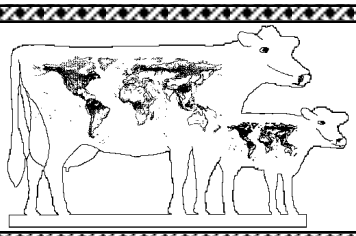
Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera
Universidad de Wisconsin-Madison



Esenciales Lecheras

14) CONCEPTOS BASICOS SOBRE GENETICA

Michel A. Wattiaux
Instituto Babcock

¿QUE ES LA GENETICA?

La genética estudia la variación y la transmisión de rasgos o características de una generación a la otra. En esta definición, la palabra variación se refiere a variación genética; esto significa, el rango de posibles valores para un rasgo cuando es influenciado por la herencia. La herencia es la transmisión de rasgos de los padres a la descendencia vía el material genético. Esta transmisión toma lugar en el momento de la fertilización en la reproducción, cuando un espermatozoide de toro se une con el óvulo de la vaca para producir un ternero con una composición genética única. Solamente mellizos idénticos poseen la composición genética idéntica debido a que ellos descienden de un solo óvulo fertilizado que ha sido separado en dos embriones durante la primera fase del desarrollo.

¿QUE ES MEDIO AMBIENTE?

El medio ambiente es generalmente entendido como los alrededores físicos del animal, luz, temperatura, ventilación y otros parámetros que pueden contribuir al bienestar físico del animal. Aún así, en la genética, la palabra medio ambiente posee un significado más general. Es la combinación de todos los factores, con excepción de los genéticos, que pueden afectar la expresión de los genes. Por ejemplo, la producción de leche de la vaca se encuentra afectada por la edad al parto, la época del parto, la nutrición y muchos otros factores. Por lo tanto, vacas que tengan una composición genética similar, o igual, producirán diferentes cantidades de leche si son sometidas a diferentes medios ambientes. El desempeño en la lactancia de un par de mellizas idénticas variará drásticamente si dos terneras son separadas al nacer y enviadas a distintos países. También puede haber una gran diferencia en producción de leche entre estas gemelas cuando se ubiquen en dos explotaciones lecheras separadas pero dentro de la misma área, cada una teniendo diferentes niveles de manejo.

GENOTIPO Y FENOTIPO

El genotipo de un animal representa el gen o grupo de genes responsable por un rasgo en particular. En un sentido más general, el genotipo describe todo el grupo de genes que un individuo ha heredado.
Como contraste, el fenotipo es el valor que toma un rasgo; en otras palabras, es lo que puede ser observado o medido. Por ejemplo, el fenotipo puede ser la producción individual de leche de una vaca, el porcentaje de grasa en la leche o el puntaje de clasificación por conformación.

Existe una diferencia importante entre genotipo y fenotipo. El genotipo es esencialmente una característica fija del organismo; permanece constante a lo largo de la vida del animal y no es modificado por el medio ambiente. Cuando solamente uno o un par de genes son responsables por un rasgo, el genotipo permanece generalmente sin cambios a lo

largo de la vida del animal (ejm. color de pelo). En este caso, el fenotipo otorga una buena indicación de la composición genética del individuo. Aún así, para algunos rasgos, el fenotipo cambia constantemente a lo largo de la vida del individuo como respuesta a factores ambientales. En este caso, el fenotipo no es un indicador confiable del genotipo. Esto generalmente se presenta cuando muchos genes se involucran en la expresión de un rasgo, tal como producción de leche. Como resultado, la producción de leche de una vaca depende de:

Producción fenotípica de leche = G + E, donde:

G es el mérito genético de la vaca para producción de leche (el efecto de los genes);

E se refiere al efecto del manejo de la vaca y medio ambiente.

EL MATERIAL GENETICO

El material genético se encuentra localizado en el núcleo de cada célula del cuerpo. A excepción de las células reproductoras (espermatozoides y óvulos) y algunas otras excepciones (glóbulos rojos sanguíneos), las células contienen dos copias del material genético completo del animal. Cuando la célula se divide, el material genético se organiza en una serie de estructuras largas en forma de fibras llamadas cromosomas (Figura 1). En las células del cuerpo, cada cromosoma posee una contraparte que tiene el mismo largo y forma (con la excepción de los cromosomas que determinan el sexo) y contienen la información genética del mismo rasgo. Estos dos cromosomas son miembros de un par de cromosomas, uno derivado del padre y otro de la madre. El número de pares de cromosomas es típico de una especie y es generalmente abreviado con la letra "n". Por ejemplo, en humanos n=23, en cerdos n=19, en vacas n=30. Por lo tanto las células en el cuerpo humano, cerdos y vacas contienen 2n=46, 38 y 60 cromosomas, respectivamente.

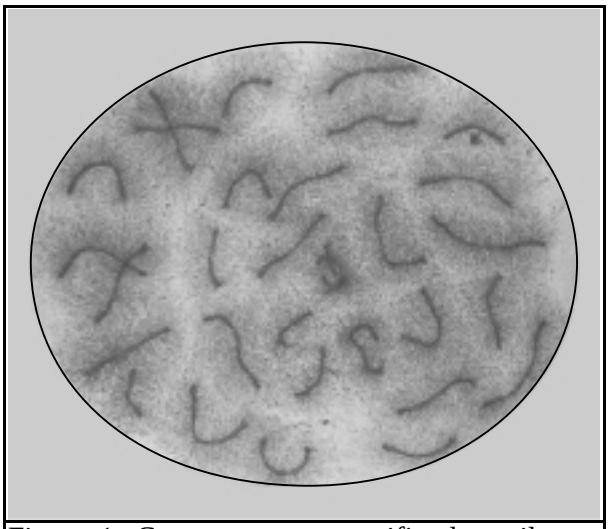


Figura 1: Cromosomas magnificados miles de veces

Los genes se encuentran localizados a lo largo de los cromosomas. Un gen es la unidad funcional básica de la herencia; esto significa que contiene la información genética que es responsable por la expresión de un rasgo en particular. El largo completo de un cromosoma puede dividirse en miles de estas unidades funcionales, cada una responsable de un rasgo en particular.

Un gen se compone de ácido desoxiribonucleico o ADN. La función del ADN es la de llevar la información necesaria para la síntesis de proteínas. A medida que las proteínas son sintetizadas y que el ADN se replica a sí mismo, el número de células del cuerpo se incrementa (crecimiento) y las células pueden especializarse dentro de diferentes funciones específicas (desarrollo) en las que algunos genes se expresan otros no. Por ejemplo, las células de la piel (tejido especializado) contienen todo el material genético necesario para recrear un individuo, pero los únicos genes especializados que se expresan en estas células son los responsables por la formación y el color del pelo.

TRANSMISION DEL MATERIAL GENETICO

Macho y hembra

Los testículos del toro y los ovarios de la vaca producen las células reproductoras por una serie de divisiones celulares que separan el número de cromosomas en una célula. El espermatozoide y el óvulo contienen solamente un miembro del par de cromosomas. Por lo tanto, las células de la vaca y del toro contienen 60 cromosomas (2n = 60), pero el espermatozoide en el semen y el óvulo en los ovarios contienen solamente 30 cromosomas (n=30, Figura 2). Los dos principios básicos de la transmisión de un rasgo (ejm. sexo) son los siguientes (Figura 2):

1) Separación de los pares de cromosomas durante la formación de las células reproductoras;
2) Unión del espermatozoide con el óvulo para crear una nueva célula con un conjunto único de cromosomas.

Para 29 pares de cromosomas, ambos miembros son visualmente idénticos. De todas formas, para uno de los pares, un miembro es mucho más largo; es llamado cromosoma X, y el miembro más corto es llamado cromosoma Y. Todos los óvulos llevan el cromosoma X, pero el espermatozoide puede llevar el cromosoma X o el Y. Durante la división celular para formar las células reproductoras, cada miembro del par de cromosomas va hacia una célula por separado. Como resultado, 50% de los espermatozoides llevarán el cromosoma X y el otro 50%, el cromosoma Y. Si por casualidad un espermatozoide que lleva el cromosoma Y fertiliza un óvulo, la descendencia será macho. Si la descendencia recibe dos cromosomas X, se desarrollará una hembra (Figura 2). Es importante darse cuenta que es imposible predecir el sexo de la descendencia al momento del apareamiento (inseminación); aún así, podemos predecir que, en promedio, 50% de la descendencia serán machos y 50% hembras.

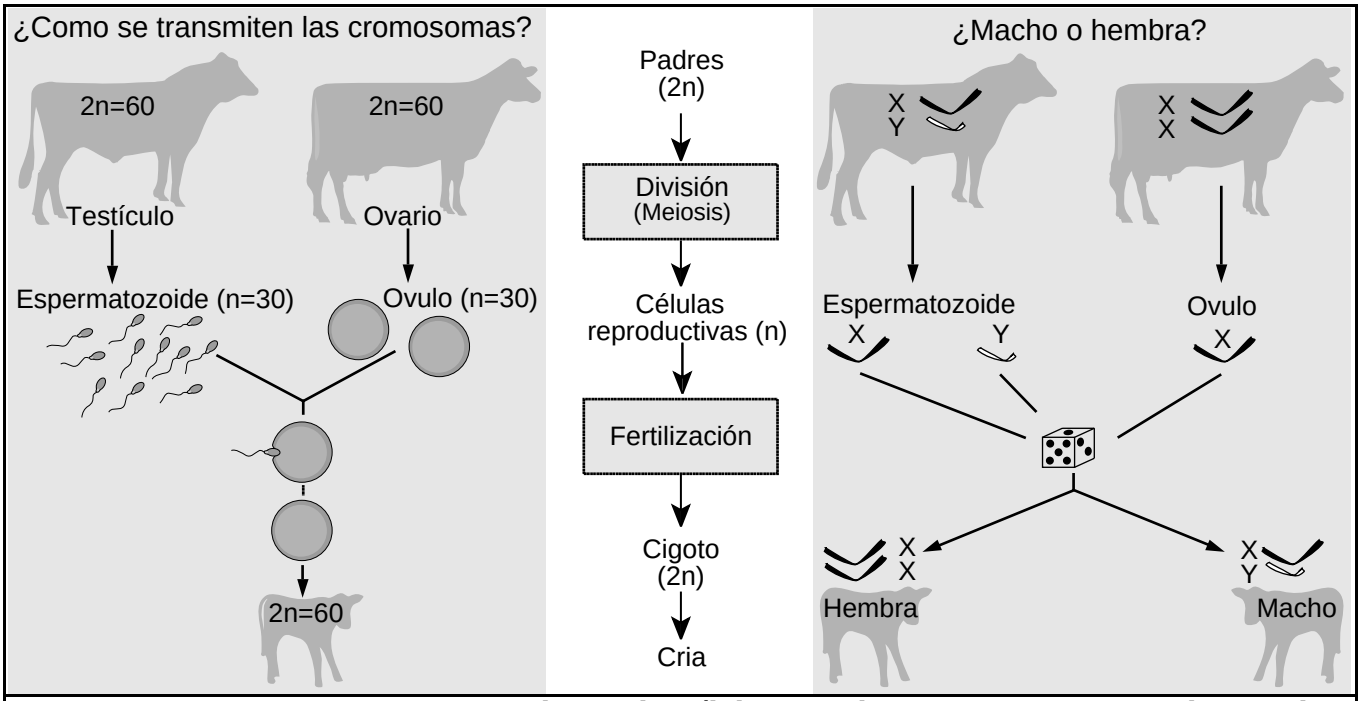


Figura 2: Los cromosomas son transmitidos por las células reproductoras que contienen solamente la mitad del número normal de cromosomas de la especie. El azar, en el momento de la fertilización, es el responsable de los rasgos específicos heredados por la descendencia (ejm., género).

Rasgos cualitativos

Los rasgos cualitativos tienden a caer dentro de categorías discretas. Generalmente solo uno o unos pocos genes poseen un gran efecto sobre los rasgos cualitativos. El medio ambiente tene generalmente un pequeño papel al influenciar la categoría dentro de la que el animal cae. En este caso, el fenotipo de un animal refleja su genotipo. Ejemplos de rasgos cualitativos son:

- Color de pelo;
- Defectos hereditarios como enanismo;
- Presencia o ausencia de cuernos;
- Tipo sanguíneo.

Rasgos cuantitativos

Los rasgos cuantitativos difieren de los cualitativos de dos formas importantes:

1) Se encuentran influenciados por muchos pares de genes;
2) La expresión fenotípica es influenciada más fuertemente por el medio ambiente que en el caso de los rasgos cualitativos.

Muchos de los rasgos de importancia económica importante en el ganado lechero son cuantitativos:

- Producción de leche;
- Composición de la leche;
- Conformación (también llamado tipo);
- Eficiencia de conversión de alimento;
- Resistencia a enfermedades.

La influencia combinada de muchos genes y el efecto del medio ambiente en los rasgos cuantitativos hacen que sea mucho más difícil el determinar el genotipo exacto que en el caso de la mayoría de los rasgos cualitativos. Algunas veces, el fenotipo del animal nos dice muy poco acerca de su genotipo. Por ejemplo, un registro de lactancia solamente dice una fracción de la información acerca de el mérito genético de la vaca para producción de leche.

¿Qué hace que el genotipo de una vaca sea único?

Cuando se forman los óvulos, ellos reciben uno de los dos miembros del par de cromosomas. Por lo tanto, un cromosoma en particular en un óvulo puede ser el primer o el segundo miembro del par de cromosomas de los padres. Existen solamente dos tipos de óvulos para un gen en particular. Si en lugar de un par de cromosomas, consideramos dos, cuál es el número de diferentes óvulos?. En otras palabras, cuál es el número total de combinaciones cromosómicas posibles?. La situación es la misma que la de arrojar dos monedas al mismo tiempo. El número de posibles combinaciones es: dos posibles valores para la primera moneda multiplicado por los dos posibles valores de la segunda = $2 \times 2 = 2^2 = 4$ diferentes posibilidades. El número de diferentes genotipos para un óvulo es cuatro y la probabilidad de una combinación en particular de cromosomas es de 1/4. Esto es también verdad para el número de posibles genotipos en las células reproductoras masculinas. Por lo tanto, cuando uno de cuatro posibles clases de espermatozoides fertiliza uno de cuatro posibles combinaciones de óvulos el número de descendientes genéticamente diferentes es $4 \times 4 = 16$ (ejm., $2^2 \times 2^2$). Por lo tanto, las chances de que un genotipo en particular se presente en el recién nacido es 1/16.

Cuando los 30 pares de cromosomas del ganado lechero se separan durante la formación de las células reproductoras y luego se vuelven a unir en el momento de la fertilización, el número total de posibles combinaciones cromosómicas es $2^{30} \times 2^{30} = 1.152.900.000.000.000.000$, cada uno siendo único. Con este número de posibilidades para cada apareamiento, es fácil entender por qué dos individuos no son iguales en una población, aún cuando tengan el mismo padre.