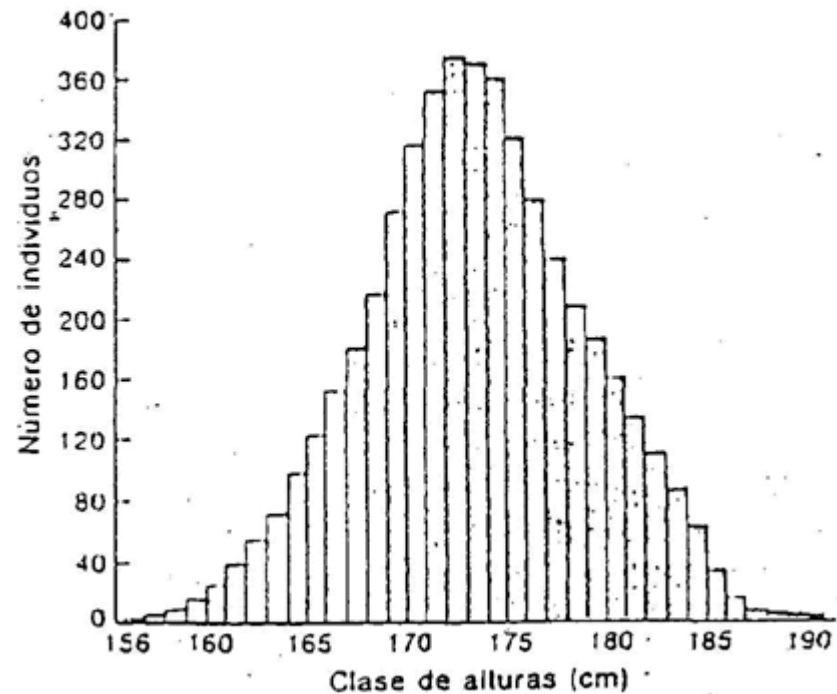


TEMA 5

GENÉTICA CUANTITATIVA



Caracteres con Variación Continua

Rasgos con **variación continua**

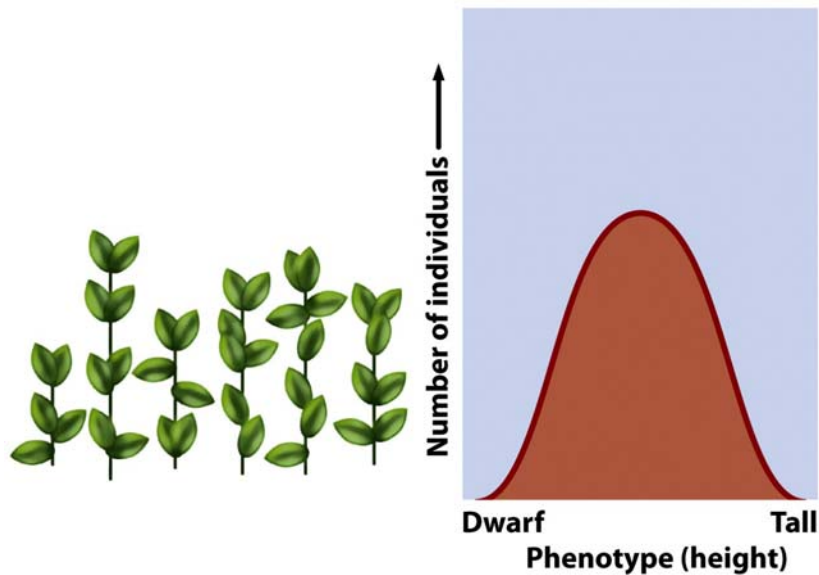
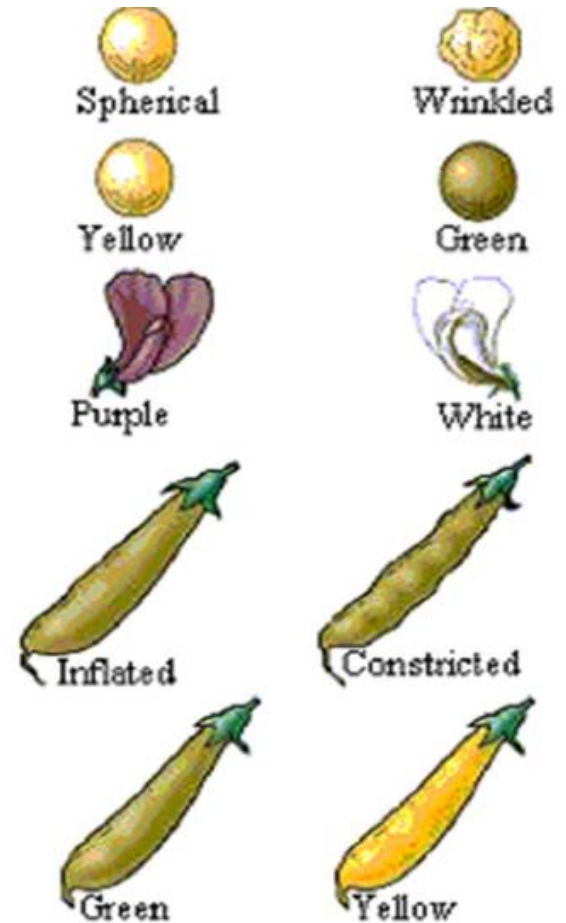


Figure 24-1b
Genetics: A Conceptual Approach, Third Edition
© 2009 W. H. Freeman and Company

Altura, peso, producción de leche,...

Vs



Rasgos con **variación discontinua**

Caracteres con Variación Continua

En líneas generales, este tipo de caracteres se puede cuantificar, midiendo, pesando, contando, etc... Existe una **gradación** con **muchos fenotipos**.

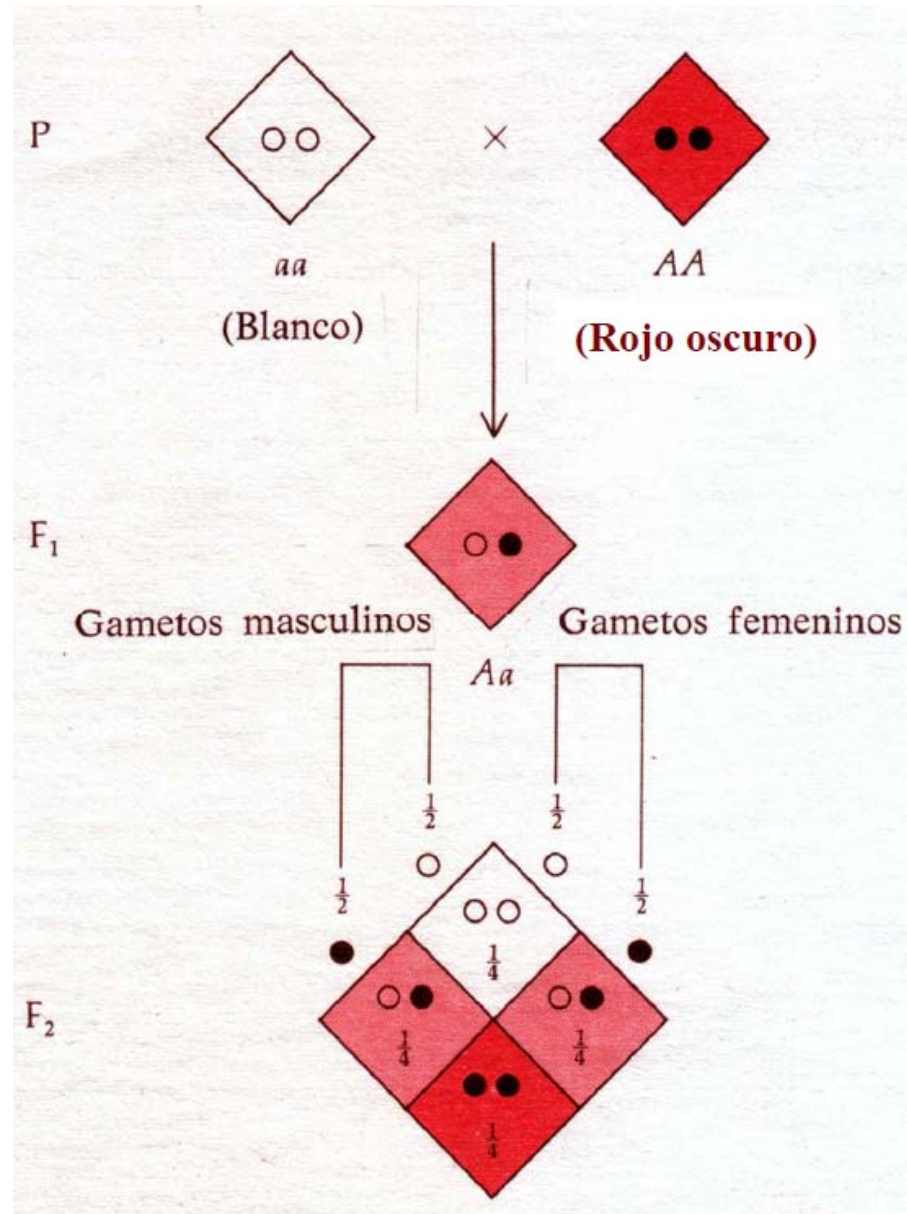
Son **poligénicos**, es decir determinados por varios (muchos) genes.

Estos genes tienen un **efecto aditivo** sobre el fenotipo. Existen alelos *aditivos* (contribuyen con una cantidad dada al fenotipo) y alelos *no aditivos* (no contribuyen cuantitativamente al carácter).

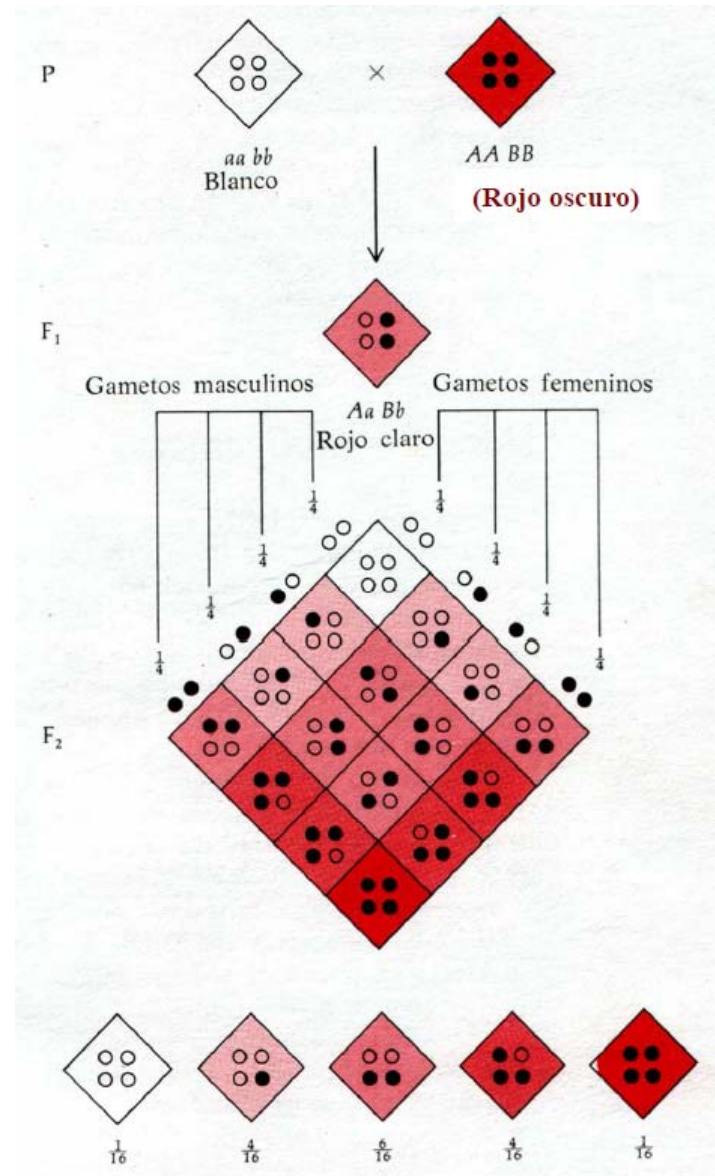
El análisis de estos caracteres requiere el estudio de un **gran número de individuos**.

La **acción del ambiente** modifica el efecto de cada gen, limando las diferencias que deberían existir entre los fenotipos de clases genotípicas adyacentes.

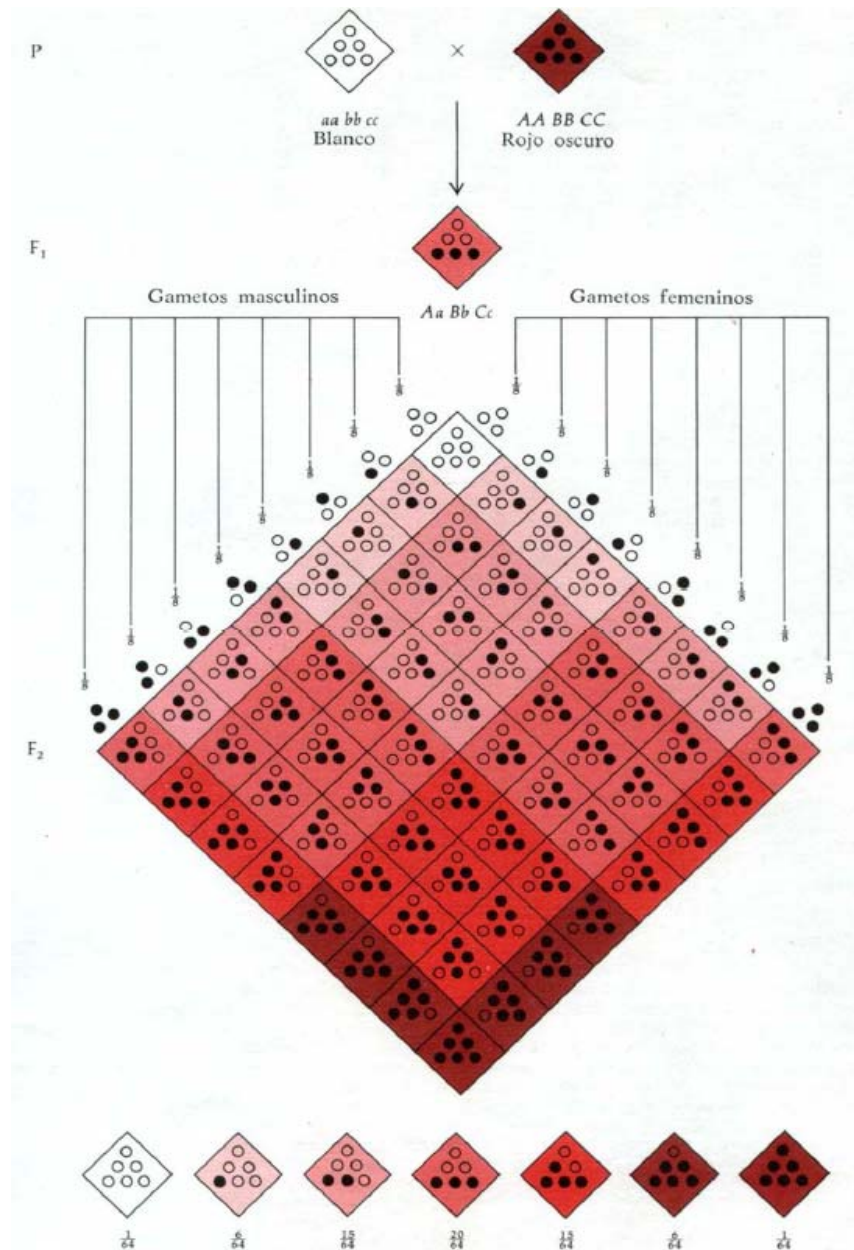
Herencia de los
Caracteres con
Variación Continua



Herencia de los Caracteres con Variación Continua



Herencia de los Caracteres con Variación Continua



Herencia de los
Caracteres con
Variación Continua

Determinación del color de los granos de trigo.

Methods

Cross wheat having white kernels and wheat having purple kernels. Intercross the F_1 to produce F_2 .

P generation

$A^+A^+B^+B^+$ × $A^-A^-B^-B^-$



Results

F₁ generation

$A^+A^-B^+B^-$



Break into simple crosses

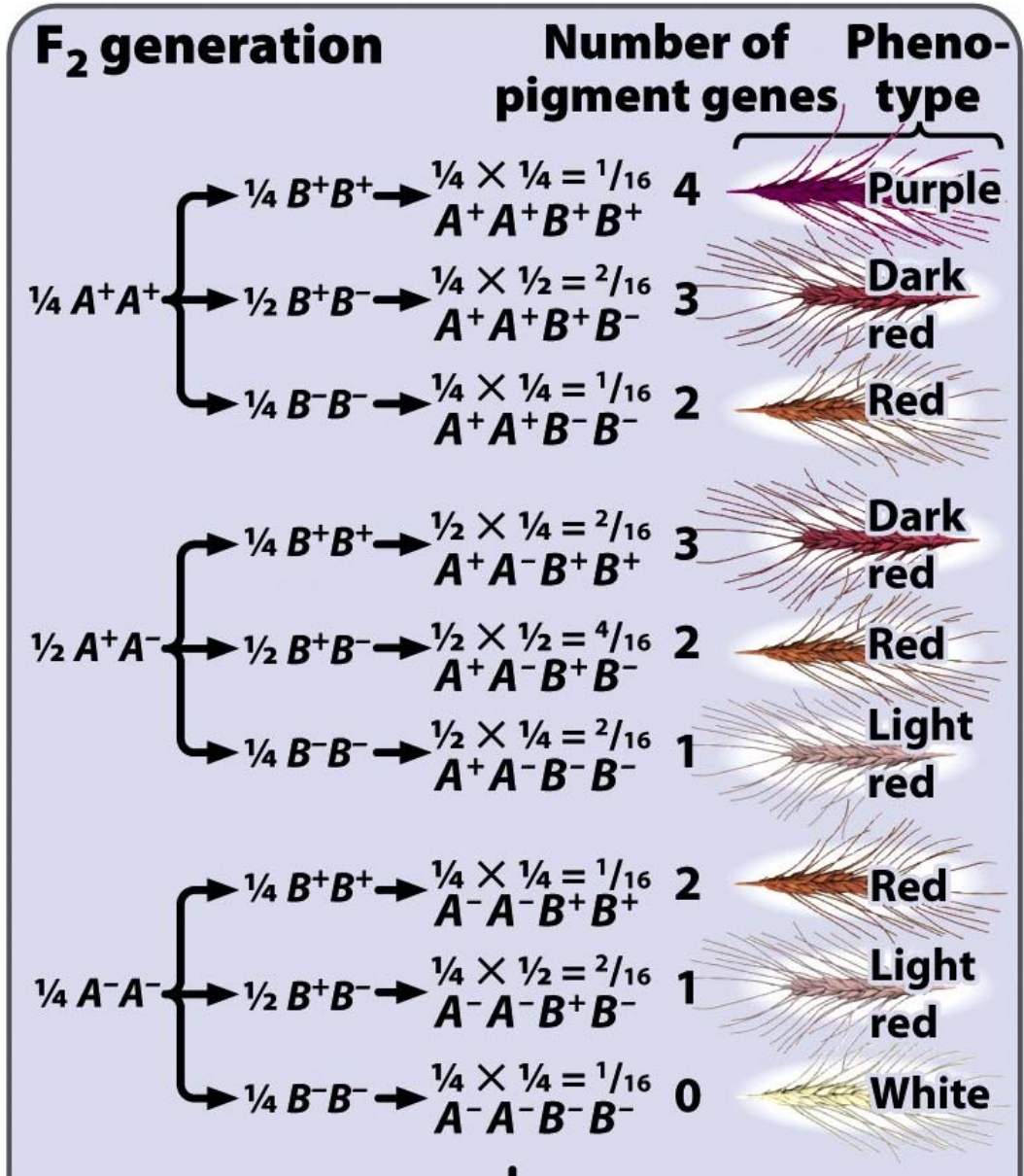
A^+A^- × A^+A^-

B^+B^- × B^+B^-

$\frac{1}{4} A^+A^+$ $\frac{1}{2} A^+A^-$ $\frac{1}{4} A^-A^-$ $\frac{1}{4} B^+B^+$ $\frac{1}{2} B^+B^-$ $\frac{1}{4} B^-B^-$






Combine results

Herencia de los
Caracteres con
Variación Continua



Herencia de los
Caracteres con
Variación Continua

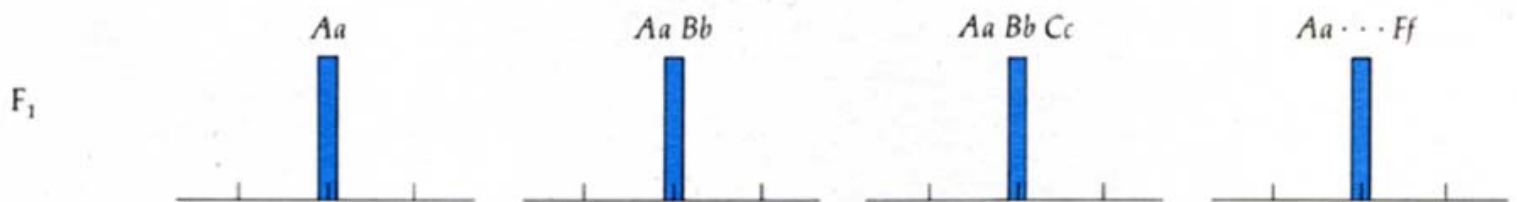
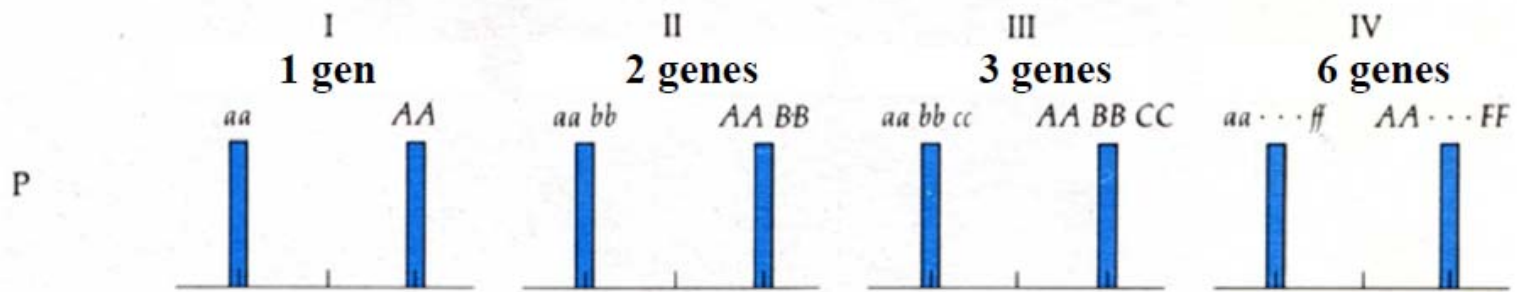
Determinación del color de los granos de trigo.

F₂ ratio	Number of	Phenotype
Frequency	pigment genes	
1/16	4	 Purple
4/16	3	 Dark red
6/16	2	 Red
4/16	1	 Light red
1/16	0	 White

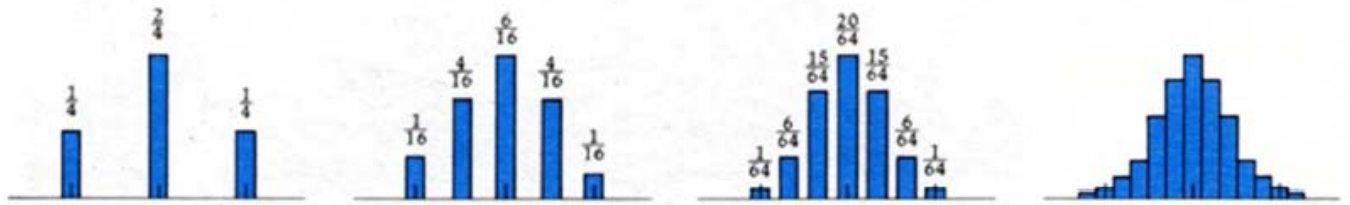
Herencia de los
Caracteres con
Variación Continua

Determinación del color de los granos de trigo.

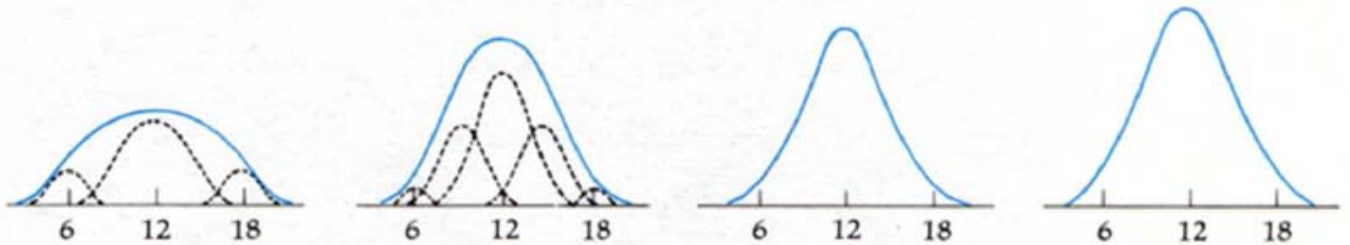
- En este caso **dos genes** determinan el carácter.
- No hay alelos dominantes/recesivos**, sino alelos que producen o no pigmento.
- El efecto de los genes es **aditivo**, cada gen contribuye de igual modo al color.
- El **fenotipo** se determina sumando los efectos de todos los genes.



F₂ (no hay variación ambiental)



F₂ (hay algunas variaciones ambientales)



Modelo Aditivo

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	$\frac{1}{4}$					$\frac{2}{4}$						$\frac{1}{4}$	
2	$\frac{1}{16}$		$\frac{4}{16}$			$\frac{6}{16}$			$\frac{4}{16}$			$\frac{1}{16}$	
3	$\frac{1}{64}$		$\frac{6}{64}$		$\frac{15}{64}$		$\frac{20}{64}$		$\frac{15}{64}$		$\frac{6}{64}$	$\frac{1}{64}$	
6	$\frac{1}{4096}$	$\frac{12}{4096}$	$\frac{66}{4096}$	$\frac{220}{4096}$	$\frac{495}{4096}$	$\frac{792}{4096}$	$\frac{924}{4096}$	$\frac{792}{4096}$	$\frac{495}{4096}$	$\frac{220}{4096}$	$\frac{66}{4096}$	$\frac{12}{4096}$	$\frac{1}{4096}$

Modelo Aditivo

	<i>1 locus</i>	<i>2 loci</i>	<i>3 loci</i>	<i>n loci</i>
<i>Gametos distintos producidos por el polihíbrido en la F1</i>	2 (A,a)	4 (AB, ab, Ab, aB)	8 (ABC, ABc, Abc, abc, aBC, abC, AbC, aBc)	2^n
<i>Nº de genotipos distintos en la F2</i>	3 (AA, Aa, aa)	9 (AABB, AaBB, aaBB, AABb, AaBb, Aabb, aaBB, AAbb, aabb)	27 (AABBCC, ..., aaabbbccc)	3^n
<i>Nº de fenotipos distintos en la F2</i>	3	5	7	$2n+1$
<i>Proporción de la F2 con fenotipo parental</i>	$1/4$ (AA/aa)	$1/16$ (AABB/aabb)	$1/64$ (AABBCC/aab bcc)	$1/4^n$

Caso Práctico...

En una especie vegetal dada, el peso de las semillas es un rasgo controlado por tres loci independientes. Cada uno de los alelos mayúscula de dichos loci contribuye con 15 mg al peso final de la semilla, mientras que los recesivos contribuyen sólo con 10 mg.

a) *¿Cuál será el peso de las semillas de la F₁ de un cruzamiento entre dos líneas homocigóticas AAB₂B₂C₂C (90 mg) y aabbcc (60 mg)?*

Genotipo de los individuos de la F₁:

$$\mathbf{AaBbCc = 75 \text{ mg}}$$

Caso Práctico...

b) ¿Cuántos genotipos y fenotipos posibles esperaría tener tras la autofecundación de las plantas de la F_1 ? ¿Qué proporción tendrá el fenotipo parental?

	ABC	Abc	ABc	aBC	abC	aBc	AbC	abc
ABC	AABBCC	AABbCc	AABbCc	AaBBCC	AaBbCC	AaBBcC	AABbCC	AaBbCc
Abc	AABbCc	AAbbcc	AABbcc	AaBbCc	AabbCc	AaBbcc	AAbbCc	Aabbcc
ABc	AABbCc	AABbcc	AABBcc	AaBBcC	AaBbCc	AaBBcc	AABbCc	AaBbcc
aBC	AaBBCC	AaBbCc	AaBBcC	aaBBCC	aaBbCC	aaBBcC	AaBbCC	aaBbCc
abC	AaBbCC	AabbCc	AaBbCc	aaBbCC	aabbCC	aaBbCc	AabbCC	aabbCc
aBc	AaBBcC	AaBbcc	AaBBcc	aaBBcC	aaBbCc	aaBBcc	AaBbCc	aaBbcc
AbC	AABbCC	AAbbCc	AABbCc	AaBbCC	AabbCC	AaBbCc	AAbbCC	Aabbcc
abc	AaBbCc	Aabbcc	AaBbcc	aaBbCc	aabbCc	aaBbcc	AabbCc	aabbcc

Genotipos posibles: $3^n = 27$
Fenotipos posibles: $2n+1 = 7$

Individuos con fenotipo parental:

$$\mathbf{AABBCC} = 1/64$$

$$\mathbf{Aabbcc} = 1/64$$

Caso Práctico...

c) ¿Qué proporción de las semillas de la F_2 tendrá el mismo peso que las de la F_1 ?

	ABC	Abc	ABc	aBC	abC	aBc	AbC	abc
ABC	AABBCC	AABbCc	AABBCCc	AaBBCC	AaBbCC	AaBBCc	AABbCC	AaBbCc
Abc	AABbCc	AAbbcc	AABbcc	AaBbCc	AabbCc	AaBbcc	AAbbCc	Aabbcc
ABc	AABBCCc	AABbcc	AABBcc	AaBBCCc	AaBbCc	AaBBcc	AABbCc	AaBbcc
aBC	AaBBCC	AaBbCc	AaBBCCc	aaBBCC	aaBbCC	aaBBCc	AaBbCC	aaBbCc
abC	AaBbCC	AabbCc	AaBbCc	aaBbCC	aabbCC	aaBbCc	AabbCC	aabbCc
aBc	AaBBCCc	AaBbcc	AaBBcc	aaBBCc	aaBbCc	aaBBcc	AaBbCc	aaBbcc
AbC	AABbCC	AAbbCc	AABbCCc	AaBbCC	AabbCC	AaBbCc	AAbbCC	Aabbcc
abc	AaBbCc	Aabbcc	AaBbcc	aaBbCc	aabbCc	aaBbcc	AabbCc	aabbcc

	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	$\frac{1}{4}$					$\frac{2}{4}$						$\frac{1}{4}$	
2	$\frac{1}{16}$		$\frac{4}{16}$			$\frac{6}{16}$		$\frac{4}{16}$				$\frac{1}{16}$	
3	$\frac{1}{64}$	$\frac{6}{64}$		$\frac{15}{64}$		$\frac{20}{64}$		$\frac{15}{64}$		$\frac{6}{64}$		$\frac{1}{64}$	
6	$\frac{1}{4096}$	$\frac{12}{4096}$	$\frac{66}{4096}$	$\frac{220}{4096}$	$\frac{495}{4096}$	$\frac{792}{4096}$	$\frac{924}{4096}$	$\frac{792}{4096}$	$\frac{495}{4096}$	$\frac{220}{4096}$	$\frac{66}{4096}$	$\frac{12}{4096}$	$\frac{1}{4096}$

**Individuos con 3 Alelos
Mayúscula: 20/64**

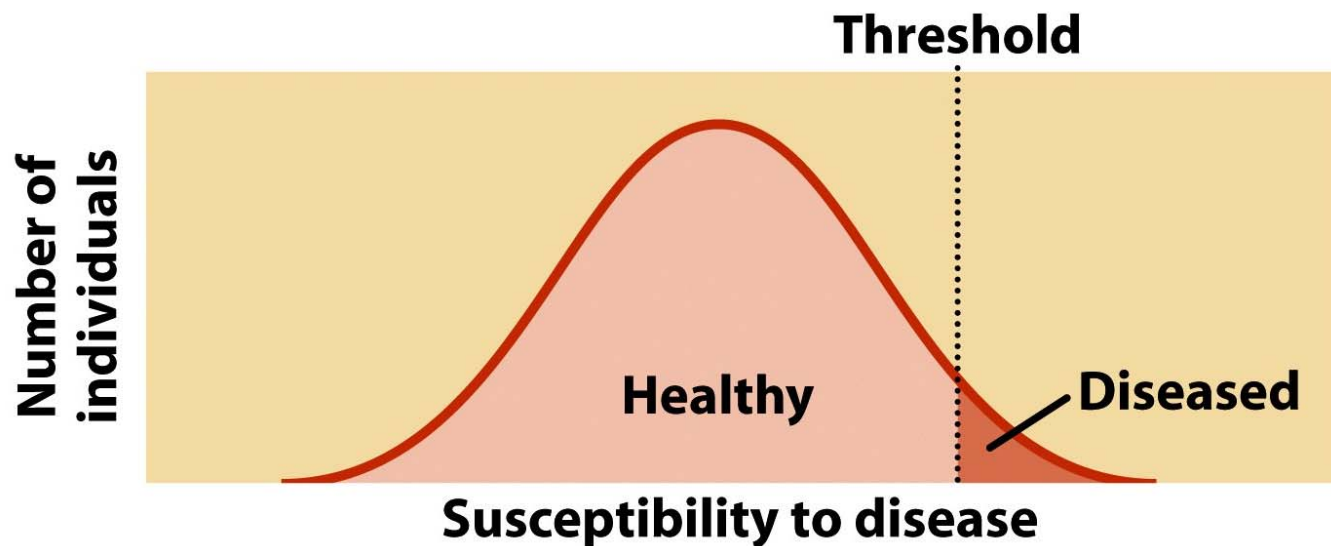
CARÁCTERES MERÍSTICOS: son caracteres cuantitativos controlados por poligenes pero que no tienen un rango continuo de fenotipos. Son medidos en *números enteros*.

Por ejemplo el número de descendientes, o el número de quetas en *Drosophila*



CARÁCTERES UMBRAL: son poligénicos, pero se distinguen de los caracteres continuos y merísticos por poseer un *pequeño número de clases fenotípicas*. Normalmente hablamos de presencia o ausencia.

Son de gran interés, ya que hay muchas enfermedades que presentan este tipo de herencia.



Variación Continua: Distribución de Frecuencias

Sugar beet percentage of sucrose

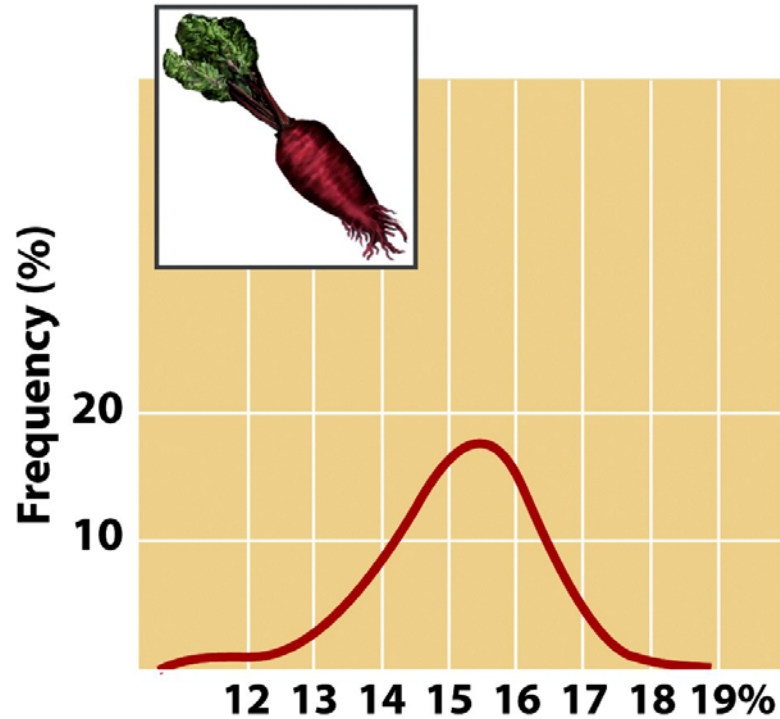


Figure 24-7a
Genetics: A Conceptual Approach, Third Edition
© 2009 W.H. Freeman and Company

Variación Continua: Distribución de Frecuencias

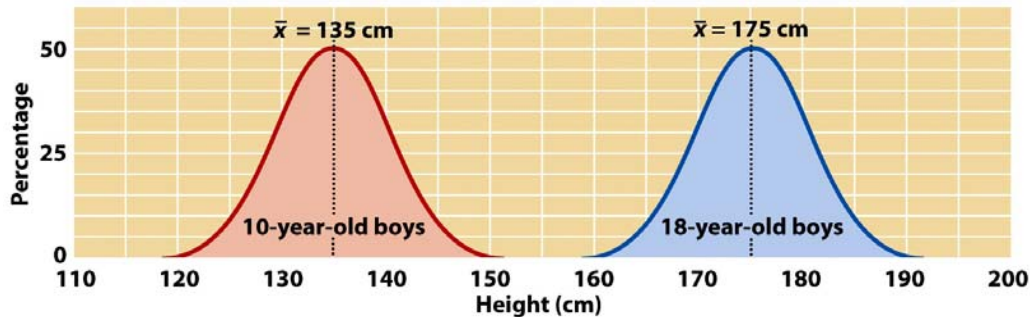


Figure 24-8
Genetics: A Conceptual Approach, Third Edition
© 2009 W. H. Freeman and Company

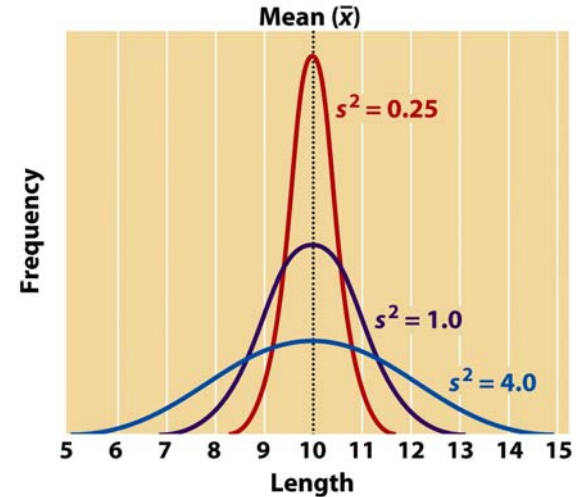


Figure 24-9
Genetics: A Conceptual Approach, Third Edition
© 2009 W. H. Freeman and Company

Media (promedio): describe el valor medio de una distribución de mediciones.

$$\text{Medición 1} + \text{Medición 2} + \dots + \text{Medición } n$$

n

Varianza: describe la variabilidad o dispersión de un grupo de medidas.

$$s^2 = \frac{\sum (\text{Medición } n - \text{Media})^2}{n-1}$$

Variación Continua: Distribución de Frecuencias

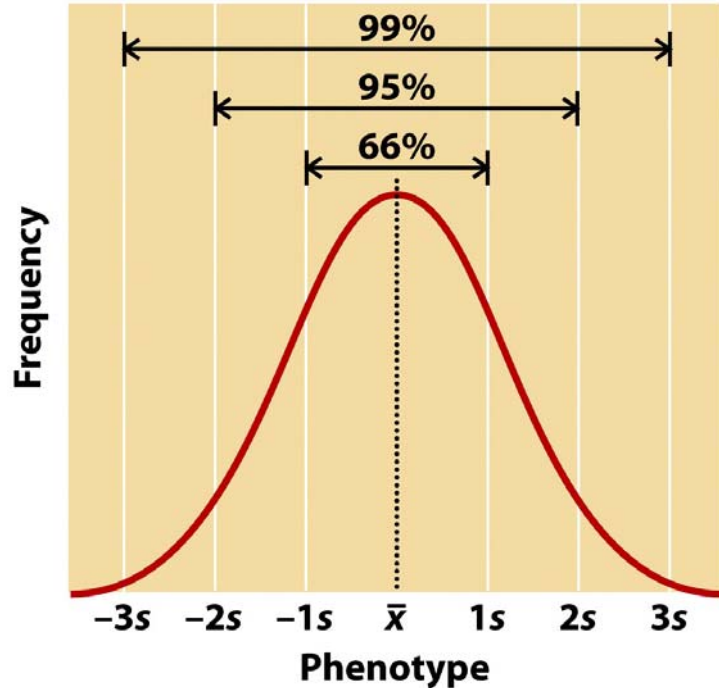


Figure 24-10
Genetics: A Conceptual Approach, Third Edition
© 2009 W.H. Freeman and Company

Desviación estándar: otro parámetro estadístico referido a la varianza. Es la raíz cuadrada de la varianza y se expresa en las mismas unidades que las mediciones.



- Media +- 1 desviación estándar:** 66% de las mediciones.
- Media +- 2 desviaciones estándar:** 95% de las mediciones.
- Media +- 3 desviaciones estándar:** 99% de las mediciones.

Heredabilidad de un Carácter



Genotipo

+



Ambiente



Fenotipo



Heredabilidad: proporción de la variabilidad fenotípica explicable únicamente por diferencias genotípicas.

Componentes de la Heredabilidad de un Carácter

$$V_F = V_G + V_A + V_{GA}$$

V_G o Varianza Genética: debida a diferencias genotípicas entre los individuos.



[*Varianza Aditiva*]

[*Varianza por Dominancia*]

[*Varianza por Interacción Génica*]

Componentes de la Heredabilidad de un Carácter

$$V_F = V_G + V_A + V_{GA}$$

V_A o Varianza Ambiental: debida a diferencias que pueden atribuirse a factores ambientales específicos.

Componentes de la Heredabilidad de un Carácter

$$V_F = V_G + V_A + V_{GA}$$

V_{GA} o Varianza de la interacción Genético-Ambiental: se refiere a genes cuya expresión depende del ambiente específico en que se encuentra.

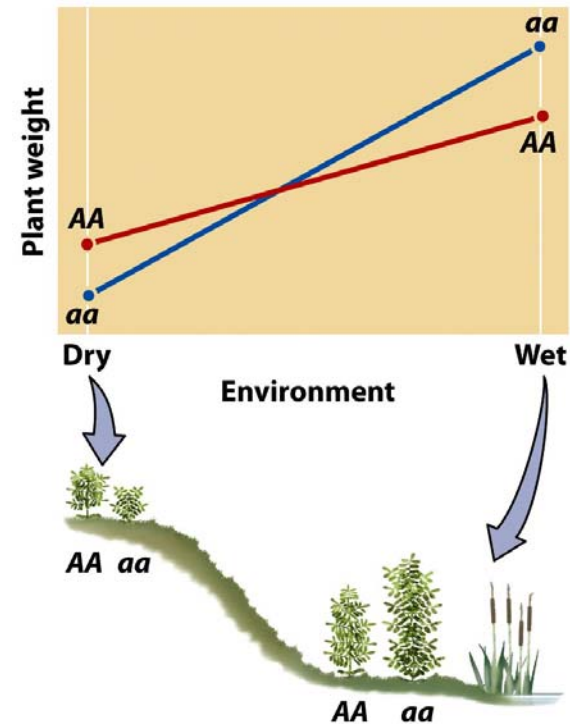


Figure 24-16
Genetics: A Conceptual Approach, Third Edition
© 2009 W.H. Freeman and Company

Norma de Reacción

Cálculo de la Heredabilidad de un Carácter

Heredabilidad en sentido amplio (H^2): proporción de la varianza fenotípica que se debe a la varianza genética.

$$V_F = V_G + V_A + V_{GA}$$

$$H^2 = \frac{V_G}{V_F}$$

Cálculo de la Heredabilidad de un Carácter

Cálculo Eliminando Componentes de la Varianza: simplificamos la ecuación eliminando ciertos elementos.

$$H^2 = \frac{V_G}{V_F}$$

$V_A = 0$ ($V_{GA} = 0$): todos los individuos son criados en el mismo ambiente.

$$V_F = V_G$$

Cálculo de la Heredabilidad de un Carácter

Cálculo Eliminando Componentes de la Varianza: simplificamos la ecuación eliminando ciertos elementos.

$$H^2 = \frac{V_G}{V_F}$$

$V_G = 0$ ($V_{GA} = 0$): todos los individuos son genéticamente idénticos (clones).

$$V_F = V_A$$

Cálculo de la Heredabilidad de un Carácter

Heredabilidad del color del pelo en una granja de cobayas:

Experimento 1: criamos individuos de cobaya y calculamos la varianza del rasgo en cuestión. Toda la variación que veamos será considerada fenotípica.

$$V_F = V_G + V_A = 573$$

Experimento 2: criamos un subgrupo de individuos idénticos genéticamente de estas cobayas, obtenidos a partir de cruzamientos endogámicos sucesivos y calculamos la varianza. Toda la variación que veamos será debida al ambiente.

$$V_A = 340$$

$$V_G = V_F - V_A = 573 - 340 = 233 \quad H^2 = \frac{V_G}{V_F} = \frac{233}{573} = 0,41$$

Valores de Heredabilidad e Implicaciones

$$0 < h^2 < 0.25$$
$$0.25 < h^2 < 0.5$$
$$0.5 < h^2 < 1$$

Heredabilidad **Baja**

Heredabilidad **Media**

Heredabilidad **Alta**

Los caracteres con *heredabilidad alta* presentan una **componente genética aditiva** más importante que otras componentes. ***Se pueden mejorar con más facilidad.***

En los caracteres con *heredabilidad baja*, **otras componentes** como la ambiental, tienen más importancia. ***Son difíciles de mejorar.***

Mejora Genética

¿Se puede seleccionar una característica para su mejora de forma indefinida?



Cuando se selecciona una característica durante muchas generaciones, **la respuesta se estabiliza** y la característica deja de responder a la selección.



Se **agota la variabilidad genética** en la población, los individuos son homocigóticos. La **Heredabilidad** se hace 0.



La **Selección Natural** se *opone* al cambio.

Limitaciones de la Heredabilidad

No indica el grado de **determinación genética** de una característica.

No es una característica individual. **Un individuo no tiene heredabilidad.**

No existe una **heredabilidad universal** para un carácter.

Aun cuando la heredabilidad sea alta, los **factores ambientales** pueden tener gran influencia en una característica.

QTLs (Quantitative Trait Loci): Loci de Rasgos Cuantitativos

Las regiones cromosómicas con genes que controlan las características poligénicas se denominan **QTLs**

Si la herencia de un marcador genético se asocia de forma constante con la herencia de una característica determinada (como la estatura elevada), entonces ese marcador debe estar ligado con un QTL que afecte a dicha característica.

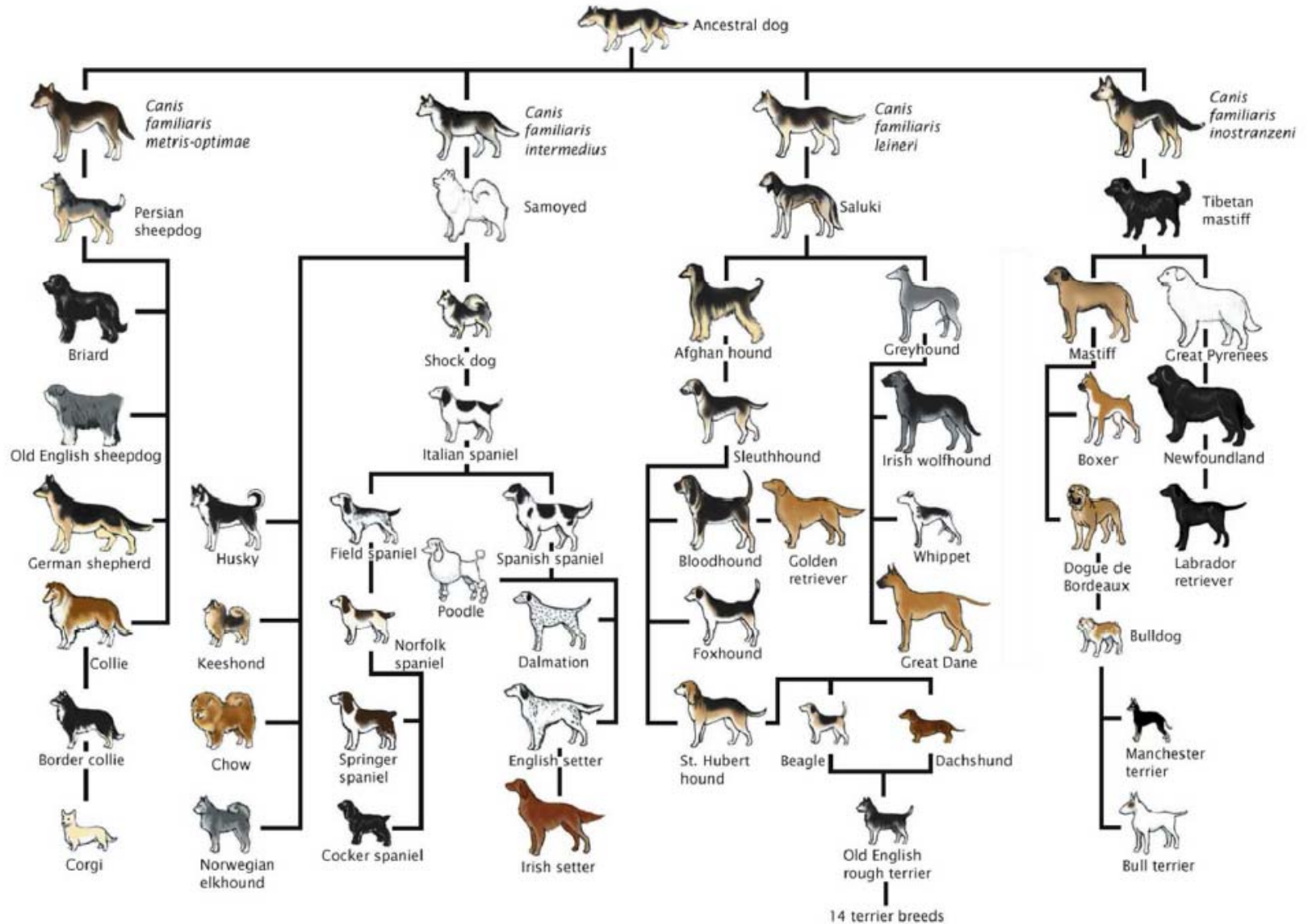
Table 24.2 Quantitative characteristics for which QTLs have been detected

Organism	Quantitative Characteristic	Number of QTLs Detected
Tomato	Soluble solids	7
	Fruit mass	13
	Fruit pH	9
	Growth	5
	Leaflet shape	9
	Height	9
Corn	Height	11
	Leaf length	7
	Tiller number	1
	Glume hardness	5
	Grain yield	18
	Number of ears	9
	Thermotolerance	6
Common bean	Number of nodules	4
Mung bean	Seed weight	4
Cow pea	Seed weight	2
Wheat	Preharvest sprout	4
Pig	Growth	2
	Length of small intestine	1
	Average back fat	1
	Abdominal fat	1
Mouse	Epilepsy	2
Rat	Hypertension	2

Logros de la Mejora Genética



Logros de la Mejora Genética



QTLs (Quantitative Trait Loci): Loci de Rasgos Cuantitativos

