



CONSANGUINIDAD

SINONIMIA:

INBREEDING ENDOCRÍA o solo CONSANGUINIDAD.

DEFINICIÓN

Es el apareamiento entre parientes. Sin embargo esta es la definición más simple porque todos los animales dentro de una población están emparentados en algún grado. Una definición más técnica o correcta de consanguinidad sería:

Es el apareamiento de animales más estrechamente emparentados que el promedio de la población de la cual provienen.

Puede surgir por:

- a) Apareamiento dirigido, como metodología zootécnica.
- b) En poblaciones con apareamientos al azar, ya que cuando el tamaño de la población es pequeño, es inevitable que muchos de los individuos que se aparean sean parientes.

Ambos producen consanguíneos y mayor grado de homocigosis.

Al tener como fundamento, el empleo de individuos emparentados, se debe determinar con precisión, el concepto de parientes y la relación de parentesco existente.

CONCEPTO DE PARENTESCO

Dos o más individuos son parientes cuando tienen por lo menos 1 **antepasado o ancestro común**.

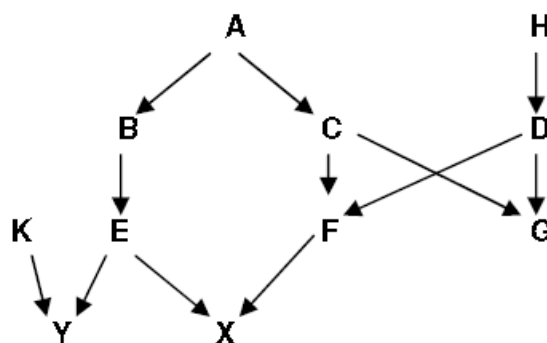
En el contexto de la consanguinidad, el término se refiere **a un ancestro común a los padres de un individuo** consanguíneo.

Los individuos cuyos padres son parientes pueden recibir el mismo gen por el lado paterno y por el materno.

El individuo cuyos progenitores están emparentados, se dice que es consanguíneo o que tiene consanguinidad.

Es decir que la consanguinidad es una propiedad de un individuo y es la de tener **en homocigosis una mayor cantidad de genes**, que los individuos no emparentados.

El siguiente cuadro representa un pedigrí o árbol genealógico, donde las letras representan los nombres de los individuos que lo componen y las flechas las relaciones de descendencia en la dirección del progenitores hacia la progenie.



En el diagrama anterior **E y G son parientes**, pues tienen **un antepasado común que es A** (es el abuelo de ambos).

F y G son hermanos enteros y sus **antepasados comunes son C y D** que son sus padres.

En cambio **C y D no son parientes** (no presentan antepasado común) , por lo tanto, **ni F, ni G son consanguíneos**.

El individuo **X si es consanguíneo, ya que sus padres, E y F son parientes** (cuyo antepasado común es A). Mientras que su medio hermano **Y por el contrario no es consanguíneo**, porque sus padres **K y E no son parientes**, (no tienen antepasado común).



La **relación de parentesco es entre dos individuos**, por ejemplo medio hermanos como X e Y, mientras la **consanguinidad es propiedad de el propio individuo**, como X.

El **parentesco puede ser directo** (el de los antepasados y descendientes) **o colateral** (son los no emparentados como antepasados o descendientes).

COEFICIENTE DE PARENTESCO

Es una expresión de la **probabilidad de que dos individuos posean genes idénticos por ser copias de un mismo gen presente en un ancestro común**.

Esta probabilidad está muy por encima de los que se encuentran una población tomada como base (original).

Es decir mide la cantidad de material genético que pueden tener similar.

Dos animales cualquiera, que pertenecen a una misma raza tienen muchos genes en común por el hecho de pertenecer a la misma raza.

Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$R_{xy} = \sum (1/2)^N$$

Donde:

1. **R_{xy}**: es el coeficiente de parentesco entre los individuos x e y.

\sum : significa sumatoria.

N: es el número de generaciones que separa al antecesor común del otro progenitor.

Por ejemplo entre hermanos enteros (descendencia de mismo padre y madre) hay un coeficiente de parentesco del 50% (o 0,5), solo la mitad de sus genes pueden ser iguales.

En medios hermanos el 25% de sus genes pueden ser iguales. Tiene significación de un valor medio por eso tiene más utilidad cuando nos referimos a un grupo de individuos.

En la práctica es de importancia conocer la relación de parentesco entre los individuos.

- 🕒 Por ejemplo, para conocer el precio que se puede pagar por un animal que tiene un pedigree similar a otro vendido recientemente, a un alto precio.
- 🕒 Otro uso sería para medir caracteres como la calidad de las reses, que no pueden ser evaluadas hasta después de la muerte del animal. En este caso la evaluación de la res de algún pariente cercano, podría dar indicación de lo que daría el individuo en cuestión. El valor de un pariente en este caso, sería proporcional al grado en que estarían emparentados los dos animales. Esto es utilizado corrientemente en el las pruebas de testaje de cerdos reproductores híbridos terminales.
- 🕒 Aprovechar el patrimonio genético de individuos que no están disponibles para la reproducción (por haber muerto, edad avanzada, distancias, etc). Se puede utilizar uno de sus parientes, en base al coeficiente de parentesco, que nos indica que fracciones de los genes del individuo puede ser de hecho aprovechada.
- 🕒 Cuando se desea conocer el valor genético de un individuo de cuyo desempeño se tiene poca o ninguna información, pero que tiene un pariente próximo con registros conocidos. Por ejemplo si una vaca producía 1000 kg de leche por encima de la media de la población base, se espera que sus hijas puedan producir el equivalente a 500 kg por encima de la media de la población ya que ambas poseen el 50 % de genes en común.
- 🕒 Estas diferencias *son teóricas* ya que los efectos del azar en la formación de las gametas, de los efectos genéticos no aditivos y de los efectos ambientales pueden resultar en variaciones mayores que las esperadas.

EFECTOS GENÉTICOS DE LA CONSANGUINIDAD

El número de cromosomas característico de cada especie doméstica es el siguiente:

Bovinos 30 pares ($2n = 60$)



Búfalos de río: 24 pares (2 n = 48)

Búfalo de pantano: 27 (2 n = 54)

Ovinos: 27 pares (2 n = 54)

Cerdos: 19 pares (2 n = 38)

Gallinas: 39 pares (2 n = 78)

Humanos: 23 pares (2 n = 46)

Cada uno de los integrantes del par proviene de uno de los progenitores.

Cuando un animal tiene la misma clase de instrucciones genéticas (alelos) en cada cromosoma, el individuo es homocigota para ese efecto génico.

Cuando tiene una copia de cada uno de los dos alelos diferentes el animal es heterocigota para ese efecto génico.

La consanguinidad tiene varios efectos, pero el más importante y del cual derivan todos los otros es un aumento en la homocigosidad: **un aumento en el número de loci homocigotas en los individuos consanguíneos y un incremento en la frecuencia de genotipos homocigotas en una población consanguínea.**

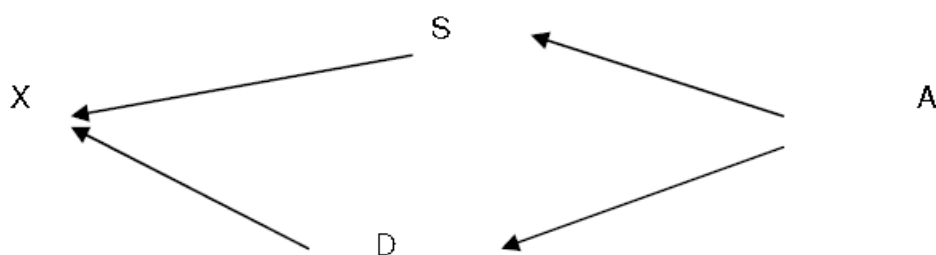
Cuando el mismo antecesor aparece repetido cercanamente en el pedigree de un animal, la probabilidad de que sus cromosomas contengan alelos iguales (por ser copia del antecesor repetido), es mucho mayor que si el individuo proviniera del apareamiento al azar de dos individuos de esa población.

La conexión entre el apareamiento entre parientes y el aumento de la homocigosis se explicará mediante el siguiente diagrama

(ESQUEMA QUE REPRESENTA UN PEDEGRRE)

X	S (PADRE)	A (ABUELO PATERNO)
		B (ABUELA PATERNA)
	D (MADRE)	A (ABUELO MATERNO)
		C (ABUELA MATERNA)

(DIAGRAMA DE FLECHAS)



El animal X es consanguíneo porque sus padres S y D son medios hermanos y tienen un antecesor común en el individuo A.

X pudo haber heredado de su padre y madre copias idénticas de un alelo presente en A.

El apareamiento consanguíneo incrementa la posibilidad de que X sea homocigota para ese alelo.

También se incrementa la posibilidad de que X sea homocigota para cualquier otro de los genes de A.

Se puede ver entonces que la consanguinidad causa un incremento en la proporción de loci, en los cuales un individuo es homocigota y una disminución correspondiente de loci en los cuales ese individuo es heterocigota.

La consanguinidad no solo aumenta la probabilidad de que se incremente el número de pares génicos homocigotas dominantes, sino que lo hace también con los alelos recesivos, y estos en general tienen efectos menos deseables que los dominantes.

Todos los efectos "fenotípicos" de la consanguinidad resultan de ese efecto genotípico, por lo que es importante entender cómo se obtiene la homocigosis.



Para ilustrar esto se utilizará en el siguiente cuadro un solo par de genes heterocigota **Dd**, suponiendo que es una planta que se reproduce por autofecundación, y que no se selecciona en favor ni en contra de ningún gen.

Aquí se supone que son 1600 individuos heterocigóticos para los 2 genes (Dd). El apareamiento de individuos heterocigotas dará una relación fenotípica en la primera generación: 1DD: 2Dd:1dd.

En las generaciones siguientes, ocurre un cambio en el porcentaje de heterocigóticos en población, conjuntamente con un aumento de los homocigóticos

Ejemplo de la homocigosis que produce la consanguinidad en la población: éste ejemplo supone autofecundación sin selección contra el gen recesivo.

N° de generación	Genotipo			% de pares de genes homocigotas	Frecuencia del gen d	Frecuencia del genotipo dd
0	1600 Dd			0	50	0
1	400 DD	800 Dd	400 dd	50	50	0,25
2	400 DD + 400 DD	400 Dd	200 dd + 400 dd	75	50	0,375
3	600 DD + 100 DD	200 Dd	100 dd + 600 dd	87,5	50	0,437
4	700 DD + 50 DD	100 Dd	50 dd + 700 dd	93,8	50	0,468
5	750 DD + 25 DD	50 Dd	25 dd + 750	96,9	50	0,484

En el cuadro se observa que en ausencia de selección, la consanguinidad **no afecta las frecuencias génicas**, que permanecen constantes de generación en generación.

La consanguinidad en los animales donde no se realiza autofecundación, progresará en la misma forma, excepto que la homocigosis aumentaría en forma más lenta.

CONSECUENCIAS DEL EFECTO GENOTÍPICO (HOMOCIGOSIS)

☞ **No aumenta el número de alelos recesivos** en una población sino que solamente los trae a la luz (se expresan fenotípicamente) por el aumento de la homocigosis.

Ver en el esquema, que aunque **la frecuencia de individuos homocigotas recesivos (dd) aumenta marcadamente**, a medida que aumenta la consanguinidad, **la frecuencia del gen d no cambió** de la primera a la 5ta generación.



- Q La **proporción de genes recesivos es la misma** de la 1ra. a la 4ta. generación pero estaban ocultos por tener el par dominante.
- Q La homocigosis **no descubre genes dominantes** pero si **aumenta las posibilidades** de que los animales **portadores de genes dominantes sean homocigotas (DD)**. Como fisiológicamente los dominantes tienen un efecto favorable generalmente, (mientras los recesivos efecto desfavorable) la eliminación de éstos debe dar por resultado un aumento de la frecuencia de genes dominantes favorables en una población. **El criador que la use debe estar preparado para rechazar muchos animales**. Requiere de la producción de **gran número de animales** para formar una línea y por esta razón es **costosa**.
- Q **Fija los caracteres** sean los efectos favorables o desfavorables. Muchas veces éstos se fijan en la población antes de ser descubiertos.

EFFECTOS FENOTÍPICOS DE LA CONSANGUINIDAD

1. Prepotencia

Una consecuencia del aumento de la homocigosidad causada por la consanguinidad es una gran prepotencia en los individuos consanguíneos.

Se define prepotencia como la habilidad de un individuo de producir una progenie cuyo rendimiento /comportamiento/ performance es especialmente parecida a la suya propia y / o es especialmente uniforme.

Por causa de que los individuos consanguíneos tienen menor cantidad de loci heterocigotas que los no consanguíneos, ellos no pueden producir tantas clases de gametas diferentes.

El resultado es una menor cantidad de cigotos diferentes y en consecuencia una menor variación en las crías.

Veamos un ejemplo hipotético para comparar un individuo consanguíneo homocigota en tres o cuatro loci que afectan a un determinado carácter versus uno no consanguíneo homocigota en solo uno de cuatro loci.

- A. Individuo consanguíneo: AABbCCdd
- B. Individuo no consanguíneo: AaBbBBDD

A) Posibles gametas de un individuo consanguíneo:

ABCd
AbCd

B) Posibles gametas de un individuo no consanguíneo:

ABCD
ABCd
AbCD
AbCd
Abcd
ABCd
AbCD
abCd

Se deduce claramente que el consanguíneo produce menos gametas y por lo tanto menos cigotos que el no consanguíneo.

Aunque el ejemplo considera solamente cuatro loci, el mismo principio se aplica con un número mayor de loci, típico de los caracteres poligénicos.



Es más probable que un individuo consanguíneo sea prepotente si sus loci homocigotas contienen mayormente alelos dominantes. Sus crías tendrán entonces al menos un alelo dominante en cada uno de esos loci.

Si la dominancia es completa, el efecto de esos loci en las crías será el mismo que en su progenitor consanguíneo, independientemente de los genes con que contribuya el otro progenitor. La progenie se asemejará más a uno de sus progenitores.

Generalmente se tiende a sobredimensionar la importancia de la prepotencia.

La verdadera prepotencia es posible de observarse solamente para **caracteres de herencia simple o por los caracteres poligénicos de alta heredabilidad**.

Cuando la heredabilidad es baja, los efectos ambientales influyen sobre la performance en los individuos en mayor grado que los efectos genéticos sustituyendo cualquier consecuencia de tener gametas más uniformes.

2. Expresión de alelos recesivos indeseables con efectos mayores

Es la expresión de alelos recesivos indeseables con efectos mayores y es este aspecto de la consanguinidad más que cualquier otro el que le da mala reputación.

Es verdad que esos efectos son causados por alelos recesivos que frecuentemente salen a la luz en poblaciones consanguíneas. Pero la consanguinidad **no crea alelos recesivos indeseables**; ellos deben estar presentes en la población, la consanguinidad por sí misma simplemente incrementa la homocigosis y lo hace sin considerar si las combinaciones homocigotas formadas contienen alelos dominantes o recesivos, por lo tanto incrementa la posibilidad de que alelos recesivos se vuelvan homocigotas y se expresen.

Por ejemplo: si consideramos una anomalía conocida como la hernia diafragmática, defecto congénito (ocurre durante el desarrollo fetal) del diafragma del perro. El alelo recesivo que causa el problema se encuentra en una baja frecuencia en la población general, de manera que las probabilidades de cualquier apareamiento no consanguíneo de lugar a este defecto, es extremadamente baja. Sin embargo, si un perro que posee el alelo recesivo es apareado con una de sus hijas, es mucho más alta la posibilidad de producir un cachorro afectado.

La consanguinidad incrementa la incidencia de la expresión de genes recesivos indeseables y si bien eso es un problema, también es posible utilizar este método combinado con selección para eliminar estos de una población.

Se asocia a la consanguinidad con defectos genéticos tales como el amputado, enanismo, contractura muscular en ovejas. Enanismo, acondroplasia, agnata, amputado, patas curvas, labio leporino, hipoplasia del ovario, hidrocefalia en el bovino. Sply leg, atresia del ano, remolinos de pelo, hemofilia, hidrocefalia, ojos rojos en Hamshire y pico de loro o prognatismo superior en el cerdo. En el equino, abraquia, aniridia, atresia coli, hernia escrotal, hernia umbilical.

3. Depresión consanguínea

La expresión de genes recesivos indeseables con genes mayores particularmente letales y subletales, es una consecuencia muy visible de la consanguinidad. Es un ejemplo de los efectos que pueden tener la consanguinidad sobre ciertos caracteres heredados por herencia simple.

Menos obvia es la expresión de alelos recesivos indeseables que influyen los *caracteres poligénicos*.

El efecto individual de esos genes es pequeño, pero tomados todos en conjunto pueden disminuir significativamente la performance de los individuos consanguíneos, muy notables en caracteres como la fertilidad o supervivencia.

Este fenómeno es conocido como **depresión consanguínea**, y ésta es un resultado directo de *la expresión de combinaciones homocigotas de alelos recesivos desfavorables*.

Es uno de los inconvenientes del uso del método y se traduce negativamente en los siguientes aspectos:



FECUNDIDAD.

VIABILIDAD. Grandes porcentajes de mortandad al principio de la vida - (perinatal - abortos)

BAJOS INDICES DE DESARROLLO.

MENOR TAMAÑO DE ADULTO

MENOS VIGOROSOS Son menos capaces de enfrentarse al ambiente los consanguíneos que los no consanguíneos.

"Es más probable que los animales consanguíneos se parezcan más por su genotipo que por su fenotipo, para caracteres de importancia económica".

Esto se debe a que muchos animales no son tan capaces de enfrentarse al ambiente, como los no consanguíneos. Por ej: Las camadas de cerdos consanguíneos son muy variables en cuanto a tamaño y peso a los 150 días, mientras que los productos de cruzamientos son más uniformes.

La variación en las camadas consanguíneas se debe más a la depresión endogámica, que a causas de orden genético, es decir a las dificultades para enfrentarse al ambiente.

Cuando los animales consanguíneos se aparean con animales no emparentados, se suelen obtener crías con fenotipo mejor de lo que se supone por su apariencia, influida por la depresión consanguínea, mientras que los animales no consanguíneos, por ejemplo los productos de un cruzamiento, pueden decepcionar con sus crías, porque su aspecto es mejor de lo que procrean (debido al vigor híbrido que no se transmite por herencia, ya que es fruto de la heterocigosis).

Ejemplos de los caracteres más estudiados como inconvenientes achacados a la Depresión consanguínea o endogámica:

- ❑ Baja de fertilidad: es una de los más manifiestos.
- ❑ Menor prolificidad; menor cantidad de lechones por menor cantidad de óvulos no fecundados.
- ❑ En pollos por ej. un 10 % de aumento de consanguinidad, ocasiona el 4 % de postura menos, el 2 % menos de incubabilidad , 5 % más de mortalidad embrionaria .

Efecto asociado con cada 1 % de aumento de consanguinidad en ganado de leche:

Carácter	Efecto promedio por cada 1 % de aumento de la consanguinidad.
Producción de leche	-22,65 Kg
Producción de grasa	-0,70 Kg
Peso nacimiento	-0,70 Kg
Mortandad(% abortos)	1,02 %

4. Aumento de la uniformidad fenotípica

Se da entre los animales consanguíneos para caracteres regidos por **genes con grandes efectos monofactoriales** como el color de la capa y la presencia de cuernos.

Esto **no es cierto para algunos caracteres cuantitativos** que están regidos por muchos pares de genes .

COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD

Como la consanguinidad tiene un efecto geno-fenotípico definido sobre muchos caracteres de importancia económica, es necesario saber medir la cantidad de consanguinidad en un árbol genealógico. El método es a través del coeficiente de consanguinidad que se puede definir como sigue:

Es una medida de la disminución en la proporción de genes heterocigóticos en los individuos de una población con respecto a la que había cuando se empezó a practicar la consanguinidad.

El coeficiente de consanguinidad es una propiedad del individuo, y cuando nos referimos a una población, nos referimos al promedio de los coeficientes de consanguinidad de todos los individuos de la población.



Wright ideó una fórmula para calcular el coeficiente de consanguinidad, considerando la probabilidad de que los gametos del padre y de la madre lleven los mismos genes.

Es estudiada como un medio para medir la cantidad de consanguinidad de un individuo o población.

Recordar que un individuo es consanguíneo cuando posee uno o más antecesores comunes por los lados paterno y materno en el pedigree.

Para calcularla se siguen los siguientes pasos:

1. Identificar él o los antecesores comunes en el pedigree.
2. Contar el número de generaciones(segmentos) desde el padre del animal hasta el ancestro común(ns), y desde la madre del animal hasta el antepasado común(nd)
3. Utilizar esos totales en la siguiente fórmula:

$$F_x = (1/2)^{ns+nd+1}$$

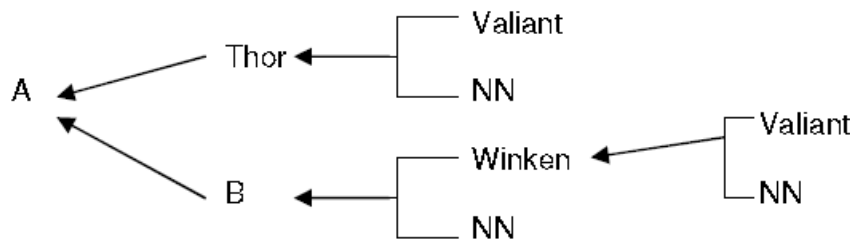
4. Repetir los pasos 2 y 3 para cada ancestro común.
5. Sumar las cantidades obtenidas en el paso 3 para obtener el coeficiente de consanguinidad que se designa con F.

En el caso de que el antepasado común también fuera consanguíneo se le agrega el siguiente paso:

$$F_x = (1/2)^{ns+nd+1} (1 + F_a)$$

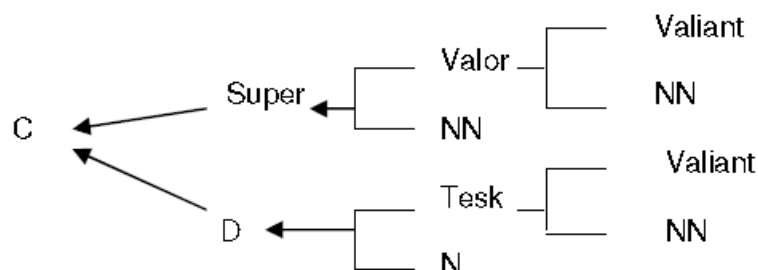
Donde F_a : es el coeficiente de consanguinidad del antepasado común; el cual hay que averiguar primero por la misma fórmula.

Ejemplo N° 1: Apareamiento hijo- nieta



1. Ancestro común = Valiant
2. Generaciones desde Thor a Valiant (ns) = 1
Generaciones desde B a Valiant (nd) = 2
3. $1/2^{(1+2+1)} = 1/2^{(4)} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 0,0625 =$ 6,25 %

Ejemplo N° 2



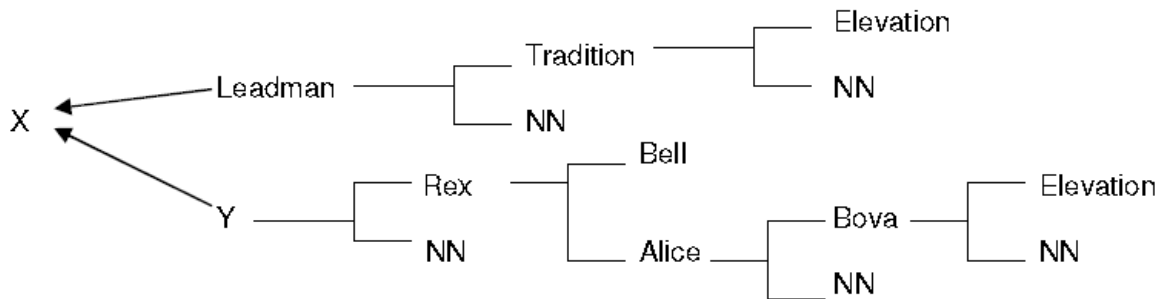
1. Ancestro común = Valiant
2. Generaciones desde Super a Valiant (ns) = 2
Generaciones desde D a Valiant (nd) = 2



$$3. \frac{1}{2} (2+2+1) = \frac{1}{2} (5) = 0,5. 0,5. 0,5. 0,5. 0,5 = 0,03125 =$$

3,125 %

Ejemplo N° 3



1. Ancestro común = Elevation
2. Generaciones desde Leadman a Elevation (ns) = 2
Generaciones desde Y a Elevation (nd) = 4

$$3. \frac{1}{2}^{(2+4+1)} = \frac{1}{2}^{(7)} = 0,5. 0,5. 0,5. 0,5. 0,5. 0,5. 0,5 = 0,0078 =$$

0,78 %

TIPOS DE CONSANGUINIDAD

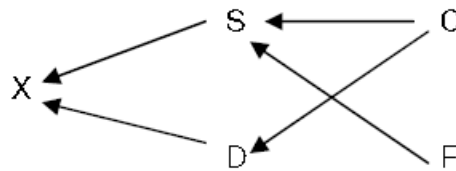
Muchos autores, dividen a la consanguinidad en distintas categorías, de acuerdo con lo estrecho del parentesco de los animales apareados y el propósito de los apareamientos.

1-Consanguinidad estrecha, cerrada: (CLOSEBREEDING)

Es el apareamiento de animales muy emparentados, como ser padre con hija, hijo con madre y hermano con hermana. Su parentesco es muy cercano, es decir que hay un mínimo de antecesores diferentes.

En el apareamiento repetido de un hermano con su hermana entera, por ejemplo, hay solamente 2 abuelos en lugar de 4, dos bisabuelos en lugar de 8, y solamente dos antecesores distintos en cada generación que se remonte hacia atrás, en lugar de los teóricamente posibles, 16, 32, 64, 128, etc., si no estuvieran emparentados.

La forma más intensiva de consanguinidad es la autofecundación, como vimos anteriormente que sucede en plantas y algunos animales inferiores.



X: individuo con alto coeficiente de consanguinidad = 50%

S: Padre de X y hermano entero de D

D: Madre de X y hermana entera de S

C: Padre de S y D, único abuelo de X.

F: Madre de S y D, única abuela de X.

2-Consanguinidad lateral, o colateral, o en línea: (LINEBREEDING)

Es el apareamiento entre animales de parentesco más lejano que en la consanguinidad estrecha; pero sigue siendo más cercana que el promedio de la población; y en la cual los productos están destinados a mantener a la descendencia emparentada en forma cercana con algún antecesor altamente admirado; por ejemplo medio hermano con media hermana o hembra con abuelos y primos.

Desde el punto de vista biológico son la misma cosa la consanguinidad estrecha como la colateral, solo difieren en su intensidad de aplicación.

En un programa de consanguinidad colateral, el grado de parentesco no es más cercano que el de medio hermano o media hermana, o entre parientes más lejanos como entre primos, abuelos o bisabuelos con sus nietos, etc.



Los ejemplos son los vistos anteriormente para aplicación del coeficiente.

POSIBLES USOS DE LA CONSANGUINIDAD Y FACTORES LIMITANTES MÁS IMPORTANTES

1) Puede utilizarse para averiguar el valor genético real de un individuo.

Por ejemplo; un reproductor macho puede ser apareado con 24 a 35 de sus propias hijas y aun mas con la I.A.

Esto probará los genes recesivos que puede llevar ese reproductor, así como también nos indicará gran parte de los genes deseables que puede poseer.

Esto produce un 25 % de consanguinidad en una generación y los individuos poseerán más pares de genes homocigotas que cualquiera de sus progenitores- (deseables y no deseables).

Este método puede ser usado con ventaja en poblaciones grandes y con I.A. donde el principal objetivo es el mejoramiento genético.

2) Como forma práctica de seleccionar en contra de un gen recesivo: que sea de importancia económica, ya que los pone en evidencia.

Pueden ser identificados los individuos que los poseen y ser desechados.

Se requiere de selección severa, entonces puede ser costoso en la mayoría de los casos.

3) Para formar familias dentro de una raza:

Practicando selección al mismo tiempo Este tipo de selección entre familias consanguíneas es más efectiva para caracteres de baja heredabilidad que la basada en el individuo.

4) Para producir pies de crías y animales prepotentes.

Debiendo determinarse cuanto puede sacrificar en baja de la producción y rendimiento (por la depresión endogámica) para aumentar la pureza de sus reproductores.

Un individuo no consanguíneo puede ser prepotente pero un consanguíneo es prepotente.

Se debe decidir si el aumento de la prepotencia o uniformidad de la carga genética compensará esa declinación.

“Pie de cría es el núcleo compuesto por animales seleccionados para la reproducción en base a la uniformización de su tipo y conformación.”

5) Actualmente es el uso más práctico es para la formación de líneas puras para luego combinarlas entre sí en cruzamientos, especialmente en aves y cerdos, para lograr altos porcentajes de vigor híbrido.

Notables esfuerzos selectivos y económicos de gran pureza genética facilita la obtención de mayores rendimientos en los cruzamientos.