

MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL GANADO BOVINO PRODUCTOR DE LECHE

PEDRO OCHOA GALVAN

*Departamento de Genética y Bioestadística Facultad de
Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM C. Universitaria,
04510, Mexico, D.F.*

1. Introducción	68
II Bases Genéticas del mejoramiento animal	68
III. Corrección de los registros de	
Producción para factores no genéticos	70
3. Días de lactación	71
4. Edad de la vaca	71
5. Numero de ordeñas por día	71
IV. Parámetros genéticos	72
6. Heredabilidad o índice de herencia	72
7. Repetibilidad o índice de constancia	74
8. Correlaciones genéticas	75
9. Relación entre la producción y los componentes de la leche	75
10. Relación entre la producción de leche y la calificación para tipo de animal	75
11. Relación entre la producción y la longevidad de la vaca	75
12. Relación entre producción de leche y tamaño de la vaca.	76
V. Selección de progenitores	77
13. Selección del semental	77
14. Métodos de evaluación del semental	78
15. Selección de vacas	80

VI. Progreso genético en la producción de leche	81
VII. El cruzamiento para producción de leche en zonas tropicales	82
Referencias	85

I. Introducción

Del número total de ganado bovino productor de leche en el país, sólo 900,000 animales (17%) corresponden a ganado especializado, el cual se explota en un sistema intensivo. La raza Holstein es la mas popular y ocupa el 90% de la cantidad ya mencionada, el 10% restante corresponde a las razas Pardo Suizo y Jersey. Este grupo especializado produce el 54% de la producción anual del país, con un promedio de 4 000 kg/vaca/año (27).

En algunos países existen asociaciones que llevan a cabo programas de control de producción láctea, como es el caso de Mexico, en donde la Asociación Holstein tiene a su cargo ésta actividad; y así, el ganadero recibe mensualmente un reporte que le permite conocer cuanto produce cada vaca, la producción estimada al término de lactancia, promedio de producción del hato, aspectos de manejo, vacas secas, gestantes, por inseminar y cuales deben ser eliminadas. Toda esta información ayuda al productor a tomar mejores decisiones.

Sin embargo, de la cantidad de bovinos especializados para producción de Leche, 0010 el 8% se encuentra en el programa de control de producción de la Asociación Holstein. Para este grupo de ganado se ha señalado un aumento en el promedio de producción de 5,785 a 6,562 kg/lactancia, durante el período 1973-1983 (47). En un hato Holstein se informó de un incremento promedio de 294 kg por año (39). En otro estudio, en donde se utilizó información de la Asociación Holstein durante el período 1978-1984, se estimó un aumento en la producción láctea de 132 kg por año (2). Esta mejora en la producción se debe a los cambios genéticos y ambientales, y es el objetivo del presente escrito, describir los principios en los que se ha fundamentado el mejoramiento genético del bovino productor de leche.

II. Bases genéticas del mejoramiento animal

Uno de 105 pioneros del mejoramiento animal, fue el inglés Roberto Backwell durante el período 1760-1795, en el cual inició la aplicación de la

selección artificial con base en la producción individual, pruebas de progenie y al uso de la consanguinidad. Como resultado, se formaron muchas nuevas razas de ganado, estableciéndose el tipo ideal para cada una de ellas. En la producción de leche, se logró un importante progreso genético, por el desarrollo de dos hechos. Primero, la formación en Dinamarca en 1885 de una asociación para llevar el control de producción en hatos lecheros; estas asociaciones rápidamente se diseminaron a diferentes países. El segundo, fue el redescubrimiento del trabajo de Mendel en 1900, el cual es el fundamento de la Ciencia de la Genética. Los mejoradores del ganado lechera necesitaron varias décadas, para explicar la herencia de las diferentes características en términos de los principios mendelianos (4).

i ¿Dónde se localiza el material genético del individuo? En el núcleo de cada célula somática del bovino, se encuentran 30 pares de cromosomas, los cuales contienen los genes, que son los que determinan la constitución genética-genotipo, del individuo para cada característica. La expresión observada o cuantificable en el individuo se le llama fenotipo.

Algunos fenotipos son determinados por pocos pares de genes, y estas características se llaman Cualitativas; los fenotipos pueden clasificarse en categorías discretas o clases y sobre estas características, el medio ambiente no influye de manera importante. En el ganado lechero tenemos como ejemplo, el color del pelaje, presencia o ausencia de cuernos, anomalías genéticas y antígenos sanguíneos entre otras (28,32,57). En el cuadro I, se presentan algunas condiciones indeseables hereditarias del ganado bovino lechera.

La mayor parte de las características de importancia económica en el ganado lechero, son CUANTITATIVAS o MÉTRICAS, las cuales se caracterizan porque están determinadas por muchos pares de genes, y además la expresión fenotípica de la característica, se ve afectada de manera importante por el ambiente; estos dos efectos se combinan para causar que el fenotipo de estas características, presente una variación continua, tal es el caso de la producción y composición de la leche, y la conformación, eficiencia y resistencia a las enfermedades.

Para cualquier característica cuantitativa se ha planteado el siguiente modelo:

$$\begin{array}{l} \text{Comportamiento} \\ \text{individual} \\ \text{(Fenotipo)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Capacidad} \\ \text{Genética} \\ \text{(Genotipo)} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Oportunidad} \\ \text{Ambiental} \\ \text{(Ambiente)} \end{array}$$

Los registros individuales, de la producción de leche de las vacas del hato, es la información básica que sirve para llevar a cabo las evaluaciones genéticas en el ganado lechero. De acuerdo al modelo anterior, nos lleva a

considerar la necesidad de que en el análisis de los registros de producción, se tomen en consideración los efectos ambientales.

CUADRO I
ALGUNOS DEFECTOS HEREDITARIOS COMÚNMENTE ENCONTRADOS EN EL
BOVINO PRODUCTOR DE LECHE

CARACTERÍSTICA	COMENTARIOS
ACONDROPLASIA	Ternero bulldog
AGNATIA	Mandíbula inferior corta
HERNIA CEREBRAL	Profusión del cerebro por falla en la osificación de los huesos frontales
SINDACTILIA	Pata de mula
HIPOTRICOSIS	Ausencia de pelo
HIPERTROFIA MUSCULAR	Doble músculo
COLA TORCIDA	Cola corta y torcida
ATRESIAANAL	Ausencia de la abertura anal
ENANISMO	Rara vez alcanza la pubertad, raza Jersey
ANQUILOSIS	Extremidades encorvadas rígidamente
ALBINISMO	Falta de pigmento en pelo, piel y ojos

Bath, D. C., Y cols. 1978 (4)

Johansson, I., y cols. 1966 (28)

Lasley, F. J. 1972 (32)

WalWick, E. J., Y cols. 1980 (57)

III Corrección de los registros de producción para factores no genéticos

Son varios los factores ambientales que afectan la producción de leche, los cuales pueden encubrir la verdadera capacidad genética del animal. Entre estos, tenemos aquellos factores que pueden ser identificados y cuantificados,

como son, la edad de la vaca, número de ordeños por día y duración de la lactancia. Para estos efectos los registros de producción son ajustados a una base común.

16. Dias en lactación

Durante un período de lactación, la producción de leche va aumentando a partir del parto, hasta que alcanza su máxima producción, 10 que podrá ocurrir entre la tercera o la sexta semana; posteriormente sufre un descenso gradual en su producción. El grado en que se mantiene la producción conforme avanza la lactación se llama persistencia (23).

Algunas veces el ganado Lechero es seleccionado frecuentemente en el transcurso de la lactancia en progreso, con ayuda de factores de ajuste que relacionan la producción total con respecto a la producción parcial acumulada; este factor cuando es multiplicado por la producción parcial acumulada, permite estimar la producción a 305 días (19,31,36,48,49).

Los factores de corrección varían sustancialmente entre razas, grupos de edades y lugar donde fueron calculados, por ello, cuando éstos son empleados en regiones diferentes, deben tomarse con cierta precaución (5).

17. Edad de la vaca

La vaca produce más leche conforme aumenta la edad, alcanzando su madurez a los 6 años. Una vaquilla de primer parto con 2 años de edad, produce 30% menos, en relación a la de 6 años; una vaca de 3 años el 20% menos y para vacas de 4 y 5 años la disminución será de 10 y 5%, respectivamente (16). La finalidad de la corrección para edad, busca ajustar el registro de producción de una vaca, a la producción que se espera alcance al ser adulta, dicho ajuste se denomina Equivalente Maduro. En general, los factores para edad deberían obtenerse específicamente para raza, región y época de parto, a menos de que se determine, que dichos efectos no son importantes. Cuando se dispone de factores adecuados para la edad y utilizándolos correctamente, se dispone de un medio básico y valioso para seleccionar las mejores vacas y toros (20,37,38).

18. Número de ordeños por día

Es una práctica común, el realizar dos ordeños al día, ya que se obtiene por esta práctica de manejo, entre 10 a 20% más en la producción. Ocasionalmente es necesario comparar vacas que se han ordeñado 3 veces, con otras que se ordeñaron 2 veces, para lo cual es necesario factores que permitan convertir registros de 3 ordeños ados. Estos factores de ajuste, deben usarse

una vez que los registros de producción se ajustaron a 305 días de producción y equivalente maduro (50,57).

Hasta ahora Los registros de producción láctea se expresan a una base común con respecto a días en lactación, equivalente maduro y dos ordeños (305 d-EM-2X), a estos registros se les denomina ESTANDARIZADOS a AJUSTADOS.

Hay otros efectos ambientales que son aleatorios y que no es posible cuantificar su efecto sobre la producción, entre los cuales tenemos, la alimentación, el manejo, y el cuidado que recibe una vaca. Sin embargo, varios de estos factores son comunes a todas las vacas que paren en el mismo hato, durante el mismo año y época, y por lo tanto pueden en cierta manera tomarse en cuenta en las evaluaciones genéticas (50).

IV. Parámetros genéticos

1. Heredabilidad o índice de herencia

Jay L. Lush de la Universidad Estatal de Iowa, ha señalado que la variación entre los animales para una característica en particular, es el material básico con lo que trabaja el criador de ganado; esta variación en el hato lechero, se debe a diferencias genéticas entre los individuos y a [factores ambientales que ocurren en dicho hato (34).

$$\begin{array}{ccccc} \text{Variación} & & \text{Variación} & & \text{Variación} \\ \text{Fenotípica} & = & \text{Genética} & + & \text{Ambiental} \\ \text{(VF)} & & \text{(VG)} & & \text{(VM)} \end{array}$$

La variación genética aún puede subdividirse, en variación aditiva (VA), variación de dominancia (Vo) y variación epistática (VE). En los componentes genéticos, la variación aditiva se debe a las diferencias entre los valores aditivos de los individuos de una población y esta es de gran interés, ya que nos permite predecir la mejora genética por selección.

$$VF = VA + VD + VF + VM$$

A la relación de la variación genética aditiva y variación [fenotípica, se le conoce como *índice de herencia o heredabilidad* ($h^2: VA/VF$). Este concepto es uno de los más importantes en la Genética Cuantitativa, ya que nos indica cuánto de las diferencias entre individuos, en promedio, se transmite a la progenie, para una característica en particular.

Es importante considerar que la heredabilidad de cualquier característica, no es un valor absoluto. La heredabilidad varía dependiendo de la estructura genética de la población y de las condiciones ambientales. En el cuadro 2 se presenta la heredabilidad para diferentes características del ganado lechero (1),7,11).

CUADRO 2
HEREDABILIDAD DE VARIAS CARACTERÍSTICAS
EN GANADO LECHERO

Característica	HEREDABILIDAD %
Producción :	
Leche	25
Grasa	25
Sólidos no grasos	21
% grasa	57
Proteína	25
% sólidos no grasos	54
% proteína	50
SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES :	
Mastitis	10
Cetosis	5
Fiebre de leche	5
Ovarios quísticos	5
Características CORPORALES :	
Peso corpora I	35
Carácter lechero	25
Calificación del tipo	20
Eficiencia alimenticia	30
CARACTERÍSTICAS DE LA UBRE :	
Sostén de la ubre	15
Sistema mamaria	22
Profundidad de la ubre	15

Abubakar. B. Y., Y cols. 1987 (1)

Barker, J. F. S., Y col. 1966 (3)

Bath, D. C., y cols. 1978 (4)

Butcher, D. F., Y col. 1968 (7)

Castro, G. H., y cols. 1972(11)

2. Repetibilidad o índice constancia

Cuando una característica puede ser medida mas de una vez en diferentes tiempos, en el mismo animal -como es el caso de la producción de leche cuantificable en delectaciones sucesivas- es posible obtener la correlación promedio entre registros de producción de la misma vaca; a esta correlación se le conoce como repetibilidad (18).

El conocimiento de la repetibilidad, para las diferentes características, puede ser utilizado para seleccionar vacas del hato, para una mejor producción futura. Cuando la repetibilidad para una característica es alta, la eliminación con base en el primer ciclo de producción sera efectiva para mejorar la producción del hato en el siguiente año. Los valores de la repetibilidad para algunas características de interés, se presentan en el cuadro 3 (4,7,32).

CUADRO 3
REPETIBILIDAD PARA ALGUNAS CARACTERÍSTICAS EN
GANADO LECHERO

CARACTERÍSTICA	REPETIBILIDAD %
PRODUCCIÓN :	
Leche	53
Grasa	49
Sólidos no grasos	50
Total de sólidos	49
Proteína	55
PORCENTAJES :	
Grasa	76
Sólidos no grasos	60
Total de sólidos	75
Proteína	61

Bath, D. C., Y cols. 1978 (4)

Butcher, D. F. o y col. 1968 (7)

Lasley, F. J., 1972 (32)

d) Correlaciones genéticas

Algunas características están relacionadas con otras ya sea positiva o negativamente, y en términos estadísticos se dice que están correlacionadas. Esta correlación puede ser de origen genético o ambiental (18). La correlación genética es la que nos interesa por el momento - se debe al efecto pleiotrópico y ligamiento factorial de los genes, - por su influencia en los programas de selección.

a) *Relación entre la producción y los componentes de la leche.* En algunas regiones, la leche tiene un precio mayor, dependiendo de su contenido en grasa, proteína y sólidos totales, por lo que los programas de selección deben tomar en cuenta la relación entre la producción de leche con la composición de la misma. La manera más conveniente de considerar esta relación, es quizás tomar en cuenta las correlaciones genéticas entre estas características. Los componentes de la leche y la producción de leche, están asociadas positivamente desde el punto de vista genético, como puede observarse en el cuadro 4, por lo tanto la selección para una característica automáticamente causa un cambio positivo en la otra. Sin embargo, la producción de leche con los componentes expresados en porcentaje, presenta una correlación negativa, esto es, por la selección se aumenta la producción de leche pero el porcentaje de grasa disminuye y lo mismo sucede para proteína, sólidos no grasos y porcentaje de total de Sólidos (12,51,59).

b) *Relación entre la producción de leche y la calificación para tipo de animal.* En el ganado lechero la calificación total para tipo -evaluación lineal del animal, por apreciación visual, en relación al estándar de la raza -ha recibido mucha atención tanto en las exposiciones ganaderas como por el criador de ganado, para seleccionar los animales de reemplazo.

En la mayoría de los estudios sobre el tema, se han obtenido correlaciones genéticas bajas para calificación total y producción de leche, siendo este valor 0.05 por lo tanto no debe esperarse obtener una respuesta correlacionada al llevar a cabo un programa de selección. Sin embargo, para el criador de pie de cría, el tipo le dará una buena retribución económica, pero se debe considerar que en México se recibe la mayor fuente de ingresos en el ambiente ganadero, por la venta de leche (9).

c) *Relación entre la producción y la longevidad de la vaca.*

El factor más importante que influye sobre la permanencia de una vaca, en el hato es el nivel de producción del leche. Las vacas altamente

productoras, permanecen mas tiempo que las vacas de baja producción. La producción en la primera lactancia tiene una alta correlación genética 0.75 con la longevidad (15,22,40).

Esta alta correlación puede explicarse por dos razones, primero, si la vaca tiene una alta producción debe ser una vaca con buena conformación, lo que favorece a la permanencia de la vaca en el hato y segundo, las vacas de baja producción son eliminadas a edad temprana por lo que no tienen oportunidad de demostrar su longevidad. Algunas otras características favorecen la permanencia en el hato, como son el angulo de la pezuña, colocación de los pezones y la profundidad de la ubre.

e) Relación entre producción de leche y tamaño de la vaca.

El tamaño de la vaca ha recibido considerable atención en la clasificación de tipo, y en general, puede señalarse que las vacas de mayor tamaño producen mas que las vacas pequeñas de la misma raza, pero necesitan

CUADRO 4
CORRELACIONES GENÉTICAS DE VARIAS CARACTERÍSTICAS
CON PRODUCCIÓN DE LECHE EN GANADO HOLSTEIN

Característica	CORRELACIÓN GENÉTICA : %
Grasa	70
S. N. C.	96
T. S.	92
Proteína	82
% grasa	-30
% sng	-22
%TS	-32
% Proteína	-30
Longevidad	75
Producción durante vida productiva	80
Calificación total del tipo	-25
Caracter lechero	40
Peso corporal	15

S. N. G. = Sólidos no grasos

T. S. = Total de sólidos

Dalton, C. D., 1980 (12)

Tong, A. L. W., Y cols. 1979 (51)

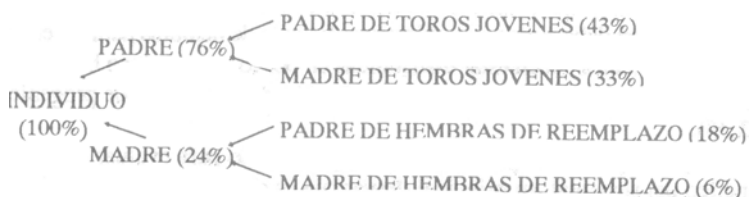
Wilcoox, C. J., 1974 (59)

mayor cantidad de alimento para su mantenimiento. En el caso de dos vacas de igual nivel de producción, pero de diferente tamaño, la vaca mas pequeña sera económicamente mas redituable (50).

V. Selección de progenitores

I . Selección del semental

La investigación ha demostrado que la mayor parte del mejoramiento genético proviene de la selección de sementales, de acuerdo a Rendel y Roberson (46). El progreso genético Se obtiene par las siguientes vías:



De lo anterior, puede señalarse que el 76% de la mejora genética en el hato proviene del semental.

Para escoger aquellos sementales que daran la mejor progenie es necesario tener entonces alguna medida que describa la transmisión de los genes a la progenie; esta medida es el VALOR GENETICO que es la parte del genotipo que es debido al efecto aditivo de los genes. El método mas preciso para estimar el valor genético del semen tal, es la *prueba de progenie* (evaluación del individuo por la producción de sus hijas), la cual sigue todo un proceso. Para ello, se realiza un muestreo de toros jóvenes, los cuales son escogidos con base a un índice de *pedigree* (8,21,25,53,55).

La información basica que se utiliza en el *pedigree*, es la proporcionada por el padre, madre y abuelos maternos. Cuando los antecesores ya han sido evaluados y se tiene una estimación de la habilidad de transmisión, es decir, de la diferencia estimada o *predecible* para leche (DPL) en el semental y el índice de vaca (I.V.) en la hembra, entonces el *índice de pedigree* puede obtenerse de la siguiente manera (13).

1. Información del padre y la madre
 $I.P. = 1/2 DPL_{\text{padre}} + 1/2 I.V$
2. Información del padre y abuelo materno
 $I.P. = 1/2 DPL_{\text{padre}} + 1/4 DPL_{\text{abuelo}}$

Las requisitos que deben cumplir las madres de toros jóvenes son: clasificación de tipo excelente o muy buena, pertenecer al 2% más alto en producción en la raza, índice de vaca dentro del 20% superior y prueba de grasa de 3.5% como mínimo.

Los padres de taros jóvenes deben ser clasificados como excelentes o muy bueno con un DPL de + 680 kg como mínimo; repetibilidad del DPL de 75%, y además, las hijas deben tener un promedio de 3.5% de grasa.

La anterior permitirá obtener toros jóvenes con mejores posibilidades de dar origen a una mejor progenie. Posteriormente a la selección por pedigrí, cada toro joven debe cubrir a un número suficiente de hembras para obtener 50 hijas; las cuales deben estar distribuidas en por 10 menos cinco hatos, ya que este número, garantiza una buena confiabilidad en la prueba de progenie (13,26).

Aunque la prueba de progenie es el mejor método para evaluar el valor genético del semen tal, su principal desventaja es el tiempo que se requiere para llevarla a cabo. En el cuadro 5, se indica el tiempo requerido de la prueba de progenie para un semen tal.

2. Métodos de evaluación del semental

La metodología empleada en la evaluación de la prueba de progenie, ha sufrido cambios a través del tiempo. Antes del uso de la inseminación artificial, la prueba de progenie se realizaba en un sólo hato y eran evaluados por la comparación entre la producción de leche de la madre-hija. Un gran progreso se obtuvo en la década de los años 50, ya que se inició el método de comparación de compañeras de hato. Una compañera de hato es una vaca que pare en la misma época del año que la hija del semental a evaluar. La principal razón de utilizar este procedimiento fue eliminar la variación debida a hato, año y época, ya que estos efectos ambientales contribuyen alas diferencias en producción hasta en un 50% del total de la variación.

En 1968 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, modificó la comparación de compañeras de hato y le llamó comparación de contemporáneas. El valor de la prueba de un semental, se expresó por la DIFERENCIA PREDECIBLE, que es un estimador de la habilidad de

transmisión genética, expresada en relación a una base genética móvil. Sin embargo al transcurrir el tiempo, en virtud de que, las suposiciones de que los toros, vacas y compañeras de hato considerados en la evaluación, eran muestras aleatorias de una sola población genética, y de que, no existe tendencia genética en las poblaciones bajo estudio y las hijas de un toro, y que las compañeras de hato reciben el mismo manejo, ya no fueron válidas, se implementó en 1974 el método de *Comparación Modificada de Contemporáneas*, el cual toma en cuenta la tendencia genética, nivel genético de las compañeras de hato, agrupamiento de los toros con base al índice de pedigree, (los grupos que se forman con intervalos de 50 lbs). evitando la necesidad de suponer que los toros son muestras aleatorias de la misma población (10,14,44,45).

CUADRO 5
TIEMPO REQUERIDO DE LA PRUEBA DE PRO GENIE
PARA EVALUAR AL SEMENTAL BOVINO PRODUCTOR DE LECHE

CARACTERÍSTICA	TIEMPO (meses)
Edad al inicio de la reproducción	12
Duración de la gestación de vacas inseminadas	9
Edad promedio al parto de sus hijas	24
Duración de la lactancia de sus hijas	10
TOTAL	55

Freeman, E. A., 1975 (21)

Johansson, I., y col. 1966 (28)

Warwick, E. J., Y col. 1980 (57)

El enfoque más riguroso para evaluar al semen tal es por el método de comparación directa, el cual responde al concepto estadístico del mejor estimador lineal insesgado (BLUP) cuya metodología fue descrita por Henderson (26). Este procedimiento no necesita las suposiciones que se hacen, en la estimación de la diferencia predicha (17), además sólo usa en la evaluación, las primeras lactancias, lo que evita el sesgo por la selección de vacas. Para llevar a cabo las evaluaciones de los sementales usando este

método, se requiere mucho tiempo de cómputo, por lo cual no se había podido emplear a nivel nacional hasta 1989 gracias a la introducción de las super-computadoras. En el país no se realizan evaluaciones genéticas de los sementales, por lo que se recurre a los resultados obtenidos en Estados Unidos y Canadá.

3. Selección de vacas

La selección de vacas puede contribuir de manera importante al progreso genético de una población mediante las siguientes vías:

VIA DE MEJORA	PORCENTAJE
Madres de sementales	33
Madres de vacas para reemplazo	6
TOTAL	39

Para las madres de toros jóvenes, es indispensable identificar aquellas vacas con el más alto valor genético; la metodología empleada ha progresado paralelamente a la empleada en la evaluación de sementales.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos, ha utilizado el método de *Comparación Modificada de Contemporáneas*, para estimar la habilidad de transmisión de la vaca -la cual se conoce como Índice de vaca- que equivale a 1/2 del valor genético del individuo. El Índice de vaca (I.V.) resulta de combinar, la información de la producción individual de la vaca, la producción de los compañeros de hato -formándose dos grupos, uno de primeras lactaciones y otro de 26 más lactaciones- así como la producción de medias hermanas paternas (13,50,57)-

Cada año el Departamento de Agricultura de los E.U., publica los Índices de vaca, en nuestro país, este servicio lo hace la Asociación Holstein.

Por la vía madre de reemplazos, la selección de vacas no mejora genéticamente la población de manera importante (6%); esto se debe al alto porcentaje de vacas que debe conservarse para mantener el tamaño del hato, y por lo tanto la presión de selección de vaquillas es baja; los Índices de vaca serán de utilidad, para elegir las madres de las futuras hembras de reemplazo.

Para determinar que vacas permanecerán en el hato con base a la producción de leche, se utiliza un índice que se llama *capacidad de producción*, el cual, estimando la *capacidad real de producción* de una vaca en relación a otras dentro del hato, incluye tanto la capacidad genética de la vaca como cualquier efecto ambiental permanente que afecte la producción actual o futura, con lo que se consigue aumentar el promedio de producción.

del hato y por 10 tanto mejorar el margen de utilidades (34,56,57).

$$C.P. = \bar{X}_H + \frac{nr}{1+(n-1)r} \frac{n}{\sum_{i=1}^n} \frac{(X_i - \bar{X}_c)}{n}$$

donde:

C.P. = Capacidad de producción

\bar{X}_H = Promedio de hato

n = Número de lactaciones

r = Repetibilidad para producción de leche

X_i = Producción del individuo

\bar{X}_c = Promedio de las vacas contemporáneas

VI. Progreso genético en la producción de leche

El aumento de la producción de leche par vaca, se debe tanto al aspecto genético como al ambiental. Entre las practicas que han mejorado la parte genética, podemos citar la utilización de semen congelado de toros probados a través de la inseminación artificial, evaluaciones mas precisas de toros y vacas (a esto han contribuido los modernos sistemas de computación y las nuevas metodologías estadísticas). Esta combinación de factores ha permitido un importante mejoramiento genético. El aspecto ambiental lo constituye la alimentación, manejo, sanidad e instalaciones; este aspecto también ha contribuido al incremento de la producción de leche.

En la población, estos cambios genéticos y ambientales reflejaran un incremento de la producción de lee he a través del tiempo. El cambio fenotípico puede ser subdividido en Genético y Ambiental. La estimación del cambio genético, permite evaluar la eficacia de un programa de mejoramiento genético. Rendel y Robertson (46) estimaron que en hatos de 2 000 vacas donde se llevan a cabo pruebas de progenie, la ganancia genética anual puede ser entre 1.7 a 2.05% en relación al promedio de producción del hato.

Van Vlcek y Henderson analizaron lactaciones de vacas Holstein a las que se les dio monta natural] e inseminación artificial y obtuvieron un progreso genético anual de 20 y 29.5 kg., respectivamente, 10 cual corresponde a 0.5% en relación al promedio de la población (52). Verde y col. estimaron que la población de vacas Holstein registradas en programas de mejoramiento de

hatos lecheros en Florida, aumentaron 33 kg/año durante el período 1958-1964 (54). Powell y Freeman (43) indican un incremento genético anual de 82+29 kg. Burnside y Legates han informado un incremento total de 63+11 kg por año, del cual corresponden 45 kg a la mejora genética, 10 que representa 0.75% de la producción promedio de la población (6). Por otra parte, Kennedy y Mosley al evaluar 52 toros Holstein usados en inseminación artificial, estimaron una tendencia genética de 85 kg (30).

En nuestro país, la información sobre el tema es escasa. En un estudio reciente en donde se utilizaron 3598 primeras lactaciones de vacas Holstein, ocurridas durante el período 1978-1984, correspondientes a 68 hatos inscritos en el control de producción de la Asociación Holstein, A.C. se estimó una tendencia fenotípica para producción total de leche de 132+28 kg por año, debiéndose a la parte genética 79+56 kg 10 que representa 1.4% de la media poblacional (2).

Los resultados que se han obtenido a la fecha en el progreso genético, sólo representan el 50% a menos de la ganancia genética esperada, pudiendo ser por 108 siguientes factores: un amplio intervalo de generación (por el uso de pruebas de progenie), énfasis en los criterios de selección sobre características distintas a la producción de leche (principalmente rasgos relacionados con el tipo) y resultados sesgados en la evaluación de vacas y semen tales.

VII. El cruzamiento para producción de leche en zonas tropicales

Las razas nativas que se explotan en el trópico, se caracterizan en 10 fundamental, por presentar bajos rendimientos productivos y una alta adaptación a las condiciones de explotación en ésta Area; tal es el caso de las razas cebuinas (29,47,42). En el cuadro 6 se presenta información de las razas *Bos indicus* que se utilizan en la producción de leche.

El nivel productivo de las razas nativas en cuanto a producción de leche, es de 1.2 a 1.7 kg/día, por 10 que para mejorar la producción se han considerado varias alternativas. Mason (35) en 1974 planteó que el mejoramiento genético puede llevarse a cabo de tres formas: producir con base a razas europeas puras, a bien, selección dentro de las razas nativas a cruzamiento entre razas nativas (*Bos indicus*) con europeas (*Bos taurus*). La primera alternativa no es viable, por los problemas de adaptación y la necesidad de utilizar concentrados en la alimentación, 10 que resulta en grandes inversiones, por 10 que se considera que para la gran mayoría de los

países del area tropical y en especial para aquellos en vía de desarrollo, no es adecuada esta opción. En la segunda, la selección en las razas nativas sería extremadamente lenta, debido a que la mejora genética esperada es de 1 a 2 % en relación al promedio del halo (35,46). Si un hato produce un promedio de 2 000 kg, para incrementar 500 kg se necesitarían entre 30 a 50 años. La tercera alternativa, el cruzamiento para obtener nuevas razas, es quizás, la que mas amplia aplicación tiene. Las razas con características muy diferentes, se cruzan para realizar un cambio rapido en el fenotipo de la raza nativa; este sistema de apareamiento, debe ir acompañado de selección, para que el progreso genético alcance su máximo.

En general, la mayoría de los autores que han evaluado diferentes grados de cruzamiento entre razas europeas y nativas, coinciden en señalar las ventajas productivas que obtienen con las cruza. Las evidencias indican que una proporción entre 50 a 63% de la raza europea brinda los mejores resultados.

Las razas europeas que se han utilizado en los cruzamientos con cebú, son la Holstein Friesian, Pardo Suizo, Jersey y Red Poll. En general, la raza Holstein presenta mejor comportamiento, y posiblemente ésta sea la mejor razón por la que se ha empleado en muchos casos para apareamiento con

CUADRO 6
PRODUCCIÓN DE DIFERENTES RAZAS NATIVAS EN EL TRÓPICO

RAZA	PRODUCCIÓN DE LECHE (KG)	DURACIÓN DE LACTANCIA (DIAS)	PAís
Red Sindhi	3229	264	India
Gir	2315	286	India
Hariana	842	257	India
Sahiwal	2313	---	India
Sindhi roja	204 6	24 6	Brasil
Deshi	422	251	India

Katpatal, G. B., 1977 (29)

Planas, T., y ool. 1979 (41)

Ponce de León, R. 1985 (42)

cebú. Entre las razas de nueva formación para producción de Leche en zonas tropicales, se encuentra la Jamaica Hope, Siboney, Cebú lechero australiano (AMZ), Mambi, Piganqueiras, Itapetinga, y Levinia (24,33,58). En el cuadro 7 se describe la composición de estas razas.

CUADRO 7
RAZAS DE NUEVA FORMACIÓN PARA PRODUCCIÓN DE
LECHE EN EL TRÓPICO

RAZA	COMPOSICIÓN	PAIs
Jamaica I lope	80% Jersey 5% Holstein 15% Cebú	Jamaica
Cebú Icehero	~37.5% a 50% B indieus	Australia
Australiano (AMZ)	(sahiwal, red Sindhi) 50% a 62.5% Jersey	
Siboney	5/8 Holstein 3/8 Cebú	Cuba
Mambi	3/4 Holstein 1/4 Cebú	Cuba
Pitanqueiras	5/8 Red Poll 3/8 Guzerat	Brasil
Itapetinga	5/8 Pardo Suizo 3/8 Indobrasil	Brasil
Lavinia	5/8 Pardo Suizo 3/8 Guzerat	Brasil

Hayman, H. R. 1974 (24)

Lopez, D. 1985 (33)

Wellington, K. E., Y eols. 1970 (58)

La siguiente etapa sera, realizar las pruebas de progenie de loo toros jóvenes en las diferentes razas de nueva formación, 10 que ayudara a mejorar la producción de leche en la población.

Referencias

56. Abubakar, B.Y., Mc Dowell, RD., Van Vleck, L.D. and Cabello, E.: Phenotypic and genetic parameters for Holstein in Mexico. *Tropa. Agría.*, 64: 23-26,1987.
57. AvendañoAvendaño, R.L.: Estimación de la tendencia genetica para producción de leche en hatos Holstein de Mexico. *Tesis de Maestría*. Fac. Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico, D.F. 1989.
58. Barker, J.S.F. and Robertson, A: Genetic and phenotypic parameters for the first three lactations in Friesian cows. *Anim. Prod.* 8: 221-240,1966.
59. Bath, D.C., Dickinson, F.N., Tucker, H.A. and Appleman R.D.: Dairy cattle: Genetic basic for improvement, In: principles, practices, problems, profits. 2nd. ed. Lea and Febiger. Philadelphia, 79-93. 1978.
60. Batra, T.R.: Extending records in progress to 305 day lactation production by using 1965 U.S.D.A. and modified extension factors. *Can. J. Anim. Sci.*, 61: 523-529, 1981.
61. Burnside, E.B. and Legates, J.E.: Estimation of genetic trends in dairy cattle population. *J. Dairy Sci.* 50: 1448-1455,1967.
62. Butcher, D.F. and Freeman, A.E.: Heritabilities and repetabilities of milk and milk fat production by lactations. *J. Dairy Sci.* 51: 1387-1391,1968.
63. Butcher, K.R. and Legates, J.E.: Estimating son's progeny test from his pedigree information *J. Dairy Sci.* 59: 137-152,1976.
64. Cassell, B.G., White, J.M., Vinson, *WE* and Kliewer, R.H.: Genetic and phenotypic relationships among type traits in Holstein Friesian cattle. *J. Dairy Sci.*, 56: 1171-1179. 1973.
65. Cassell, B.G., McDaniel, B.T. and Norman, H.D.; Modified contemporary comparison sire evaluation from first, all and alter lactations. *J. Dairy Sci.*, 66: 140-147; 1983.
66. Castro, G.II., Roman, P.II. y Berruecos, J.M.: Estimación de parámetros genéticos en un hato de ganado Holstein estabulado en clima tropical AM (C). *Tec. Pec. Mex.*, 20: 45.51, 1972.
67. Dalton, CD.: Population genetics, selection and Breeding In: *An introduction to practical animal breeding*. Granada publishing limited. Great Britain, 43-106. 1980.

68. Dickinson, N.F., Norman, H.D., Powel, R.L., Waite, L.G. and McDaniel, B.T.:
The USDA modified contemporary comparison sire summary and cow index procedures. *ARS-USDA, Production Research Report* 165, 1976.
69. Dickinson, N.F.: Alternative genetic bases for sire summaries and cow indexes, *J. Dairy Sci.*, 63: 1361-1365. 1980.
70. Everett, R.L., Keown, **Fl** and Clapp, E.E.: Relationship among type, production and stability in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 59: 1505-1510, 1976.
71. Ensminger, M.E.: Breeding dairy cattle. In: *Dairy cattle science*. First ed. The interstate, Danville, Illinois, 35-70, 1971.
72. Everett, W.R. and Keown, F.J.: Mixed models sire evaluation with dairy cattle experience and genetic gain. *J. Anim. Sci.* 59: 529-541, 1984.
73. Falconer, D.S.: Variance. In: *Introduction to quantitative genetics*. The Ronald Press. Co. New York, 129-149, 1972.
74. Famula, R.T. and Van Vleck, L.D.: Sire evaluation by only extended partial milk and fat records. *J. Dairy Sci.* 64: 484-490, 1981.
75. Freeman, E.A.: Age adjustment of production records: History and basic problems. *J. Dairy Sci.* 56: 941-946, 1973.
76. Freeman, E.A.: Choosing and sampling young bulls: theory background and general problems. *J. Dairy Sci.*, 58: 1063-1070, 1975.
77. Gill, G.S. and Allaire, F.R.: Relationship of age at first calving days open, days dry and herd life to a profit function for dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 59: 1131-1139, 1976.
78. Gómez, C.S.: Evaluación de los factores de ajuste para proyectar la producción de Leche a 305 días en un hato de ganado Holstein. *Tesis de licenciatura*. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1986.
79. Hayman, HER.: The development of the Australian milkin zebu. *World Anim. Rev.*
FAO., 11: 31-35, 1974.
80. Hazel, L.N.: The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*. 28: 476-490, 1943.
81. Henderson, C.R.: General flexibility of linear model techniques for sire evaluation.
J. Dairy Sci. 57: 963 (1974).
82. Holstein de México. *La ganadería lechera en México*. Holstein latinoamericano.
Vol. 1, pag. 13-17, 1987.
83. Johansson, I. and Rendel, J.: Mendelian inheritance. In: *genetics and animal breeding*. First ed. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 41-84, 1966.
84. Katpatal, G.B.: El cruzamiento del bovino lechero en la India. *Rev. Mundial de Zootecnia*. FAO., 22: 14-20, 1977.
85. Kennedy, B.W. and Moxley, J.E.: Genetic trends among artificially bred Holsteins in Quebec. *J. Dairy Sci.* 58: 1871-1875, 1975.

86. Keown, J.F. and Van Vleck, L.D.: Extending lactation records in progress to 305 day equivalent. *J. Dairy Sci.* 58: 1871-1875, 1975.
87. Lasley, F.J.; Detrimental and lethal genes in farm animals. In: *Genetics of livestock improvement*. Second ed. Prentice Hall, New York, 79-92, 1972.
88. López, D.: Creación de nuevas razas. En: *principios básicos del cruzamiento en bovinos: su aplicación en los trópicos*. Instituto de Ciencia Animal. Habana, Cuba. 83-93, 1985.
89. Lush, L.J.: Aids to selection. The use of life time average. In: *Animal breeding plans*. Third. ed. Iowa State University Press. Ames, Iowa, 170-179, 1970.
90. Mason, L.: Maintaining crossbredd population of dairy cattle in the tropics. *Rev. Mundial de Zootecnia, FAO.*, 11: 36-43, 1974.
91. McDaniel, B.T., Miller, R.H. and Corley, L.R.: DHIA factor for proyecting incomplete records to 305 days dairy herd improvement letter, United States Department of Agriculture, 41: 1-3, 1965.
92. McDowell, E.R., Comoens, J.K., St. Louis, C.D., Cabello F.E. and Christensen, E.: Factor for standardizing lactation records made by Holstein Friesian in Mexico. *AS/IAD* 2-75. Cornell University, Ithaca, New York, 1975.
93. Miller, R.II., Harvey, W.R., Tabler, K.A., McDaniel, B. T. and Corley, E.L.: Maximum likelihood estimates of age effects. *J. Dairy .Sci.* 49: 65-73, 1966.
94. Ochoa, G.P. y Malagón, V.C.: Resultados preliminares sobre la producción láctea en un hato de ganado Holstein Friesian utilizando semen de toros probados. *Vet. Mex.* 16: 225-229, 1985.
95. Pearson, R.E., and Freeman, A.E.: Effect of female culling and age distribution of the dairy herd on profitability, *J. Dairy Sci.* 56: 1459-1470, 1973.
96. Planas, T., López, D. y Prada, N.: El cruzamiento del ganado bovino para mejorar la producción de leche en los trópicos. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 13: 217-224, 1979.
97. Ponce de León, R.: Cruzamiento para la producción de leche. En : *Principios básicos del cruzamiento ell bovinos: su aplicación en los trópicos*. Instituto de Ciencia Animal. Habana, Cuba. 59, 81, 1985.
98. Powell, R.L. and Reeman, A.E.: Genetic trend estimators *J. Dairy Sci.* 57: 1067-1075, 1974.
99. Powell, R.L.: Evaluador of Holstein sires in Mexico. *Holsteins World*, 10: 186-187, 1983.
100. Powell, R.L., and Dickinson, F.N.: Progeny test of sires in the United States and in Mexico. *J. Dairy Sci.* 60: 1768-1772, 1977.
101. Rendel, J.M. and Robertson, A.: Estimation of genetic gain in milk production by selection in a closed herd of dairy cattle. *J. Genetics.* 50: 1-8, 1950.

102. Rivera, V.I.L. y Mondragón, I.: Importante avance genético. *Holstein de Mexico*. 17: (2) 16-20, 1986.
103. Schaeffer, L.R. and Burnside, E.B.: Estimating the shape of the lactation curve. *Call. J Anim. Sci.* 56: 157-170, 1976.
- 49 Schaeffer, L.R., Minder, C.E., McMillan, I. and Burnside E.B.: Non-linear techniques for predicting 305 day lactation production of Holstein and Jerseys. *J. DairySci.* 60: 1636-1644, 1977.
104. Schmidt, H.G y Van Vleck, D.L.: Corrección de registros para factores no genéticos. En :*Bases científicas de la producción de leche*. Acribia, Zaragoza, España, 225-241. 1974.
105. Tong, A.L.W., Kennedy, B.W. and Moxley, J.E.: Heritabilities and genetic correlations for the first three lactations from records subject to culling. *J. Dairy Sci.* 62: 1784-1790, 1979.
106. Van Vleck and Henderson, C.R.: Measurement of genetic trend. *J. Dairy Sci.* 44: 1075-1110, 1961.
107. Van Vleck, L.D.: Sampling of young sire in artificial insemination. *J. Dairy Sci.* 47: 441-446, 1964.
108. Verde, a.G., Wilcox, C.J., Martin, F.G. and Reaves, O.K.: Genetic trends in milk production in florida Dairy Herd Improvement Association Herd. *J. Dairy Sci.* 55: 1010-1012, 1972.
109. Vison, E.W., and Reemanm, E.A.: Selection of Holstein bulls for future use in artificial insemination. *J. Dairy Sci.* 55: 1621-1630. 1972.
110. Vison, E.W.: Bases genéticas del mejoramiento en ganado bovino productor de leche . .3er. *Seminario de Ganado Productor de Leche*. Banco de México-FIRA. Guadalajara, Jal. 1977.
111. Warwick, E.I. y Legates, J.E.: Genética cualitativa en la cría de animales. En: *Cría y mejora del ganado*. 3ra. ed. Mc Graw-Hill. México, 92-141, 1980.
112. Wellington, K.E., Mahadevan P. and Roache, K.L.: Production characteristics of the Jamaica Hope breed of dairy cattle. *J. Agric. Sci.* 74: 463-468, 1970.
113. Wilcox, C.J.: Breeding for milk production. In: *Animal agriculture: The biology of domestic animals and their use by man*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, 280-291, 1974.