mismas poblaciones con que se trabaja. Sobre el particular más detalles en el punto 3.3.

Es recomendable considerar además el Intervalo Entre Partos (IEP) para comparar la eficiencia reproductiva de las vacas. El IEP debe considerarse aún si se sigue la norma de manejo reproductivo normal, o sea, eliminando las vacas que no quedaron preñadas después de 3-4 servicios. Sin embargo, se presenta el problema que el IEP está correlacionado positivamente con la producción de leche, o sea, vacas con mayores producciones tendencialmente presentan además los mayores IEP. Una forma de combinar ambos caracteres es expresar la producción de leche en la forma: kg de leche por días de intervalos entre parto.

Ejemplo:

Nº VACA	PROMEDIO PRODUCC. DE LECHE CORREGIDA (KG)	PROMEDIO INTERVALO ENTRE PARTOS (DIAS)	KG DE LECHE/ DIAS DE I.E.P.
15	4896	381	12.9
16	4283	374	11.5
17	5484	436	12.6

La desventaja de expresar la producción de leche en términos de kg de leche /días de IEP es que este valor tiene una heredabilidad mas baja. Sin embargo, tienen el gran mérito de combinar estos dos caracteres; sobre todo si se analiza en términos económicos. Una vaca con buenas producciones de leche, pero con IEP

demasiado prolongados, no es una vaca de alta productividad. Este hecho tiende a ser mas relevante en las condiciones tropicales.

3.3. Selección a nivel centralizado

Este tipo de selección es llevado a cabo por asociaciones de criadores, cámaras de agricultura (Ministerio), cooperativas, centros genéticos, entre otros, que tienen la particularidad de contar normalmente con medios computacionales y de realizar la identificación y clasificación de los animales a nivel regional.

La remoción de los factores no genéticos que influyen sobre la producción de leche debe hacerse a través de modernas metodologías estadísticas o biométricas, que han sido profusamente estudiadas por numerosos investigadores (Henderson, 1984; Schaeffer, 1979; Van Vleck, 1976; Hausmann, 1987) y se puede realizar con la ayuda de paquetes estadísticos (SAS, Harvey, 1987) incorporados en los sistemas operativos de computadoras; actualmente aún en microcomputadoras.

A modo de ejemplo, la remoción del factor "edad de la vaca al parto" se puede realizar a través de factores multiplicativos de ajuste con propiedades biométricas de máxima verosimilitud, estimados con base en los datos de los rebaños de la región y considerando la producción de leche previamente ajustada a 305 días de lactancia, y, eventualmente, 4% de materia grasa, en la forma descrita anteriormente (Mujica, ¹⁹⁸⁷ a). Las diferencias de producción de vacas con diferentes edades generalmente se ajustan a la(las) edad(es) de máxima producción, alrededor de los 7 años. Por esta razón se habla de "equivalente adulto". Al multiplicar las producciones de leche por estos factores de ajuste, se minimiza

las diferencias de producción de leche debido a la edad al parto. Ver ejemplo en Cuadro 3.

Para realizar ajustes de la producción de leche y remover el efecto de factores de estorbo sobre la producción, se deben probar diferentes modelos estadísticos, hasta encontrar aquel que mejor interprete la estructura de los datos con que se trabaja. En este proceso se debe eliminar aquellos factores e interacciones que no tienen influencia sobre la producción de leche (u otra variable dependiente analizada).

Por que?

Cuadro 3. Factores de ajustes de máxima verosimilitud (FAMV) para edad de la vaca al parto, indicando la producción de leche corregida a los 305 días antes (PL 305 A) y después (PL 305 D) del ajuste, en Pardo Suizo.

EDAD EN AÑOS	FAMV	PL 305 A, EN KG	PL 305 D, EN KG	DIFERENCIA (A - D) D - A
2	1.415	2679 ± 58	3791 ± 84	1112
3	1.327	2858 ± 38	3792 ± 51	934
4	1.127	3363 ± 37	3791 ± 42	428
5	1.038	3653 ± 41	3792 ± 42	139
6	1.012	3747 ± 46	3791 ± 47	44
7	1.000	3792 ± 55	3792 ± 55	0
8	1.002	3784 ± 73	3792 ± 74	8
9	1.045	3627 ± 120	3791 ± 125	164
10 y más	1.050	3610 ± 250	3791 ± 263	181

FUENTE: Sequeira (1986)

Ejemplo de un Modelo Estadístico Mixto:

$$Y_{ijklmn} = \mu + GR_i + V_{j(i)} + ED_k + A_l + EP_m + (GR \times ED)_{ik} + (ED \times A)_{kl} + (A \times EP)_{lm} + \dots + \epsilon_{ijklmn} \quad (4)$$

Donde:

Y_{ijklmn} = Producción de leche ajustada a 305 días.

- μ = Media general de las observaciones
 GR_I = Efecto fijo del i-ésimo grupo racial ($i = \dots, g$)
 $V_{j(i)}$ = Efecto aleatorio de la j-ésima vaca, anidada en el i-ésimo grupo racial.
 ED_k = Efecto fijo de la k-ésima edad al parto ($K = 2, 3, \dots, d$)
 A_l = Efecto fijo del l-ésimo año del parto ($l = 1980, \dots, 1987$)
 EP_m = Efecto fijo de la m-ésima época del parto ($m = 1, 2$ o $m = 1, 2, 3, 4$)
 $(GR \times ED)_{ik}$ = Efecto fijo de la interacción entre el i-ésimo grupo racial y la k-ésima edad de la vaca.
 $(ED \times A)_{kl}$ = Efecto fijo de la k-ésima edad de la vaca y el l-ésimo año del parto.
 $(A \times EP)_{lm}$ = Efecto fijo del l-ésimo año del parto y la m-ésima época del parto.
 \vdots
 ϵ_{ijklmn} = Error aleatorio asociado con cada uno de los registros, $\sim NI(0, \sigma^2)$.

Una alternativa es manejar este modelo (4) como fijo (no mixto) absorbiendo el efecto de las vacas mediante el proceso de máxima verosimilitud, para separar los efectos de vacas, años y edades. Con esto es posible obtener estimadores no sesgados de máxima verosimilitud para las edades de las vacas, tal como se indicó anteriormente (Sequeira, 1986).

Una vez que las producciones de leches han sido ajustadas en relación con edad de la vaca, se puede proceder a realizar un análisis de mínimos cuadrados y máxima verosimilitud, con el objeto de estimar parámetros genéticos como heredabilidad (h^2) e índice de constancia (r) para característica de interés, como son producción de leche e intervalo entre partos.

4. Selección de sementales

4.1. Generalidades

La selección de los sementales reviste una importancia fundamental por el número de descendientes que pueden tener anualmente y mas aún si se utiliza I.A. Según Skjervold (1982) la selección de los toros puede contribuir hasta con un 60% del avance genético posible (46% como padre de futuros sementales y 34% como padre de futuras madres) del rebaño.

4.2. Selección a nivel de finca

A nivel de finca, con monta natural, la presión de selección de los machos puede ser de un 4-5%, lo que da lugar a buenas posibilidades de realizar una adecuada selección, considerando la existencia de una amplia variabilidad genética en la población (rebaño).

La selección de los sementales a nivel de finca debe basarse fundamentalmente en los antecedentes productivos de sus antecesores (Selección por Pedigree o por Ancestros), especialmente padre y madre. En el punto anterior se señaló la necesidad de una adecuada clasificación de las vacas y cómo realizarla. Según esta clasificación, las mejores vacas deben ser destinadas básicamente como "madre de sementales" y por lo tanto, deben ser cubiertas por los mejores sementales. El número de toretos criados deben ser algo superior a las necesidades de reemplazo del rebaño para dar lugar a eventualidades como: muertes, accidentes y una leve selección basada en aspectos de conformación.

4.3. Selección a nivel central

4.3.1. Generalidades y Estrategias

La selección de sementales es ideal realizarla sobre la base de una extensa "población de crianza activa", entendiéndose por tal, el número de vacas identificadas, con registros de producción actualizados e incorporadas a un programa de inseminación artificial (I.A.).

Tal como en el caso de la selección de vacas, el objetivo primordial es predecir el mérito genético o valor estimado del genotipo (VEG) de los toros, llamado también valor de cría. Para esto se han desarrollado, en los últimos años, varios procedimientos, algunos de los cuales se verá a continuación.

La selección de sementales debe estar relacionada con un Plan de Crianza que se desarrolla a nivel regional. Este Plan de Crianza debe incluir las siguientes acciones:

- a) identificar y clasificar las vacas de la región para seleccionar aquellas (2% de la población activa) que serán destinadas como "madre de sementales". Estas vacas deberán ser inseminadas con los mejores toros de la región (o con adecuado semen importado).
- b) Estimar que porcentaje mínimo de las vacas de la región deberán ser cubiertas con los toretes que se desea probar, a través de Test de Descendencia. Estas vacas deberán ser aproximadamente un 40% de la población activa, escogidas al azar.

- c) Determinar el uso o destino que se les dará a los toros que esperan los resultados de la Prueba. Un uso adecuado de estos toros es cubrir vacas que no forman parte de la población activa; su uso puede ser también a través de monta directa, si se toman las medidas sanitarias y responsabilidades correspondientes.

- d) Fijar la importancia que se le debe dar a otros caracteres, como criterio de selección, tales como porcentaje de grasa o proteína de la leche, velocidad de crecimiento y aspectos relacionados con conformación (sobre el particular se discutió en el Seminario I. Mujica, 1987a).

4.3.2. Modelo básico para la evaluación de un semental

Este modelo se puede esquematizar de la siguiente manera (Van Vleck, 1976):

Producción de		1/2 Semental		1/2 Madre		Efecto del
la hija de un	= Manejo +	A	+	Compañera	+	azar
semental		Habilidad de		de A		
		transmisión				

O sea, la producción de esta vaca va a estar determinada por las aportaciones: del semental A (su padre), por la compañera del semental A (su madre), por el sistema de manejo practicado en la finca y por lo efectos del azar.

Estas relaciones pueden ser representadas a través del siguiente modelo estadístico (Tewolde, 1986):

$$Y_{ijkl} = \mu + M_i + 1/2 (A_j) + 1/2 (C_k) + E_{ijkl} \quad (5)$$

Donde:

Y_{ijkl} = Registro de producción de leche realizado bajo el manejo i por una determinada hija del semental j y la vaca madre k ,

μ = Constante de la población para producción de leche

M_i = Efecto del sistema de manejo.

A_j = Efecto del semental A , el que transmite, aleatoriamente, 50% de su material genético.

C_k = Efecto de la vaca - madre, que transmite, aleatoriamente, el 50% de su material genético.

$ijkl$ = Efecto del error.

El factor "manejo" incluye alimentación y condiciones ambientales, o sea, todos aquellos factores como año y época del parto, edad de la vaca, entre otros que, como ya se ha indicado, deben ser removido, para hacer comparables las producciones de hijas de diferentes toros.

A través del modelo básico (5) se persigue entonces, estimar o predecir el valor de cría del semental A con base en la producción de su hija. Dicho en términos más generales, se persigue estimar la habilidad de transmisión (o valor genotípico) que tiene el semental; esto es evaluar el efecto, de aquel 50% de su material genético que transmite a sus hijas, en relación con la producción de leche.

4.3.1. Metodología

Existe diferentes formas para estimar el valor de cría de los

sementales. Las más generalizadas son las siguientes:

4.3.1.1. El cálculo de la habilidad de transmisión estimada (HTE) de los sementales con base en los registros de producción de sus hijas está dado por la siguiente fórmula (Van Vleck, 1976):

$$\text{HTE} = \frac{n}{n + \underbrace{4 - h^2}_b} \left[\bar{x}_{\text{hija}} - \bar{x}_{\text{población}} \right] \quad (6)$$

Donde:

n = número de hijas del semental

h^2 = heredabilidad o índice de herencia para producción de leche.

El valor "b" indicado en la fórmula (6) es un factor de ponderación, que está en función de el número (n) de las hijas del toro y de la heredabilidad (h^2) de la producción de leche.

Independientemente de los mejores métodos de evaluación de sementales, el factor que se puede manipular en una población es el número de hijas del toro "n"; al aumentar el número de hijas controladas por semental, se incrementa la precisión de la HTE para dicho semental. Sin embargo debe considerarse que como la población activa, o mas precisamente, el número de vacas destinadas a la prueba de sementales, es limitado, disminuye el N° posible de toretes que pueden incluirse en el Programa de Test o Prueba de Descendencia. Consecuencia de esto, es que las posibilidades de selección (o Diferencial de Selección) será menor y por lo tanto, el Adelanto Genético tenderá también a ser menor (Mujica, 1987a).

Por las razones expuestas, se debe llegar a un compromiso entre el número ideal de hijas por toros a probar y el número mínimo de toros que deben ser sometidos a pruebas, para obtener el mayor adelanto genético de la población. Todo esto, considerando por supuesto, el tamaño de la población activa.

Sobre el particular es interesante resaltar las investigaciones de Abubakar et. al. (1986), quienes estiman el Valor de Cría de Sementales a partir de un mínimo de 10 hijas.

4.3.1.2. Comparaciones de madre - hija.

Puede ser considerado como una modificación del procedimiento anterior y se basa, tal como lo dice el nombre, en la comparación de la producción de la madre, con la producción de la hija, por supuesto previo ajuste en relación con todos los factores no genéticos que influyen sobre la producción de leche, tal como se ha indicado en capítulos anteriores. La HTE del toro se calcula según la fórmula siguiente (Van Vleck, 1976):

$$\text{HTE} = \frac{n}{n + \underbrace{\frac{4-h}{h^2}}_b - h^2} \left[(\bar{X} \text{ hija} - \bar{X} \text{ pob. hijas}) - \frac{1}{2} h^2 (\bar{X} \text{ madre} - \bar{X} \text{ pobl. madres}) \right] \quad (7)$$

Este procedimiento no es muy empleado, pues adolece de las siguientes limitaciones:

- a) La producción de las madres es sobre estimada, dado el factor de ponderación "b" empleado.

- b) Las condiciones de manejo de las madres y de las hijas pueden ser muy diferentes, dado el intervalo de tiempo que media entre ellas.

- c) Las madres son generalmente mas seleccionadas que las hijas, o sea, muchas de ellas han estado sometidas a un proceso de selección más largo que sus hijas.

4.3.1.3. Comparación entre sementales a seleccionar

En este método de evaluación no se realiza una comparación de la producción de las hijas de un semental con las compañeras de establo o con sus madres, sino se procede a comparar el promedio total del semental con el promedio de su grupo. Se persigue, entonces, a través de elaborados métodos estadísticos, "predecir" la diferencia de un determinado semental, en relación al promedio de su grupo. Por esto se denomina "Habilidad de Transmisión Predicha" (HTP), que puede ser interpretada de la siguiente forma (Tewolde, 1986):

$$HTP = \left(\begin{array}{l} \text{Promedio del grupo al que pertenece el semental} \\ \text{Desviación del semental} \end{array} \right) \quad (8)$$

Los sementales son seleccionados con base en las correspondientes "HTP" estimadas, que representan las mejores predicciones de las diferencias que se pueden esperar de sus hijas, en relación con las hijas de los otros toros probados.

Este método se basa fundamentalmente en las inves-

tigaciones de Henderson y es conocido con el nombre de BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) o Mejor Predicción Lineal Insegada (Henderson, 1973).

En el modelo (9) se incluye tanto los efectos aleatorios de los padres (B_j), como los efectos fijos no genéticos (α_i) que como se ha señalado, también influyen sobre la producción de leche (Y_{ijk}).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + B_j + e_{ijk} \quad (9)$$

que en términos matriciales se puede representar de la siguiente forma: (Mujica y Tewolde, 1986):

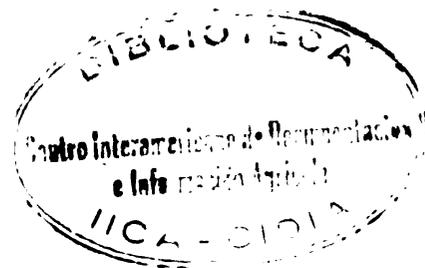
$$Y = Xb + Zu + e \quad (10)$$

Diagram illustrating the matrix representation of equation (9):

- Y : Vector de las observaciones.
- X : Matriz ($n \times p$) de los coeficientes de efectos fijos
- b : Vector de los efectos fijos
- Z : Matriz ($n \times q$) de los coeficientes de efectos aleatorios
- u : Vector de los efectos aleatorios
- e : Vector de los efectos aleatorios del error

Ejemplo: Se trata de determinar la HTP de tres toros en relación con la producción de materia grasa (producción/10 kg), con base en la producción de sus hijas, que tienen períodos de partos diferentes (Mujica y Tewolde, 1986).

		Toros		
		1	2	3
Períodos de partos	1	14	19	28
	2	18	20	28
			24	
			26	



El modelo correspondiente es el señalado (9) y para el ejemplo se puede expresar de la siguiente forma en términos matriciales:

$$\begin{bmatrix} 14 \\ 18 \\ 19 \\ 28 \\ 20 \\ 28 \\ 24 \\ 26 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{111} \\ e_{112} \\ e_{121} \\ e_{131} \\ e_{211} \\ e_{221} \\ e_{222} \\ e_{223} \end{bmatrix}$$

y = M \underline{a} + \underline{e}

La ecuación del modelo mixto de Henderson es:

$$\begin{bmatrix} X' R^{-1} X & X' R^{-1} Z \\ Z' R^{-1} X & Z' R^{-1} Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X' R^{-1} Y \\ Z' R^{-1} Y \end{bmatrix}$$

Donde:

Z = matriz estructural de los efectos aleatorios

G = matriz varianza - covarianza de los efectos aleatorios u = var (u)
(sin efecto del error "e").

R = matriz varianza - covarianza de los efectos aleatorios "e"

Los vectores "b" y "u" contienen todos los efectos fijos y aleatorios de un modelo mixto (excepto los efectos del error), según,

$$y_{ijk} = \underbrace{\mu + \alpha_i}_b + B_j + e_{ijk}$$

u e

que aplicada en el ejemplo analizado da los siguientes resultados:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 22.256 \\ -2.294 \\ 2.294 \\ -0.845 \\ -0.215 \\ 0.630 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}$$

A través del modelo mixto se estiman entonces tanto los efectos fijos "época de partos", como los efectos aleatorios "padres".

El efecto padre (u_1 , u_2 y u_3) multiplicado por dos (pues el padre transmite a sus hijas, aleatoriamente, la mitad de su material genético) da una estimación del valor genotípico de los sementales.

5. BIBLIOGRAFIA

- ABUBAKAR, B. Y.; R.E. Mc DOWELL and L.D. VAN VLECK. 1986. Genetic evaluation of Holstein in Colombia. J. Dairy Sci. 69:1081.
- HARVEY, W.R. 1987. User's guide for LSMLMW PC-1 Version Mixed Model Least squares and Maximum Likelihood Computer Program, Ohio State University, Columbus.
- HAUSSMANN, H. 1984. Introduction to best linear Unbiased Prediction, Institut fuer Tierhaltung und Tierzuechtung. Universitat Hohenheim. R.F.A.
- HENDERSON, C.R. 1973. Sire evaluation and genetic trends. Proc. Animal Breeding and Genetics Symp. In Honor of Dr. Jay L. Lush. ADSA and ASAS, p.10.
- HENDERSON, C.R. 1984. Application of Linear Models in Animal Breeding. Univ. of Guelph, Ontario, Canada.
- Mc DOWELL, R.E.; G.R. WIGGANS; J.K. CAMOENS; L.D. VAN VLECK and D.G. St. LOUIS. 1976. Sire comparisons for Holsteins in Mexico Versus the United States and Canada. J. Dairy Sci. 59:298.
- MUJICA, F.C. y TEWOLDE, A.M. 1986. Uos del Método BLUP en Producción Animal, FA-UANL, Monterrey, México.
- MUJICA, F.C. 1987a. Bases Genéticas y generalidades sobre selección. 4° Seminario Internacional Sobre Producción de Leche, FMVZ - UANL, Monterrey, Mé-

xico.

TEWOLDE, M.A. 1986. Selección de sementales reproductores en la explotación de lechería especializada. Seminario sobre Mejoramiento Genético, UNA, MAG GTZ, San José, Costa Rica.

TEWOLDE, M.A. 1987. Identificación y Selección de hembras utilizando registros de fincas. Seminario Internacional sobre Producción de Leche en el Trópico. GTZ, MAG, UNA, CATIE, San José, Costa Rica.

TEWOLDE, M.A. y MUJICA, F.C. 1987. Manejo Genético práctico a nivel de fincas lecheras. II. Congreso de Leche, San Carlos, Costa Rica.

SCHAEFFER, L.R. 1979. General Linear models in animal breeding. Univ. of Guelph, Ontario, Canadá.

SEQUEIRA, R.S. 1986. Evaluación genética de producción láctea y reproducción en ganado suizo y cruces bajo condiciones de trópico seco en Nicaragua. Tesis Magister Scientiae. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

SKJERVOLD, H. 1982. Cattle breeding in Norway. Techn. Bulletin. Department of Animal Genetics and Breeding, Agricultural University of Norway.

VAN VLECK, D.L. 1976. Sire evaluation from progeny - testing: Past, Present, Future. National Workshop on Genetic Improvement of Dairy Cattle.