



Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia

Proyecto de servicio social

“Bases anatómicas para el diseño de un modelo anatómico de ratón (*Mus musculus*) para simular técnicas de manejo y de administración de sustancias”

Prestador de Servicio Social:

Marina Jazmín García Rodríguez

Matrícula: 2192034827

Firma: 

Asesor Interno:

Dr. Ángel Raymundo Lozada Gallegos

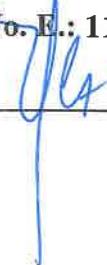
No. E.: 38145

Firma: 

Asesor Interno:

Dra. Ivonne Michelle Heuze de Icaza

No. E.: 11261

Firma: 

1. Introducción

La importancia de las vías de administración se basa en el conocimiento farmacocinético de las sustancias a administrar, del objetivo de estas y del paciente o sujeto de estudio, ya que el conjunto de estos factores permitirá seleccionar el de mejor conveniencia (Losada *et al.*, 2024). Entre las vías de administración más comunes se encuentran la vía oral, intravenosa, intramuscular, subcutánea, intraperitoneal, cutánea e inhalatoria. Cada vía presenta ventajas y desventajas basadas en facilidad o complejidad de administración, metabolismo de sustancias (dependiente de cada especie animal) y biodisponibilidad de las moléculas, ya que, por ejemplo, en la vía de administración oral no se evita el primer paso hepático, lo que genera menor biodisponibilidad del fármaco. Sin embargo, al emplear vías como la intravenosa, este paso se evita y la sustancia pasa directamente a circulación, obteniendo a su vez una acción más rápida. Se menciona también la elección de la vía según el estado de salud del animal, ya que, en caso de tener complicaciones en administración por alguna vía, se tienen otras alternativas (Song *et al.*, 2023).

Es de gran importancia el conocimiento anatómico del roedor para poder llevar a cabo la administración de forma más adecuada, entre estos puntos se destaca el sistema digestivo, presentando mayor énfasis sobre cavidad oral, esófago y estómago, debido a que son claves en la vía oral. Mediante cánulas esofágicas o tubos intragástricos para roedor se introducen los fármacos o sustancias en forma de suspensiones e incluso mediante el agua de bebida es posible colocar los fármacos o sustancias, pero mayor precisión se emplean las dichas cánulas, las cuales para su colocación es necesario comenzar a introducir desde el hocico, pasar por esófago y llegar a estómago, todo ello sin mayor complicación durante el paso, ya que es en el estómago donde se depositara la sustancia objetivo. Otra vía de administración que es muy utilizada es por vía intravenosa (IV). Para la administración IV en roedores se utilizan los vasos sanguíneos superficiales, preferentemente la vena cefálica y aquellas presentes sobre los laterales de la cola son opciones accesibles ya sea para dosificación IV o para la toma de muestras sanguíneas. Para la administración subcutánea, únicamente se toma de referencia la escápula, debido a que es la zona donde la piel tiene más laxitud. Finalmente, para la vía intraperitoneal la referencia anatómica es la línea mediana del abdomen (Yllera *et al.*, 2020; Ruberte *et al.*, 2021).

Una opción en el mejoramiento de aprendizaje para práctica de administración de sustancias es mediante modelos de simulación, esta alternativa no solo permite practicar las veces que sean necesarias, sino que también ofrece la ventaja de la reducción en el número de animales de laboratorio. En la actualidad se tiene un modelo de ratón llamado Mimicky® Mouse, creado por Sankyo Labo Service Corporation, INC. y distribuido por la misma empresa para su venta al mercado comercial.

El objetivo de este proyecto es desarrollar las bases teóricas para poder elaborar un modelo anatómico de ratón (*Mus musculus*), el cual sea capaz de simular técnicas de manejo y de administración de sustancias por distintas vías.

2. Antecedentes

El diseño de métodos de administración de fármacos o sustancias es un campo bajo el cual se adapta a la ciencia química, farmacéutica, medicina y biología molecular; en donde se tiene como objetivo la formulación eficaz para medir la dosis ideal del fármaco y poder administrarlo sobre el sitio de acción deseado. Para tal objetivo, se consideran las propiedades farmacocinéticas (concentración en sangre y vida media de eliminación), barreras biológicas y sistemas de transporte (Losada *et al.*, 2024). La vía de administración más común es la oral debido a su facilidad de uso, sin embargo, uno de los factores más importantes a considerar es la biodisponibilidad de las moléculas terapéuticas. En las especies monogástricas, por ejemplo, esta vía resulta ser aceptable para muchas sustancias; sin embargo, en especies como los equinos, resulta ser poco eficiente. Por esta razón, otras vías como la intravenosa, intramuscular o subcutánea son empleadas cuando el paciente no puede absorber la sustancia o fármaco administrado por vía oral, además de presentar la ventaja de evitar el primer paso metabólico, generando una acción más rápida. En roedores pequeños las vías aceptadas para la administración de sustancias son la vía oral, subcutánea, intraperitoneal e intravenosa, la inyección intramuscular es la menos recomendada debido al dolor que pueden causar y los riesgos de cojera si no se realiza de forma adecuada y con un calibre de aguja pequeño (tabla 1) (Song *et al.*, 2023; Canadian Council on Animal Care., 2020).

Vías de administración de Fluidos y Sustancias	
ANIMAL	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Rata	Vena caudal, *vena <u>peneana</u> , vena safena, *vena sublingual, *vena yugular
Ratón	Vena caudal
Cuyo	Vena femoral, *vena peneana, vena safena, *vena sublingual, *vena yugular
Conejo	Vena auricular
Vías de administración NOM-062-ZOO-1999	

Tabla 1. Vías de administración aceptadas en ratón: representa las vías permitidas según la Normatividad Mexicana. NOM.067.ZOO.1999

La simulación en la educación médica representa un área de oportunidad debido a que es una opción para entrenar y evaluar habilidades médicas; además, es una herramienta que acorta el tiempo de aprendizaje y permite que el alumno practique las veces que sea necesario, generando confianza al mismo tiempo y menos estrés por compasión. Otra de las ventajas, es que al usar modelos de simulación se reduce el uso de animales vivos en situaciones clínicas o quirúrgicas, además en el uso de animales en los laboratorios con

esta alternativa se permite aplicar las 3R (reemplazo, reducción y refinamiento) (Molina *et al.*, 2020).

2.1 Generalidades - Anatomía del ratón

2.1.1 Anatomía del sistema digestivo

Las funciones del aparato digestivo implican prensión o recogida de alimentos, masticación, salivación, deglución, transporte, digestión, la absorción de nutrientes y la eliminación de residuos (Yllera *et al.*, 2020). El estómago está situado transversalmente sobre la región hipocondríaca izquierda de la zona intratorácica de la cavidad abdominal, resulta ser un saco grande con forma de pulgar en el ratón *Mus musculus*. El esófago se abre formando el esfínter cardíaco, cerca de esta parte se encuentra la extremidad izquierda o la parte fúngica, el cual forma un saco ciego (Elsayed & Gammal., 2023).

2.1.2 Vasos sanguíneos superficiales de importancia

- a. La vena lateral de la cola suele ser muy utilizada para la administración de fármacos o sustancias, la administración debe ser lenta y con volúmenes bajos, en los ratones se tiene la presencia de dos venas en la cola, una en cada lado y son fácilmente visibles y accesibles (Yllera *et al.*, 2020; Ruberte *et al.*, 2021).

2.1.3 Anatomía de la cavidad peritoneal

La cavidad peritoneal es un espacio cerrado que se encuentra dentro del abdomen, contiene a los órganos abdominales y deriva de la cavidad celómica del embrión, se mantiene cubierta por una membrana serosa llamada peritoneo, está llena de una fina película que contiene líquido peritoneal, está formado de células mesoteliales escamosas sobre una membrana basal delgada (Shoyaib *et al.*, 2020).

2.2 Vías de administración en ratones y ratas

- a. Vía oral: se emplea cuando se requiere una exposición sistémica al fármaco, la sustancia se puede administrar directamente al estómago o por la boca a través del consumo de agua (Saldaña *et al.*, 2023).
- b. Cánula esofágica; es necesaria la colocación de la cánula que generalmente es de acero inoxidable o bien de plástico (cuando son desechables) a una jeringa o algún impulsor que permita introducir la sustancia, posteriormente se introduce la cánula a través de la boca, se debe pasar el esófago y llegar al estómago sin sentir resistencia durante el paso de la sonda, una vez llegado al estómago, se deposita la sustancia de forma lenta, regulada y de forma controlada (Saldaña *et al.*, 2023).
- c. Vía subcutánea: la zona de aplicación en roedores generalmente es sobre la escápula debido a que es en donde se tiene mayor laxitud de la piel (Saldaña *et al.*, 2023; Heuze I., 2023).
- d. Vía intraperitoneal: requiere que la inyección sea en la cavidad peritoneal a través de la pared del abdomen, para administrarlo en un ratón, este se debe de colocar decúbito dorsal, con la cabeza inclinada hacia abajo, esto con el fin de provocar

una movilización de las vísceras y evitar la perforación de alguna, la introducción de la aguja se realiza en un ángulo de 30° ligeramente hacia la izquierda de la línea media del abdomen (Saldaña *et al.*, 2023; Heuze I., 2023).

- e. Vía intramuscular: es empleada como vía sistémica, se recomienda que la aplicación se realice en zonas de miembros pélvicos con mayor presencia muscular, sin embargo, como se mencionó anteriormente es una técnica que no se debe utilizar en ratones ya que no suele ser recomendable (Saldaña *et al.*, 2023; Heuze I., 2023).
- f. Vía intravenosa: su ventaja es que se alcanza la máxima exposición del fármaco al plasma en poco tiempo, en los ratones se lleva a cabo esta técnica en la vena de la cola, no se requiere de la anestesia del paciente, únicamente su restricción de forma adecuada para colocar la inyección (Saldaña *et al.*, 2023; Heuze I., 2023; NOM-062-ZOO-1999).

2.3 Manejo y manipulación del ratón

Es de importancia que el ambiente bajo el cual se trabaje sea lo más silencioso posible, también es recomendable no usar perfumes, colocarse el equipo de seguridad según el área de trabajo, evitar sujetar a los animales de la cola y evitar dejar colgado al animal sin una superficie de apoyo, ya que causa estrés por suspensión y puede voltearse y morder. La forma correcta de manipulación es tomando al ratón de la parte media de la cola, al sacarlo de la jaula, las patas delanteras deben descansar sobre una superficie rugosa y la base de la cola se debe colocar entre el dedo meñique y anular, posteriormente de la forma más pronta posible se agarra un pliegue de la piel que se encuentra entre el cuello y hombros, esto con ayuda de los dedos índice y anular, por último, se eleva al animal para su objetividad. Toda manipulación debe de ser firme pero suave al mismo tiempo, sin realizar movimientos bruscos, además también debe considerarse la utilización de guantes desechables y la desinfección de las superficies empleadas. Para evitar estrés en los ratones y promover tranquilidad previa a su manejo, se debe considerar que las jaulas sean de materiales resistentes como policarbonato o polisulfonato con tapas de acero inoxidable, es indispensable el acceso a agua y comida que garanticen el bienestar animal, de igual forma, es importante asegurarse que las condiciones de vivienda garanticen las cinco libertades del bienestar animal. La temperatura, humedad, composición del aire e iluminación también deben ser monitoreados constantemente (Rodríguez *et al.*, 2020; Heuze I., 2023).

2.4 Simuladores actuales

Actualmente se tiene el modelo de ratón Mimicky® Mouse, el cual está disponible para su venta, suele presentar características adecuadas para practicar el manejo, restricción, muescas y vías de administración oral e intravenosa.

3. Planteamiento y Justificación

El uso de animales de laboratorio para la práctica en la educación de los estudiantes de medicina veterinaria y químico farmacéutico son importantes para fortalecer y aprender

conocimientos en manejo y administración de sustancias por distintas vías, sin embargo en diversas ocasiones el uso de los mismos se ve reducido a una sola sesión lo que indica mayor requerimiento del número de animales para casos posteriores, considerando además, que los conocimientos previos de los alumnos son menores en cuanto a manejo, sujeción y anatomía, por lo que en algún momento pueden llegar a causar daños al animal durante las veces en las que están practicando o manipulando al roedor Humpenöder *et al* (2021). Es por ello que una de las alternativas para poder llevar a cabo estas actividades sin necesidad del uso de animales vivos, son los simuladores de ratón, ya que permiten poder practicar las veces que sean necesarias y el número de modelos por grupo es menor en comparación con el número de animales vivos requeridos por práctica, además si se considera la parte del bienestar animal, se ve reducido el dolor y estrés en los animales así como el número de ellos que se les tiene que aplicar la eutanasia al final de la práctica de laboratorio, sin embargo, una de las desventajas con esta alternativa es que en la actualidad los modelos presentes en el mercado no suelen ser accesibles, debido a los costos del modelo completo, costos del envío y del costo de piezas de cambio para próximas prácticas, aunado a ello, se conoce solo un modelo de ratón disponible al mercado internacional. Esta es la razón por la cual se busca obtener las bases para la construcción de un modelo de ratón que sea funcional y económicamente accesible.

4. Objetivo general

- Establecer las bases teóricas para la elaboración de un modelo anatómico de ratón (*Mus musculus*) para simular técnicas de manejo y de administración de sustancias.

5. Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica para conocer las estructuras anatómicas relacionadas con la administración de sustancias y fármacos por vía oral, subcutánea, intravenosa, intramuscular e intraperitoneal.
- Realizar una revisión bibliográfica para conocer las técnicas y procedimientos más utilizados para realizar la administración de sustancias y fármacos por vía oral, subcutánea, intravenosa, intramuscular e intraperitoneal en el ratón (*Mus musculus*).
- Realizar una revisión bibliográfica para conocer las técnicas y procedimientos más utilizados en el manejo y manipulación del ratón (*Mus musculus*).

6. Materiales y métodos

Inicialmente se llevó a cabo una búsqueda de información bibliográfica en sitios como BidiUAM, Scielo, Google académico, artículos científicos y notas informativas de sitios de Universidades. Ello con la finalidad de recabar información asociada a la anatomía del ratón en general y datos específicos del ratón *Mus musculus*, así como vías de administración, simuladores presentes en el mercado y manejo del ratón.

En este sentido la primera parte de la búsqueda tuvo como puntos de interés las vías de administración aplicadas a ratones, es decir; vía oral (agregando el uso de la cánula esofágica), intravenosa en cola, intraperitoneal y subcutánea, considerando con ello la técnica más adecuada para la manipulación, para que, al momento de realizarse en el modelo, sea de forma adecuada.

La siguiente parte de la recolección informática estuvo enfocada a las características anatómicas de mayor importancia para considerarse en cada una de las vías a emplear, es decir, en cuanto a vía oral la información tuvo como enfoque la cavidad oral y el tracto digestivo, en la administración intravenosa se describió anatómicamente la ubicación de los vasos sanguíneos que permitan realizar el procedimiento, para el caso de la administración subcutánea se consideró la descripción de las zonas del cuerpo del animal en las que se puede realizar la técnica, este caso se aplicó también para la vía intraperitoneal solo con la diferencia de que la referencia anatómica estará únicamente sobre la zona del abdomen, a su vez se definió la cavidad peritoneal.

La tercera parte de la recopilación de información fue destinada hacia el correcto manejo de los roedores, con la finalidad de que cuando se lleve a cabo en animales vivos se haga de forma correcta y se evite en lo mayor posible el estrés, daño al animal y a quien lo maneja.

La última búsqueda fue para identificar la existencia de simuladores de ratón que funcionan para realizar prácticas en estudiantes de medicina veterinaria, para administración de fármacos o sustancias a través de diferentes vías, en este aspecto no se tuvo restricción asociada a un tipo de roedor, materiales utilizados, ni el tipo de administración que se puede practicar.

Posteriormente, una vez obtenida la información requerida, se seleccionó aquella que funcionó mejor para generar de forma más puntual la importancia en cada sección y para que finalmente se llevarán a cabo las bases para la construcción de un modelo de ratón (*Mus musculus*).

La búsqueda incluyó palabras claves relacionadas al tema de interés, estas fueron colocadas sobre la barra del buscador tal como se muestra; “simulador”, “modelo anatómico”, “ratón”, “práctica” “vías de administración” “manejo/manipulación”, “*Mus musculus*”, no se tuvo restricciones en idioma, sin embargo, si se consideraron la fecha de las publicaciones de los artículos científicos, los cuales no fueron con más de 5 años de antigüedad, teniendo en cuenta el año actual.

La fecha de inicio para lograr el objetivo propuesto, comenzó el 21 de octubre del 2024, empezando con la primera parte de la búsqueda (tipos de vías de administración en los roedores), cada sección presentó duración de un mes, posterior a esta etapa, se inició la segunda búsqueda a partir del 22 de noviembre del 2024 (anatomía relacionada con puntos clave de la administración de sustancias por distintas vías), una vez concluida, el 23 de diciembre del 2024 se

llevó a cabo la recolección informática de los manejos adecuados para la manipulación del ratón y el 24 de enero fue la última recolección de la información.

A partir del 25 de febrero al 1 de mayo se realizaron y obtuvieron las bases finales para la construcción del modelo.

7. Calendario de actividades

Objetivo	Actividades a realizar	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Realizar una revisión bibliográfica para conocer las estructuras anatómicas relacionadas con la administración de sustancias y fármacos por vía oral, subcutánea, intravenosa, intramuscular e intraperitoneal.	Buscar en páginas escolares/científicas, textos o artículos enfocados en la anatomía del ratón y de las vías de administración aplicadas.	X					
Realizar una revisión bibliográfica para conocer las técnicas y procedimientos más utilizados para realizar la administración de sustancias y fármacos por vía oral, subcutánea, intravenosa, intramuscular e intraperitoneal en el ratón (<i>Mus musculus</i>).	A través de la consulta bibliográfica de artículos o textos científicos, buscar información sobre los métodos o técnicas aceptables para poder administrar sustancias/fármacos en diferentes vías.		X				
Realizar una revisión bibliográfica para conocer las técnicas y procedimientos más utilizados en el manejo y manipulación del ratón (<i>Mus musculus</i>).	Mediante la consulta de guías o manuales de manejo en roedores, leer y recabar información sobre la forma correcta de manipulación del ratón.			X			

Diseñar un modelo anatómico de ratón que permita representar las estructuras relacionadas con la administración de sustancias y fármacos por vía oral, subcutánea, intravenosa, intramuscular e intraperitoneal.	Descartar toda aquella información que no sea de importancia. Seleccionar los datos anatómicos, técnicas y manejo que serán plasmados en el modelo.					X	X
Establecer protocolos clínicos para entrenar la administración de fármacos y sustancias mediante las vías de administración oral, subcutánea, intravenosa, intramuscular e intraperitoneal en el ratón (<i>Mus musculus</i>).	Describir de manera puntual los métodos correctos para la administración por distintas vías en roedores. Establecer un protocolo de entrenamiento/práctica sobre el modelo de ratón.						X

8. Resultados:

Técnicas, procedimientos y protocolos más utilizados para administración de sustancias y fármacos

1. Vía oral (cánula esofágica): el medicamento suministrado por esta vía permite su asimilación en el tracto digestivo, para posteriormente ser transportado al torrente sanguíneo. En el caso del ratón para la administración de fármacos por medio de la sonda o cánula, es importante la sujeción correcta sobre la zona del pliegue del cuello, una vez posicionado se introduce de manera correcta la sonda a través de la boca, para dar paso hacia esófago y después estómago, donde se llevará a cabo el depósito de la sustancia previamente conectada a la vía, es de importancia que la cánula presente en la punta un bulbo para evitar lesionar al ratón o que esta sea flexible (figura 1), la longitud debe ser la correcta dependiendo del tamaño del animal (figura 2) en algunos casos para generar habituación a la administración, se coloca de forma superficial un poco de solución azucarada en la cánula (Saldaña *et al.*, 2023; Canadian Council on Animal Care., 2020; UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

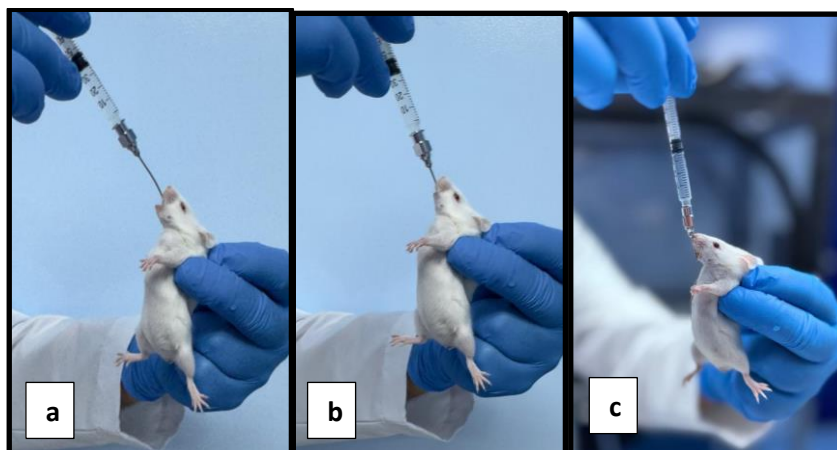


Figura 1. Administración con cánula esofágica oral en ratones: se observa en (a) introducción inicial de la cánula por cavidad oral, (b) introducción parte media de la cánula a esófago, (c) introducción completa de la cánula hasta estómago y zona donde se lleva a cabo el depósito total del fármaco o sustancia, además se representa el manejo y sujeción adecuada para la técnica (UPEAL-UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).



Figura 2. Administración con sonda oral en roedores: en esta figura podemos observar que previo a la administración es importante la medición de la cánula, suficiente para alcanzar el estómago y sin lastimar al ratón (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

2. Subcutánea: este método brinda una lenta liberación del fármaco, ya que la sustancia se deposita sobre tejidos que mantienen poca irrigación y se evita el metabolismo de primer paso hepático a diferencia de la vía oral, la zona de aplicación en roedores generalmente es sobre la escápula, mediante una sujeción manual en el pliegue del lomo y posicionando sobre 4 patas al animal o sobre miembros pélvicos en una superficie plana, para la inyección en esta zona se toma el pliegue de piel de la escápula con ayuda de los dedos y posteriormente se inserta la aguja sobre el tejido subcutáneo para depositar el fármaco (figura 3) (Saldaña *et al.*, 2023).



Figura 3. Aplicación por vía subcutánea en roedores: en la Figura se representa la forma correcta de restricción del animal y el pliegue tomado con los dedos para su posterior inyección en la zona escapular (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

3. Intravenosa: previo a la administración es importante la restricción del ratón, para ello se emplea un tubo de contención que permita ajustar el cuerpo y la cola para su manejo, la vena de elección para la administración de fármacos es la de la cola (figura 4), para obtener una fácil visualización se recomienda colocar la cola del roedor en un poco de agua tibia o con ayuda de una lámpara de calor, es indispensable que se realice con precaución para evitar lesiones, previa a la inyección se debe realizar asepsia y una vez que se comience con la administración del fármaco o sustancia, se administra de forma lenta y en caso de requerir administración de volúmenes mayores, esta se deberá hacer en bolos (Canadian Council on Animal Care., 2020).

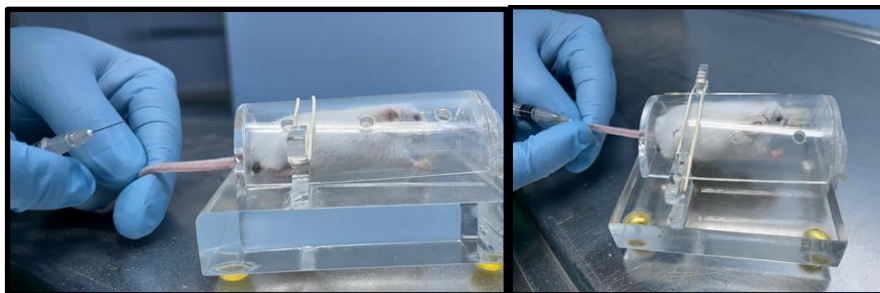


Figura 4. Restricción del ratón en tubo de contención: se observa que para la inyección intravenosa (IV) se sostiene la cola fuera del tubo y se visualiza la vena para la posterior introducción de la inyección (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

4. Intraperitoneal: la ventaja que tiene sobre otras vías es que en esta se pueden administrar más volúmenes de sustancias o fármacos, además de permitir una absorción rápida, la inyección se aplica en la cavidad peritoneal a través de la pared abdominal, la técnica para administrar por esta vía es colocar al roedor de forma decúbito dorsal, manteniendo la cabeza hacia abajo, al realizar este movimiento se permite movilizar las vísceras para evitar que se perfore alguna, una vez colocado de esta forma, se introduce la aguja en un ángulo de 30° lateral hacia la izquierda de la línea media, tal como se observa en la figura 5 (Saldaña et al., 2023).



Figura 5. Administración intraperitoneal: se observa la posición decúbito dorsal del ratón, manejo y restricción ideal, así como la aplicación de la inyección en el sitio adecuado sobre el abdomen y lateral a la línea media (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

5. Intramuscular: a pesar de ser un método de inyección no recomendable debido a que puede ocasionar dolor y cojera posteriormente, es importante considerar que en caso de aplicarse es importante que se coloque en miembros pélvicos en donde se tenga mayor masa muscular y además tener presente que la aguja debe ser insulínica (figura 6) (Saldaña *et al.*, 2023; Heuze I., 2023).



Figura 6. Aplicación inyección intramuscular: **(a)** se observa el calibre de la aguja y tamaño de la jeringa, importante para evitar lesiones, **(b)** la inyección se debe realizar en donde se tenga presencia de mayor masa muscular y también se representa el manejo y sujeción ideal. (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

Estructuras anatómicas relacionadas con las vías de administración

Sistema digestivo

- Cavidad oral: es el primer tramo del aparato digestivo encargado de 4 funciones principales; prensión, masticación, salivación, así como la deglución. Se extiende desde los labios, hasta la faringe, contiene los dientes y la lengua.
- Esófago: presenta una forma tubular el cual se encarga de transportar el bolo de alimento hasta el estómago, en el cuello se encuentra dorsal a la tráquea, en la zona caudal junto a la cavidad torácica se desplaza hacia la izquierda quedando próximo a la piel. Una vez dentro de la cavidad torácica recupera su posición dorsal y así se mantiene hasta llegar al estómago
- Estómago: este órgano es una dilatación del tubo digestivo que se encuentra entre el esófago y el intestino, está situado en la zona craneal de la cavidad abdominal, en la parte de atrás del diafragma y del hígado, en las ratas la mucosa que reviste al estómago es de dos tipos aglandular y glandular (ver figura 7) (Yllera *et al.*, 2020).

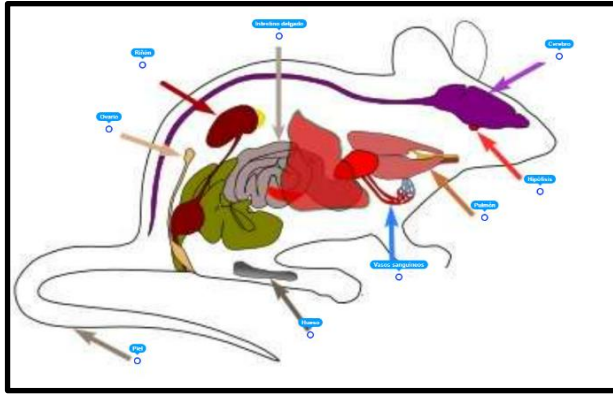


Figura 7. Sistema digestivo del ratón: esquema representativo de la anatomía del ratón, observando estructuras principales importantes para la administración oral (Tomado de: Khart., 2025).

Sistema Venoso

- Vena lateral de la cola: el ratón presenta dos venas laterales en la cola, estas tienen la característica de ser superficiales y de fácil visualización en aquellos que su pelaje sea delgado o muy claro, sin embargo para una mejor aplicación de las sustancias o de los fármacos, se recomienda que la vena se dilate, figura 8 (Yllera *et al.*, 2020).



Figura 8. Venas laterales de la cola del ratón: la figura (a) muestra la cola intacta donde la vena se visualiza levemente y (b) se observa uno de los vasos laterales fácilmente visible después de retirar la piel para identificarlo anatómicamente (Tomado de: Yllera *et al.*, 2020).

Manejo y manipulación del ratón (*Mus musculus*).

Normalmente los ratones que suelen utilizarse para manejo experimental se mantienen en jaulas microaisladoras de policarbonato o polisulfonato con rejilla y filtro, es importante la limpieza y la desinfección de las cajas de alojamiento una vez a la semana (figura 9), el lugar donde se mantienen debe tener un sistema automatizado de ventilación, aire acondicionado y calefacción conforme los parámetros que marca la NOM-067-ZOO-1999.



Figura 9. Cajas de alojamiento: se observan las cajas que mantienen a los roedores, de material ideal y el uso adecuado del equipo de protección para el manejo por parte de los encargados (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

En el caso de los ratones jóvenes y adultos, se sujetan tomándose de la parte de la base de la cola, mediante esta zona también se levantan o se pueden tomar del cuerpo ya sea con ayuda de los dedos o con pinzas pequeñas. Es importante que por cada manejo que se realice, se porte el uniforme adecuado y el uso de guantes, así como evitar uso de perfumes y volumen alto en el tono de voz.

Para la sujeción se toma al ratón de la cola y se saca de la jaula, apoyándolo sobre una superficie que sea rugosa o sobre una rejilla para que genere resistencia, sin soltarlo, se toma rápidamente de forma suave y firme la piel de la zona del cuello con ayuda de los dedos índice y pulgar y la cola entre el dedo meñique y la palma de la mano, posteriormente ya se puede levantar al animal y queda inmovilizado, en el caso de que solo se requiere hacer cambio de la jaula se puede emplear un túnel o tubo de contención, sin embargo si no se tiene al alcance, se puede formar uno con las palmas de las manos y de esta forma se evita mayor estrés que si se toma de la cola (figura 10) (Saldaña *et al.*, 2023).

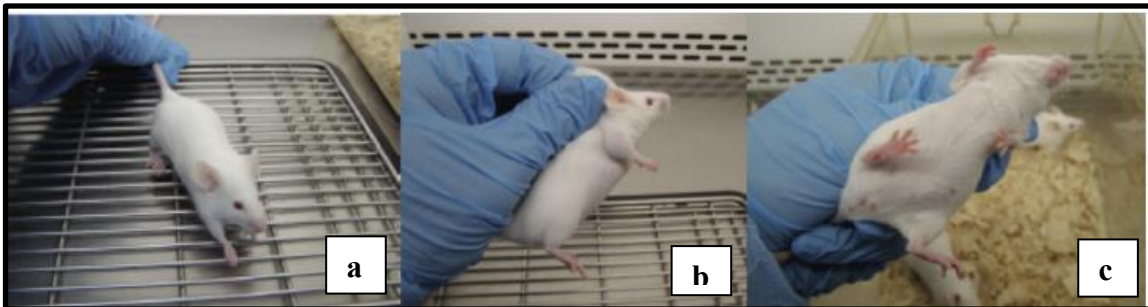


Figura 10. Sujeción del ratón: en figura (a) se observa la colocación correcta del ratón sobre la rejilla, posteriormente se sujeta con ayuda de los dedos de la zona escapular (b) y finalmente la cola se coloca entre los dedos para posteriormente elevar y posicionar según se requiera (c) (Tomado de: Saldaña *et al.*, 2023).

Simuladores presentes en el mercado

Simulador Mimicky® Mouse: este modelo es creado por la empresa Sankyo Lab Service Corporation, INC, es un simulador que pesa alrededor de 25 gramos, su objetivo de elaboración permite que se practique el manejo, restricción, realizar evaluación física, practicar administración intravenosa y oral (Figura 11). La cola se puede retirar y colocar fácilmente, es un producto que tiene un costo de 25,000 pesos, sin incluir envío o el cambio de cola y orejas.

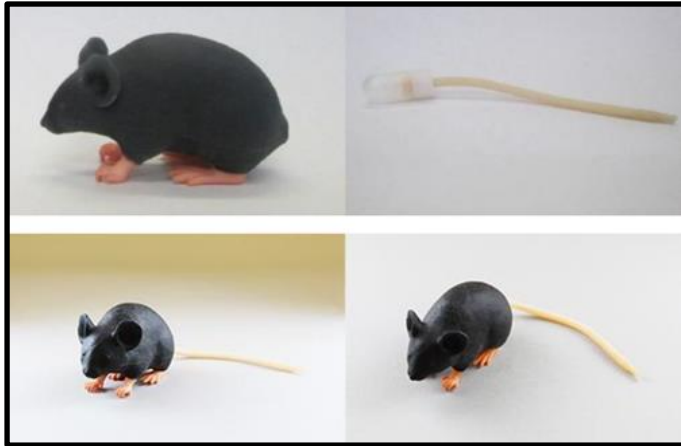


Figura 11. *Simulador Mimicky® Mouse: se observa el ratón con y sin cola, esta es la que permite que se practique vía de administración IV, al mismo tiempo presenta características en piel y extremidades importantes para practicar manejo y sujeción (Tomado de: Natsume).*

En la UAM-X, los alumnos de medicina veterinaria y QFB llevan a cabo prácticas de manejo y uso de animales de laboratorio, en donde para su entrenamiento se emplean animales sintéticos e interactivos, modelos anatómicos (figura 12) y cadáveres, lo que permite dar paso posteriormente al uso de animales vivos, los cuales se pueden sustituir por los simuladores que estamos diseñando.

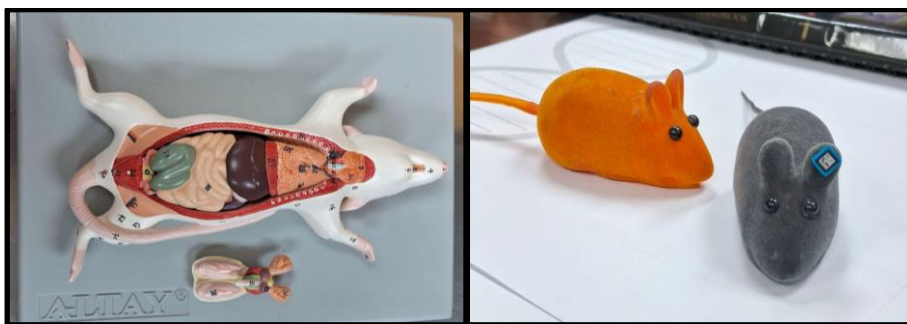


Figura 12. Modelos Interactivos: se observan dos tipos de modelos adecuados para visualizar anatomía y para realizar prácticas de manejo en roedores pequeños (UPEAL-Bioterio UAM-X., 2025).

NOM-062-ZOO-1999

Es una normatividad mexicana que tiene como objetivo principal establecer las especificaciones asociadas a técnicas de producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio y se aplica a UPEAL-Bioterios, entre aquellos dedicados al manejo de estos animales.

De manera general se menciona que las cajas de alojamiento se deben mantener limpias, secas y ambientalmente adaptadas para los requerimientos del roedor, importante que todos los días se observen a los animales con fines de detectar cambios en comportamiento., enfermedades, fallecimientos o lesiones, además de tener acceso a alimento y agua.

En cuanto a la administración de medicamentos o sustancias se indica que cuando genere dolor, se deberá recurrir a tranquilizantes, anestésicos o analgésicos, sin embargo se prefiere llevar a cabo métodos que no lo requieran y que no sean dolorosos, en cuanto a manejo; este debe ser firme, procurando la seguridad del personal y del animal, se debe evitar estrés e intentos de huida ya que esto puede alterar la circulación y estado metabólico y al administrar de esta forma los medicamentos se podría ocasionar un estado de choque, para la administración IV en ratones únicamente se permite que se realice en vena caudal (tabla 2).

ANIMAL	VENA AURICULAR	VENA CAUDAL	VENA CEFALICA	VENA FEMORAL	* VENA PENEANA	VENA SAFENA	* VENA SUBLINGUAL	* VENA YUGULAR
Rata	-	+	-	-	+	+	+	+
Ratón	-	+	-	-	-	-	-	-
Jerbo	-	-	-	-	-	-	+	-
Hámster	-	-	-	-	-	-	-	+
Cuyo	-	-	-	+	+	+	+	+
Conejo	+	-	-	-	-	-	-	-
Perro	-	-	+	+	-	+	+	+
Gato	-	-	+	+	-	+	+	+
Porcino	+	-	-	-	-	-	+	-
Primates no-humanos	-	-	+	+	-	+	+	+

* Previa anestesia o sedación

+ Permitido

- No permitido

Tabla 2. Vías de administración en vena permitidas: se observa que la única vena accesible para colocar fármacos solo se realiza en vena caudal en ratones, el resto de las venas se prohíben debido al tamaño del calibre (Tomado de la NOM-062-ZOO-1999).

9. Conclusión y discusión:

Se sabe que en cuanto al área de la salud, resulta esencial el aprendizaje a través de la práctica, sin embargo antes de ello se asegura que el alumno presente los conocimientos necesarios en cuanto a la técnica, anatomía y manejo de la especie animal bajo la cual se trabajara, uno de los animales más comúnmente utilizados es el ratón debido a su pequeño tamaño, fácil manejo y costos aceptables, además de permitir ensayos de toxicología, neurología, microbiología, farmacología, parasitología, oncología, entre otras más. Basándose en una investigación ética con estos animales, se propone el uso de las tres erres que son fundamentales para asegurar una investigación ética, responsable y científicamente válida, se establece (Portilla. M., 2022; Heuze I. 2022):

- El reemplazo, implica la utilización de métodos que permitan sustituir el uso de los animales, mediante alternativas como los modelos *in vitro*, así como uso de simulaciones por computadora, también se tiene de alternativa la práctica con bacterias o levaduras.
- La reducción, se trata de reducir el número de animales en la experimentación pero que al mismo tiempo de forma estadística sea representativo, es por ello que previo a la realización de la investigación se aconseja generar un buen diseño experimental y tener presente el análisis estadístico que se hará.

- El refinamiento, asociado a minimizar el dolor y la angustia durante la práctica, a través del manejo adecuado de anestesia y analgesia, considerar también que el lugar de alojamiento sea ideal, que el personal dedicado al manejo esté capacitado y mediante el diseño de técnicas que permitan obtener resultados esperados sin ser invasivos (Portilla. M., 2022).

A través de lo anterior también se promueven alternativas didácticas de aprendizaje que puedan ponerse en práctica en los laboratorios universitarios, contribuyendo al mismo tiempo a mejorar la calidad de vida de los animales, mediante videos de simulación de diferentes procedimientos, software que permita aprendizaje anatómico, modelos sintéticos, así como aplicaciones que permitan hacer disecciones virtuales, estas se han implementado en enseñanza de anatomía y fisiología, teniendo resultados aceptables en la evaluación de aprendizaje (Portilla. M., 2022; Heuze I. 2022).

En este caso otro de los métodos propuestos para aplicarse ya no de forma virtual, si no manual es a través de modelos de simulación, que sean capaces de practicar manejos básicos como la sujeción y administración de fármacos o sustancias a través de diferentes vías, para ello previamente se consideró importante explicar las técnicas tanto de manejo como de administración y posteriormente tener en cuenta la anatomía como un factor básico e indispensable, con ello se establecen las bases para obtener la elaboración de un modelo que permita llevar a cabo la práctica de los alumnos sin necesidad del uso de animales de laboratorio o en este caso del ratón *Mus musculus*.

Esta alternativa además de generar confianza en el alumno y adquirir conocimientos necesarios, también permitirá reducir el estrés por compasión, el cual se define como un tipo de estrés emocional que presentan aquellas personas que otorgan cuidados a otros seres vivos y que al momento de empatizar con ellos en dolor y sufrimiento, se genera un cansancio emocional, derivando posteriormente ansiedad, culpa y desesperación, esto suele ser común en personal de la salud como veterinarios o aquellos que trabajan con animales de laboratorio (Scotney *et al.*, 2015).

Otra de las ventajas de presentar las bases para la elaboración de un modelo de simulación es la obtención de uno que a futuro sea rentable y viable ya que una de las desventajas que presenta el modelo Mimicky® Mouse es el costo, el cual no es rentable considerando que se emplean 2 por alumnos y los grupos universitarios suelen ser de alrededor de 25 alumnos.

10. Referencias bibliográficas:

- Canadian Council on Animal Care., (2020). ISBN: 978-0-919087-81-1. <http://www.ccac.ca>
- Elsayed, A. H. & EL-Gammal, S. M. (2024). Comparative Study on the Gross Anatomy of Some Abdominal Organs in Albino Rat (*Rattus norvegicus*) and Albino Mouse (*Mus musculus*). *AJVS*. Vol.80 (1):1-17. DOI:10.5455/ajvs.183386

- Humpenöder, M., Corte, G.M., Pfützner, M., Wiegard, M., Merle, R., Hohlbaum, K., Erickson, N.A., Plendl, J. & Thöne-Reineke, C. Alternatives in Education-Evaluation of Rat Simulators in Laboratory Animal Training Courses from Participants' Perspective. *Animals*. 2021; 11(12):3462. <https://doi.org/10.3390/ani11123462>
- Heuze, I. (2022). Ética en el uso de animales de laboratorio, Congreso Internacional FESAMANCCAL.
- Heuze, I. (2023). Memorias del curso "Manejo de animales de laboratorio, curso teórico-práctico". UAM-X
- Kharty, Copyright © 2025 Kharty LLC y Kuuli Technologies. <https://www.kharty.com/es>. Consultado en 04/06/2025.
- Losada, B. S., Celik, S., Sezgin, B. Z., Bravo, F. S., & Bravo, D. C. (2024). Carrier Systems for Advanced Drug Delivery: Improving Drug Solubility/Bioavailability and Administration Routes. *Pharmaceutics*, 16(7), 852. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics16070852>
- Mimicky® Mouse, Copyright © Natsume Seisakusho Co. <https://www.nazme.co.jp/product/english/kn-593-e/> Consultado en 04/06/2025.
- Molina, M. J. L., Béquer, M. L., Gómez, H. T., Hernández, M. V. J., Freire, G. C., Pérez, M. D., & Roque, A. (2020). Laboratory of Experimental Surgery: technological innovation at the service of teaching, research and medical assistance. *Medicentro Electrónica*, 24(2), 373-391.
- Natsume Manufacturing Co., Ltd. <https://www.nazme.co.jp/product/english/kn-593-e/>. Consultado en: 03/06/2025

NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5190251&fecha=20/05/2011#gsc.tab=0 Consultado:06/06/2025

- Portilla, P. M. (ed. científica). (2022). *Pensamientos y saberes contemporáneos en educación y pedagogía*. Cali, Colombia: Editorial Universidad Santiago de Cali.
- Rodríguez, D. R., Valdés, C.R.C., Pino, B.S. (2020). Manejo de animales de laboratorio. Revisión bibliográfica. *La ciencia al servicio de la salud y nutrición*, 11 (2), 34-42. <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn>

- Saldaña, J. C., Chaves, G. R. & Miraballes, I. (2023). Manejo de animales tradicionales en experimentación. Comisión Honoraria de Experimentación Animal. E-isbn: 978-9974-0-2060-3.
- Scotney, R. L., McLaughlin, D., & Keates, H. L. (2015). *A systematic review of compassion fatigue, burnout, and the psychological wellbeing of veterinarians. Journal of Veterinary Internal Medicine*, 29(3), 1075–1083. DOI: 10.1111/jvim.12562
- Shoyaib, A., Archie, S. R. & Karamyan, V. T. (2020). Intraperitoneal Route of Drug Administration: Should it Be Used in Experimental Animal Studies?. *Pharm Res* 37 (12). <https://link.springer.com/article/10.1007/s11095-019-2745-x>
- Song, Y., Day, C. M., Afinjuomo, F., Tan, J. Q. E., Page, S. W., & Garg, S. (2023). Advanced Strategies of Drug Delivery via Oral, Topical, and Parenteral Administration Routes: Where Do Equine Medications Stand? *Pharmaceutics*, 15(1), 186. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15010186>
- Yllera, M. M., Lombardero, M., Camiña, M. (2020). Anatomía y fisiología de los animales de laboratorio. Roedores y lagomorfos. Monografías do Ibader – Serie Pecuaria. Ibader. Universidade de Santiago de Compostela. Lugo. ISSN edición dixital: 1988-8341