

CRUZAMIENTO DE ROEDORES

**APLICADO EN EL BIOTERIO DE LA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO (UAEEH).**

MVZ Claudia Yiyetzi Vázquez Godínez

Fecha de elaboración: 16 de junio 2026

1. INTRODUCCIÓN

El uso de roedores de laboratorio representa uno de los pilares más importantes en la investigación biomédica, científica y educativa. Para garantizar la validez y la reproducibilidad de los experimentos, es indispensable contar con colonias de animales sanas, homogéneas y con un fondo genético perfectamente controlado. Esto se logra estrictamente a través de la planificación e implementación de sistemas de cruzamiento estandarizados.

El cruzamiento de roedores es el apareamiento planificado entre ejemplares macho y hembra para obtener descendencia con fines de investigación científica, conservación o cría controlada. Implica el manejo riguroso de la edad reproductiva, los ciclos estrales y los sistemas genéticos para evitar problemas de salud o peleas.

1.1 OBJETIVO

El objetivo del cruzamiento o apareamiento de roedores en el bioterio de la UAEH es controlar las características genéticas, mantener la estabilidad o variabilidad de una cepa y asegurar la uniformidad y salud de los animales para la investigación científica.

2. CICLO ESTRAL

Es un conjunto de cambios físicos y hormonales que ocurren en el aparato reproductor de las hembras en la mayoría de los mamíferos. A diferencia del ciclo menstrual (humanos), este regula la receptividad sexual (celo o estro) y el endometrio se absorbe en lugar de ser expulsado.

Se divide en cuatro fases:

- Proestro (12 – 14 horas).
- Estro (24 – 48 horas).
- Metaestro (6 – 8 horas).
- Diestro (48 – 72 horas).

En total, el ciclo estral de los roedores tiene una duración de 4 a 5 días.

2.1 FASES DEL CICLO ESTRAL EN ROEDORES

- **Proestro:** Los óvulos y folículos crecen rápido en los ovarios.
 - Células visibles: Predominan las células epiteliales con núcleo.
 - La FSH y la LH estimulan el crecimiento folicular y el aumento progresivo de la secreción de estrógenos. Los estrógenos alcanzan su pico máximo a mediados de esta fase.
- **Estro:** Es el momento de la ovulación y la hembra acepta al macho.
 - Células visibles: Se observan muchas células anucleadas queratinizadas (sin núcleo, secas y planas).
 - Disminuyen los niveles de FSH, LH y estrógenos.

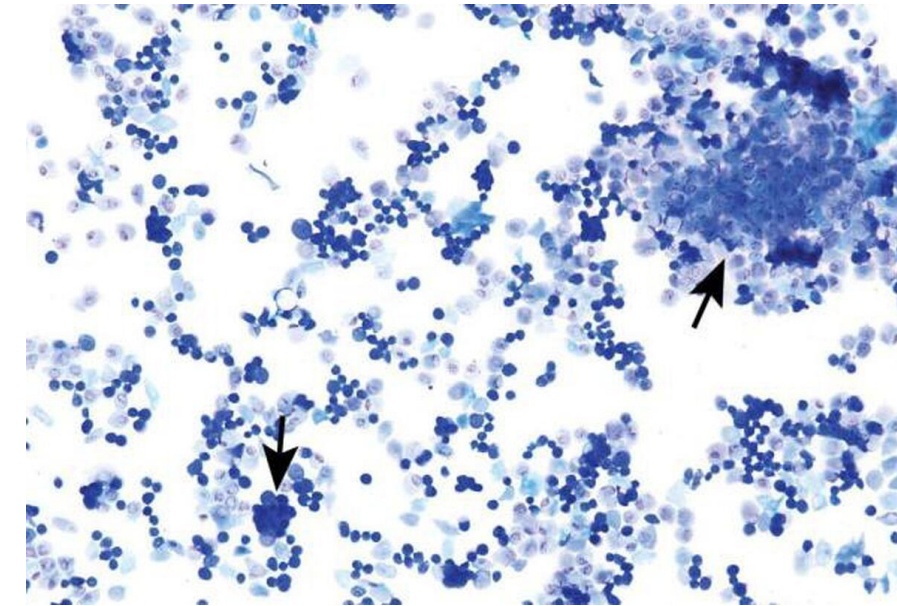


Imagen 1. Células epiteliales pequeñas con núcleo señaladas por las flechas negras.

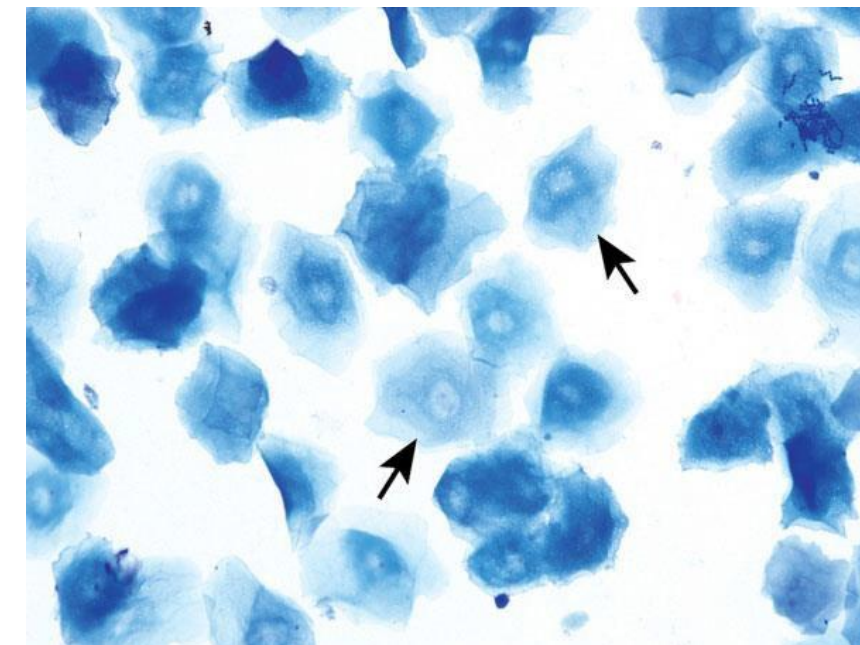


Imagen 2. Células anucleadas queratinizadas.

2.1 FASES DEL CICLO ESTRAL EN ROEDORES

- **Metaestro:** Termina el celo y el cuerpo empieza a prepararse para un posible embarazo.
 - Células visibles: Células epiteliales queratinizadas anucleadas y neutrófilos.
 - Secreción e incremento de progesterona y en menor medida estrógenos. Niveles bajos de FSH y LH.
- **Diestro:** El cuerpo descansa o el útero se prepara en caso de fecundación.
 - Células visibles: Neutrófilos, células epiteliales nucleadas pequeñas y grandes y, en menor medida, células queratinizadas anucleadas.
 - Se produce el pico máximo de secreción de progesterona.

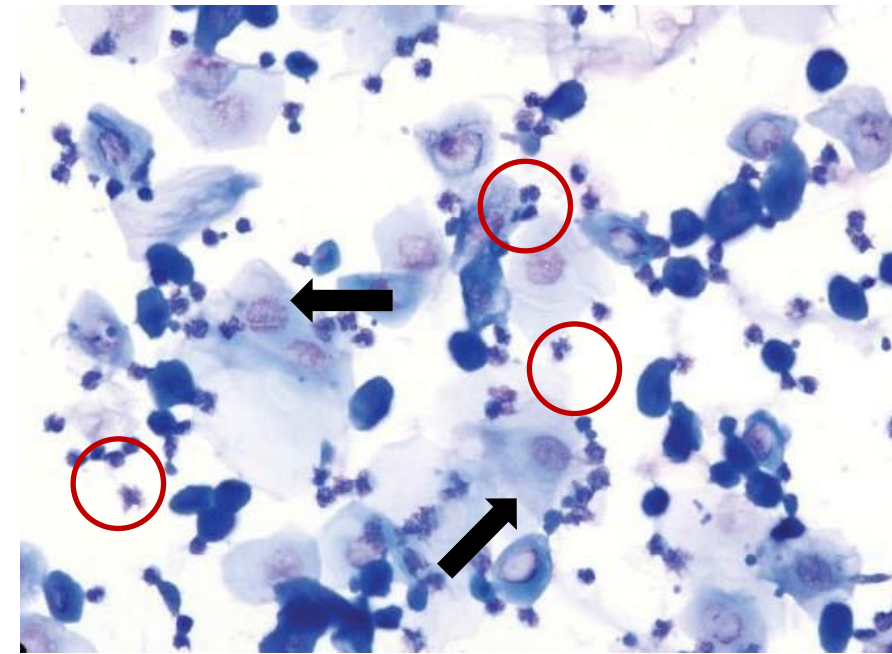


Imagen 3. Células epiteliales queratinizadas anucleadas (flecha) y neutrófilos (círculo).

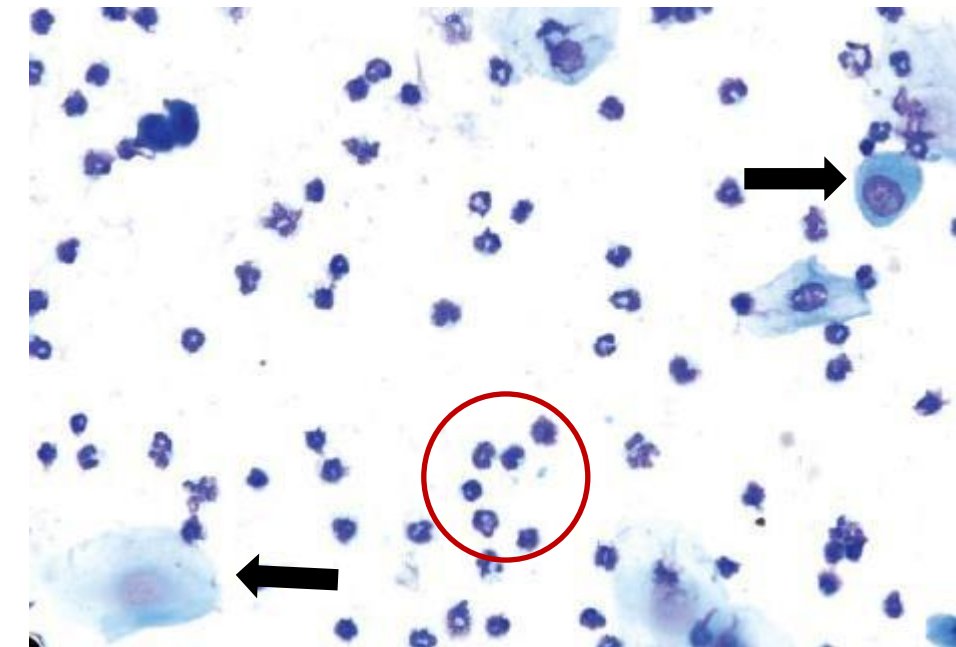


Imagen 4. Neutrófilos (círculo) y células epiteliales nucleadas (flecha).

3. CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS EN ROEDORES

Estro: Periodo de celo en las hembras, durante el cual están receptivas para el apareamiento.

Clasificación reproductora de la hembra: Poliéstrica continua inducida.

- **Poliéstrica:** Múltiples ciclos estrales a lo largo del año.
- **Continua:** Ciclos regulares sin pausa por estación.
- **Inducida:** Las condiciones anteriores solo se presentan con la presencia de un macho o sus feromonas.



En la orina de los machos existen compuestos odoríferos como feromonas que sirven para marcar el territorio y regular la actividad sexual y social del grupo.

(Mouse estrous cycle., s.f.)

3.1 CARACTERÍSTICAS

REPRODUCTIVAS: RATA

Hembras:

- Edad a la pubertad: Alrededor de los 77 días, aunque no se las suele aparear hasta los 90 días de edad.
- La vida sexual de las hembras se prolonga hasta 7 a 10 meses de vida.
- Pueden entrar en estro dentro de las 24 h posteriores al parto.
- Gestación: al rededor de 21 días. A partir del día 13 se observa el abultamiento del abdomen, dependiendo del numero de crías.
- Destete: A partir de los 21 días de edad.

Machos:

- Inicio sexual: Fértiles entre los 42 y 70 días de edad.
- Pico de fertilidad: Mayor rendimiento activo entre los 100 y 300 días de vida.
- Vida útil reproductiva: Se extiende de forma óptima durante los primeros 9 a 12 meses de vida

(Geréz, G. *et. al.*, s.f.)

3.2 CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS: RATÓN

Hembras:

- Edad a la pubertad: Aproximadamente a las cuatro semanas de vida, sin embargo, la edad óptima para la reproducción es a las 6 semanas.
- La vida sexual de las hembras se prolonga hasta 7 a 10 meses de vida.
- Al igual que las ratas, las hembras pueden entrar en estro dentro de las 24 h posteriores al parto.
- Gestación: Alrededor de 21 días.
- Destete: A partir de los 21 días de edad.

Machos:

- Inicio sexual: Actividad espermática estable iniciada a partir de la semana 6 u 8 de vida.
- Pico de fertilidad: Máxima vitalidad entre los 2 y 8 meses de vida.
- Vida útil reproductiva: Producción continua de espermatozoides casi toda su vida.

3.3 CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS: GERBO

Hembras:

- Edad a la pubertad: 10 a 12 semanas de edad.
- Número de crías: 1-10, de media entre 4 a 5 por camada.
- La vida sexual de las hembras se prolonga hasta los 20 a 24 meses de vida.
- Pueden entrar en estro dentro de las 24 h posteriores al parto.
- Gestación: Dura de 23 a 26 días, aunque puede alargarse si ocurre implantación tardía por un celo posparto.
- Destete: A partir de los 23 días de edad.

Machos:

- Inicio sexual: Fértiles entre los 70 y 84 días de edad.
- Pico de fertilidad: Entre los 4 y 14 meses de edad.
- Vida útil reproductiva: Desde las 10 semanas de edad hasta los 20 a 24 meses de edad.

(Batchelder, M., *et. al.*, 2012)

3.4 Factores que podrían afectar la reproducción:

Factor	Rango adecuado de acuerdo a la NOM-062-ZOO-1999
Alteraciones en el fotoperiodo	12 horas de luz x 12 horas de oscuridad.
Cambios bruscos de temperatura	18° C – 26° C
Ruidos fuertes	Máximo 85 dB
Humedad de la cama y el ambiente	40 – 70%
Cantidad de amoníaco en el ambiente	25 ppm

4. DETERMINACIÓN DEL SEXO

En machos y hembras es posible determinar del sexo a partir del día 10 de vida y al día 21, al realizar el destete de las crías. Las principales diferencias son:

Macho:

- Notable distancia entre ano y papilla genital.
- Presencia bolsa escrotal y del canal inguinal (puede dificultar la observación de los testículos).

Hembra:

- Corta distancia entre ano y papilla genital.
- Presencia de líneas mamarias.

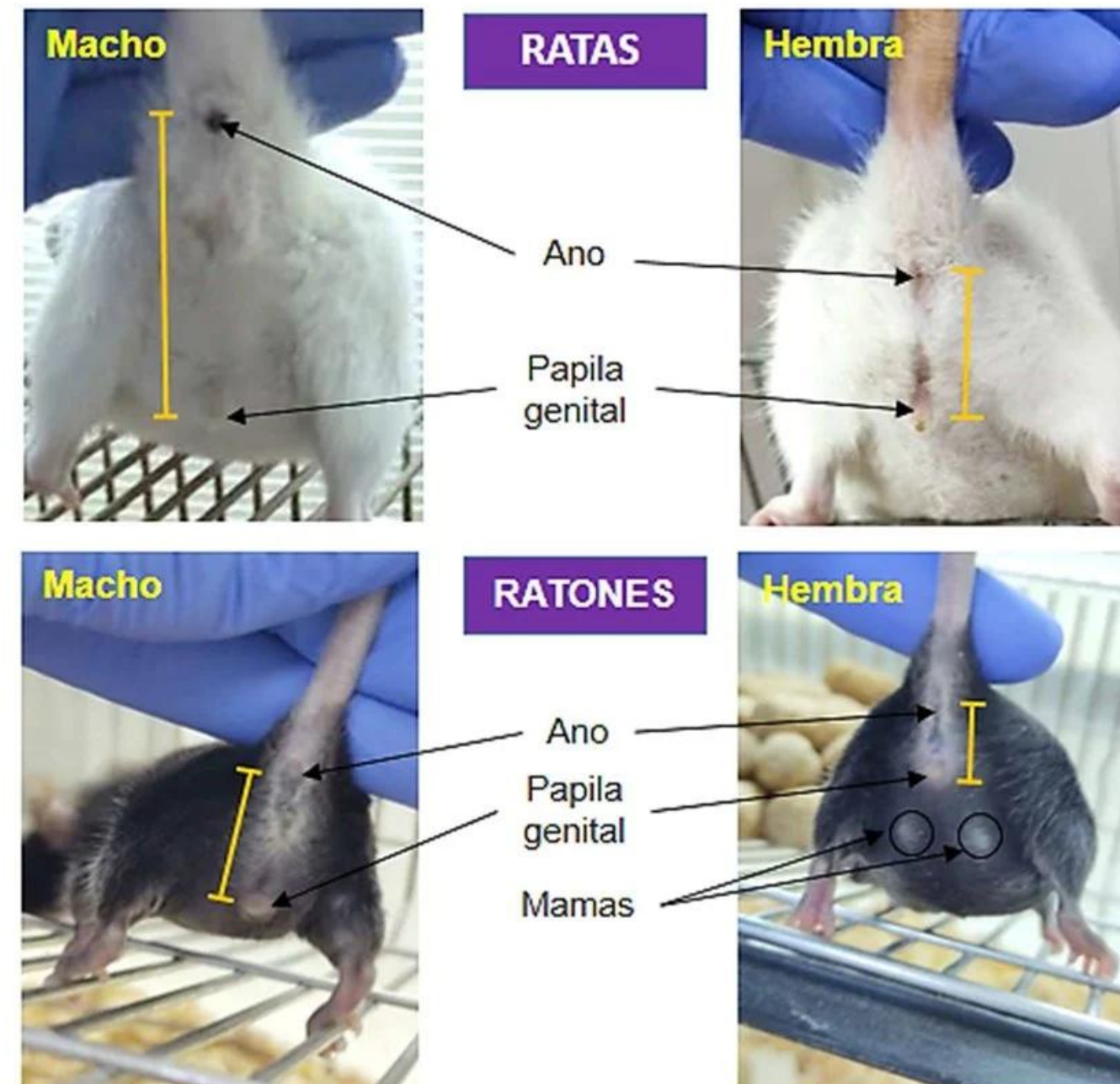


Imagen 5. Diferencia morfológica entre machos y hembras de rata y ratón.

(Benavides, F. J., & Guénet, J.-L., 2004)

4. DETERMINACIÓN DEL SEXO

En gerbos se siguen las mismas condiciones de sexado de rata y ratón, sin embargo, la cantidad pelo (mayor en gerbos) podría impedir observar la presencia de glándulas mamarias en hembras. Por lo tanto, es importante observar con detenimiento la distancia entre ano y papila genital.

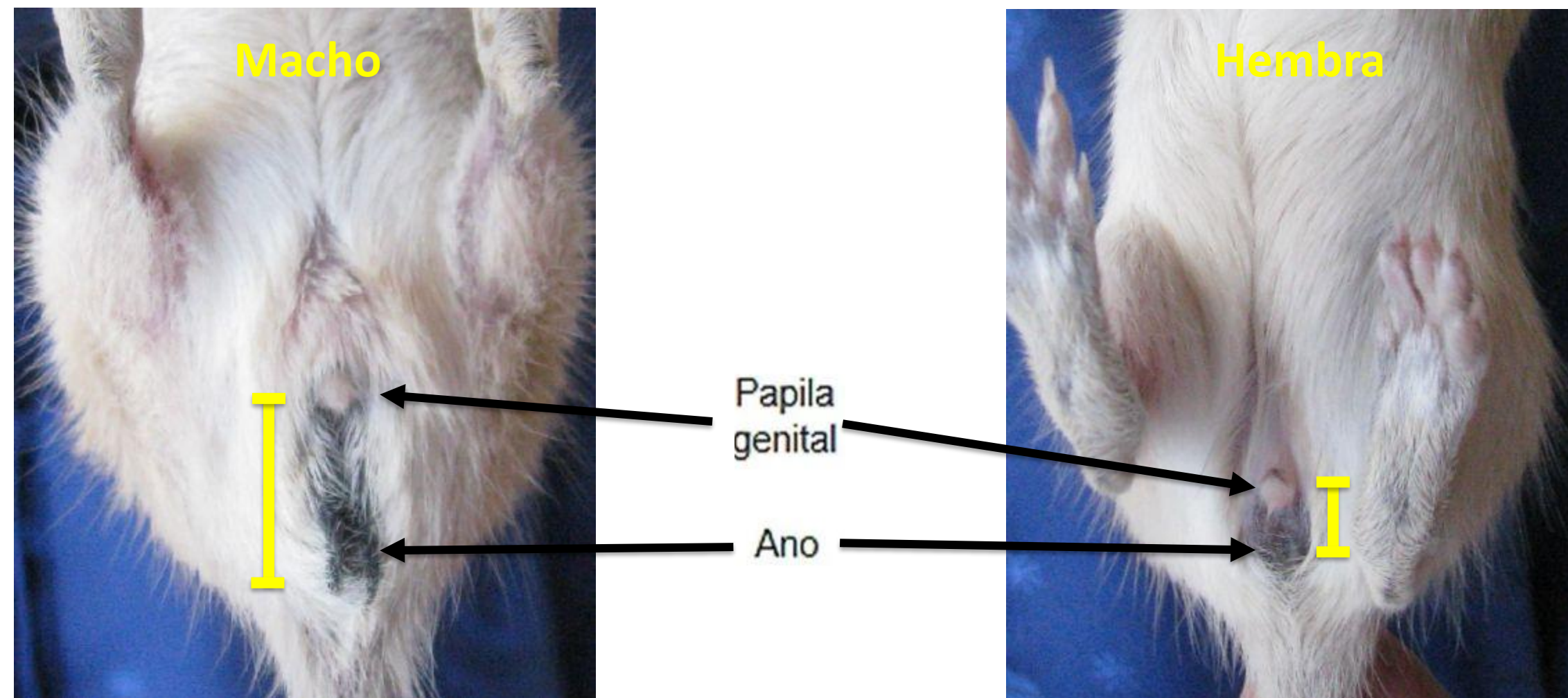


Imagen 6. Diferencias morfológicas entre macho y hembra de gerbo.

(Benavides, F. J., & Guénet, J.-L., 2004)

5. IDENTIFICACIÓN Y MARCAJE

- Todo bioterio debe contar con la correcta identificación de los individuos de sus colonias de producción.
- Para la identificación de los biomodelos, se lleva a cabo un método de identificación permanente a base de muescas.

Muecas: Cortes sobre los bordes de la oreja, permitiendo identificar a los animales de acuerdo a un código preestablecido.

Este método aceptado por la NOM-062-ZOO-1999 se realiza con un utensilio de corte, es rápido y se procura causar la minima incomodidad en el biomodelo.

En proyectos de investigación de duración mayor a dos meses, también se recomiendan como método de identificación permanente.



Imagen 7. Identificación de ratón a través de muesqueo.

(SADER. NOM-062-ZOO-1999)

5. IDENTIFICACIÓN Y MARCAJE

Los códigos preestablecidos son asignados de acuerdo al tipo de cruzamiento de la cepa (endogámicos o exogámicos)

Exogámicos

Se utilizan cortes en diferentes secciones de las orejas, asignando la posición de cada corte a un grupo.

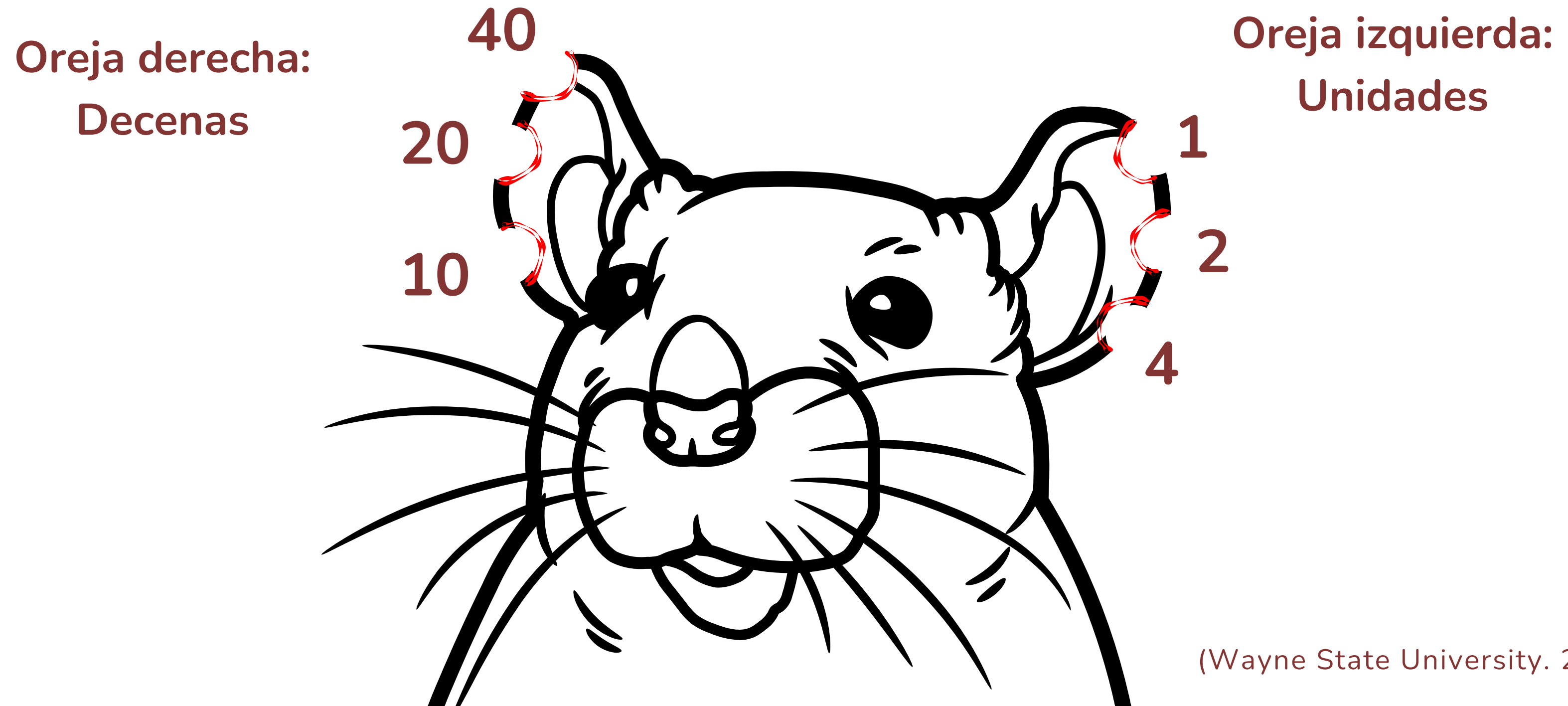


(Wayne State University. 2024)

5. IDENTIFICACIÓN Y MARCAJE

Endogámicos

Cada corte tiene un valor y al sumar los valores se tiene un número que permite identificar al biomodelo, cuyo número representa el número de cruce al que se asignó.



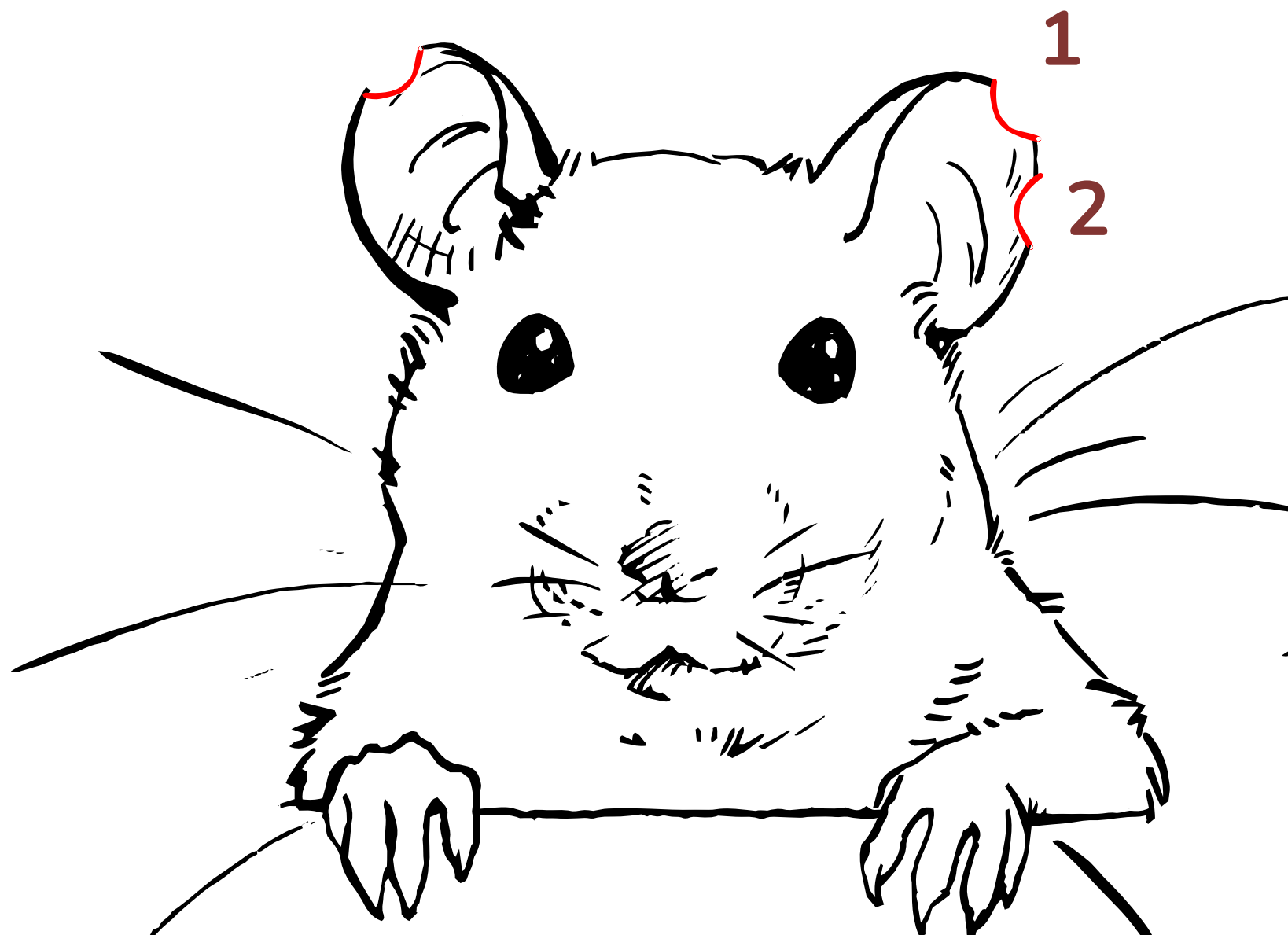
(Wayne State University. 2024)

5. IDENTIFICACIÓN Y MARCAJE

Endogámicos. Ejemplos:

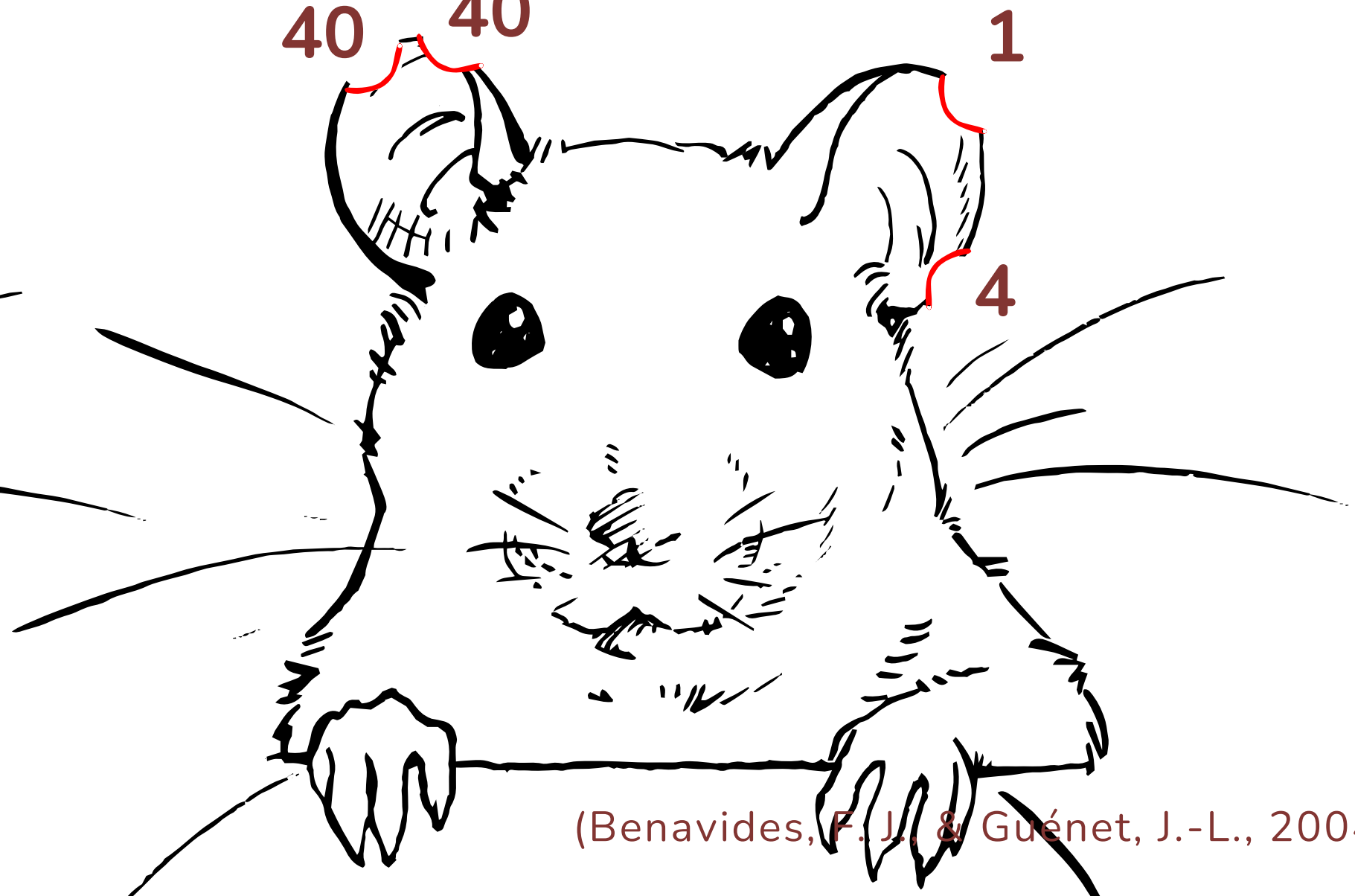
Biomodelo perteneciente
a la craza no. 43.

40



Biomodelo perteneciente
a la craza no. 85.

40 40



(Benavides, F. J., & Guénet, J.-L., 2004)

6. TIPOS DE CRUZAMIENTOS

Monogamia



Emparejar de forma permanente un macho con una sola hembra durante su vida reproductiva.

Poligamia

Asignación de un solo macho a dos o más hembras.

Endogamia

Acoplamiento entre individuos emparentados.



Exogamia

Utilizado para controlar las características genéticas de una colonia de animales.
Evita el cruzamiento de familiares cercanos.

6.1 Cepas endogámicas

- Colonias producidas mediante un mínimo de 20 generaciones de apareamiento entre hermanos con hermanas (numeradas F1, F2, F3 etcétera), con un origen trazable a partir de una única pareja fundadora.
- Esta estructura da como resultado animales genéticamente idénticos (prácticamente libres de variantes genéticas que podrían aumentar la variabilidad en los resultados experimentales).
- Para asegurar la consanguinidad de la línea, es muy importante que todos los animales descendan de un único par de progenitores.



F4, F5, F6...



¿Por qué 20 generaciones?
Controlar el número de generaciones permite, a la vez, evitar en extremo una pérdida de diversidad genética y provocar depresión endogámica.

Imagen 8. Esquema de apareamiento endogámico con ratón BALB/c.

6.1.1 Endogamia: Objetivos y utilidad en el laboratorio.

- **Uniformidad:** Permite que todos los animales de una cepa sean casi idénticos en su ADN.
- **Reproducibilidad:** Facilita que distintos laboratorios obtengan los mismos resultados experimentales al eliminar la variable de la diversidad genética.
- **Control:** Ayuda a estudiar una única variable biológica sin interferencias.

Cepas endogámicas en el bioterio de la UAEH:

- Ratón BALB/c
- Ratón C57BL/6

Sinónimos de endogamia:

- Endocría
- Inbreeding



Imagen 9. Ratón BALB/c.



Imagen 10. C57BL/6

6.2 Cepas exogámicas

- Consiste en cruzar individuos no emparentados o con un parentesco menor que el promedio de la población., buscando producir variabilidad genética.
- Sus metas principales son mantener una alta diversidad genética, evitar los efectos negativos de la consanguinidad y lograr el vigor híbrido

Ventajas y Usos en la Ciencia

- **Control de la consanguinidad:** Se busca que el incremento del coeficiente de parentesco sea menor al 1% por generación.
- **Evitar la deriva genética:** Se mantiene un tamaño de colonia grande para que no se pierdan genes al azar.
- **Representación poblacional:** Simulan de mejor manera la variabilidad genética de una especie silvestre o humana.
- **Estudios toxicológicos y farmacológicos:** Permiten observar respuestas biológicas generales que no dependen de un genotipo único.
- **Control de la deriva genética:** Minimiza la pérdida imprevista de genes y la aparición de caracteres recesivos nocivos asociados al parentesco estrecho

6.2.1 Cepas exogámicas: Control de cruzamientos

- Para evitar el cruzamiento entre individuos emparentados, se mantiene un control de grupos que se acoplan acorde a un sistema donde todos los animales contribuyan igualmente al mantenimiento del pool genético a lo largo del tiempo:

Sistema de reproducción rotativo de Poiley o de mínima consanguineidad

- Utilizado en colonias de reproductores con más de 25 individuos para controlar las características genéticas de la colonia de animales.
- Reduce el coeficiente de endogamia dentro de cada colonia y limita la deriva genética acumulativa al prevenir cuellos de botella genéticos.

Cepas exogámicas en el bioterio de la UAEH:

- Ratón CD1 o ICR
- Rata Wistar
- Gerbo de Mongolia



Imagen 11. Ratón CD1 o ICR



Imagen 12. Rata Wistar



Imagen 13. Gerbo de Mongolia
(UAEH., 2025)

6.2.1 Cepas exogámicas: Control de cruzamientos

Sistema de reproducción rotativo de Poiley o de mínima consanguineidad

- Consiste en formar cuatro grupos a partir de la primer generación filial y formar parejas siguiendo un esquema para procurar evitar la consanguineidad. Las crías nacidas del cruzamiento de estos grupos será clasificada en un nuevo grupo que, en el futuro, será emparentada con crías de otro grupo acorde al esquema:

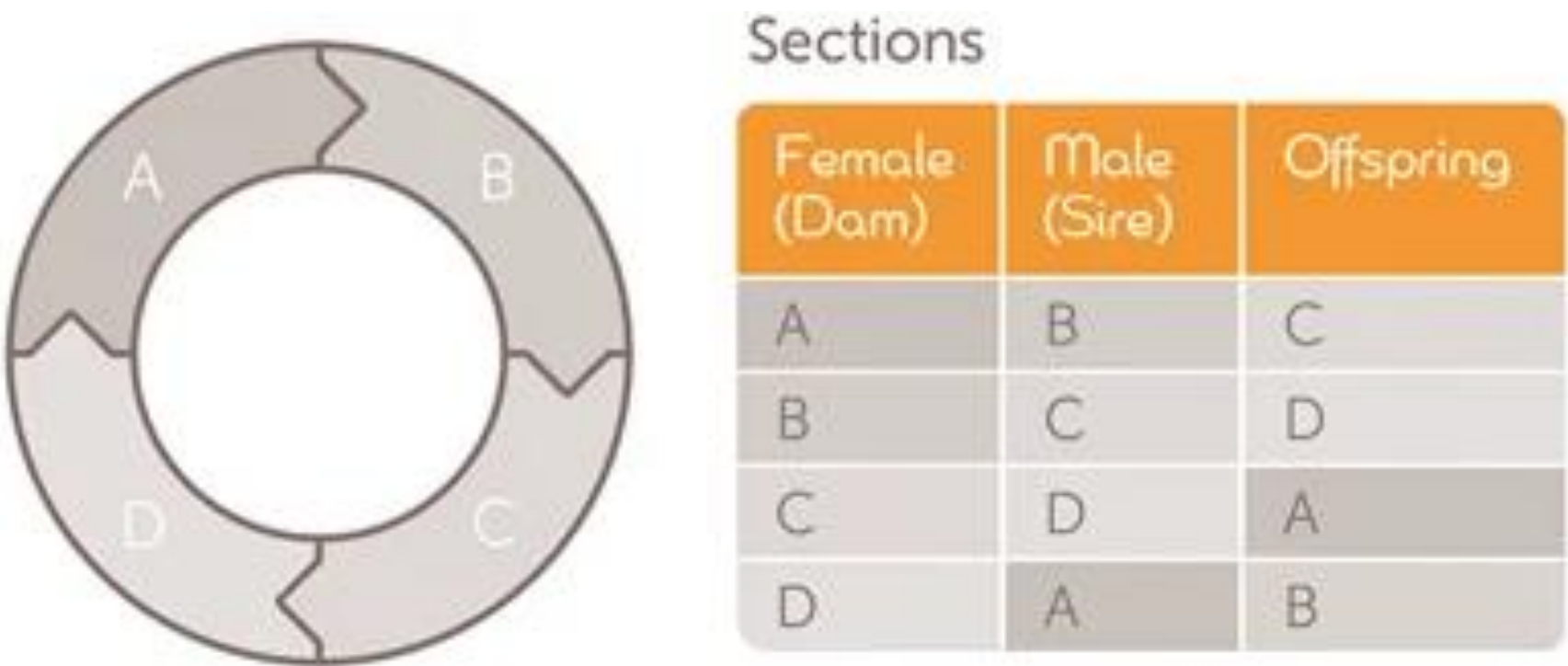
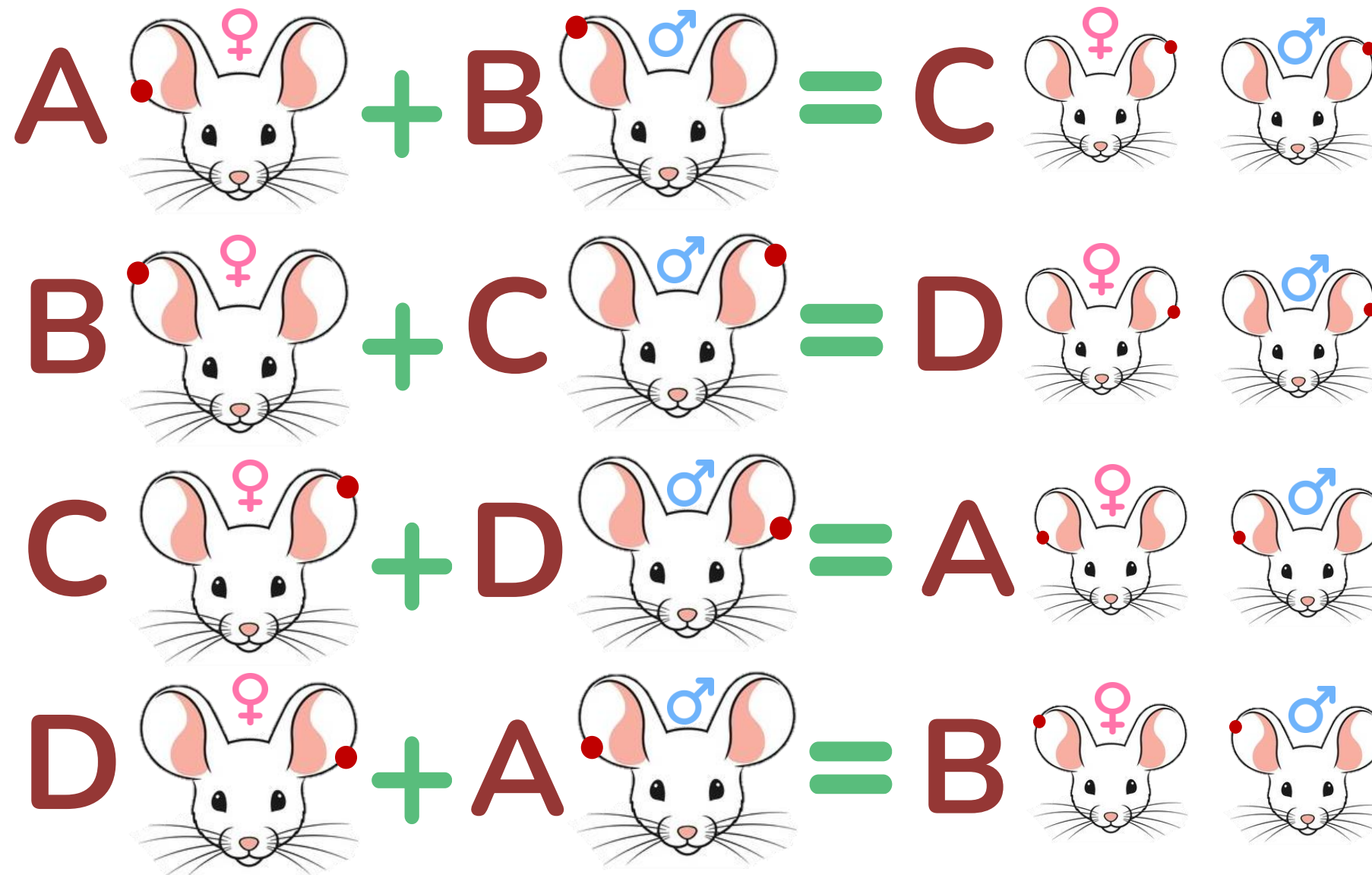


Imagen 14. Esquema de Sistema rotativo Poiley.

Las hembras de la sección A se aparean con los machos de la sección B. Su descendencia se asigna a la sección C. Las hembras de la sección B se aparean con los machos de la sección C. Su descendencia se asigna a la sección D, y así sucesivamente. Mediante el sistema de cría rotacional Poiley, cada generación de animales rota entre las diferentes secciones de la colonia para garantizar un bajo coeficiente de consanguinidad.

6.2.2 Cepas exogámicas: Identificación de grupos con muesca

- De acuerdo al sistema de rotación Poiley en conjunto con la identificación con muescas, los grupos se asignarían de la siguiente manera:



En circunstancias alternas, como la llegada de una colonia pie de cría o la desaparición de un grupo, es posible cambiar el orden de los grupos, lo que a su vez reduce el grado de consanguineidad, siempre y cuando las crías se clasifiquen en el orden del esquema. Por ejemplo:



(Instituto Nacional de Salud., 2018)

7. CONCLUSIONES

- El muesqueo es un tipo de identificación permanente utilizado en el área de producción y su uso se recomienda en investigaciones crónicas.
- El control de las variables como temperatura, iluminación, ruido, humedad puede influir en el éxito de la reproducción.
- La endogamia conserva características genéticas en líneas BALB/c y C57BL/6.
- El sistema Poiley, utilizado en los cruzamientos exogámicos, reduce la consanguinidad y mantiene la diversidad genética de las colonias CD1, Wistar y gerbo de Mongolia.
- El control reproductivo en el bioterio garantiza la calidad genética de las colonias de roedores.

BIBLIOGRAFÍA

- Batchelder, M., Keller, L. S., Sauer, M. B., & L. West, W. (2012). *Gerbils. The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and Other Rodents*, 1131–1155. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.00052-3>
- Benavides, F. J., & Guénet, J.-L. (2004). *Manual de genética de roedores de laboratorio: Principios básicos y aplicaciones*. Universidad de Alcalá de Henares.norecopa.no+6Google Books+6bioterios.com+6
- Charles River Laboratories (S/f). Criver.com. Recuperado el 16 de julio de 2026, de <https://www.criver.com/products-services/research-models-services/animal-models/mice/inbred-mice>
- Fernández, T. *et. al.* (2021). *Protocolo para la citología vaginal directa de ratas de laboratorio*. Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Revista Habanera de Ciencias Médicas, vol. 20, núm. 3, e4086, 2021
- Geréz, G. *et. al.* (s. f.). *Reproducción en animales de laboratorio*. Universidad de Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Salud. (2018). *Esquemas reproductivos en líneas y colonias de roedores en el bioterio de barrera* (Versión 00).Instituto Nacional de Salud+1Instituto Nacional de Salud+1
- *Mouse estrous cycle.* (s.f.). Edu.au. Retrieved June 16, 2026, from https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/Mouse_Estrous_Cycle
- *Nomenclature of inbred mice.* (s/f). Jax.org. Recuperado el 02 de junio de 2026, de <https://www.jax.org/jax-mice-and-services/customer-support/technical-support/genetics-and-nomenclature/inbred-mice>
- *Programa de Cruzamiento para Roedores del Bioterio-UAEH.* (2025). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- *SADER: Norma Oficial Mexicana para la Producción, Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio. NOM-062-ZOO-1999.* Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203498/NOM-062-ZOO-1999_220801.pdf
- *Sistema de apareamiento.* (s/f). Academia-lab.com. Recuperado el 02 de junio de 2026, de FMVZ+3Academia Lab+3bibliotecavirtual.ranf.com+3
- Wayne State University. (2024, September 12). *Rodent identification and genotyping*. Institutional Animal Care and Use Committee. <https://research.wayne.edu/iacuc/rodentidentificationandgenotyping>