



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

289653

**ANALISIS Y EVALUACION DE SISTEMAS DE
PRODUCCION PECUARIOS**

INFLUENCIA DE LOS METODOS REPRODUCTIVOS SOBRE EL
COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD EN UNA COLONIA DE
RATAS DE LA CEPA SPRAGUE-DAWLEY

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

FLOR ALEJANDRA RUZ MORENO

ASESOR: DR. BENITO LOPEZ BAÑOS

COASESOR: MVZ EDUARDO TENA BETANCOURT



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CU



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Análisis y Evaluación de Sistemas de Producción Pecuarias
Influencia de los Métodos Reproductivos sobre el Coeficiente de

Consanguinidad en una Colonia de Ratas de la Cepa Sprague-Dawley.

que presenta la pasante: Ruz Moreno Flor Alejandra

con número de cuenta: 8801978-3 para obtener el título de
Medica Veterinaria Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de Febrero de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Dr. Benito López Baños</u>	
<u>II</u>	<u>Lic. José Zagal Díaz</u>	
<u>III</u>	<u>C.P. Ramón Hernández Vargas</u>	

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Benito López Baños y al MVZ Eduardo Tena Betancourt por ayudarme en la elaboración de éste trabajo de Tesina.

Al Dr. Enrique Foyo N. Por valorarme como ser humano y alentarme en todo momento.

Al MVZ Rafael Pérez G. Por tenerme paciencia y ser mi amigo.

A mi papá Mauro Ruz Q. Por apoyarme económicamente todos mis años de estudio.

GRACIAS

DEDICATORIAS

† A mi mamá Clara Moreno Bonilla

† A mi hermano Mauro Miguel Ruz Moreno

ÍNDICE

Introducción	1
Objetivo	2
Capítulo I	
Antecedentes	3
Capítulo II	
Metodología	5
Capítulo III	
3.1 Aspectos Básicos de Genética	6
3.2 El Coeficiente de Consanguinidad	9
3.3 Sistemas de Apareamiento	14
3.4 Métodos Reproductivos	18
3.4.1 Tarjetas de Registro de Desarrollo Reproductivo	18
3.4.2 Unidades Reproductoras	19
3.4.3 Tarjetas de Registro de Control de Salidas	20
3.4.4 Libro de Registros	21
3.4.5 Tarjetas de Identificación para Jaulas	21
3.4.6 Procedimiento de Manejo Rutinario	22
3.4.6.1 Identificación	22
3.4.6.2 Detección y Aislamiento de Hembras Gestantes	22
3.4.6.3 Registro de Nacimientos	23

3.4.6.4 Destete.....	24
3.4.6.5 Elección de Nuevos Progenitores.....	24
3.5 Consecuencias de la Consanguinidad.....	25

Capítulo IV

Resultados y Discusión.....	27
Conclusión.....	37
Bibliografía.....	38
Glosario.....	41

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una recopilación de información que trata acerca de los aspectos básicos de genética que van ligados al concepto de consanguinidad y las diferentes expresiones que los genes presentan. Cuando se llevan Sistemas de Apareamiento Consanguíneo en roedores de laboratorio principalmente en ratas de la cepa Sprague-Dawley, siendo actualmente la más empleada en la Investigación Biomédica en México, se puede concluir, que los Sistemas de Apareamiento y los Métodos Reproductivos aunados a un mal manejo de ambos provoca un incremento en el Coeficiente de Consanguinidad Generacional, presentándose casos de animales con defectos no deseables tales como: Microftalmia, agenesia, baja fertilidad, retraso en el crecimiento, trastornos metabólicos etc. Por ello se propone un Sistema de Apareamiento denominado Sistema Circular de Pares Monogámicos, actualmente empleado en los E.U.A, el cual se implementa en una colonia cerrada, con la finalidad de evitar la homocigosis, manteniendo así una variabilidad genética constante para disminuir drásticamente el Coeficiente de Consanguinidad Generacional, con el objetivo de evitar el cruzamiento entre parientes y obtener como resultado animales fenotípicamente sanos y genotípicamente heterocigóticos, vinculado a un buen manejo reproductivo (2, 8, 12, 15, 16, 21).

OBJETIVO:

Describir de manera sistemática, los métodos reproductivos empleados para la preservación de un núcleo de ratas de la cepa Sprague-Dawley, destacando la presencia de condiciones deletéreas derivadas de un incremento no controlado del coeficiente de consanguinidad generacional.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

La investigación biomédica ha dependido para su desarrollo el uso de animales de laboratorio poseedores de una definición tanto genética como de un buen estado de salud. La homogeneidad genética resulta un elemento esencial que favorece la repetibilidad de los experimentos, y es considerada una característica que debe prevalecer en todo estudio el cual se involucre el uso de animales de laboratorio. Los roedores como el ratón y rata son los más solicitados debido a ciertas características físicas que poseen, que ayuda a lograr resultados favorables para la Ciencia Humana en poco tiempo (15).

La rata de laboratorio tiene un origen incierto, proviene de la rata de noruega *Rattus Norvergicus*, pero se piensa que su hábitat natural fué en las regiones templadas de Asia, específicamente el área del Mar Caspio y Tobolsk Rusia, extendiéndose hasta el lejano Lago de Baskal Rusia. Con la llegada de la civilización, ésta se convirtió en una plaga económica invadiendo las regiones cercanas al hombre. Se dice que fué localizada en Europa en el siglo XVIII en Inglaterra en 1728 y 1730 y en el noreste de los Estados Unidos en 1775 (5, 6, 10).

Después de la captura de diferentes variedades de *Rattus Norvergicus* éstos se domesticaron para su uso experimental en 1890 en los Estados Unidos en el Instituto de Wistar, en donde se realizaron los primeros experimentos por Helen D. King en 1909 estudiando los efectos del alcohol, dieta y trastornos fisiológicos (4, 5, 6, 7, 10).

Las primeras líneas creadas a través de la captura de la Rata Noruega y su combinación con ratas salvajes *Rattus Rattus* fueros las siguientes:

1- Wistar Albina, desarrollada en el Instituto Wistar descubierta por Helen D. King en 1906 (4, 5).

2- Long-Evans, desarrollada por J.E. Long y H.M. Evans en Berkley California en 1910 (4, 5).

3- Sprague-Dawley El origen de esta cepa fue descubierta por R.W. Dawley, Químico, Físico de la Universidad de Wisconsin en 1925, combinando su apellido Dawley con el de su esposa Sprague. Esta cepa hubo de originarse a partir de un macho híbrido encapuchado que fue apareado con hembras blancas cuyo origen proviene de la Cepa Wistar en Douredoure, aunque la del macho es incierta. Después de varias generaciones consecutivas, se logró la cepa Sprague-Dawley heredando así las mejores características como vigor, buen temperamento, mayor lactación y rápido crecimiento (5).

CAPITULO II

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo, hubo de consultarse la bibliografía relacionada con la metodología empleada para la perpetuación de colonias de roedores, analizando simultáneamente los factores que tienen un impacto directo en el coeficiente de consanguinidad generacional de una colonia de ratas de la cepa Sprague-Dawley.

El análisis de la revisión bibliográfica permitió definir la existencia de diversos métodos y sistemas reproductivos comúnmente empleados en la perpetuación de líneas de roedores de laboratorio la evaluación de los mismos permitió la selección de un método simple en diseño, capaz de asegurar la producción controlada de colonias de ratas, manteniendo simultáneamente la estabilidad genética de una población, lo que destacó la conveniencia de elaborar una guía práctica de manejo reproductivo para una colonia de roedores de mínima consanguinidad.

CAPITULO III

3.1 ASPECTOS BÁSICOS DE GENÉTICA

Para el mantenimiento de una colonia de ratas de la Cepa Sprague Dawley es necesario la sustitución de animales viejos por jóvenes, por lo que son escogidos tras un proceso de selección, en el cual los animales que van a sustituir a la colonia deben poseer las características físicas y genéticas deseables tales como: vigor, tamaño, peso etc (17, 21).

Todos los individuos reproductivos contribuyen en una misma cantidad a una fuente de gametos de la cual se formaran los cigotos. La unión de los gametos es al azar. De un número potencial de cigotos, solo un número limitado sobrevive para llegar a ser individuos reproductivos en la siguiente generación y ésta es la etapa en la cual tiene lugar el muestreo de los genes transmitidos por los gametos. La sobrevivencia de los cigotos es al azar y consecuentemente la contribución de los progenitores a la siguiente generación no es uniforme, sino que varía de acuerdo con las oportunidades de sobrevivencia de sus progenes, puesto que el tamaño de la población es constante de generación a generación. El número promedio de individuos de una progenie que alcanzan edad reproductiva es un par de progenitores individuales o dos por pareja de progenitores (2, 7, 8, 14, 15)

El cambio de la frecuencia génica que resulta del muestreo es aleatoria, en el sentido de que su dirección no es predecible, pero su magnitud puede predecirse en términos de la varianza del cambio resultante del proceso dispersivo. (12, 13, 15).

El proceso dispersivo expresa el cambio esperado en cualquier línea o la varianza de las frecuencias génicas que se encontrarían entre muchas líneas después de una generación. Su efecto es una dispersión de las frecuencias génicas entre las líneas, éstas llegan a diferenciarse en frecuencia génica aunque la media de la población total del

Muestreo se repite, pero cada línea comienza ahora con una frecuencia génica diferente y en esta forma el segundo muestreo conduce a una nueva dispersión (8, 12, 13, 15).

Existen límites para el separamiento de las líneas que se producen por el proceso dispersivo. La frecuencia génica no puede cambiar más allá de los límites de 0 ó 1 y tarde o temprano, cada línea debe alcanzar uno u otro de estos límites, una vez que la frecuencia génica ha alcanzado el valor de 0 ó 1 no puede cambiar más en esa línea. Cuando un alelo particular ha alcanzado una frecuencia de 1 se dice que ha sido fijado en esa línea y cuando alcanza la frecuencia de 0 se dice que ha sido perdido. Cuando un alelo alcanza la fijación, ningún otro alelo puede estar en esa línea y puede decirse entonces que la línea ha sido fijada (8, 11, 12, 13, 15).

Cuando una línea ha sido fijada, todos los individuos de ella son de genotipo idéntico con respecto a ese locus. A la larga todas las líneas y todos los loci en una línea llegan a fijarse. Los individuos de una línea entonces son genéticamente idénticos y ésta es la base de la uniformidad genética de las estirpes endogámicas (1, 8, 11, 12, 13, 15).

Cuando estamos interesados en la obtención de uniformidad genética, se debe considerar que la fijación no comienza inmediatamente, la dispersión de las frecuencias génicas debe proceder en alguna forma antes de que sea probable que cualquier línea alcance la fijación. Existen dos fases en el proceso dispersivo. Durante la fase inicial las frecuencias génicas comienzan a separarse del valor inicial, ésta conduce a la fase constante, que es cuando las frecuencias génicas se extienden uniformemente sobre el rango entre los dos límites (8, 12, 13, 15).

Estos cambios que surgen del apareamiento de una población pequeña, han sido llamados efecto de la consanguinidad, desviación al azar o efecto de cierre (8, 11, 12, 15).

Por lo que se refiere a los genotipos, el aumento de la homocigosidad resultante de la consanguinidad afecta de igual modo a todos los pares independientes de genes segregantes. Por otro lado, el aumento de la homocigosidad tiene un efecto muy diferente en el fenotipo según la clase de acción de los genes. Hipotéticamente nos muestra la influencia de la consanguinidad u homocigosis aumentada sobre la acción epistática de los genes (12, 13, 14).

En la epistásis hay interacción de genes que no son alelos, debemos usar por lo menos 2 pares diferentes de genes para ilustrar los efectos de la consanguinidad sobre este tipo de acción de los genes (19).

En la práctica no tenemos manera de conocer qué clase de acción epistática de los genes afecta los diferentes caracteres pero teóricamente el desarrollo de una nueva línea consanguínea a partir de cruzamiento debe ser útil para fijar gran número de combinaciones favorables de genes con efectos epistáticos (19).

Sin embargo ocasionalmente cuando hay algún gen que sufre un cambio, esto se le llama mutación. Este gen también es muy estable y se trasmite de generación en generación en su forma defectiva (14).

3.2 EL COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD

Para medir la consanguinidad y sus efectos, debemos identificar cual es el antepasado común, del individuo en estudio, refiriéndose únicamente a los que se especifican en un árbol genealógico o bien en un conjunto determinado de generaciones. De este modo aunque todos los alelos de un pedigrí puedan finalmente remontarse a un solo gen, la medida de consanguinidad de dichos alelos se refiere únicamente a las relaciones conocidas (17, 20).

Sin embargo, en la consanguinidad el interés se centra en los genes idénticos, y así podemos pensar en el grado de parentesco por descendencia de los padres en la medida de que 2 genes de un cigoto sean idénticos a esto se le llama co- asendencia o coeficiente de consanguinidad. (17, 20).

Wright lo definió como la descendencia de la unión entre 2 parientes recibiendo genes idénticos que fue llevado por uno de los antepasados comunes y lo representó con la letra F (18).

Malecot lo define como la probabilidad de que 2 genes son idénticos a través del cruzamiento entre parientes. También consideró la probabilidad de genes idénticos al azar, llamándolos también coeficiente de parentesco (13).

Por otro lado los genes mutantes pueden ser idénticos porque también descienden de un antepasado común (18).

Lasley lo define como una medida de la disminución en la proporción de genes heterocigóticos con respecto a la que había cuando empezó a practicar la consanguinidad (17).

La consanguinidad puede ser utilizada en los siguientes casos:

1. Sirve para seleccionar o fijar un gen recesivo
2. Se emplea para la formación de sublíneas.
3. Se utiliza para el desarrollo de líneas en reproductores.
4. En la investigación es de valor para determinar el tipo o tipos de acción de genes que afectan los diferentes caracteres en los animales de laboratorio (17).

El incremento del coeficiente de consanguinidad puede ser inducido en los modelos experimentales, para desarrollar condiciones únicas de interés biomédico, sin embargo, en la práctica reproductiva esto es un factor que nos indica un alto nivel de consanguinidad y por tanto pudiendo fijar genes deletéreos se procede a la eliminación de la colonia(7, 17, 18).

Para calcular el coeficiente de consanguinidad resulta útil conocer hasta que punto ocurren los apareamientos entre parientes, basándose en el tamaño de la población.

Si se conocen a los parientes se aplicará la siguiente fórmula:

$$F_x = \frac{1}{2} \sum [(1/2)^n (1 + F_a)]$$

Donde F_x representa el coeficiente de consanguinidad del individuo en estudio

Σ el símbolo griego que suma todos los pasos para la medición de la consanguinidad

$n=$ es la potencia que debe elevarse a $\frac{1}{2}$ según el número de flechas que conectan al padre y la madre a través del antepasado común de X

$F_a=$ Es el coeficiente de consanguinidad del antepasado común.

Si el antepasado común no es consanguíneo se aplicará la siguiente fórmula

$$F_x = \frac{1}{2} \sum [(1/2)] \quad (7,17,18).$$

A continuación se ejemplificará como se mide el coeficiente de consanguinidad en diferentes casos.

MEDIOS HERMANOS.

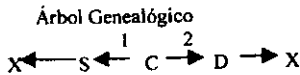
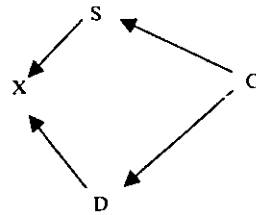
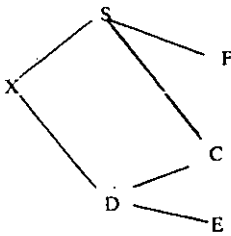
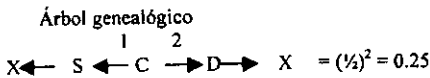
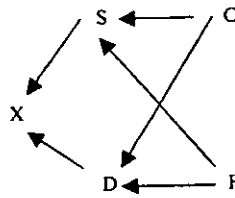
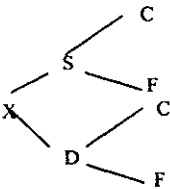


Diagrama de Flechas

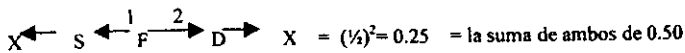
Donde (S) Es el padre.
 Donde (C) Es el antepasado común.
 Donde (D) Es la madre.
 Y (X) Es el individuo.

Al aplicar la formula ésta queda como. $F_x = \frac{1}{2}^2 \frac{1}{2}(0.25) = 0.125$
 El coeficiente de consanguinidad del individuo es 0.125 y puede ser expresada como 12.5% si se multiplica por 100. (7,17,18).

HERMANOS OMPLETOS

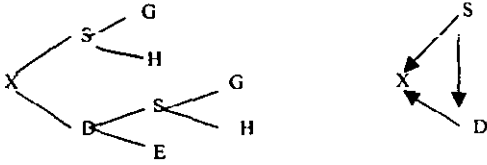


Sistema de flechas



Aquí hay 2 antepasados comunes C y F.
 La formula quedaría como
 $F_x = \frac{1}{2} (0.50) = 0.250$ esto es el 25% de consanguinidad (7,17,18).

PADRE E HIJA



$$X \leftarrow S \rightarrow D \rightarrow X = (\frac{1}{2})^1 = 0.50$$

$$F_x = \frac{1}{2} (0.50) = 0.25 = 25\% \text{ de consanguinidad. (7,17,18).}$$

Los apareamientos que se mostraron son de tipo selectivo ya que los progenitores son seleccionados y apareados basándose en su relación genética. El principal efecto del apareamiento selectivo consiste en incrementar o en controlar el coeficiente de consanguinidad.

En los animales de laboratorio de una colonia cerrada, con el sistema de apareamiento elegido, se aplicará la siguiente fórmula.

$$\Delta f = \frac{1}{8(n\sigma)} + \frac{1}{8(n\varphi)}$$

Donde Δf es el coeficiente del individuo en estudio el resultado se multiplicará X 6, que representa la 6ta. Generación.

Ejemplo.

En ratas de la cepa Sprague-Dawley de una colonia cerrada, donde hay 60 hembras y 20 machos en apareamiento, para determinar la consanguinidad se realiza lo siguiente.

$$\Delta f = \frac{1}{8(20)} + \frac{1}{8(60)} = \frac{1}{160} + \frac{1}{480} = .00062 + .00021 = 0.620 \times 6 = 3.72$$

Existe un 3.72% de consanguinidad a la sexta generación. Mientras más pequeña sea la colonia aumentará la consanguinidad. Pero si se aplica un Sistema de apareamiento adecuado sin cruzamientos entre parientes se podría radicar el Coeficiente de Consanguinidad Generacional (Figura 1 y 3).

3.3 SISTEMAS DE APAREAMIENTO

Los Sistemas de Reproducción de roedores más comúnmente empleados son:

- 1- Apareamiento Consanguíneo Estrecho
- 2- Apareamiento Consanguíneo de Línea Única.
- 3- Apareamiento de Líneas Internas.
- 4- Apareamiento Aleatorio.
- 5- Sistema 21.
- 6- Sistema 568.

1- Apareamiento Consanguíneo Estrecho- Es el cruce de animales cercanamente emparentados ejemplo (hermana-hermano, padre e hija).

Conforme hay incremento en el nivel de consanguinidad generacional, los alelos de cada par de genes se concentran y así muchos genes dominantes y recesivos se hacen homocigóticos en ciertos sitios genéticos. Con el incremento de la homocigosis, decrece la heterosis en forma proporcional. El uso de este sistema con el tiempo genera diferentes líneas, cuyos descendientes tienen gran similitud fenotípica y genotípica (9).

2- Consanguinidad de Línea Única- Este es el apareamiento de individuos emparentados con menor grado de parentesco. Se utiliza en un intento por preservar o incrementar la influencia genética de un ancestro común superior. Por ejemplo una hembra con camadas numerosas, machos con características fenotípicas óptimas (Figura 2) (9).

3- Apareamiento de Líneas Internas. Este sistema se aparean individuos no emparentados dentro de una misma cepa, ejemplificando en el caso especial de una línea que transmite un gen deletéreo o el vigor de una línea, puede disminuir como resultado de la homocigosis y también en la calidad genética de una línea, puede ser considerada inferior en una o más características que se expresaron a través de la

consanguinidad o por haberse iniciado con un grupo de fundación muy reducido (Figura 2) (9).

4- Apareamiento Aleatorio Este tiene la intención de evitar la homocigosis, manteniendo en consecuencia la variabilidad genética y prevenir la consanguinidad. (13, 14, 15, 16, 22).

Dicho sistema de apareamiento sugiere la necesidad de que los animales elegidos al azar no deben poseer parentesco alguno. Sin embargo se tiene que entender que el apareamiento de una colonia cerrada, sin la introducción de nuevos animales externos, inevitablemente favorece un incremento del Coeficiente de Consanguinidad. Cualquier par de individuos de la colonia, debe de estar emparentado entre sí a través de uno o más ancestros comunes y mientras más pequeño sea el tamaño de la población en generaciones previas, más grande será la posibilidad de ancestros comunes o su número será mucho mayor. En esta forma, las parejas que se aparean al azar están más estrechamente emparentados entre sí en una población pequeña que en una grande (Figura 3) (13, 14, 15).

Para mantener la colonia de ratas en un sistema aleatorio se escogen los mejores jóvenes disponibles al azar de los padres reproductores para su sustitución (13, 14).

5- Sistema 21- Se basa únicamente en el tiempo de gestación de las ratas (24).

6- Sistema 568- Esta basado en el ciclo estral de la rata, el cual dura de 4 a 5 días sin dejar de considerar el tiempo de gestación (24).

En el apareamiento de Mínima Consanguinidad éste previene de hecho que el grupo se subdivida en diferentes líneas, impidiendo el intercruzamiento evitando el apareamiento entre parientes cercanos con la finalidad de reducir el incremento en el Coeficiente de Consanguinidad, manteniendo una variabilidad genética dentro de la colonia de ratas, una de sus funciones es evitar la formación de sublíneas dentro de la población (13, 14).

El apareamiento de mínima consanguinidad está restringido a miembros de la misma línea con lo que se impide que algún gen pueda pasar de una línea a otra.

- a) Aquí no se realiza intercambio de animales.
- b) El número de individuos reproductivos en cada línea es el mismo para todas las líneas en todas las generaciones.
- c) Dentro de cada línea el apareamiento es aleatoria.
- d) No hay selección en ninguna etapa .
- e) No se considera la mutación (13, 14, 15).

Por ello se propone un sistema de apareamiento que evita la aparición del Coeficiente de Consanguinidad, por eso se describe El Sistema Circular de Pares Monogámicos. Lo más relevante es que se sugiere su implementación en colonias cerradas, es indispensable para estabilizar la frecuencia génica y minimizar el nivel de Consanguinidad Generacional. Bajo éste sistema reproductivo controlado, la tasa de endogamia es la más baja posible con un número dado de individuos reproductivos. Una práctica común es evitar deliberadamente los apareamientos entre hermanos y escoger pares de progenitores que tengan el mínimo parentesco posible entre ellos. La eliminación deliberada de la endogamia en esta forma tiene como efecto distribuir a los individuos elegidos para ser progenitores más uniformemente entre todas las familias disponibles (Figura 4) (8, 15).

Lo anterior debido a que dicho sistema define claramente los siguientes lineamientos.

A) Cada Pareja de apareamiento sólo deberá contribuir con un macho y una hembra de sus camadas para formar una nueva unidad reproductora en la siguiente generación.

B) Cada individuo reproductivo aporta en forma igual a la fuente de gametos y por lo tanto contribuye también a la formación de cigotes potenciales en la generación

C) siguiente, la sobrevivencia de los cigotes es al azar. Este procedimiento deberá seguirse generación tras generación en forma inalterable.

D) No se deberá practicar ninguna selección deliberada incluyendo aquella inherente al desarrollo reproductivo. El apareamiento al azar en ausencia de selección mantendrá la frecuencia génica constante y las características cuantitativas (poligénicas) en proporciones estables.

E) Los intervalos generacionales son un aspecto importante en colonias no consanguíneas. En el sistema de mínima consanguinidad estos son extendidos al máximo, por medio de un patrón de apareamientos bien definido, el cual tiene como principal objetivo minimizar los niveles de consanguinidad por tal motivo cada unidad reproductora deberá ser reemplazada únicamente al finalizar su ciclo reproductivo o bien en caso de fallecimiento canibalismo o enfermedad.

F) La progenie de reemplazo para procrear la siguiente generación será apareada estrictamente acorde al plan diseñado, para su efecto la colonia siempre deberá ser organizada en unidades reproductoras (UR). (Figura 12). Debido al riesgo de inducir mayores niveles de consanguinidad, el intercambio de camadas queda totalmente prohibido (8, 15).

3.4 MÉTODOS REPRODUCTIVOS

Los sistemas de registro consisten en tarjetas de control diseñadas de acuerdo a la utilización de la especie animal de que se trate. En el caso de las ratas de la cepa Sprague-Dawley, su objetivo básico es el de obtener y proveer información acerca de los apareamientos, nacimientos, números de camadas producidas, localización de unidades reproductoras así como información auxiliar utilizada en el manejo rutinario de las colonias. Los componentes indispensables para el manejo y desarrollo de las colonias de producción incluyen los siguientes puntos.

3.4.1 Tarjeta de Registro de Desarrollo Reproductivo

Las tarjetas de registro de desarrollo reproductivo están diseñadas a fin de cubrir la información necesaria para el técnico y tener un manejo adecuado de la colonia de ratas de la cepa Sprague-Dawley. La parte frontal de la misma se usa para el registro del desarrollo reproductivo de la hembra, mismo que incluye el número de identificación de ésta, el total de camadas producidas, generación (que se utiliza en el caso de colonias consanguíneas), fechas de nacimiento de cada camada, número de animales nacidos, número de muertos o sacrificados, fecha de destete, número y sexo de animales destetados así como el peso de la camada (15).

Adicionalmente la parte inferior derecha, se emplea para registrar información inherente a la genealogía de la hembra, incluyéndose en esta la cepa, generación, fecha de nacimiento, número de los padres, fecha de defunción y observaciones, tales como la causa de baja del reproductor, el lugar de procedencia de la cepa. La identificación individual del macho y el número de la unidad reproductiva respectiva, son registrados en el espacio inferior izquierdo del anverso de la tarjeta, al igual que la fecha de apareamiento (Figura 7) (15).

La parte posterior de la misma incluye la siguiente información: de derecha a izquierda registra la fecha de separación de la hembra gestante, a continuación la fecha de reingreso de la hembra a su unidad reproductora correspondiente (al realizar el destete), en donde será nuevamente apareada y el número de la jaula de parto en que ingresará la hembra al ser detectada gestante nuevamente (cuando se maneja el sistema poligámico de reproducción) Dichas tarjetas de registro deberán estar colocadas en un tarjetero con separadores para la identificación de cada unidad reproductora y de las jaulas de parto (15).

Finalmente tanto las unidades reproductoras como las jaulas de parto deberán estar en orden progresivo ascendente, los datos que proporcionan los registros permiten obtener en forma sencilla y rápida la información de cualquier animal de la colonia en un momento dado (15).

3.4.2 Unidades Reproductoras.

Las Unidades Reproductoras pueden estar conformadas de dos formas dependiendo del sistema reproductivo empleado.

1- Sistema Monogámico o de Fundación: Este sistema mantiene unidades reproductivas con una relación de un macho con una hembra. (Figura 13)

2- Sistema Poligámico o de Expansión: En este caso las unidades reproductivas son conformadas con una relación de un macho con 4-6 hembras, éste último sistema se emplea cuando las necesidades de reproducción son altas y no se cuenta con la cantidad de material y/o espacio necesario que permita manejar la colonia bajo un sistema de apareamiento monogámico exclusivamente (14, 15, 16, 22).

10 camadas si así se deseara, con la desventaja de que después de la quinta camada, tanto su prolificidad como el tamaño de sus crías disminuirán drásticamente (15).

Una unidad reproductora será dada de baja total o parcialmente solo en casos de enfermedad, canibalismo, vejez o disminución de la fertilidad.

3.4.4 Libro de Registros

El movimiento rutinario de dichas colonias, se encuentra basado en los registros semanarios de detección de animales gestantes y la anotación diaria de nacimientos (fecha, número de la jaula, total de nacimientos, decesos y sacrificios)

3.4.5 Tarjetas de Identificación para jaulas

Estas son elaboradas al destetarse una nueva camada, y constan de la siguiente información:

En la parte anterior izquierda se localiza la cepa del animal, a la derecha el sexo de éste, inmediatamente debajo de estos datos se encuentra un espacio para anotar el número progresivo de la cría destetada, al lado izquierdo de la tarjeta, de la mitad hacia la derecha existe otro espacio en el que se anota la fecha de nacimiento de dichas crías y en la parte inferior, se provee un espacio en el que se anotan las observaciones pertinentes a cada caso. Esta tarjeta siempre deberá ser colocada al frente de su perspectiva jaula (Figuras 6 y 11) (15).

3.4.6 Procedimientos de Manejo Rutinario

3.4.6.1 Identificación

Para poder llevar a cabo una adecuada identificación individual de la colonia de roedores, se utiliza el sistema de marcaje por muescas en las orejas. Este sistema asigna un valor a cada una de estas muescas, tanto en la oreja derecha como en la izquierda, lo que permite conocer el número exacto del animal en cuestión y así poder llevar en forma eficiente y segura la localización física del roedor así como de su registro de desarrollo reproductivo y de las tarjetas de control de salidas (6, 15).

Para efectos de marcaje, es indispensable el contar con un perforador de membrana que permita perforar con rapidez y facilidad el cartílago de la oreja sin traumatizar en demasía al roedor (Figura 8) (6, 15).

3.4.6.2 Detección y Aislamiento de Hembras Gestantes

Este movimiento se lleva a cabo una o dos veces a la semana. Para realizarlo son revisadas individualmente las tarjetas de registro de desarrollo reproductivo de cada una de las Unidades Reproductoras, mismas que tienen registrado en el reverso las fechas de reingreso de las hembras reproductoras a sus respectivas unidades, posterior al destete y por lo tanto posiblemente apareadas en los siguientes 4-6 días. Una vez llevada a cabo la revisión e identificación de hembras gestantes, se procede a localizar su tarjeta de registro individual de desarrollo reproductivo, mismo que se encuentra en un tarjetero en donde están dispuestas las unidades reproductoras correspondientes, y las tarjetas de registro de control de salidas. En ambas es anotado el número de la hembra gestante así como el número de la jaula de parto asignada. Para facilitar la revisión rutinaria de nacimientos y destetes, es empleado un libro de registros en el cual son anotados también tanto los movimientos anteriormente descritos, como la fecha de salida, el

número de la jaula de parto, fecha de nacimiento y destete, así como el número de crías nacidas, muertas o sacrificadas (15).

3.4.6.3 Registro de Nacimientos

El registro de nacimientos es llevado a cabo en forma diaria, anotando la fecha y las jaulas de parto en las que se registraron los nacimientos. Dicho movimiento facilita el conocer la edad real de los animales, y de esta forma se puede llevar a cabo un control más preciso de las ratas. Los datos son anotados en el libro de registros, tachando con una x el número de la jaula de parto de donde ocurrió el nacimiento (15).

Los nacimientos se anotan por fechas en el libro de registros, separando tanto el número de la jaula de parto como el de crías nacidas con un guión, así como el de animales sacrificados o muertos (15).

En camadas numerosas, se recomienda dejar de 7-8 crías con la madre para obtener un desarrollo óptimo y sacrificar el excedente. Esto, teniendo cuidado de escoger para ello a los animales inferiores en tamaño o peso, con deformidades físicas aparentes o bien desnutridos. Cuando la camada es menor de 5 crías, deberá ser sacrificada por considerarse que no es costeable mantener una camada pequeña, y la hembra es devuelta a su unidad reproductora para ser apareada nuevamente por el macho realizando las anotaciones necesarias en la tarjeta de registro de desarrollo reproductivo y de control de salidas (Figuras 14, 15, 16) (14, 15).

3.4.6.4 Destete

El destete es llevado a cabo entre los 21-25 días de edad y es efectuado mediante la localización de la jaula de parto por medio del libro de registros, y de la tarjeta de registros de desarrollo reproductivo de la hembra a destetar. Una vez localizada se lleva a cabo el destete, anotando en el lado derecho del libro de registro el número de animales destetados, encerrándolos en un círculo y colocando una línea a todo lo largo de la información de la jaula de parto y de las crías nacidas para definir que esa jaula ya

ha sido destetada. Acto seguido, también es anotado en la tarjeta de registro de desarrollo reproductivo el total de animales destetados, la fecha de destete, el número de crías hembras y machos, así como aquellos animales muertos durante el periodo de lactación. También es posible anotar cuando es necesario por algún procedimiento experimental o de prueba en el que va a ser empleado determinadas ratas. El peso de la camada tanto al nacimiento como al destete. Posteriormente, en la tarjeta de registro de

control de salidas es tachado el número de la jaula de parto en la que se encontraba esta hembra y en el espacio para revisión de dicho registro (Figura 17) (14, 15).

3.4.6.5 Elección de Nuevos Progenitores

La elección de los nuevos reproductores deberá ser desarrollada en forma escrupulosa al ser realizado el destete, separando a un macho y una hembra de la última camada producida por la (UR) que va a ser reemplazada, y anotando adicionalmente en la tarjeta de identificación de jaula en el espacio de observaciones el número de la (UR) a la que pertenece el roedor elegido, con la finalidad de que estos animales de reemplazo transmitan a su descendencia las mismas características genéticas, para perpetuar la cepa y poder brindar al investigador animales de alta calidad y uniformidad genética (Figura 18) (14, 15).

La Figura 5 nos muestra como se debe de llevar a cabo los Métodos Reproductivos.

3.5 CONSECUENCIAS DE LA CONSANGUINIDAD

En un subcapítulo anterior se habla sobre los usos y beneficio del cruzamiento entre parientes de una colonia de ratas de la cepa Sprague-Dawley, pero también existen desventajas. Hablando cuantitativamente, muchos pares de genes son afectados en diferentes modos de expresión, muchos de estos genes parecen actuar en una forma fisiológica sobre la eficiencia del metabolismo de muchos compuestos químicos (2, 14, 19).

Como regla general, la acción de los genes recesivos es desfavorable al bienestar de los individuos. Esto varía desde los genes letales en el estado recesivo hasta los que tienen un ligero efecto difícilmente notado, por ejemplo los genes recesivos deletéreos son enmascarados por genes dominantes. Sin duda, muchos de los efectos adversos de la consanguinidad son debidos a varios pares de genes recesivos, cada uno de los cuales tiene solo un ligero efecto nocivo sobre el mismo carácter. Probablemente la acción de la mayoría, si no de todos éstos genes, es la incapacidad para producir las enzimas requeridas a la acción productora de proteínas anormales y otros productos anómalos (1, 11, 12, 17, 19).

Algunos de los defectos que pueden llegar a provocar son:

- Falta de aptitud para reproducirse eficientemente
- Retrazo en el crecimiento
- Índices bajos de fertilidad
- Esterilidad
- Frecuencia de enfermedades.
- Canibalismo.
- Trastornos metabólicos.

Estudios efectuados en ratas de la cepa Sprague-Dawley ratones y conejos en cruzamientos consanguíneos, han mostrado claras diferencias entre líneas consanguíneas respecto a ciertos caracteres metabólicos y fisiológicos. En esta especie existe también otra clase de deformidades por efectos de la consanguinidad, tales como:

- Esterilidad
- Cataratas (Figuras 19 y 20)
- Microftalmia unilateral
- Deficiencia en la conversión alimenticia
- Infertilidad
- Cola corta
- Glaucoma
- Hombros planos
- Huesos de cadera protuberantes.
- Cola doblada
- Agenesia (Figuras 21 y 22)
- Agnatia
- Epilepsia.
- Anemia
- Hernia umbilical
- Ausencia de cola (1, 2, 9, 11, 13, 15).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sé a comprobado que el manejo de Sistemas de Apareamiento Consanguíneo, aunados por un mal manejo de los Métodos Reproductivos introducidos en una colonia de ratas de la cepa Sprague-Dawley, nos proporciona un incremento en el Coeficiente de Consanguinidad Generacional trayendo como consecuencia defectos no deseables para los estudios que realizan en la Ciencia Biomédica.

En éste capítulo se muestran cuadros comparativos de las ventajas y desventajas que tiene cada uno de los sistemas de apareamiento consanguíneo, tomando en cuenta los beneficio que trae los sistemas de apareamiento no consanguíneo, al igual de los malos uso de los Sistemas y Métodos Reproductivos que favorecen la incrementación del Coeficiente de Consanguinidad Generacional.

Se ilustra con gráficas y dibujos que son guías visuales de algunos sistemas de apareamiento y métodos reproductivos, y por último algunas fotografías de casos de los efectos de consanguinidad, extraídas del Bioterio Centro Medico Nacional Siglo XXI, del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Apareamiento Consanguíneo Estrecho

Ventajas

- Incrementa el nivel de la homocigosis
- Es un apoyo para la detección de portadores de genes recesivos indeseables.

Desventajas

- Menor vigor
- Decadencia de la Salud
- Propensos a enfermedades
- Disminución de la productividad.

Apareamiento Consanguíneo de Línea Única

Ventajas

- Se escogen los roedores con mejores características físicas.

Desventajas

- Menor vigor
- Decadencia de la Salud
- Propensos a enfermedades
- Disminución en la productividad.

Apareamiento de Líneas Internas

Ventajas

- Detención de aparición de genes deletéreos.

Desventajas

- Aparición de genes deletéreos
- Disminuye el vigor debido a la homocigosis
- La calidad genética es menor.

Apareamiento Aleatorio

Ventajas

- Mantiene la variabilidad genética
- Evita la homocigosis

Desventajas

- En una colonia cerrada y pequeña incrementa la aparición del coeficiente de consanguinidad.

Apareamiento de Mínima Consanguinidad

Ventajas

- Impide el intercruzamiento de líneas
- No hay cruzamiento de parientes
- Mantiene una variabilidad genética
- Evita la formación de sublíneas dentro de la población.
- No hay mutación.

Sistema Circular de Pares Monogámicos

Ventajas

- Estabiliza la frecuencia genética
- No hay apareamiento entre parientes
- Evita el Coeficiente de Consanguinidad
- Disminuye la Endogamia
- No hay mutación

- Ideal para colonias cerradas. (9, 13, 14, 15)

Los problemas detectados por un mal control en el uso de los Métodos Reproductivos y Sistemas de Apareamiento, que favorecen a la presentación del Coeficiente de Consanguinidad Generacional. Son:

- Perdida de tarjetas
- Escape de roedores
- Omisión de enfermedades
- Falta de supervisión en los nacimientos, destetes, sacrificios, muertes etc.
- Metodología no controlada
- Ausencia de Registros
- Intercambio de tarjetas
- Ausencia de muescas.

**COEFICIENTE DE CONSANGUINIDAD
EN GENERACIONES SUCESIVAS**

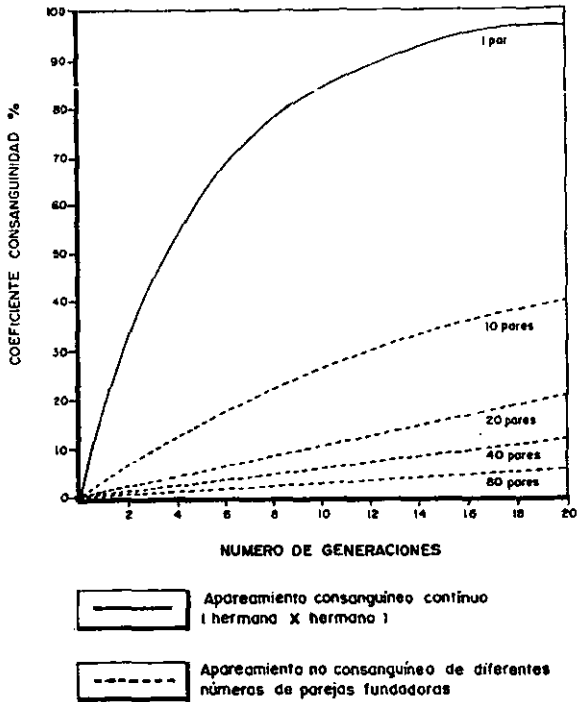


Figura 1 (13, 24).

Grafica que nos muestra el nivel de consanguinidad generacional en ratas.

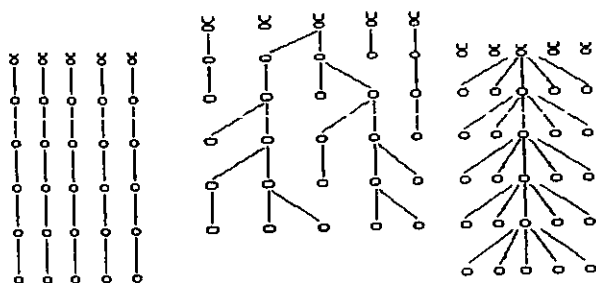


Figura 2. (13, 24).

Sistema de líneas paralelas

Sistema Mixto

Sistema de Línea Única

Ilustración d los Sistemas más comunes para la reproducción de animales consanguíneos

NIVEL DE CONSANGUINIDAD PARA UNA COLONIA CERRADA BAJO APAREAMIENTO AL AZAR

NUMERO DE PAREJAS FUNDADORAS	GRADO DE CONSANGUINIDAD POR CADA GENERACION PRODUCIDA %	NUMERO DE GENERACIONES EQUIVALENTE A UN APAREAMIENTO TOTALMENTE CONSANGUINEO
10 Pares	2.5	11
20 Pares	1.25	23
40 Pares	0.62	46
60 Pares	0.42	69
80 Pares	0.31	93
100 Pares	0.25	116

Figura 3. (24)

BIOTERIO
SISTEMA CIRCULAR DE PARES MONOGAMICOS
ESQUEMA DE APAREAMIENTO

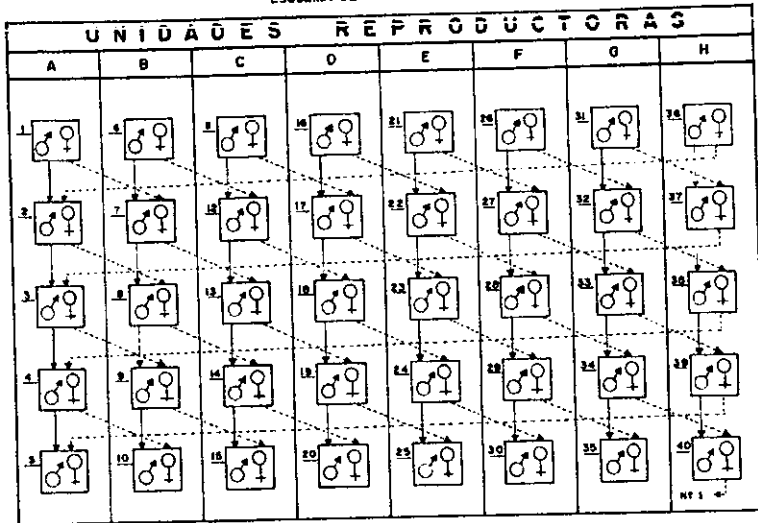


Figura 4 (24).

METODO DE APAREAMIENTO NO CONSANGUINEO

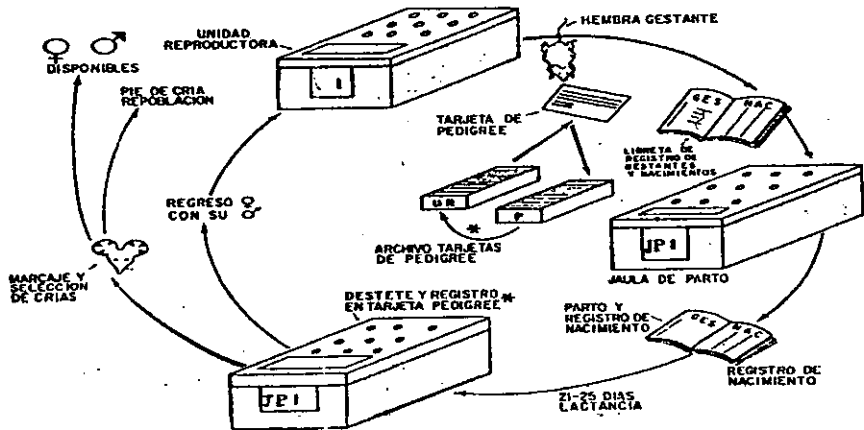


Figura 5. (24).

Forma correcta del manejo de los métodos reproductivos.

CODIGO DE MARCAJE DE ROEDORES



Figura 6

CODIGO DE MARCAJE DE RUEDDRES

Valor de las muestras utilizadas en el bioterio para el marcaje de roedores

Figura 8. (15).

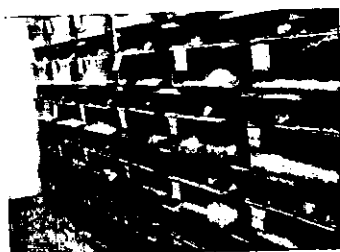
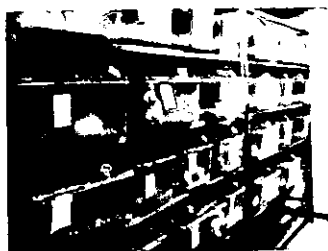


Figura 9 y 10

Cuarto de Apareamiento de ratas de la cepa Sprague-Dawley, del Bioterio del Centro Medico Nacional Siglo XXI

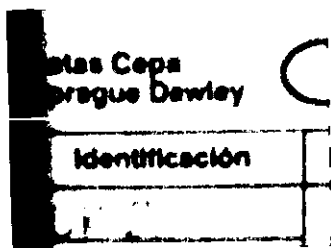


Figura 11
Tarjeta de identificación, colocada
afuera de la jaula, en el tarjetero

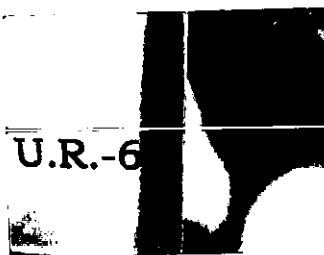


Figura 12
Tarjeta de identificación de la (UR)



Figura 13
Macho y hembra en (UR)



Figura 14
Crías de 3 días de nacidos



Figura 15
Crías de 2 semanas de nacidos



Figura 16
Crías de 3 semanas de nacidos.



Figura 17
Crías de 4 semanas de edad destetadas.



Figura 18
Ratas de reemplazo



Figura 19 y 20
Rata de la cepa Sprague-Dawley con problemas de cataratas, a causa de la consanguinidad.



Figura 21 y 22
Rata de la cepa Sprague-Dawley con ausencia de dientes superiores, a causa de la consanguinidad.

CONCLUSIÓN

Con el presente trabajo se da una aportación al personal que se incursiona en el ámbito de los Bioterios, de manera que se comprenda la importancia que tiene el uso correcto de los Métodos Reproductivos para obtener una colonia controlada de roedores de líneas puras, evitando cruzamientos consanguíneos, eliminando toda posibilidad de incrementos de genes letales y defectos fenotípicos no deseables para obtener animales de alta calidad para la Investigación Biomédica.

Por ello se propone el Sistema Circular de Pares Monogámicos que se ha utilizado para el manejo y control de las colonias de roedores (ratas y ratones) empleado apartir de 1982 en el Bioterio de Control de Calidad y actualmente implantado en el Bioterio del Centro Médico Nacional Siglo XXI del I.M.S.S., obteniendo animales de calidad sin presentación de mutaciones, con un índice alto de fertilidad y una virtual ausencia de canibalismo (15).

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Allison. J. E., Gumbreck L. G., Stanley A. J., 1965. Sex Chromatin and Ideograms from Rats Exhibiting Anomalies of the Reproductive Organs. Anat. Rec. U.S.A.
- 2- Anónimo, 1969. A Guide to Genetic Standards for Laboratory Animals a Report of the Subcommittee on Genetic Standards A Report of the Subcommittee on Genetic National Academy of Sciences. Washington D.C. U.S.A.
- 3- Anónimo, File://d:/JFAA/MVZ/Glosario de genetica/htm.
- 4- Baker H. J., Russell J. 1984. The Laboratory Animals Science. American College of Laboratory Animals Medicine, Series Academic Press, Inc. U.S.A.
- 5- Baker H. J., Russell J. 1984. The Laboratory Rat. American College of Laboratory Animals Medicine, Series Academic Press. Volume I. U.S.A.
- 6- Baker H. J., Russell J. 1984. The Laboratory Rat. American College of Laboratory Animals Medicine, Series Academic Press. Volume II. U.S.A.
- 7- Bowman. J.C. and Falconer, D.S. 1960. Inbreeding depression and heterosis of litter size I mice. Genet. Res. 1 262-274.
- 8- Bronson F.H. Dagg P and Snell G.D. 1966. Reproduction in the Biology of Laboratory Mouse. Edited by The Staff Jackson Laboratory Mac Graw-Hill, New York, U.S.A.
- 9- Check P., Lukefahr S., Manitt J. 1987. Rabbit Production. Library of Congress Catalog. The Interstate Printers and Publisher inc. Danville Illinois. U.S.A.

- 10- Coates M. E. 1984. Laboratory Animal Handbooks. The Germ-Free Animal in Biomedical Research. Great Britain. Edited by Laboratory Animals LTD. London.
- 11- Deschepper C.F. 1998. <http://www.mcmaster.ca/inabis98/sadile/deschepper0357/index.html>. Genetic and Behavioral Comparisons of Wistar-Kyoto (WKY) Derived Hyperactive (WKHA) Tats Institute de Recherches Cliniques de Montreal. Canada.
- 12- Falconer D.S. 1989. Introducción a la Genética Cuantitativa. Editorial Continental S.A. de C.V. México.
- 13- Falconer D.S. 1987. The UFAW Handbook on the Care and Management of Laboratory Animals. Scientific Technical. Edit. Sixth. Edition. U.S.A.
- 14- Foreword by C.W. 1972. The UFAW handbook on the Care and Management of Laboratory Animals. Edited by UFAW Home Fourth Edition Churchill Living stone. London.
- 15- Graullera V. 1991. Guía Técnica para Producción de Roedores de Laboratorio con Mínima Consanguinidad (Pares Monogámicos) Tesis UNAM. México.
- 16- Hafez E.S.E. 1992. Reproduction and Breeding Techniques for Laboratory Animals Philadelphia U.S.A.
- 17- Kloting I. Voit. B. 1997. Comparison of Genetic Variability at Micro satellite Loci in Wild Rats and Inbred Rat Strains. (Rattus Norvergicus). Mammalian Genome, Department of Laboratory Animal Science, Institute of Pathophysiology University of Greifswald. 8,589-591. U.S.A.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

- 18- Larousse, 2000. Diccionario Enciclopédico Plus Editorial Agrupación. Editorial S.A. México.
- 19- Lasley J.F. 1970. Genética del Mejoramiento del Ganado. Unión Tipográfica Hispana Americana. Primera Edición. México.
- 20- Monroy J. L. <http://embriones-rata.citologia>. 1998 Congelación de Embriones de Rata.
- 21- Pincher F. 1983. Population Genetic in Animal Breeding, Plenum Press New York and London, New York, U.S.A.
- 22- Simmons M.L. 1997 The Laboratory Mouse Bric K. J.O. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J. U.S.A.
- 23- Strickberger, 1989 Genética Cuantitativa. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España.
- 24- Tena B.E. Aportación personal.
- 25- West G, 1992. Diccionario Enciclopédico de Veterinaria. Latros Ediciones Ltda. Barcelona España.

GLOSARIO

- 1- **Alelo-** Sinónimo de gen.
- 2- **Cigoto-** Elemento que resulta de la fertilización de una célula huevo por un espermatozoide.
- 3- **Coefficiente-** Número con que se representa de forma convencional el grado o intensidad de una determinada cualidad o fenómeno. ,
- 4- **Consanguinidad-** Cruzamiento de Animales que poseen ancestros comunes.
- 5- **Deletéreo-** Que produce daño.
- 6- **Dominante-** Miembro de un alélico de genes que impone sus efectos sobre el otro (recesivo)
- 7- **Endogamia-** Fecundación o la unión de células del mismo origen.
- 8- **Epistásis-** Ocultación de un carácter hereditario por otro sobrepuesto.
- 9- **-Epistático-** Dicese de un carácter mendeliano que se sobrepone a otro ocultándolo
- 10- **Fenotipo-** Valor tomado por un rasgo.
- 11- **Gameto-** Célula que posee la mitad del número de cromosomas características de la especie, tales como un óvulo maduro o un espermatozoide, capaces de fertilizar o producir un embrión.

- 12- **Gen-** Unidad fundamental de la herencia que lleva la información genética de una generación a otra.
- 13- **Generacional-** Sucesión de descendientes en línea recta.
- 14- **Genética-** Estudio del mecanismo de transmisión y variación de características entre generaciones.
- 15- **Genotipo-** Serie completa de genes de los que es portador un individuo.
- 16- **Heterocigoto-** Alelos diferentes para un mismo gen.
- 17- **Letal-** Que causa la muerte.
- 18- **Loci-** Plural de Locus.
- 19- **Locus-** Dicese del punto de un cromosoma ocupado por un gen.
- 20- **Mutación-** Es el cambio en la estructura del DNA que rara vez se presenta y que puede tener efecto drástico.
- 21- **Progenie-** Es la generación de la cual se origina o desciende un animal.
- 22- **Recesivo-** Dicese del gen o carácter hereditario que no se manifiesta fenotípicamente del individuo que lo posee, pero que puede aparecer en la descendencia de éste (10,21,23).