

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA PRODUCTIVO DE COBAYOS “*Cavia porcellus*”
PARA EXPERIMENTACIÓN**

por

SARÍS VELÁZQUEZ, Verónica Alejandra

TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de
Doctor en Ciencias Veterinarias.

ORIENTACIÓN: Medicina.

MODALIDAD: Estudio de caso.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2025

PÁGINA DE APROBACIÓN

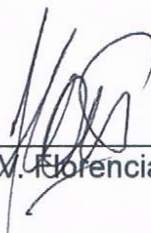
Tesis de Grado aprobada por:

Presidente de Mesa:



PhD. Florencia Beracochea

Segundo miembro (Tutor):



DCV. Florencia Negrín

Tercer miembro:



DCV. Federico Golin

Cuarto miembro (Co-tutor):



DMV. Martín Breijo

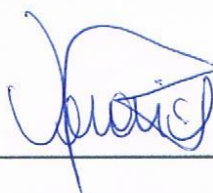
Quinto miembro (Co-tutor):



DCV. Nicolás Amaro

Fecha de aprobación: 7 de noviembre de 2025.

Autor:



Br. Verónica Sarís Velázquez

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por ayudarme en todo el proceso de la carrera y en la realización de esta tesis. Puso en mi camino a personas que me alentaron y que fueron pilares importantes para mí, principalmente a mi esposo, su apoyo incondicional hace que todo sea más ameno; también a mi madre, mis hermanas y hermano, mis amigas del 101 y de la residencia. Sé que cada uno de mis logros también son parte de los suyos. Extiendo mi gratitud a mi tutora y a mis cotutores por su dedicación y el apoyo brindado durante la realización de este trabajo. También a todas las personas que, de una u otra forma, formaron parte de este proceso: al personal de biblioteca, siempre dispuesto a responder con amabilidad cada una de mis dudas; al personal del campo experimental del Instituto de Higiene, y a mis compañeras y compañeros de trabajo, así como a mis jefes, por su acompañamiento.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMMARY.....	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. BIOLOGÍA DEL COBAYO.....	15
2.1.1. Aspectos generales.....	15
2.1.2. Características anatómicas.....	16
<i>Sistema digestivo</i>	16
<i>Sistemas cardiovascular, respiratorio e inmunológico</i>	17
<i>Sistema urinario y reproductor</i>	17
2.1.3. Fisiología y reproducción.....	18
<i>Ciclo reproductivo y comportamiento</i>	18
<i>Gestación, parto y lactancia</i>	18
2.1.4. Requerimientos nutricionales y comportamiento alimentario.....	19
2.2. PRODUCCIÓN DE COBAYOS: tipos de sistemas y sus propósitos.....	21
2.2.1. Producción de carne.....	21
<i>Sistema familiar</i>	21
<i>Sistema comercial</i>	21
2.2.2. Animales de compañía	22
2.2.3. Producción destinada a investigación.....	24
2.3. EL COBAYO COMO MODELO EXPERIMENTAL.....	27
2.3.1. Aplicaciones biomédicas.....	28
<i>Tuberculosis y legionelosis</i>	28
<i>Infecciones de transmisión sexual y por estafilococos</i>	28
<i>Enfermedad de Chagas</i>	29
<i>Estudios genéticos, hormonales e inmunológicos</i>	29

<i>Afecciones multisistémicas</i>	29
<i>Modelos vacunales en veterinaria</i>	31
2.4. EVALUACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS.....	33
3. OBJETIVOS.....	34
Objetivo general.....	34
Objetivos específicos.....	34
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
4.1. Recolección y digitalización de datos.....	35
4.2. Indicadores a evaluar.....	35
4.3. Enfoque de estudio.....	36
4.4. Análisis estadístico.....	36
5. RESULTADOS.....	37
5.1. Análisis descriptivo del sistema productivo.....	37
<i>Infraestructura</i>	37
<i>Bioseguridad y capacitación del personal</i>	38
<i>Manejo de insumos y control sanitario</i>	38
5.2. Cálculo de indicadores.....	39
5.3. Principales destinos de la producción de cobayos.....	41
6. DISCUSIÓN	43
7. CONCLUSIONES.....	47
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Origen filogenético de los roedores de laboratorio.....	9
Figura 2. Raza Perú.....	22
Figura 3. Raza Andina.....	22
Figura 4. Raza Inti.....	22
Figura 5. Raza Kuri.....	22
Figura 6. Raza peruana.....	23
Figura 7. Raza abisinia.....	23
Figura 8. Raza americana.....	23
Figura 9. Raza angora.....	23
Figura 10. Cepa Dunkin-Hartley	27
Figura 11. Acceso restringido al bioterio	37
Figura 12. Sala de alojamiento de cobayos	37
Figura 13. Sala destinada al procedimiento de eutanasia.	38
Figura 14. Indicadores productivos promedio de cobayos según edad del harén (en trimestres) en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).....	39
Figura 15. Indicadores productivos promedio de cobayos según el mes calendario en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).....	40
Figura 16. Mortalidad de adultos promedio de cobayos según el mes calendario en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).....	41
Figura 17. Distribución porcentual de los cobayos producidos según destino en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).....	42
Tabla 1. Requisitos básicos para instalaciones destinadas a roedores.....	25
Tabla 2. Ventas anuales de cobayos por destino años 2022-2023.....	42

RESUMEN

El cobayo (*Cavia porcellus*) constituye un modelo experimental de gran relevancia en el ámbito biomédico, y en Uruguay su uso se orienta principalmente a ensayos de control y pruebas de potencia de vacunas. Aunque existen publicaciones sobre su utilización en investigación en el mundo, no se dispone de datos oficiales en Uruguay sobre los volúmenes de producción ni de la distribución de su uso en actividades como investigación, docencia o experimentación. En este marco, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar integralmente el sistema productivo del principal centro de producción de cobayos en nuestro país, ubicado en el Campo Experimental del Instituto de Higiene de la Facultad de Medicina, Universidad de la República. Al mismo se le evaluó su eficiencia, se establecieron indicadores y se cuantificó la comercialización de animales según su destino. Para ello se recopilaron y analizaron los registros de producción correspondientes a los años 2022 y 2023, complementados con observaciones directas sobre la infraestructura, los recursos y las prácticas del bioterio. A partir de estos datos, se calcularon indicadores productivos, reproductivos y de mortalidad, además de examinarse los principales destinos de la producción. Los resultados mostraron que el 92 % de los animales se destinó a laboratorios privados, mientras que el organismo oficial y la investigación representaron el 7 % y el 1 %, respectivamente. Entre 2022 y 2023 se registraron 4078 nacimientos y 3718 destetes, con una tasa de mortalidad de crías de 9,78 % (10,2 % en 2022 y 7,5 % en 2023). La productividad máxima de los harenes se observó entre los 6 y 12 meses de conformación, con una vida media de 361 días. El promedio anual de crías por hembra fue de 3 en 2022 y 3,2 en 2023. La mortalidad de crías presentó picos en febrero y agosto, mientras que la de adultos mostró variaciones interanuales. Asimismo, se identificaron limitaciones en la infraestructura y la ausencia de auditorías externas recientes. En conclusión, este estudio aporta información inédita sobre la producción de cobayos en Uruguay con fines de investigación, docencia y experimentación, y subraya la necesidad de fortalecer prácticas de manejo reproductivo y sanitario preventivo, constituyendo un insumo valioso para la planificación de mejoras en bioterios de la región.

SUMMARY

The guinea pig (*Cavia porcellus*) is an experimental model of great relevance in the biomedical field, and in Uruguay its use is mainly focused on control assays and vaccine potency testing. Although international publications exist regarding its use in research, no official data are available in Uruguay on production volumes or the distribution of its use in activities such as research, teaching, or experimentation. In this context, the aim of the present study was to comprehensively characterize the production system of the main guinea pig breeding center in the country, located at the Experimental Field of the Institute of Hygiene, Faculty of Medicine, University of the Republic. Its efficiency was assessed, performance indicators were established, and animal commercialization was quantified according to their destination. Production records from 2022 and 2023 were collected and analyzed, complemented by direct observations of the facility's infrastructure, resources, and management practices. Based on these data, productive, reproductive, and mortality indicators were calculated, and the primary destinations of production were evaluated. The results showed that 92% of the animals were destined for private laboratories, while the official agency and research represented 7% and 1%, respectively. Between 2022 and 2023, a total of 4,078 births and 3,718 weanings were recorded, with a pup mortality rate of 9.78% (10.2% in 2022 and 7.5% in 2023). The maximum productivity of harems was observed between 6 and 12 months after their formation, with an average lifespan of 361 days. The annual average of pups per female was 3 in 2022 and 3.2 in 2023. Pup mortality peaked in February and August, while adult mortality showed significant interannual variation. In addition, limitations in infrastructure and the absence of recent external audits were identified. In conclusion, this study provides novel insights into guinea pig production in Uruguay for research, teaching, and experimental purposes. It highlights the need to strengthen reproductive management practices and preventive health strategies, constituting a valuable resource for planning improvements in breeding facilities within the region.

1. INTRODUCCIÓN

El cobayo (*Cavia porcellus*), al igual que otros roedores como el castor, la ardilla, el ratón y la rata, pertenece al orden Rodentia, el más numeroso entre los mamíferos, con aproximadamente 2000 especies. Dentro de este grupo, los tamaños varían considerablemente, desde el pequeño ratón pigmeo de 5 g hasta el carpincho sudamericano, que puede pesar hasta 70 kg (Benavides & Guénet, 2003). Todos tienen la característica de tener incisivos de crecimiento continuo, adaptados para roer materiales vegetales duros, y la presencia de un diastema entre los incisivos y molares, con ausencia de caninos (Benavides & Guénet, 2003). Según las características del cráneo, la dentición y los músculos mandibulares se dividen en tres subórdenes: *Myomorpha* (similares a ratas), *Sciuromorpha* (similares a ardillas) e *Hystricomorpha* (similares al puercoespín), suborden al que pertenece el cobayo. El suborden *Myomorpha* es el más diverso e incluye la superfamilia Muroidea, que agrupa a la mayoría de los roedores usados en laboratorio, con excepción del cobayo (**Figura 1**). Esta superfamilia comprende tres géneros: *Arvicolidae* (ratones de campo), *Cricetidae* (hámsteres y jerbos) y *Muridae* (ratas y ratones) (Benavides & Guénet, 2003).

Durante mucho tiempo, las especies silvestres *Cavia aperea* y *Cavia tschudii* fueron consideradas posibles ancestros del cobayo doméstico. Sin embargo, estudios moleculares basados en genes mitocondriales, como el citocromo *b* y el ARN 12S, han demostrado con que *Cavia tschudii* es la especie más estrechamente relacionada con *Cavia porcellus*, descartando a *Cavia aperea* como su antecesor directo (Spotorno et al., 2004; Walker et al., 2014).

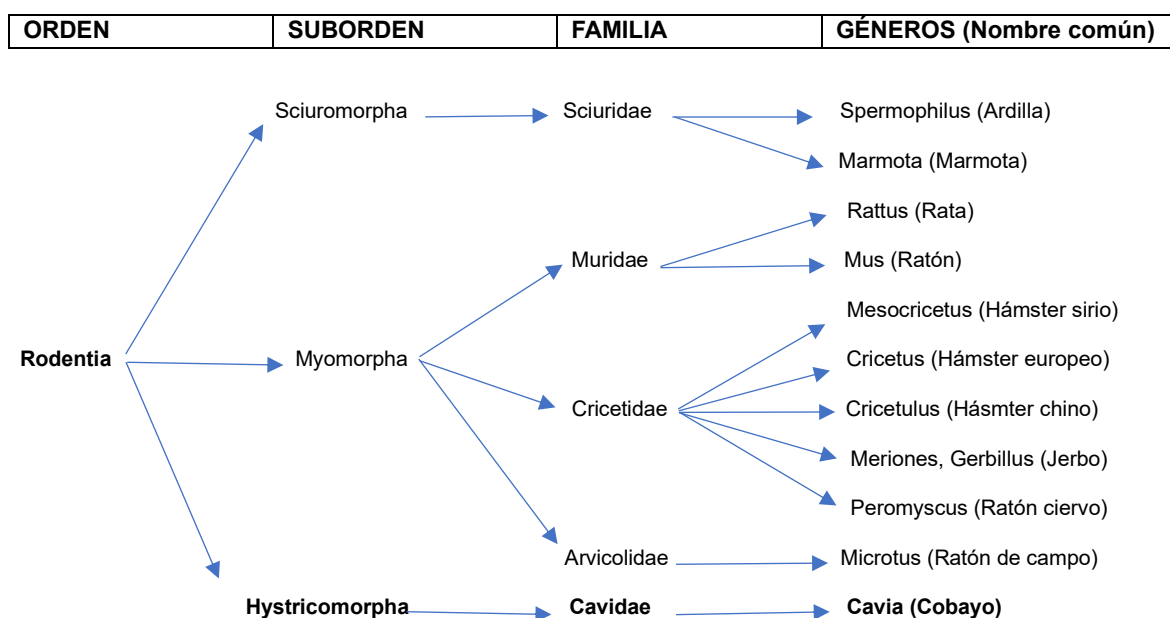


Figura 1. Orden filogenético de los roedores de laboratorio. Organizados por orden, suborden, familia y género, con su respectivo nombre común. Adaptado de Benavides y Guénet (2003, p. 85).

Originario de América del Sur, el cuy o cobayo es una de las pocas especies domésticas nativas de la región andina (Chauca de Zaldívar, 1997; Avilés et al., 2014) y ha acompañado a las comunidades durante milenios (Chauca de Zaldívar, 1997). Su resiliencia, prolificidad y facilidad de manejo han favorecido su adaptación a diversos sistemas productivos (Avilés et al., 2014; Buela et al., 2022). Esto lo convirtió en un componente clave de la alimentación familiar y una fuente de ingresos, especialmente para mujeres rurales (Rosales-Jaramillo et al., 2025; Paredes-López et al., 2024). Aunque inicialmente su explotación tuvo fines domésticos y ceremoniales (Chauca de Zaldívar, 1997), en países como Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia la creciente demanda por su carne impulsó la intensificación productiva (Borja Lozano et al., 2023; Buela et al., 2022). Actualmente Perú es el principal productor mundial (Borja Lozano et al., 2023; Buela et al., 2022; Paredes-López et al., 2024; Rosales-Jaramillo et al., 2025). En África subsahariana los cobayos también representan una fuente importante de proteína animal (Ayagirwe et al., 2018).

De forma paralela a su aprovechamiento productivo, desde finales del siglo XVIII el cobayo ha trascendido su papel productivo; su temperamento dócil, los mínimos requerimientos de alojamiento y la facilidad de crianza lo han convertido en una mascota exótica de creciente popularidad, posicionándolo como un animal de compañía y de exhibición reconocido a escala global (Techera Techera, 2023). Esta especie domesticada, luego de su introducción en Europa como mascota, fue incorporada progresivamente a la investigación biomédica como modelo experimental, uso que persiste en la actualidad en diversas regiones del mundo (Padilla-Carlin et al., 2008; Taylor & Lee, 2012; Suckow et al., 2012). En esta transición hacia su uso científico, el cobayo fue inicialmente apreciado por aficionados y criadores. Este interés generalizado permitió conocer en profundidad su comportamiento, fisiología y condiciones óptimas de manejo, lo cual facilitó su adaptación al entorno de laboratorio y consolidó su uso como modelo experimental (Suckow et al., 2012; Taylor & Lee, 2012). Con el tiempo, el término “conejillo de indias” llegó a asociarse directamente con la experimentación científica (Padilla-Carlin et al., 2008). Taylor y Lee (2012) describen el uso del cobayo como modelo en diversas enfermedades humanas debido a sus similitudes fisiológicas con el ser humano. Se utilizan en estudios de pérdida auditiva, toxicología reproductiva, sensibilización cutánea y pruebas de seguridad biológica. En el área respiratoria, son útiles para investigar asma y Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), y en reproducción, para estudiar el desarrollo fetal, el estrés materno y la transferencia placentaria. También se emplean como modelos de osteoartritis y aterosclerosis. En enfermedades infecciosas, se destacan su uso en el estudio del herpes genital, citomegalovirus, fiebres hemorrágicas (como Lassa, Junín y Ébola), así como en infecciones bacterianas (tuberculosis, neumonía, listeriosis) y micóticas como la criptococosis.

Debido a su valor como modelo experimental, se ha buscado optimizar su uso mediante la estandarización genética (Suckow et al., 2012). Uno de los avances más significativos en la ciencia de los animales de laboratorio ha sido el desarrollo de líneas de roedores genéticamente definidos. Entre ellas, las líneas consanguíneas (también llamadas endogámicas o endocriadas) representan el modelo por excelencia de estandarización genética, ya que presentan una composición genética prácticamente fija. Desde hace más de 80 años, existen líneas consanguíneas de roedores incluidos los cobayos, altamente valoradas en investigación porque permiten reducir al mínimo la variabilidad genética, mejorando así la confiabilidad y reproducibilidad de los experimentos (Neves et al., 2013; Suckow et al., 2012). El cobayo ha sido ampliamente utilizado como modelo en genética

experimental y biomedicina. En este contexto, se desarrollaron las líneas consanguíneas 2/N y 13/N, originadas en 1915 por Sewall Wright en Estados Unidos, que presentan distintas susceptibilidades a enfermedades autoinmunes y son actualmente distribuidas por Simonsen Laboratories Inc. (Gilroy, California, Estados Unidos). Paralelamente, en la investigación biomédica se han empleado diversas líneas no consanguíneas (también llamadas exocriadas o exogámicas), entre ellas Dunkin-Hartley, Pirbright-Hartley, NIH y N/HART, valoradas por su predisposición a osteoartritis espontánea y por contar con variantes mutantes como *Waltzing*, *Quiverer*, *C4DN*, *glaucoma* y *hairless* (Benavides & Guénet, 2003). En la actualidad, los principales proveedores mundiales de cobayos para laboratorio son *Charles River Laboratories* (con centros en EE. UU., Canadá y Francia, distribuidores de la cepa Dunkin-Hartley), *Envigo-Inotiv* (anteriormente Harlan, con instalaciones en EE. UU. y Reino Unido, criadores de la línea HsdDhl:DH) y *Japan SLC*, principal abastecedor en Asia de líneas como Hartley y Slc:Hartley. La disponibilidad global de estas colonias estandarizadas ha favorecido la reproducibilidad experimental y la comparabilidad entre laboratorios (*Charles River Laboratories*, s.f.; *Envigo-Inotiv*, s.f.; *Japan SLC*, s.f.). La variedad más utilizada es la cepa albina Dunkin-Hartley, aunque también se emplean con frecuencia en contextos específicos las cepas endogámicas 2/N y 13/N, así como la línea eutímica sin pelo. Una de las principales razones de la disminución en su uso generalizado ha sido el crecimiento sostenido del empleo de ratones como modelo animal predilecto. A esto se suma la limitada disponibilidad de cepas endogámicas de cobayos y la escasez de reactivos inmunológicos específicos, lo que plantea obstáculos para su aplicación en investigación a corto plazo (Krinke, 2000; Suckow et al., 2012; Taylor & Lee, 2012). Además de las líneas experimentales, existen razas desarrolladas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, Perú), seleccionadas por sus fines productivos: Perú, Andina, Inti y Kuri, específicamente para optimizar la producción de carne. Estas razas han sido seleccionadas por características como el peso al destete, la eficiencia reproductiva y la conversión alimenticia, y forman parte de programas de mejoramiento genético orientados a la producción comercial (Casanova Vallejo & España Guatusmal, 2014). A su vez existen razas de cobayos reconocidas según sus características fenotípicas, criadas principalmente como mascotas o para exhibición, como lo son la inglesa, peruana y la abisinia. Esta última presenta una notable variabilidad en la coloración del pelaje, determinada por al menos seis loci principales: agutí, marrón, albino, falta de color, ojos rosados y manchas blancas, además de otros loci menores. Estas características no solo diferencian a las razas en contextos productivos y de exhibición, sino que también pueden ser relevantes en estudios genéticos que consideran el pelaje como marcador fenotípico (Wolfensohn & Lloyd, 2013). En Europa y Estados Unidos tienen diferentes criterios de clasificación, principalmente tomando en cuenta características del pelo: entre las razas de pelo corto, se encuentran la americana, self, american, rex y finalmente la US-Teddy. Por manipulación genética también se han obtenido razas sin pelo como la skinny y baldwin. Por otra parte, entre las razas de pelo largo se encuentran: sheltie, aristócrata o peruviana, angora (es la más popular), coronet, texel, alpaca y por último merino (Casanova Vallejo & España Guatusmal, 2014).

El uso de animales en investigación continúa siendo objeto de debate a nivel global. Cada año se emplean millones de animales, lo que refuerza la necesidad de garantizar prácticas éticas y limitar su utilización a fines justificados (Milford et al., 2025). Los principios de Reemplazo, Reducción y Refinamiento (3R), propuestos por Russell y Burch (1959), constituyen la base del enfoque ético contemporáneo, promoviendo el uso de métodos alternativos, la disminución del número de animales y la mejora de su bienestar. Sin embargo, estos principios no determinan claramente qué investigaciones deberían permitirse. Para

atender esta limitación, Beauchamp y DeGrazia (2020) plantearon seis criterios para evaluar la justificación ética de un estudio con animales, entre ellos la inexistencia de alternativas viables, la expectativa de un beneficio neto, la proporcionalidad entre daños y valor científico, la ausencia de daños innecesarios, el cumplimiento de necesidades básicas y la definición de un límite máximo de daño aceptable. Un eje central de estos criterios es el análisis de daños y beneficios, que valora si el perjuicio potencial se justifica por los beneficios previstos. Además, un diseño experimental inadecuado también puede considerarse éticamente injustificable, ya que genera daño sin asegurar resultados válidos, por lo que su revisión debe ser parte integral de la evaluación ética (Milford et al., 2025; Beauchamp & DeGrazia, 2020).

A pesar de que muchos laboratorios han incorporado el principio de las 3R, el uso de animales en la investigación continúa en aumento, especialmente en América Latina. Las crecientes exigencias éticas, así como la necesidad de contar con personal capacitado, los costos asociados al mantenimiento de los animales, y las demandas de los protocolos experimentales han favorecido el desarrollo y la adopción progresiva de métodos alternativos. Para realizar investigaciones biomédicas con animales de manera ética y científica, es fundamental comprender a fondo sus características biológicas (como la anatomía, fisiología y comportamiento) así como los aspectos relacionados con su alojamiento, alimentación y manejo adecuado. La ciencia de los animales de laboratorio surge como una disciplina orientada a proporcionar a la comunidad científica una formación integral y directrices precisas respecto al uso ético de animales en investigación. Esta actividad debe estar guiada por sólidos principios bioéticos que impidan causar sufrimiento físico o psicológico a los animales. En este contexto, corresponde a cada país establecer marcos normativos que aseguren una gestión responsable del bienestar animal, promoviendo el respeto de las cinco libertades y la aplicación efectiva de los principios de las 3R. Para una regulación efectiva, es fundamental no solo tener en cuenta las leyes nacionales, sino también seguir las recomendaciones de entidades internacionales reconocidas como el International Council of Laboratory Animal Science (ICLAS), el Institute of Laboratory Animal Resources (ILAR), la Universities Federation for Animal Welfare (UFAW), la American Association for Laboratory Animal Science (AALAS), el Interagency Research Animal Committee (IRAC), las Animal Welfare Regulations (AWRs), la Federación de Sociedades Sudamericanas de Ciencias en Animales de Laboratorio (FESSACAL) y la Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) (Romero-Fernández et al., 2016).

El uso de animales en investigación solo se considera éticamente válido cuando no existe otra opción y cuando su finalidad busca alcanzar un bien mayor. Toda institución que utilice animales para fines científicos debe conformar un Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL o CEUA), que actúe conforme a la legislación nacional o, en su defecto, a las normativas internacionales. Este comité tiene la tarea de evaluar y aprobar los proyectos experimentales, garantizar el manejo ético de los animales, supervisar las condiciones del bioterio y verificar que el personal encargado cuente con la formación y certificaciones requeridas (Romero-Fernández et al., 2016). Debe asociarse el ambiente como el conjunto de condiciones físicas, así como un entorno que contemple aspectos comportamentales, los cuales inciden directamente en el bienestar animal (Concepción Alfonso et al., 2007; Morales Navarro, 2015). En este marco, resulta relevante incorporar el enfoque de las Cinco Libertades propuesto por Gimpel (2009), el cual establece que los animales deben estar libres de hambre y sed, de malestar físico y dolor, de enfermedades o lesiones, deben poder expresar comportamientos naturales propios de su

especie y vivir libres de miedo y angustia. Asimismo, el uso de modelos animales requiere garantizar una evaluación continua del comportamiento mediante indicadores que permitan identificar signos de estrés y dolor, considerando tanto manifestaciones físicas como reacciones a estímulos.

En Uruguay, el uso de animales vertebrados en actividades científicas como la investigación, la docencia y la experimentación está regulado por la Ley N.º 18.611, promulgada en 2009, la cual establece que solo las instituciones y personas debidamente registradas y acreditadas pueden utilizar animales con estos fines. Esta norma crea la Comisión Nacional de Experimentación Animal (CNEA), organismo responsable de autorizar, supervisar y sancionar el uso de animales en investigación, y exige la existencia de CEUAs encargadas de evaluar y controlar los protocolos experimentales. El Decreto Reglamentario N.º 78/014 (2014) complementa esta ley al detallar las funciones de la CNEA, los requisitos para el registro de instituciones, los procedimientos de fiscalización y sanción, así como definiciones clave como bienestar animal y bioterio. Asimismo, la CNEA debe mantener un registro actualizado de personas e instituciones autorizadas, establecer categorías técnicas (como bioterios y cuidadores), implementar acreditaciones personales con validez de cinco años y fiscalizar mediante inspecciones periódicas. Las CEUAs, requisito obligatorio para el registro institucional, deben estar integradas por un médico veterinario, un investigador y un representante de la comunidad, y son responsables de evaluar, aprobar y registrar los protocolos experimentales, velar por el cumplimiento de la normativa y remitir anualmente a la CNEA la nómina del personal acreditado y los procedimientos autorizados (Uruguay, 2009; Uruguay, 2014). En este mismo marco normativo, la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA) actúa dentro de la Universidad de la República como el órgano encargado de promover el uso ético y responsable de animales vertebrados en investigación y docencia. Desde su creación en el año 2000, la CHEA impulsa acciones alineadas con los principios de las 3R, tal como lo establece la Ordenanza universitaria sobre el uso de animales. Está conformada por representantes de las CEUAs de cada servicio universitario en los que se llevan a cabo actividades con animales, y desempeña un rol fundamental en la evaluación, supervisión y promoción de buenas prácticas en este ámbito (Comisión Honoraria de Experimentación Animal, s.f.). En Uruguay, el cobayo albino se utiliza principalmente en investigación biomédica, diagnóstico y docencia. El principal centro de producción de esta especie se lleva a cabo en el Campo Experimental del Instituto de Higiene de la Universidad de la República, establecido en el año 1936. El mismo abastece a la Facultad de Medicina, Facultad de Veterinaria, Laboratorio oficial del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (DILAVE), Ministerio de Salud Pública y laboratorios privados productores de biológicos utilizados en medicina Veterinaria. Entre sus aplicaciones más destacadas se incluyen pruebas de potencia de vacunas veterinarias, ensayos serológicos para virus respiratorios humanos, evaluación de tuberculinas y estudios de inmunogenicidad. Además, los cobayos son empleados en cursos de grado y posgrado en Medicina y Veterinaria para prácticas relacionadas con el manejo de animales de laboratorio (Instituto de Higiene, Universidad de la República, 2023).

Si bien existen publicaciones que reportan el uso de esta especie en investigaciones (Alonzo et al., 2008), no se dispone de datos oficiales sobre los volúmenes de producción ni sobre la distribución de su uso en actividades como investigación, docencia, diagnóstico o experimentación privada. En este sentido, resulta fundamental avanzar en la caracterización del sistema productivo, analizar su eficiencia, definir indicadores relevantes y relevar cifras

vinculadas a la comercialización de animales según su destino. Uno de los principales desafíos consiste en comprender el grado de participación de los distintos actores involucrados. En el ámbito universitario, las actividades con animales son supervisadas por las CEUAs y centralizadas por la CHEA, lo que garantiza un cierto nivel de trazabilidad. Sin embargo, en los sectores no universitarios, la ausencia de una exigencia de declaración jurada sobre el uso de animales impide el acceso a una base de datos que permita identificar y cuantificar sus diferentes aplicaciones. Con este propósito, el presente estudio realizó una evaluación productiva del sistema y un análisis de las ventas de cobayos a distintos sectores, utilizando los registros de producción y comercialización del Campo Experimental del Instituto de Higiene correspondientes a los años 2022 y 2023. Este trabajo constituye un primer acercamiento al uso de esta especie en actividades de investigación, desarrollo y control de medicamentos (vacunas).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. BIOLOGÍA DEL COBAYO

2.1.1. Aspectos generales

El cobayo es un mamífero roedor de pequeño tamaño que habita una región extensa de la cordillera andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, que vive por debajo de los 4500 metros sobre el nivel del mar. Desde el punto de vista taxonómico pertenecen al orden *Rodentia*, suborden *Hysticomorpha*, Familia: *Caviidae*, Género: *Cavia*, Especie: *Cavia porcellus*. (Chauca de Zaldívar, 1997; Zapata Barrera et al., 2009). En su entorno natural, son animales veloces que no construyen madrigueras propias, sino que viven en refugios cavados por otras especies. Tienen un temperamento dócil y buena adaptabilidad. Aunque son sociables, los machos pueden ser agresivos. Durante su manipulación o traslado, es importante considerar que, si bien no suelen morder ni reaccionar de forma inmediata, son muy sensibles a los movimientos bruscos y tienden a asustarse con facilidad, pudiendo permanecer inmóviles durante 30 minutos o más (Wolfensohn & Lloyd, 2013; Melechon et al., 2018). Son animales sociales que tienden a vivir en grupos con estructuras jerárquicas, usualmente organizadas en torno a un macho dominante. En estado silvestre, estas agrupaciones suelen estar conformadas por entre 5 y 10 individuos. Los enfrentamientos entre machos son comunes, especialmente en presencia de hembras en estro o al momento de definir la jerarquía dentro del grupo (Wolfensohn & Lloyd, 2013; Melechon et al., 2018). Es habitual que los ejemplares más viejos muerdan a los subordinados o más jóvenes, particularmente en las orejas. La vocalización cumple un rol clave en la interacción social de esta especie. Se han identificado al menos 11 tipos distintos de sonidos, algunos de los cuales se encuentran fuera del rango audible para el oído humano (Wolfensohn & Lloyd, 2013; Melechon et al., 2018).

Morfológicamente tienen un cuerpo corto y robusto, de entre 20 y 25 cm de longitud cuando son adultos, con un cuello pequeño unido al tronco sin separación externa visible. Alcanzan la talla y el peso máximos alrededor de los 15 meses de edad. Generalmente el macho es más grande que la hembra, con pesos de 800-1500 g y 700-1200 g respectivamente. Tienen una esperanza de vida larga entre 5 y 7 años, en comparación con otras especies de roedores (O'Malley, 2007; Martin et al., 2004). En estado salvaje viven de 4 a 5 años (Pignon & Mayer, 2021). Puede acortarse a 2 años en las hembras reproductoras (Saldaña et al., 2023). Las extremidades son cortas y frágiles, las posteriores son más largas que las anteriores, y carecen de cola. A diferencia de las ratas y los hámsteres, los cobayos tienen solo cuatro dedos en sus miembros anteriores (el dedo 1 está ausente) por lo que son incapaces de agarrar la comida. Sus miembros posteriores son plantígrados con solo 3 dedos (los dedos 1 y 5 están ausentes), lo que les da una velocidad más lenta que los conejos (O'Malley, 2007). La cabeza es ancha, con unas orejas pequeñas, redondeadas, y arrugadas. Los ojos, de tamaño reducido y ubicados lateralmente en la cabeza, tienen una movilidad limitada debido al poco desarrollo de los músculos oculares. Esto reduce el campo visual en el eje frontal, predominando una visión lateral y con un campo binocular muy restringido (Martin et al., 2004). La boca presenta labios con pocos pelos; el labio superior está dividido por una incisura poco profunda (*philtrum*) que se extiende hasta los orificios nasales, mientras que el inferior es más pequeño y redondeado. Ambos son relativamente pequeños

comparados con el resto de la cara. La apertura bucal es reducida, lo que limita significativamente la capacidad de abrir la boca, principalmente debido a unos pliegues mucosos prominentes que se extienden hacia los carrillos como una continuación de los labios (Martin et al., 2004). Los orificios nasales, desprovistos de pelo y de disposición oblicua, se encuentran ubicados por debajo de una región prominente y cubierta de pelo, que corresponde a la nariz propiamente dicha (Martin et al., 2004). En los cobayos jóvenes, el pabellón auricular permanece erguido, mientras que en los adultos tiende a inclinarse hacia adelante (O'Malley, 2007).

Debido a su cuerpo compacto, los cobayos conservan eficazmente el calor corporal, pero presentan gran dificultad para disiparlo, lo que los hace susceptibles a los golpes de calor, especialmente en ambientes con temperaturas elevadas, pudiendo provocar la muerte. Esta susceptibilidad es más acentuada en hembras en avanzado estado de gestación. Se recomienda mantener una temperatura ambiental entre 20 y 22 °C, con una humedad relativa entre 40 y 70% como condiciones óptimas para su bienestar (O'Malley, 2007; Keeble, 2009).

2.1.2. Características anatómicas

Sistema digestivo

Los cobayos son roedores, lo cual implica que realizan movimientos mandibulares de protracción y elevación. Esta capacidad está relacionada con adaptaciones anatómicas, como un cráneo y mandíbula modificados, músculos maseteros muy desarrollados y una dentición adaptada a esta función. Su fórmula dentaria es I 1/1, C 0/0, PM 1/1, M 3/3. Los dientes de estos animales son elodontos por lo que presentan un crecimiento continuo a lo largo de su vida (Tavares, 2023). Los incisivos inferiores son más largos y curvos que los superiores. La ausencia de caninos y la escasa dentición originan un diastema prominente. Los premolares y molares presentan una morfología en picos, adecuada para la trituración. La cavidad oral es reducida y posee lóbulos labiales especiales en el diastema. En el techo bucal se ubican los incisivos, seguidos de la cresta incisivo palatina; el paladar duro es liso y carece de crestas palatinas. El paladar blando es corto y desemboca en el *ostium palatal* (orificio intrafaríngeo). La lengua es grande y larga situada en el suelo de la boca, con un *torus linguae* en forma de corazón cubierto de papilas filiformes, y un ápex afilado y redondeado (Martin et al., 2004). Posee cinco pares de glándulas salivales: parótidas, mandibulares, cigomáticas y sublinguales mayor y menor. Sus conductos excretores desembocan en la cavidad oral, próximos a los molares. Las glándulas mandibulares se encuentran en contacto entre sí a lo largo de la línea media ventral (Breazile & Brown, 1976; Timm et al., 1987 según se citan en O'Malley, 2007). La nasofaringe y la orofaringe están divididas por el paladar blando, el cual permite la comunicación con la cavidad oral a través del agujero palatino. Los cobayos carecen de amígdalas, pero poseen nódulos linfoides ubicados en pliegues de la pared faríngea. El esófago se localiza dorsalmente a la tráquea, siguiendo la línea media, y se desvía hacia la izquierda al ingresar en la cavidad torácica. Se une al cardias del estómago formando un ángulo oblicuo en proximidad a la curvatura menor. El estómago se encuentra detrás del hígado, en el lado izquierdo. Está dividido en una zona aglandular, donde se localiza el cardias, y una zona glandular más extensa que termina en el antro pilórico; ambas regiones están separadas por una incisura angular. El hígado es voluminoso, presenta lóbulos de

tamaño variable y posee una vesícula biliar esférica con un conducto cístico definido. El páncreas tiene forma triangular y se divide en tres lóbulos. Se encuentra en relación directa con el duodeno descendente (O'Malley, 2007). El duodeno, corto, se localiza a la derecha del abdomen y continúa con un yeyuno largo que ocupa gran parte de esa región hasta la pelvis. El íleon, más corto, desemboca directamente en el ciego. El páncreas se distribuye en el mesoduodeno y el omento mayor. El ciego es grande, de color marrón verdoso con saculaciones y tenias, característico de herbívoros, y se sitúa junto al colon en la región central izquierda. Mide entre 15-20 cm, y contiene el 65% del contenido del tracto digestivo (Keeble, 2009, Pignon & Mayer, 2021). Se conecta al colon ascendente por el orificio cecocólico, donde se halla la ampolla cecocólica. El colon es de color verde oscuro y mide 70 cm, forma un asa espiral ventral, seguido por un corto colon transversal, un colon descendente sigmoideo y, finalmente, el recto en la cavidad pélvica (Martin et al., 2004; O'Malley, 2007).

Sistemas cardiovascular, respiratorio e inmunológico

A diferencia de la cavidad abdominal, la cavidad torácica es más pequeña, ocupando el corazón gran parte de esta, rodeado por un espacio más pequeño donde se encuentran los pulmones; entre el segundo y cuarto espacio intercostal. La faringe consta de cinco cartílagos, como la del resto de los mamíferos, pero no presenta saco laríngeo. A pesar de su amplia variedad vocal, los cobayos tienen unas cuerdas vocales cortas y poco desarrolladas (O'Malley, 2007; Heatley, 2009).

Los linfonodos son estructuras ovaladas localizadas a lo largo del trayecto de los vasos linfáticos. Los mandibulares (dos a cuatro), se disponen a lo largo del borde ventral de la mandíbula. Los cervicales, de aproximadamente 5 a 8 mm de longitud, se sitúan en el tejido adiposo craneal adyacente a la escápula. Los profundos se ubican próximos a la tráquea, entre las venas yugular interna y externa. El timo es de gran tamaño y está situado en la entrada del tórax. Su fácil accesibilidad quirúrgica ha permitido que generar ejemplares atímicos para utilizarse en estudios inmunológicos (Martín et al., 2004; Saldaña et al., 2023). El bazo, en comparación con otros roedores y conejos, presenta un tamaño relativamente mayor. Se encuentra ubicado en el lado izquierdo del abdomen, lateral a la curvatura mayor del estómago, al cual se une mediante el ligamento gastroesplénico (O'Malley, 2007).

Sistema urinario y reproductor

Los riñones están ubicados en posición retroperitoneal, a ambos lados de la línea media, siendo el izquierdo más caudal que el derecho. En hembras, el ligamento ancho se inserta en la cara ventral del riñón. La pelvis renal es amplia y contiene una única papila longitudinal. La vejiga urinaria, de forma triangular y tamaño considerable, almacena una orina espesa, de pH alcalino y aspecto blanco turbio, rica en cristales de carbonato cálcico y fosfato amónico. En las hembras, la uretra externa se encuentra separada de la vagina (O'Malley, 2007).

En el macho, los genitales externos incluyen dos protuberancias escrotales laterales al ano, dentro de las cuales se alojan los testículos, el epidídimo y el cordón espermático caudal. El anillo inguinal permanece abierto de forma permanente. El orificio uretral se encuentra en posición craneal y está cubierto por pliegues prepuciales. Caudalmente, una

hendidura longitudinal cubre la abertura de los sacos perianales y del ano. El pene presenta en su extremo distal un hueso peneano con dos prolongaciones en forma de cuerno, alojado en una bolsa caudal a la abertura uretral. Esta bolsa se invierte durante la erección para proyectar las prolongaciones óseas. Las glándulas sexuales accesorias comprenden la próstata, glándula coagulante, vesículas seminales y glándulas bulbouretrales. Además, posee glándulas perineales y caudales, más desarrolladas que en las hembras, las cuales se ubican a ambos lados del ano y contienen secreciones caseosas, pelos y restos cutáneos. En la hembra, el periné tiene forma de “Y”. El orificio uretral se ubica en la parte craneal, entre las ramas de la Y, mientras que la vulva se encuentra en la intersección, con un orificio en forma de “U” cubierto por una membrana vaginal durante el anestro y delimitado lateralmente por los labios. Detrás de la vulva se localiza el saco perineal, que alberga dos glándulas perineales y suele contener pelos, secreciones oleosas y restos. El ano se sitúa en la base inferior de la “Y”. Los órganos genitales internos de la hembra incluyen ovarios caudolaterales a los riñones, sostenidos por el mesovario. El oviducto está en contacto estrecho con la bolsa ovárica. El útero es bicornue, con un cuerpo corto y un único cuello que desemboca en la vagina. La membrana vaginal es una estructura epitelial translúcida exclusiva de esta especie, que sella el orificio vaginal excepto durante la cópula y el parto, tras la expulsión del tapón vaginal (O'Malley, 2007).

2.1.3. Fisiología y reproducción

Ciclo reproductivo y comportamiento

Son animales poliéstricos continuos, que pueden reproducirse a lo largo de todo el año (Hime & O'Donoghue, 1984; Martín Orti et al., 2004). El ciclo estral de la hembra tiene una duración de 15 a 17 días, siendo el estro (período fértil) relativamente corto, de entre 6 a 11 h, según Genzer et al., (2023) ocurre principalmente por la noche. El proestro y metaestro tienen una duración aproximada de 1 a 2 días, y el diestro 12 días (Rosales-Jaramillo et al., 2025). Durante este período, la hembra muestra signos conductuales como lordosis, ronroneos, ladeo de caderas y exploración genital, y es receptiva al macho. La ovulación ocurre espontáneamente alrededor de las 10 h después de iniciado el estro. Un rasgo distintivo es el estro posparto, que se presenta entre 6 a 10 h después del parto. La madurez sexual en las hembras ocurre entre las 5 y 8 semanas de edad o al alcanzar aproximadamente 400 g, y en los machos alrededor de las 8 a 12 semanas de edad, con un peso de 500 g, teniendo lugar apareamientos fértiles a partir de las 10-12 semanas. No obstante, se han registrado apareamientos y gestaciones en hembras con 1 mes de edad. El período reproductivo activo se extiende entre los 3 y 4 años, aunque la esperanza de vida total es de 6 a 8 años (Hime & O'Donoghue, 1984; Martín Orti et al., 2004; Genzer et al., 2023).

Gestación, parto y lactancia

El período de gestación en cobayas oscila entre 59 y 72 días, con un promedio de 68 días, siendo más corto en hembras primerizas o con camadas pequeñas. La implantación embrionaria ocurre entre los días 6 y 7, y la placenta es de tipo hemocorial (al igual que en humanos, conejos y hámsteres) permitiendo el paso de anticuerpos maternos a través de la placenta en lugar del calostro. La hembra gestante suele duplicar su peso corporal, y los fetos

son palpables a partir del día 15 de gestación (Hime & O'Donoghue, 1984; O'Malley, 2007). Una hembra puede tener hasta cinco camadas por año si permanece constantemente con el macho (Genzer et al., 2023). La separación de la sínfisis pubiana es un signo confiable de proximidad al parto, ocurriendo visiblemente unos días antes del mismo. Cuando dicha separación es superior a 15 mm, el parto suele producirse en menos de 48 h. Las camadas tienen entre 2 y 6 crías, con un promedio de 3 a 4. El peso al nacer varía entre 45 y 115 g, siendo inversamente proporcional al número de crías. Aquellas que pesan menos de 50-60 g tienen altas probabilidades de no sobrevivir. Los neonatos nacen completamente desarrollados: cubiertos de pelo, con ojos abiertos y capaces de ingerir alimentos sólidos desde las primeras horas. La lactancia dura alrededor de 2 a 3 semanas, alcanzando su pico entre los días 5 y 8 posparto, y finalizando entre los 18 y 23 días. La leche de cobaya contiene aproximadamente 4% de grasa, 8% de proteínas y 3% de lactosa. Pese a que las cobayas poseen solo dos glándulas mamarias, eso no causaría problemas a la hora de criar una camada. El destete suele realizarse entre los 14 y 21 días de edad, o al alcanzar entre 180 y 225 g de peso (Hime & O'Donoghue, 1984; O'Malley, 2007).

Existe discrepancia entre distintos autores respecto al riesgo de distocia en hembras primerizas. Algunos sostienen que es una complicación frecuente si el primer parto no ocurre a una edad temprana. Por ejemplo, O'Malley (2007) señala que "las hembras deberían criar antes de cumplir los 7-10 meses para prevenir la fusión de la sínfisis y la distocia subsiguiente" (p. 260). En la misma línea, Genzer et al. (2023), recomiendan realizar el primer cruzamiento antes de los 6–7 meses, ya que, si las hembras alcanzan la adultez sin haber parido, la sínfisis púbica fibrocartilaginosa podría volverse rígida, dificultando el parto. No obstante, esta afirmación ha sido cuestionada por un estudio más reciente de Vieu et al. (2024), cuyos resultados indican que la sínfisis púbica no se osifica completamente durante el primer año de vida ni tras el parto. Según estos autores, la articulación se mantiene fibrocartilaginosa, incluso en ausencia de una gestación temprana, lo que sugiere que el riesgo de distocia por osificación podría estar sobreestimado. Otra complicación que podría observarse son los abortos espontáneos y partos prematuros, sobre todo en hembras primerizas. Según Hime y O'Donoghue (1984), las pérdidas reproductivas pueden llegar a alcanzar entre el 10 al 15% debido a estas causas.

2.1.4. Requerimientos nutricionales y comportamiento alimentario

Son animales de hábitos crepusculares que suelen alimentarse al amanecer y al atardecer (Tavares, 2023). Al igual que los conejos, realizan cecotrofia varias veces al día siendo fundamental para la digestión de la fibra y la proteína. Son selectivos a la hora de comer, y aprenden lo que deben de comer a edades tempranas. En estado salvaje obtienen gran parte de los requerimientos de agua de los vegetales, pero en cautividad deben abastecerse de agua. En estos casos tener en cuenta que no beben las gotas de agua que caen de una botella, sino que colocan la boca alrededor de la boquilla, lo que genera una pasta que puede llegar a obstruirla y ocasionar una deshidratación rápida de los animales que solo reciben alimentos secos (O'Malley, 2007).

La dieta de los cobayos debe incluir: heno de gramíneas o de alfalfa *ad libitum*: fresco y de buena calidad. Verduras *ad libitum*: repollo, perejil, acelga, escarola, apio, lechuga, espinacas, diente de león, etc. Ración balanceada granulada: "un 18-20 % de proteína es

adecuado para el parto y la lactación. Para el mantenimiento se recomiendan porcentajes de proteína algo menores. El contenido de fibra debe estar entre 10 y el 16 %” (Jiménez et al., 2009, p.24). Por lo general ingieren en forma de alimento granulado el 8% de su peso corporal. Agua debe ser *ad libitum*, pudiendo beber un animal adulto 100 mL al día. Al igual que el ser humano, los cobayos necesitan vitamina C en la dieta (ácido ascórbico), requiriéndose 16-20 mg/kg para prevenir la patología causada por la deficiencia de éste: escorbuto. Aumentando a 30 mg/kg durante la gestación (Keeble, 2009). El ácido ascórbico es necesario para la producción de aminoácidos no esenciales que intervienen en la síntesis de colágeno en los tejidos conectivos. El escorbuto causa hemorragias en articulaciones, encías e intestinos y patologías dentales ya que el colágeno fija los dientes a sus alvéolos (Hime & O'Donoghue, 1984; O'Malley, 2007). Debido a la elevada frecuencia de esta patología en cobayos, la mayoría de las dietas comerciales incluyen niveles adecuados de ácido ascórbico, siempre y cuando se mantengan y utilicen dentro de los 90 días posteriores a su elaboración o molienda (Hime & O'Donoghue, 1984). Sin embargo, Jiménez et al. (2009) señalan que, en condiciones habituales de mantenimiento, hasta el 50 % de la vitamina C puede desnaturalizarse a los 90 días, por lo que el aporte debe complementarse con una dieta rica en verduras, preferentemente de hoja oscura por su alto contenido vitamínico. Dado que estos animales carecen de la capacidad para sintetizar vitamina C, la administración de frutas y verduras no solo cubre sus necesidades nutricionales, sino que también actúa como enriquecimiento ambiental, estimula sus comportamientos naturales de pastoreo y refuerza el vínculo cuidador/animal cuando se les ofrece directamente de la mano. Además, la ausencia de material forrajero puede derivar en estereotipias como la tricofagia, por lo que es fundamental que los vegetales sean de excelente calidad y suficientemente tiernos para evitar riesgos, como lesiones oculares (Saldaña et al., 2023). En bioterios, el ingreso de elementos frescos como frutas o vegetales representa un riesgo sanitario significativo, ya que pueden actuar como vectores de agentes patógenos como bacterias, hongos y parásitos. En este caso es fundamental garantizar la suplementación diaria de vitamina C a través del alimento balanceado o en el agua de bebida (Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal [CONCEA], 2023; Mahler et al., 2014).

2.2. PRODUCCIÓN DE COBAYOS: tipos de sistemas y sus propósitos

2.2.1. Producción de carne

La crianza de cobayos para producción de carne se ha realizado tradicionalmente en sistemas familiares de escasos recursos en zonas rurales andinas. Con el objetivo de mejorar ingresos, se introdujeron sistemas comerciales con líneas genéticas mejoradas que desplazaron en gran medida al cobayo autóctono (Usca, 1998 según se cita en Avilés et al., 2014). En este contexto, se han identificado tres niveles de producción de cobayos: el sistema familiar, el familiar-comercial y el comercial. En el entorno rural, los criadores suelen transitar progresivamente entre estos sistemas. El sistema familiar está orientado a garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los pequeños productores; el sistema familiar-comercial y el comercial, en cambio, permiten el desarrollo de empresas productivas, generando empleo local y de esa manera evitar la migración de las poblaciones rurales hacia los centros urbanos (Chauca de Zaldívar, 1997).

Sistema familiar

Es el más difundido; se basa en insumos disponibles en el hogar y trabajo familiar no calificado, siendo los cobayos criollos los predominantes; criados en espacios reducidos dentro de las cocinas, en condiciones de escasa ventilación e higiene. No existe clasificación por sexo, edad o clase, lo que favorece la consanguinidad, reduce la fertilidad y aumenta la mortalidad, especialmente por aplastamiento de las crías. La alimentación se basa en residuos de cocina, malezas y subproductos agrícolas. La selección de reproductores es negativa, ya que se descartan los mejores ejemplares. Aunque presenta múltiples limitaciones, se han introducido mejoras como el uso de pozas, el destete y nuevas fuentes alimenticias, que han incrementado la eficiencia, el consumo de carne de cobayo y la generación de ingresos, cumpliendo un rol clave en la seguridad alimentaria y económica de hogares rurales vulnerables (Avilés et al., 2014; Chauca de Zaldívar, 1997; Vilchez Díaz, 2023).

Sistema comercial

Originario en la década de 1980, introdujo mejoras técnicas significativas, como el alojamiento en galpones con pozas o jaulas y la clasificación por tamaño y sexo. La alimentación se basa en forrajes frescos y concentrados de buena calidad. El INIA del Perú desarrolló líneas genéticas mejoradas: Perú (**Figura 2**), Andina (**Figura 3**) e Inti (**Figura 4**); y en 2021 creó la raza Kuri (**Figura 5**), seleccionada por su alto rendimiento. Este sistema, aunque poco extendido, se concentra en zonas periurbanas y se caracteriza por una alta eficiencia, uso de tecnología media-alta y manejo especializado. Las granjas comerciales cultivan sus propios forrajes, utilizan alimento balanceado, alojan animales según su etapa productiva y llevan registros sistemáticos para garantizar la rentabilidad (Chauca de Zaldívar, 1997; Vilchez Díaz, 2023).



Figura 2. Raza Perú (Chauca Francia, 2022).



Figura 3. Raza Andina (Chauca Francia, 2022).



Figura 4. Raza Inti (Chauca Francia, 2022).



Figura 5. Raza Kuri (Crianza de Cuyes, s. f.).

2.2.2. Animales de compañía

El cobayo se ha consolidado como un animal de compañía o mascota ideal debido a su temperamento dócil, tamaño pequeño, hábitos alimenticios simples, longevidad y la variedad de pelajes y coloraciones que presenta. En Perú, principal país productor de cobayos a nivel mundial, también existen razas con fines de exhibición (ferias, exposiciones o concursos) y como mascotas. Por ejemplo, la raza inglesa, de pelo corto de aproximadamente 3 a 4 cm; la peruana (**Figura 6**), de pelo largo que puede alcanzar los 40 cm; y la abisinia (**Figura 7**), con pelo rizado dispuesto en rosetas. Esta última presenta una notable variabilidad en la coloración del pelaje (Wolfensohn & Lloyd, 2013). La crianza de cobayos, especialmente la de pelo largo, está orientada a ferias de exhibición o al mercado de mascotas, tanto interno como externo. Tras la conquista, la especie fue introducida en otros continentes, y su carácter afectuoso facilitó su aceptación como animal de compañía. En Estados Unidos, comenzaron a utilizarse como mascotas en el siglo XVIII y, desde 1900, también como animales de exhibición, acompañados por asociaciones de criadores que promovieron la mejora estética y de temperamento mediante selección. Su sociabilidad y facilidad de manejo consolidaron su popularidad como mascota, especialmente entre niños y adultos. En este país y en Europa tienen otra clasificación, teniendo en cuenta principalmente características del pelo: entre las razas de pelo corto se encuentran: americana (**Figura 8**), con pelo liso y de uno o varios colores; self, también de pelo corto, pero de un solo color; y la American crested, con pelo liso y corto, pero con una roseta distintiva en la cabeza. Otras variedades incluyen la Rex, de pelo corto, ondulado y áspero, y la US-Teddy, con pelo corto, pero de textura rizada. Además, mediante manipulación genética se han desarrollado razas sin pelo, como la skinny y la baldwin. Entre las razas de cobayos de pelo largo se encuentran: sheltie que se caracteriza

por tener pelo largo, liso y sin rosetas, en dirección hacia atrás de la cabeza a lo largo del cuerpo. La raza aristócrata o peruviana tiene el pelo largo y liso dirigido hacia delante, con solo dos rosetas en las caderas y un remolino en la cabeza. Los ejemplares más solicitados son de raza angora (**Figura 9**) de pelo largo y liso con diferentes largos y rosetas repartidas por el cuerpo. También se encuentra la raza coronet de pelo largo y liso, con una corona en la cabeza y centro bien definido; texel de pelo largo y rizado hacia atrás desde la cabeza a lo largo del cuerpo. La raza alpaca parecida a la texel pero con dos rosetas en las caderas y un remolino en la cabeza. Por último, se encuentran los merino (de pelo largo y rizado) con una corona en la cabeza con un centro bien definido (Casanova Vallejo & España Guatusmal, 2014).



Figura 6. Raza peruana (Cabaña La Bartola, s.f.).



Figura 7. Raza abisinia (Aguilar, 2017).



Figura 8. Raza americana (Cabaña La Bartola, s.f.).



Figura 9. Raza angora (Casanova Vallejo & España Guatusmal, 2014).

En Uruguay no existen registros oficiales sobre su producción con este fin, actualmente se observa una creciente actividad de criadores informales que seleccionan ejemplares por su apariencia estética y temperamento, comercializándolos a través de redes sociales, ferias locales, veterinarias o venta directa.

2.2.3. Producción destinada a investigación

Los cobayos son frecuentemente utilizados como modelos experimentales y también populares como animales de compañía (Cameron et al., 2022; Cohen et al., 2020; Gao et al., 2018; Pritchett Corning et al., 2018, según se citan en Vieu et al., 2024). Es por eso que además de los sistemas orientados a la producción de carne, en los últimos años se han desarrollado modelos productivos específicos para abastecer bioterios de investigación científica y para el creciente mercado de animales de compañía. Estos sistemas responden a demandas diferentes, pero coinciden en la necesidad de implementar condiciones de manejo controladas, estrictos protocolos sanitarios y criterios genéticos definidos (Suckow et al., 2012). El progreso reciente en la ciencia ha promovido activamente el uso de animales de laboratorio como un recurso esencial para el desarrollo de las ciencias biomédicas. En este contexto, es necesario contar con instalaciones especializadas, denominadas bioterios, que aseguren condiciones óptimas para la cría, mantenimiento y uso ético de animales en investigación científica y docencia. La estabilidad de las condiciones de alojamiento, permiten el control sanitario de los animales y condiciones ambientales estables que no introduzcan variabilidad a los resultados experimentales (Romero-Fernández et al., 2016). Los bioterios deben responder a los requerimientos biológicos y etológicos de los animales, así como a las condiciones técnicas y de bioseguridad necesarias para el trabajo científico. El diseño de las instalaciones para la cría de animales para fines experimentales, debe ser pensado para mantener la calidad sanitaria de los animales y evitar el ingreso de agentes presentes en la población salvaje que impacten negativamente en el sistema productivo y en el valor de los resultados experimentales. Generalmente, estas estructuras tienen una estructura de capas que se puede dividir en una zona limpia (alojamiento, cría, cuarentena, quirófanos y laboratorios) y una zona sucia (vestuarios, almacenamiento, incineración), con un flujo unidireccional para evitar contaminaciones cruzadas (Romero-Fernández et al., 2016). Las directrices básicas para el diseño de instalaciones para roedores utilizados para fines científicos se pueden ver en la **Tabla 1**. El bienestar animal constituye un pilar central en la gestión de bioterios. Las prácticas deben garantizar el cumplimiento de las cinco libertades del bienestar animal: ausencia de hambre, miedo, incomodidad y dolor, y la posibilidad de expresar comportamientos naturales. Para ello, deben controlarse parámetros tanto del microambiente (tipo de jaula, densidad, dieta, agua, cama, limpieza y enriquecimiento ambiental) como del macroambiente, incluyendo temperatura, humedad, ventilación, ciclos de luz natural, y niveles adecuados de ruido. Asimismo, es indispensable contar con personal capacitado y acreditado.

En Uruguay para realizar tareas de producción y experimentación con animales es necesario registrar a la institución productora y su personal debe estar acreditado ante la Comisión Nacional de Experimentación Animal (CNEA). Existen 4 tipos de acreditaciones para el personal: categoría A, cuidadores; Categoría B, técnicos de laboratorio e investigadores que manipulan animales durante los estudios; Categoría C1, responsable técnico del área de producción y/o mantenimiento; y Categoría C2, responsable de la dirección y diseño de los protocolos de experimentación con animales (CHEA; Romero-Fernández et al., 2016).

TABLA 1. *Requisitos básicos para instalaciones destinadas a roedores.*

Clasificación: OB - Obligatorio Se considera un ítem OBLIGATORIO R - Recomendado. Se considera un ítem RECOMENDADO aquel que se incluye como recomendación en las ordenanzas, resoluciones, directrices técnicas y Guías de Buenas Prácticas del Conceal.	
DESCRIPCIÓN DE ÍTEMS	CLASIFICACIÓN
Ambientes Físicos de Instalación Animal	
Bioterios que lleven a cabo la reproducción de animales deben estar separados de bioterios con otros fines En edificaciones que alojen bioterios con distintos fines (cría, mantenimiento y experimentación), las áreas y los circuitos de las salas de cría deben disponer de barreras exclusivas, claramente delimitadas y separadas de los bioterios destinados al mantenimiento y a la experimentación.	OB
Áreas de Apoyo	
Área administrativa.	R
Área de Recepción de personal (usuarios y visitantes).	R
En el bioterio de cría, el ingreso de los animales debe realizarse a través del área de recepción de animales y cuarentena.	OB
En el bioterio de mantenimiento o experimentación, el ingreso de los animales debe realizarse a través de la recepción en un área de cuarentena, excepto para aquellos individuos cuyo estado sanitario sea conocido y compatible con el bioterio de mantenimiento o experimentación de destino, los cuales podrán ser introducidos directamente en la sala de animales.	OB
Áreas de servicio	
Área destinada a la limpieza (lavado, desinfección o esterilización de materiales), separada físicamente del área de las salas de animales.	OB
Baños ubicados fuera de las áreas controladas en bioterios de producción.	OB
Sala de animales separados por especies.	OB
Vestuario.	OB
Sala destinada a la eutanasia, separada de las salas de animales, en bioterios de cría y mantenimiento.	OB
Sala destinada a la eutanasia, separada de las salas de procedimientos, en bioterios de experimentación.	R
Depósitos	
Lugar para el almacenamiento de alimentos y cama que cumpla con las recomendaciones de los fabricantes.	OB
Alimentos y cama sin contacto con el piso ni las paredes.	OB
Área exclusiva para depósitos de residuos.	OB
Lugar para el almacenamiento de productos químicos y medicamentos.	R
Freezer para el almacenamiento de cadáveres.	OB
Detalles Constructivos	
Paredes, pisos y techos lisos, sin juntas ni hendiduras, contruidos con materiales que permitan su limpieza y desinfección.	OB

Ausencia de ventanas con acceso directo a las salas de animales de laboratorio.	OB
Grupo generador propio para el suministro de energía eléctrica de emergencia.	R
Sistema de monitoreo remoto de las condiciones ambientales en las salas de animales, en ausencia de grupo generador propio.	OB
Sistema de iluminación con fotoperiodo regulable en las áreas controladas y salas de animales.	OB
Ambiente	
Salas de animales con ventilación, extracción, temperatura y humedad controladas, de acuerdo con las características de las especies mantenidas en el recinto.	OB
Monitoreo con registro de las condiciones ambientales de las salas de animales.	OB
Bioseguridad	
Uso de equipos de protección personal recomendados según el nivel de bioseguridad de la instalación.	OB
Barreras sanitarias de bioexclusión y biocontención recomendadas según el nivel de bioseguridad de la instalación.	OB
Procedimientos	
Manual de Procedimientos Operativos Estándar (POEs) en bioterios de cría.	OB
Control genético y sanitario.	R
Alojamiento en parejas o grupos, excepto en casos autorizados por el CEUA o debido a condiciones clínicas.	OB
Los procedimientos experimentales no pueden realizarse en la sala de mantenimiento y cría de animales.	OB
Enriquecimiento ambiental.	OB

Nota. La tabla resume los requisitos básicos para instalaciones destinadas a roedores utilizados en actividades de cría, mantenimiento y experimentación. Se indica la clasificación de cada ítem como obligatorio (OB) o recomendado (R). Adaptado de CONCEA, 2023, pp. 65–66.

Los avances en la ciencia de los animales de laboratorio han modificado los paradigmas éticos, reconociendo su capacidad para experimentar dolor, angustia y placer. De este modo, el uso de animales exige una justificación científica sólida y la implementación de prácticas que minimicen el sufrimiento. Es por eso que en Uruguay y en aquellos países donde la actividad está regulada por ley existen organismos de contralor institucional (CEUAs) que estudian y avalan o rechazan los protocolos experimentales con animales.

2.3. EL COBAYO COMO MODELO EXPERIMENTAL

El uso del cobayo como modelo experimental en la investigación científica tiene sus orígenes a fines del siglo XVIII, cuando Antoine Lavoisier, biólogo y químico francés, lo utilizó en estudios sobre fisiología respiratoria. En el siglo XIX, esta especie comenzó a ser incorporada en investigaciones de enfermedades infecciosas, y a comienzos del siglo XX fue fundamental en hallazgos vinculados al rol de las vitaminas en la salud. La cepa albina Dunkin-Hartley es la más empleada (**Figura 10**), aunque también se utilizan otras variantes, como las cepas endogámicas 2 y 13, y la eutímica sin pelo (Wright & Churg, 2002; Wright et al., 2008).



Figura 10. Cepa Dunkin-Hartley (Envigo–Inotiv, s.f).

El tamaño pequeño, el ciclo reproductivo corto, el temperamento dócil y sus características anatómico-fisiológicas similares con el ser humano, hacen que los cobayos sean un modelo particularmente útil para ciertos tipos de estudios (Elsbacher et al., 2025). Por ejemplo, en aspectos como el desarrollo embrionario y sus anexos, el ciclo reproductivo y la morfología de diversos órganos (Barbino et al., 2011; Godlewski et al., 1997; Harman & Prickett, 1932, según se citan en Abarza-Morales et al., 2024). A su vez, características en la diferenciación de los genitales externos, el proceso de cierre uretral y la presencia de motilidad embrionaria temprana refuerzan su idoneidad en estudios de desarrollo comparado (Felt et al., 2012; Wang et al., 2018). Esto ha facilitado el avance del conocimiento sobre la estructura y funcionamiento de los distintos órganos y sistemas del ser humano (Abarza-Morales et al., 2024). Si bien el término “conejillo de Indias” se ha popularizado como sinónimo de animal de experimentación, no es de las especies más utilizadas en investigación en comparación con otros modelos animales de laboratorio (Padilla-Carlin et al., 2008). Las principales causas del menor uso de cobayos en investigación están relacionadas con la escasez de reactivos inmunológicos específicos (como anticuerpos para citocinas y linfocitos), y la falta de herramientas genéticas avanzadas, como las técnicas de edición génica (knock-out, knock-in o transgénesis), las cuales sí están disponibles en modelos como el ratón (Vieu et al., 2024). En cambio, el cobayo destaca como un modelo más representativo para el estudio de infecciones, ya que exhibe síntomas y respuestas inmunitarias comparables a las humanas. En patologías donde comparte mecanismos patogénicos con el ser humano, se perfila como una opción superior para el diseño de estrategias terapéuticas y vacunales (Padilla-Carlin et al., 2008). En América Latina, varios países reconocen la importancia estratégica de los bioterios para impulsar la investigación biomédica (Reyna-Reátegui, 2020). En Uruguay, el primer bioterio con estándares definidos de calidad genética y microbiológica se creó en el año 2000 en la Dirección de Laboratorios Veterinarios del MGAP, con apoyo japonés. Desde entonces, se ha desarrollado un proceso sostenido de regulación, capacitación y fortalecimiento institucional, que posicionó al país como el segundo en Sudamérica en contar

con una ley nacional específica sobre el uso de animales en experimentación (Breijo, 2023; Saldaña et al., 2023).

2.3.1. Aplicaciones biomédicas

Tuberculosis y legionelosis

El cobayo es un modelo experimental particularmente valioso para el estudio de enfermedades infecciosas debido a su alta susceptibilidad y a la similitud clínica e inmunológica con los humanos (Padilla-Carlin et al., 2008). En tuberculosis, es considerado el “gold standard” preclínico porque reproduce de manera fiel la fisiopatología humana, incluyendo la formación de granulomas con necrosis central, la respuesta celular mediada por linfocitos T y una marcada hipersensibilidad retardada. Además, responde de forma comparable a la quimioterapia estándar y a la vacunación con el bacilo de Calmette-Guérin, lo que permite evaluar eficazmente nuevos fármacos y vacunas. De forma similar, en la infección por *Legionella pneumophila*, los cobayos desarrollan signos clínicos y lesiones pulmonares muy semejantes a las humanas, lo que los convierte en un modelo idóneo para investigar la patogénesis, la eficacia de la antibioticoterapia y el estudio de virulencia y vacunas candidatas (Padilla-Carlin et al., 2008).

Infecciones de transmisión sexual y por estafilococos

Debido a las limitaciones éticas y metodológicas para estudiar directamente las enfermedades de transmisión sexual en el ser humano, se han desarrollado modelos animales. El modelo de infección por *Chlamydia* en cobayos (particularmente el de conjuntivitis por inclusión), es el que mejor reproduce la transmisión y patogénesis propias de la infección con *Chlamydia trachomatis*. A su vez, al igual que en mujeres gestantes, las cobayas pueden transmitir la infección a sus crías durante el parto, generando casos de conjuntivitis congénita. Aunque aún no se dispone de una vacuna efectiva contra la clamidiasis, el cobayo ha sido muy utilizado en investigaciones orientadas al desarrollo de estrategias vacunales (Padilla-Carlin et al., 2008). El cobayo también se utiliza para el estudio de la sífilis, enfermedad causada por *Treponema pallidum* subsp. *pallidum*, debido a que su respuesta humoral y las manifestaciones histopatológicas generadas tras la infección presentan similitud con las observadas en el ser humano. Si bien el conejo presenta una mayor susceptibilidad natural al patógeno, el uso del cobayo es menos costoso, y hay mayor disponibilidad de cepas endogámicas. Además, en comparación con otros roedores de laboratorio como ratones, ratas y hámsteres, los cobayos muestran una mayor vulnerabilidad a la infección por *T. pallidum* (Padilla-Carlin et al., 2008).

Al igual que en los seres humanos, el cobayo presenta una alta susceptibilidad a las infecciones causadas por *Staphylococcus aureus*, es por eso que ha sido utilizado como modelo para investigar infecciones causadas por esta bacteria, particularmente en infecciones de piel, oído y pulmón. Este modelo es útil para evaluar tanto la virulencia de distintas cepas como la eficacia de tratamientos antimicrobianos. En estudios experimentales, los cobayos han desarrollado lesiones cutáneas localizadas similares a las observadas en humanos,

permitiendo el análisis detallado de la respuesta inmune, la inflamación y la progresión de la infección. Además, este modelo ha sido empleado para probar vacunas y terapias tópicas o sistémicas contra *S. aureus* resistente a meticilina, contribuyendo así al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas frente a esta bacteria multirresistente (Padilla-Carlin et al., 2008).

Enfermedad de Chagas

El cobayo, aunque es un reservorio natural de *Trypanosoma cruzi*, ha sido poco utilizado como modelo experimental de infección. Castro-Sesquen et al. (2011) demostraron que el cobayo es un modelo válido para estudiar la infección por *Trypanosoma cruzi*, ya que reproduce aspectos clave de la enfermedad de Chagas en humanos, incluyendo la supervivencia a la fase aguda, la cronicidad y la afectación cardíaca. Dado que en humanos la enfermedad clínica solo aparece en menos del 30% de los casos y su progresión puede tardar décadas, los estudios experimentales en animales son esenciales. Los cobayos ofrecen ventajas prácticas sobre otros modelos animales (como la rata y el ratón), ya que ofrece la posibilidad de recolectar mayores volúmenes de sangre y orina sin sacrificio, y su papel como reservorios en zonas andinas los convierte en candidatos ideales para estudiar la virulencia de cepas locales. Además, presentan potencial como modelo para investigar la enfermedad de Chagas congénita.

Estudios genéticos, hormonales e inmunológicos

Los estudios genéticos realizados en cobayos han revelado notables similitudes con el sistema inmune humano. Por ejemplo, el antígeno leucocitario del cobayo, que corresponde a su complejo principal de histocompatibilidad, presenta una homología significativa con el complejo antígeno leucocitario humano. Además, su sistema del complemento muestra una mayor similitud funcional con el del ser humano que con el del ratón. A diferencia de otras especies de roedores como el ratón o la rata, los cobayos poseen varios homólogos del grupo 1 de las proteínas CD1 humanas (incluyendo CD1b, CD1c y CD1e), los cuales se expresan en tejidos linfoides y no linfoides. Estas proteínas, aunque distintas del MHC a nivel genético, cumplen funciones similares como moléculas presentadoras de antígenos no peptídicos a células T, lo que resulta clave durante infecciones como la tuberculosis. Estas características consolidan al cobayo como un modelo indispensable para el estudio de enfermedades infecciosas que involucran mecanismos inmunitarios complejos (Padilla-Carlin et al., 2008). A su vez es empleado en investigaciones inmunológicas debido a la presencia de las células de Kurloff, un tipo particular de leucocitos vinculados a la protección inmunológica fetal, con funciones similares a las células natural killer. Esta característica lo convierte en un modelo útil para el estudio de la respuesta inmune, su regulación genética y también para investigaciones hormonales. Además, se utiliza en estudios sobre shock anafiláctico, encefalomiелitis alérgica y patologías respiratorias, dado que presenta una alta sensibilidad a alérgenos y reacciones anafilácticas (Zuñiga, 2016 según se cita en Saldaña et al., 2023).

Afecciones multisistémicas

Diversas bacterias de importancia en salud pública han sido estudiadas en cobayos como modelos experimentales, especialmente en investigaciones sobre enfermedades infecciosas y respuestas inmunológicas. Entre ellas se encuentran *Bacillus anthracis*, *Bacteroides gingivalis*, *Bordetella bronchiseptica*, *Borrelia burgdorferi*, *Brucella abortus*,

Chlamydia trachomatis, *Chlamydia psittaci*, *Corynebacterium diphtheriae*, *Coxiella burnetii*, *Escherichia coli*, *Francisella tularensis*, *Helicobacter pylori*, *Haemophilus influenzae*, *Histoplasma capsulatum*, *Klebsiella pneumoniae*, *Legionella micdadei*, *Legionella pneumophila*, *Leptospira interrogans*, *Listeria monocytogenes*, *Moraxella catarrhalis*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium leprae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium ulcerans*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Neisseria meningitidis*, *Porphyromonas gingivalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas keratitis*, *Rickettsia mooseri*, *Rickettsia rickettsii*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus pneumoniae* y *Treponema pallidum* (Padilla-Carlin et al., 2008).

El cobayo ha sido utilizado como modelo experimental también para estudiar la transmisión congénita de *Toxoplasma gondi* demostrando su capacidad de desarrollar inmunidad previa a la gestación y manteniéndola durante la misma; considerándolo un modelo animal relevante. Si bien su período de gestación es más del doble en comparación con el de la rata o el ratón, su vida reproductiva también es proporcionalmente más extensa. Esta característica lo convierte en un modelo adecuado para evaluar la duración de la inmunidad por un período de tiempo mayor (Magnin, 2012; Sosa Isaac, 2014).

Taylor y Lee (2012) analizaron el uso del cobayo destacando lo valioso del modelo en múltiples áreas de estudio, como la audición (para modelos de sordera y terapias como implantes cocleares), la toxicología (pruebas de sensibilización dérmica y exposición prenatal al alcohol), las enfermedades alérgicas (conjuntivitis, rinitis y alergias alimentarias), y las enfermedades respiratorias no infecciosas como asma y EPOC. En otología, se lo emplea por la similitud estructural de su aparato auditivo con el humano, siendo posible detectar sordera observando la respuesta de las orejas a estímulos sonoros (Saldaña et al., 2023). Se utiliza también en modelos de osteoartritis, aterosclerosis y, ampliamente, en enfermedades infecciosas como el herpes genital, citomegalovirus, e incluso fiebres hemorrágicas como Lassa y Ébola, permitiendo evaluar patogénesis, inmunidad, tratamientos y vacunas. La investigación sobre el virus de Lassa, dada su peligrosidad y los requisitos de bioseguridad nivel 4, se apoya fundamentalmente en modelos animales. El cobayo ha sido históricamente el principal modelo para estudios sobre la patogénesis del virus y el desarrollo de estrategias de control. Los primates no humanos se han utilizado principalmente para respaldar y confirmar los resultados obtenidos con el cobayo. Los ratones modificados genéticamente han sido útiles para estudiar respuestas inmunológicas y probar antivirales, aunque no replican completamente la enfermedad humana. Sin embargo, el cobayo presenta manifestaciones clínicas y patológicas similares a la del ser humano, lo que los convierte en un modelo valioso para evaluar vacunas y tratamientos. La desventaja es que su uso está limitado por la falta de reactivos específicos y la disponibilidad de cepas definidas (Tang-Huau et al., 2019). A su vez es una valiosa herramienta para conocer la histoembriología, especialmente considerando las restricciones éticas asociadas al uso de material biológico humano y la necesidad de observar de manera práctica el desarrollo embrionario y la organización tisular. Es un modelo adecuado para investigaciones reproductivas, ya que debido a la duración de su gestación puede subdividirse en trimestres de forma análoga al embarazo humano, y además pueden desarrollar toxemia durante la gestación. Gracias a ello permite investigaciones sobre gestación, crecimiento fetal y restricción del crecimiento intrauterino (Golden et al., 1980; Seidl et al., 1979 según se citan en Taylor & Lee, 2012).

Dado que el cobayo, al igual que el ser humano, carece de la capacidad para sintetizar ácido ascórbico (vitamina C), han sido seleccionados como modelo idóneo para evaluar los efectos de la exposición prolongada a dosis elevadas de esta vitamina, permitiendo inferir posibles respuestas fisiopatológicas en humanos (Otanwa et al., 2023). Esta característica, además de que presenta la ventaja de tener poca variabilidad en el grosor de su piel lo que se asemeja a las características histológicas humanas; también los convierte en un modelo experimental particularmente adecuado para el estudio del proceso de cicatrización, el cual en humanos presenta alta complejidad y resulta difícil de replicar en condiciones *in vitro*. La vitamina C es un componente esencial en la formación de fibras colágenas, fundamentales para la reparación tisular localizada (Salvo et al., 2023). En este sentido, la inducción de lesiones térmicas en cobayos permite analizar de forma integral las distintas etapas de la cicatrización, observándose una regeneración tisular en pocos días, tanto en procesos con y sin infección localizada (Salvo et al., 2023). También ha sido empleado en neurología y ortopedia para el estudio de lesiones isquémicas de la médula espinal y de la osteoartritis espontánea e inducida (Elsbacher et al., 2025).

Modelos vacunales en veterinaria

El uso del cobayo como modelo experimental en estudios de vacunas se justifica por múltiples razones. En primer lugar, constituye una alternativa más económica y práctica en comparación con la especie destino, ya que requiere menos recursos y cuidados logísticos. Además, su manejo sencillo permite un control experimental más preciso. En la especie bovina es en la que más se ha utilizado el cobayo como modelo. Por ejemplo, se ha demostrado que inducen respuestas humorales comparables a las de esta especie, especialmente en la producción de anticuerpos neutralizantes frente a virus como el Herpesvirus bovino tipo 1 (BoHV-1) (Parreño et al., 2010; Silva et al., 2007). Estos aspectos, junto con antecedentes favorables frente a otros virus como el Herpesvirus bovino tipo 2 (BHV-2) (Smee & Leonhardt, 1994), respaldan su uso como modelo predictivo en evaluaciones preclínicas, al generar respuestas inmunológicas extrapolables que permiten anticipar la eficacia en bovinos. En Uruguay, un estudio de Alonzo et al. (2008) evaluó la inmunogenicidad de vacunas contra el BoHV-1 utilizando cobayos, obteniendo una buena correlación con los resultados observados en bovinos. Estos hallazgos fortalecen su validez como modelo predictivo y su utilidad en la reducción de costos en futuras evaluaciones de vacunas. Respecto a las vacunas clostridiales, ampliamente utilizadas para prevenir enfermedades en rumiantes, los cobayos también han sido empleados en ensayos de potencia, inmunogenicidad y protección. Diversos estudios han evaluado la respuesta frente a toxoides o bacterinas de *Clostridium chauvoei*, *C. septicum*, *C. novyi* y *C. perfringens*, comparándola con la de ovinos o bovinos (Amimoto et al., 1998; Claus & Kolbe, 1979; Crichton et al., 1986; Webster & Frank, 1985). Estas investigaciones han contribuido a la estandarización de protocolos de inmunización y esquemas de refuerzo. El potencial del cobayo como modelo experimental también ha sido explorado en el desarrollo de vacunas virales equinas. González et al. (2016) evaluaron una vacuna inactivada con adyuvante oleoso contra el virus de la encefalitis equina del Este, observando una sólida respuesta serológica en cobayos tras la segunda dosis. Estos hallazgos confirman la capacidad del modelo para inducir respuestas inmunes específicas y reproducibles frente a otros virus relevantes en medicina veterinaria, lo que amplía su aplicabilidad en estudios preclínicos de inmunogenicidad.

Existen normativas internacionales que orientan los protocolos de evaluación de vacunas veterinarias. Entre ellas se encuentran las directrices de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA, ex-OIE), en el cual establece los procedimientos para el control de calidad, seguridad, potencia e identidad de vacunas bacterianas y virales en animales, incluyendo el uso de ensayos de desafío en cobayos como alternativa al uso de la especie objetivo (OMSA, 2023). En Estados Unidos el Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) del United States Department of Agriculture (USDA) regula la evaluación de vacunas veterinarias a través de la guía 9 CFR Parte 113, que establece los criterios para validar ensayos in vivo e in vitro, y sus memorandos técnicos (United States Department of Agriculture [USDA], 2015, 2018, 2025). En Europa, la Farmacopea Europea, desarrollada por la Dirección Europea de la Calidad de los Medicamentos (EDQM), define los estándares oficiales obligatorios para la evaluación de vacunas veterinarias, incluyendo especificaciones para la potencia, seguridad, identidad y pureza (European Pharmacopoeia Commission, 2023). En Uruguay la regulación de productos veterinarios (incluyendo las vacunas) está a cargo de la Dirección General de Servicios Ganaderos (DGSG) del MGAP, a través de la División Laboratorios Veterinarios (DILAVE). La normativa se basa en el Decreto N.º 160/997, que declara la DGSG como autoridad competente para el registro y control de estos productos (Uruguay, 1997). Estas normativas proporcionan un marco técnico y ético que respalda el uso de modelos como el cobayo en estudios preclínicos de vacunas veterinarias, promoviendo su aplicación siempre que exista una correlación demostrada con la especie objetivo y que se cumplan los requisitos de validez, reproducibilidad y seguridad establecidos por las autoridades competentes.

2.4. EVALUACIÓN DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

La evaluación de los sistemas productivos animales requiere un enfoque metodológico integral y multidimensional que contemple los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales involucrados. Este análisis debe considerar las interacciones entre los distintos componentes del sistema (animales, insumos, ambiente, recursos humanos, mercado y manejo) lo que permite comprender su lógica de funcionamiento (Hubert, 1994; Osty, 1978; Osty & Dufumier, 1996; Ruiz & Oregui, 2001). Un abordaje holístico debe incluir parámetros técnico-productivos (tasas de natalidad, mortalidad, crecimiento, conversión alimentaria y rendimiento por unidad de superficie); indicadores reproductivos (edad al primer parto, intervalo entre partos, tamaño de camada, duración de lactancia, número de partos por año y vida media de los harenos); productivos (número de cobayos producidos por año, destetados, número de animales vendidos para experimentación y utilizados para reposición); y sanitarios (tasas de morbilidad y mortalidad) (Cuastumal Pantoja, 2018; Yamada et al., 2019). También deben considerarse variables relacionadas con la infraestructura, el manejo (tipo de alojamiento, densidad animal, alimentación, sanidad y bioseguridad), el bienestar animal, (evaluado mediante indicadores de salud, comportamiento y confort ambiental) (Fraser, 2008); evaluación económica (costos de producción, ingresos por venta de animales o subproductos, y el margen bruto) y los criterios de sostenibilidad (uso de recursos naturales, el tratamiento de residuos y la resiliencia frente a cambios del entorno) (Chia et al., 2003; Ferrán et al., 2020). Este tipo de evaluación debe adaptarse al contexto específico del sistema, ya sea un bioterio de investigación, una unidad de producción familiar, un criadero comercial o un modelo híbrido. Para ello, es necesario articular los datos observables con las decisiones de manejo y las motivaciones socioculturales de los responsables del sistema (Ruiz & Oregui, 2001; Yin, 2018).

Considerando las características biológicas del cobayo, sus usos y los sistemas productivos presentes en el país, la presente tesis se propone realizar un análisis global de un sistema de producción de cobayos en Uruguay. Para ello, se tomarán como referencia los principales aspectos vinculados a la cría y utilización de esta especie, especialmente a través del estudio del bioterio de cobayos del Instituto de Higiene de la Universidad de la República, principal proveedor nacional de estos animales con fines de control de biológicos y experimentación.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar el sistema productivo de cobayos del campo experimental del Instituto de Higiene.

Objetivos específicos

Analizar y describir las características del sistema productivo, incluyendo infraestructura, recursos disponibles, procesos y técnicas empleadas.

Identificar y calcular los principales indicadores reproductivos, productivos y sanitarios: nacimientos por año, vida media de los harenes, número de cobayos destetados por año, número de cobayos vendidos, número de cobayos utilizados para reposición y tasa de mortalidad.

Evaluar los destinos de la producción, estableciendo su uso en actividades de experimentación, docencia e investigación.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Instituto de Higiene de la Facultad de Medicina, ubicado en Ruta 82, km 46.500, Departamento de Canelones (coordenadas: 34°38'05"S, 55°55'41"W). Esta unidad tiene un sistema cerrado de producción de cobayos (*Cavia porcellus*). Inicialmente las hembras se alojan en harenes con una relación de 9:1 (hembras/macho). Luego del parto, las crías permanecen con la madre durante 15 días antes de ser trasladadas a los lotes de cría, donde se agrupan en grupos de 20 animales. El sistema de producción contempla entradas, componentes y salidas definidas. Las entradas incluyen alimentos específicos para la especie, así como insumos necesarios para el mantenimiento y bienestar de los animales, tales como suplementos, cama y productos veterinarios (ectoparasiticidas, anticoccidiales, entre otros). Los componentes del sistema comprenden los distintos lotes de animales (reproductores, crías y cría) y el personal responsable del funcionamiento del bioterio. Las salidas consisten en los cobayos destinados a actividades de investigación y docencia, distribuidos a diversos laboratorios y centros de investigación.

4.1. Recolección y digitalización de datos

Para la evaluación del sistema productivo se recopilaron y digitalizaron los registros en formato papel de la producción del bioterio de cobayos del Campo Experimental del Instituto de Higiene, correspondientes a los años 2022 y 2023. Esta actividad se llevó a cabo de forma sistemática, con el objetivo de facilitar comparaciones longitudinales en futuros análisis. El uso de animales para investigación se relevó a partir de los protocolos aprobados por el CEUA de la Facultad de Medicina y disponible en la plataforma digital de la Unidad de Reactivos y Biomodelos de Experimentación. Adicionalmente, se realizó una visita al Campo Experimental con el propósito de evaluar in situ las condiciones de infraestructura y manejo, verificando si las instalaciones cumplían con las directrices recomendadas por el CONCEA (2023) para el diseño de instalaciones destinadas a la cría y mantenimiento de roedores utilizados con fines científicos.

4.2. Indicadores a evaluar

Se calcularon indicadores reproductivos, productivos y sanitarios: número de nacimientos por año, promedio anual de crías por hembra, vida media de los harenes, número de cobayos destetados por año, número de cobayos vendidos y tasa de mortalidad de crías y adultos. El número de nacimientos se obtuvo sumando los destetes y las muertes neonatales del total de harenes; el promedio anual de crías por hembra se calculó dividiendo el número total de nacimientos del año entre el número promedio de hembras presentes en el mismo período; la vida media de los harenes en días se calculó como el promedio de la duración de cada uno ($\sum (\text{fecha de desarme} - \text{fecha de conformación}) / \text{número total de harenes}$). Los datos de destetes, ventas y reposición se tomaron directamente de las planillas de producción. La tasa de mortalidad de crías se obtuvo dividiendo el número de crías muertas entre el total de nacimientos y multiplicando el resultado por 100. De forma análoga, la tasa de mortalidad de adultos se estimó como el cociente entre el número de adultos muertos y el total de adultos, expresado también en porcentaje.

4.3. Enfoque de estudio

Se aplicó un enfoque metodológico de estudio de caso descriptivo para permitir un análisis detallado del sistema de producción. Este tipo de abordaje facilita una comprensión holística de la unidad, considerando toda su complejidad sin reducirla a componentes más manipulables (Hubert, 1994). Siguiendo el enfoque sistémico propuesto por Osty (1978), se identificaron y analizaron las funciones principales del sistema, incluyendo operaciones clave, medios y recursos disponibles, y flujos internos. Se puso especial atención en la articulación entre funciones, las interacciones entre los componentes del sistema, la detección de posibles limitaciones y la evaluación de la capacidad de regulación y fiabilidad del material biológico.

4.4. Análisis estadístico

El análisis de los indicadores productivos (número de nacimientos y número de destetes) y sanitarios (mortalidad de adultos y mortalidad de crías) se realizó mediante un modelo lineal mixto general (GLMM) ajustado por máxima verosimilitud restringida (REML), utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS/STAT® (versión 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU.). Para cada variable de respuesta se incluyeron como efectos fijos el año (2022 y 2023), el mes calendario y la edad del harén (meses de conformación), así como las interacciones entre año x mes y año x edad del harén. El harén se consideró como efecto aleatorio para contemplar la variabilidad intragrupo. Todos los indicadores se analizaron en función de la edad del harén, expresada en trimestres de conformación, y del mes calendario, con el fin de identificar el efecto del ciclo reproductivo, la madurez de los grupos y las posibles variaciones estacionales asociadas al manejo o a factores ambientales.

El modelo general se expresó como:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + M_j + E_k + (A_i \times M_j) + (A_i \times E_k) + u_h + \varepsilon_{ijk}.$$

donde:

μ es la media general.

A_i es el efecto fijo del año.

M_j es el efecto fijo del mes.

E_k es el efecto fijo de la edad del harén.

u_h es el efecto aleatorio del harén (distribuido $N(0, \sigma_u^2)$).

ε_{ijk} es el error aleatorio residual ($N(0, \sigma^2)$).

Las medias ajustadas se compararon mediante el método de diferencias de mínimos cuadrados (LSMEANS) y las diferencias se consideraron estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo del sistema productivo

Infraestructura

La evaluación realizada en el bioterio de cobayos permitió constatar que las instalaciones cuentan con ingreso restringido (**Figura 11**), control de entradas y salidas del personal, áreas de apoyo (administración, recepción y comedor) y una sala de procedimientos experimentales. Dispone de un depósito para ración y cama (las mismas se encuentran separadas del piso y las paredes), así como de un espacio exclusivo para el almacenamiento de medicamentos y productos químicos. También existe un programa de control de roedores e insectos en las áreas de alojamiento de animales y de depósito. Los residuos son colocados en un depósito específico, y el descarte sigue la normativa vigente: un camión retira cada quince días el material biológico y cortopunzante, que se conserva en un freezer hasta su recolección. Los baños del personal se encuentran fuera del bioterio. Se observó que existe una sala de animales compartida con el área de limpieza y lavado de materiales, y que las paredes y pisos en las salas de animales son porosos. Las salas de animales cuentan con ventilación y monitoreo de temperatura y humedad, aunque no se llevan registros sistemáticos de estos parámetros, lo que dificulta la trazabilidad en caso de desviaciones ambientales (**Figura 12**).



Figura 11. Acceso restringido al bioterio.



Figura 12. Sala de alojamiento de cobayos.

Bioseguridad y capacitación del personal

El bioterio dispone de protocolos básicos de bioseguridad, uniformes para el personal (los cuales son utilizados al momento de ingresar al bioterio), carné de salud vigente para el personal, depósitos específicos y cámaras frías para material biológico. No ingresan animales externos y la eutanasia se realiza mediante sedación con xilacina y ketamina, seguida de cámara de CO₂ en un espacio separado del resto de los animales (**Figura 13**). Todo el personal que atiende a los animales cuenta con cursos de capacitación para uso y manejo de animales de experimentación y se encuentra acreditado en el Sistema Nacional de Acreditaciones. El bioterio no ha recibido auditorías en los últimos dos años.



Figura 13. Sala destinada al procedimiento de eutanasia.

Manejo de insumos y control sanitario

El material utilizado para las camas (viruta de madera), así como la ración y el agua de bebida, no pasan por procesos de esterilización, sin embargo, el agua de bebida es tratada rutinariamente con hipoclorito de sodio a razón de 5 partes por millón. Esta situación, sumada a la dificultad para sanitizar adecuadamente el material de alojamiento de los animales, favorece la persistencia de ciertos agentes patógenos que permanecen de forma endémica en la colonia. Por tal razón, se aplica de rutina un plan sanitario posdestete que incluye baños con amitraz (Ectoraz®, Laboratorio Uruguay SA) para el control de ectoparásitos; toltrazuril (Baycox® 5 %, Bayer Animal Health, Alemania) durante tres días como anticoccidial; y, en caso necesario, la utilización de enrofloxacina (Baytril® 10 %, Bayer Animal Health, Alemania) en el agua de bebida.

5.2. Cálculo de indicadores

Durante el período 2022-2023 se registraron 4078 nacimientos en el bioterio (1707 en 2022 y 2371 en 2023) y un total de 3718 cobayos destetados (1529 en 2022 y 2189 en 2023). La tasa de mortalidad de crías tuvo un valor de 10,2 % en 2022 y 7,5 % en 2023. La tasa de mortalidad de adultos fue de 15% en 2022 y 13 % en 2023. La vida media de los harenes fue de 361 días. El promedio anual de crías por hembra fue de 3 en 2022 y 3,2 en 2023.

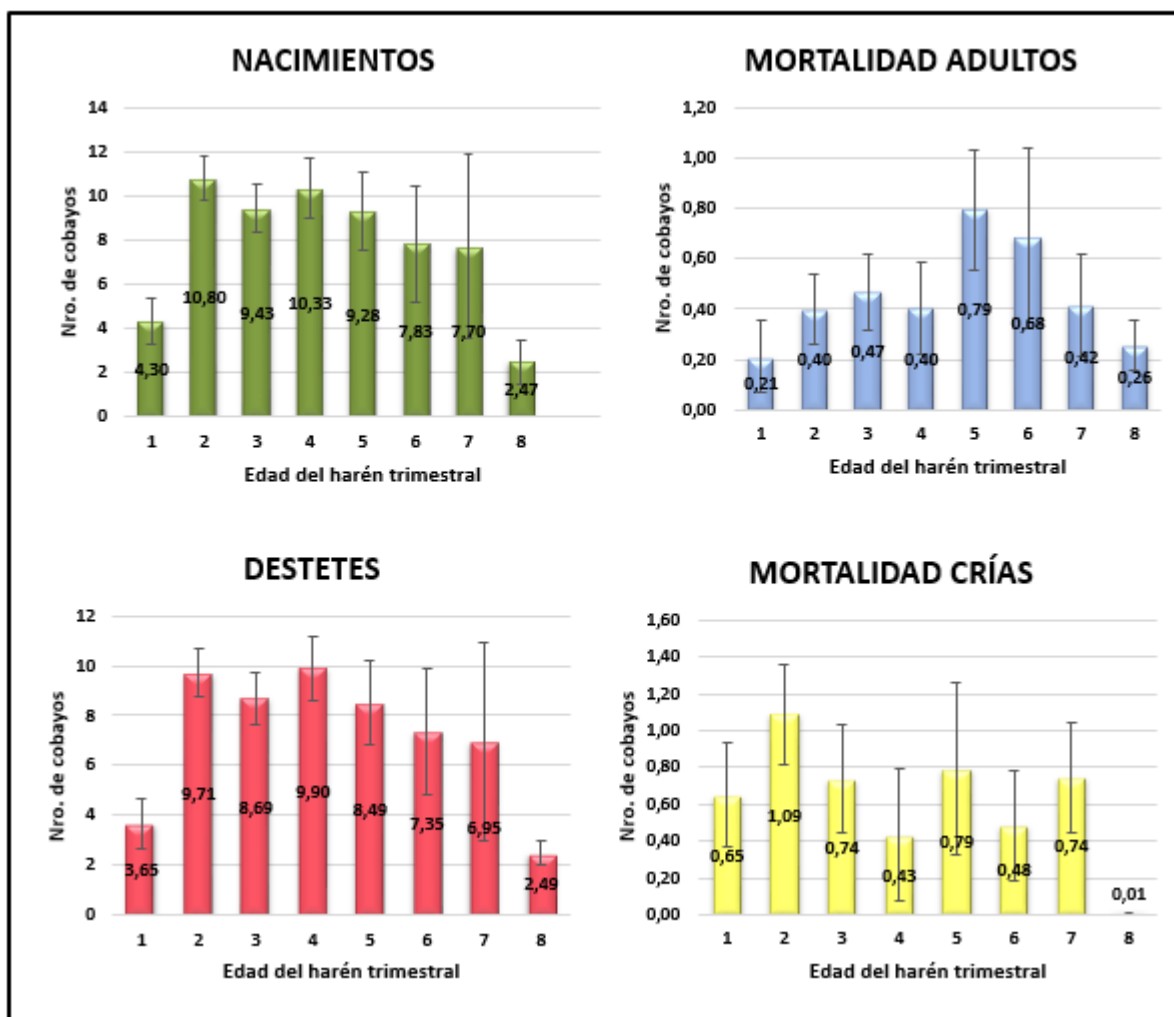


Figura 14. Indicadores productivos promedio de cobayos según edad del harén (en trimestres) en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).

Tal como se observa en la **Figura 14**, el número de nacimientos y destetes fue menor en harenes del primer trimestre de edad (4,30 y 3,65, respectivamente), alcanzando los valores más altos en harenes del segundo al cuarto trimestres (máximo de 10,80 nacimientos y 9,90 destetes), para luego mostrar una tendencia decreciente hacia edades mayores. La mortalidad de adultos se mantuvo baja en harenes jóvenes, incrementándose en harenes del quinto trimestre (0,79) y disminuyendo posteriormente. La mortalidad de crías presentó un máximo en harenes del segundo trimestre (1,09), con una reducción posterior y valores mínimos en harenes en el último trimestre (0,01).

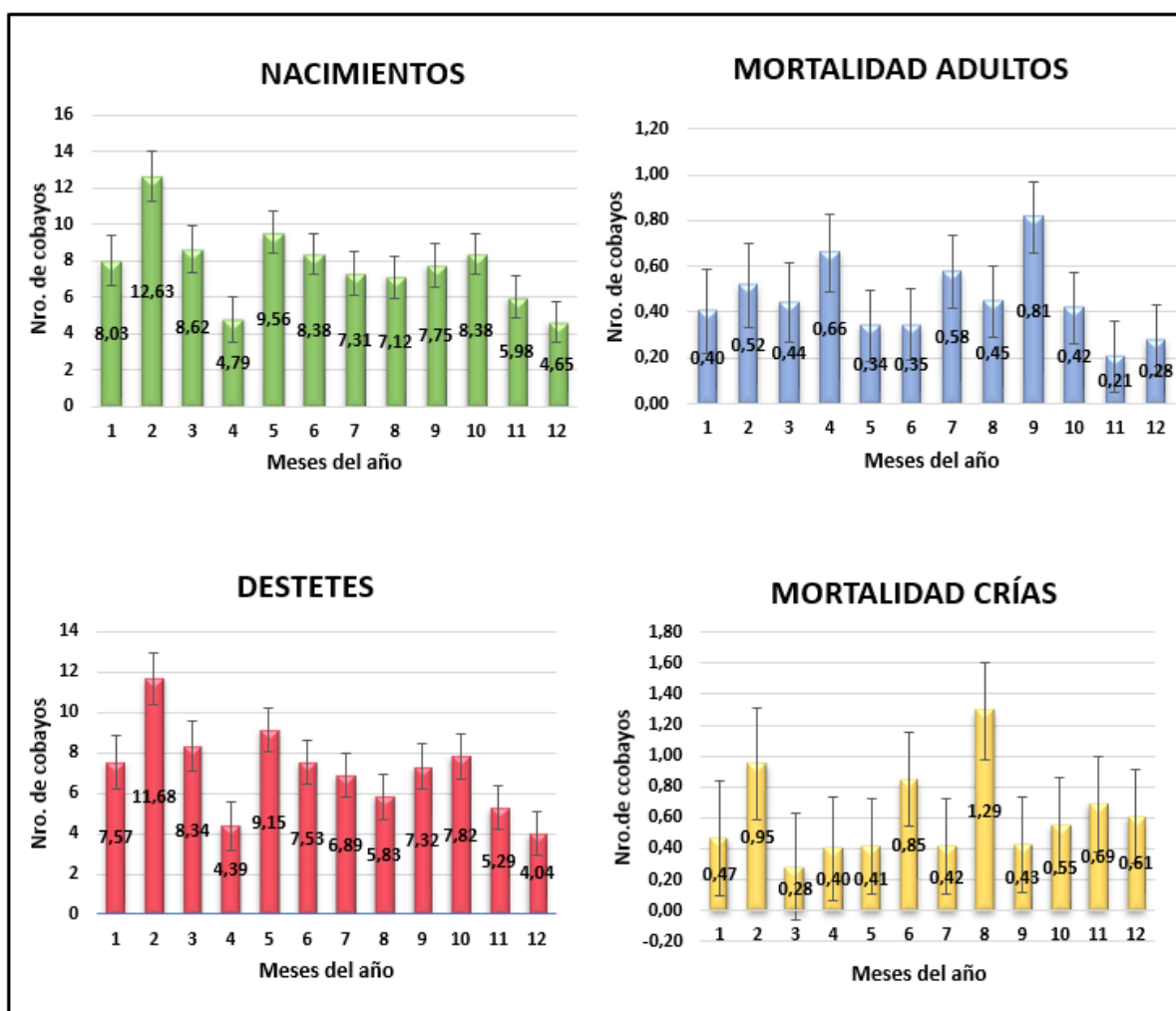


Figura 15. Indicadores productivos promedio de cobayos según el mes calendario en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).

Con respecto a la variable mes calendario (**Figura 15**), el número de nacimientos y destetes mostró sus valores más altos en febrero (12,63 y 11,68, respectivamente) y en mayo (9,56 y 9,15), con mínimos en diciembre (4,65 y 4,04) y abril (4,79 y 4,39). La mortalidad de adultos se mantuvo baja durante el año, con un pico en abril (0,66) y en setiembre (0,81) y un mínimo en noviembre (0,21). La mortalidad de crías presentó valores relativamente estables, con picos en febrero (0,95) y agosto (1,29) y un valor mínimo en marzo (0,28).

El análisis estadístico confirmó que la edad del harén influyó significativamente en el número de nacimientos ($p < 0,0001$) y destetes ($p < 0,0001$), y el mes del año también tuvo efecto en ambas variables ($p < 0,0001$). Nacimientos y destetes presentaron un patrón muy similar, con máximos en febrero y mayo y mínimos en abril y diciembre. No se detectó un efecto año en los nacimientos ($p = 0,9136$) ni en destetes ($p = 0,8854$), por lo que no hubo diferencias estadísticas entre un año y otro. A partir del año de vida del harén, la producción

(nacimientos y destetes) comenzó a disminuir, mientras que la mortalidad de adultos mostró un incremento.

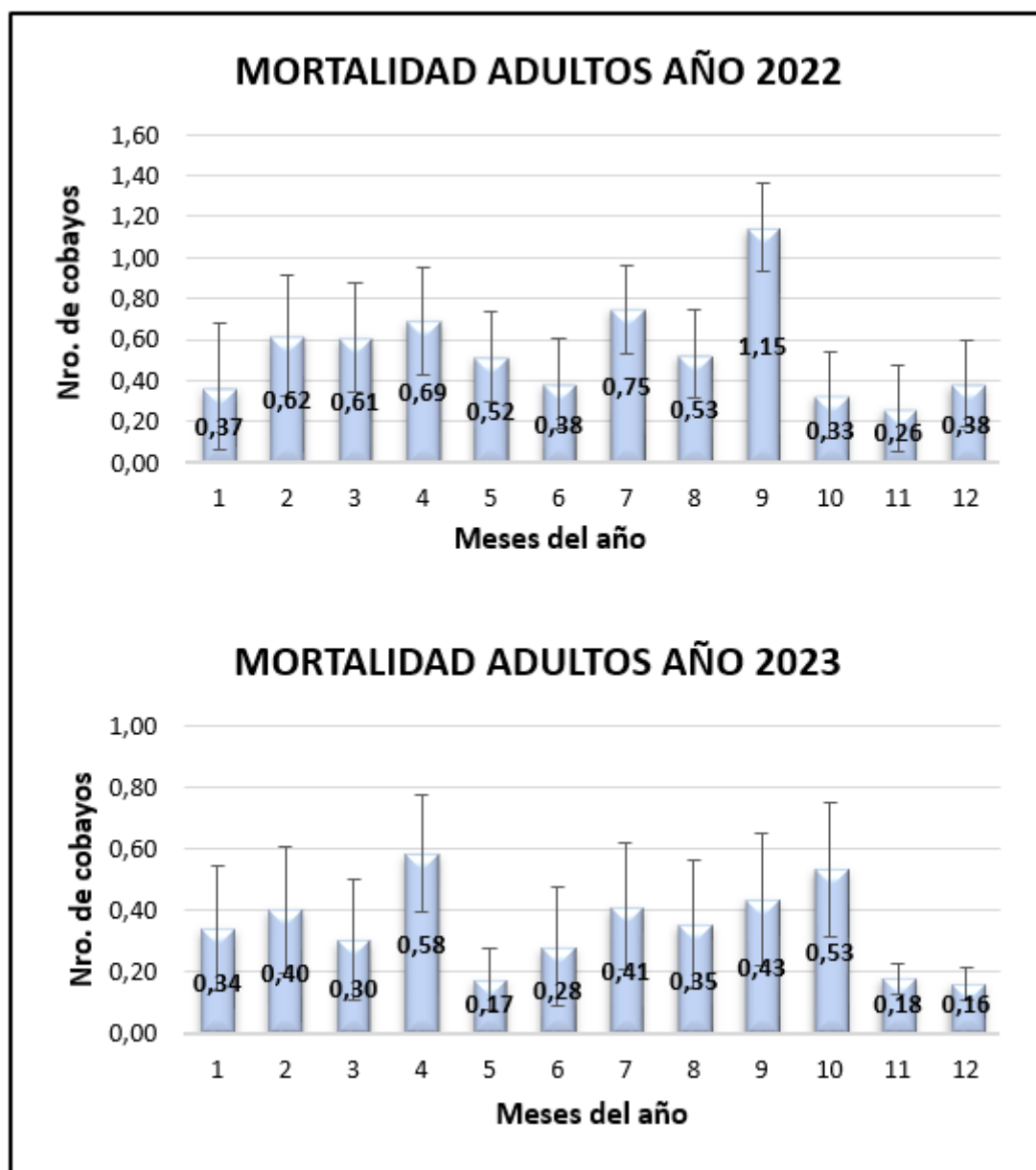


Figura 16. Mortalidad de adultos promedio de cobayos según el mes calendario en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).

De acuerdo con la **Figura 16**, la mortalidad de adultos presentó un comportamiento diferente entre los dos años evaluados. En 2022 se observaron mayores fluctuaciones, con varios picos de mortalidad distribuidos a lo largo del año y un máximo en setiembre (1,15). En cambio, en 2023 la mortalidad fue más estable y con valores en general más bajos, destacándose únicamente incrementos puntuales en abril (0,58) y octubre (0,53). El análisis estadístico confirmó que no hubo un efecto significativo de la edad del harén ($p = 0,1665$) ni del mes del año ($p = 0,1481$) sobre la mortalidad de adultos, pero sí se detectó un efecto año ($p = 0,0306$).

5.3. Principales destinos de la producción de cobayos

Durante el período 2022 y 2023, la mayor parte de la producción de cobayos se destinó a laboratorios privados, con un promedio de 1160 animales por año, lo que representa el 92% del total vendido. Este destino está vinculado principalmente a ensayos de control y pruebas de potencia de vacunas realizados por dichos laboratorios. En segundo lugar, se ubicó el organismo oficial, con un promedio anual de 89 cobayos (7%), cuya función principal es realizar el control oficial de las vacunas que se utilizan en el país, asegurando su eficacia y seguridad. Por último, el sector de investigación mantuvo una demanda constante de 13 animales por año (1%). Estos datos se reflejan también en la distribución porcentual que se ilustra en la **Figura 17**, donde se observa claramente el predominio de los laboratorios privados frente a los otros dos sectores. En términos absolutos, las ventas totales fueron de 1278 cobayos en 2022 y 1245 en 2023, con una media bianual de 1262 animales vendidos, según se detalla en la **Tabla 2**.

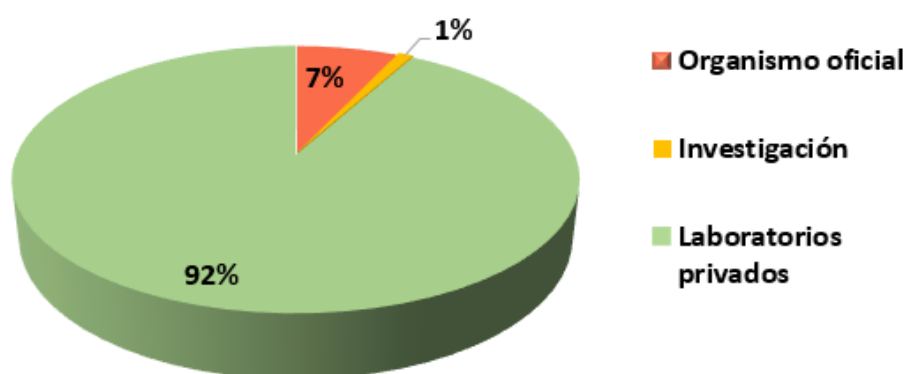


Figura 17. Distribución porcentual de los cobayos producidos según destino en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene (2022-2023).

Tabla 2. Ventas anuales de cobayos según destino (2022–2023).

DESTINO	2022	2023	PROMEDIO
Organismo oficial	30	147	89
Investigación	13	13	13
Laboratorios privados	1235	1085	1160
TOTALES	1278	1245	1262

Nota. Distribución del número de cobayos vendidos durante los años 2022 y 2023 en el bioterio del campo experimental del Instituto de Higiene.

Durante 2022 y 2023, el CEUA de la Facultad de Medicina aprobó tres protocolos que emplearon cobayos. Estos estudios se desarrollaron en las áreas de fisiología y biomecánica cardíaca, toxicología y evaluación de compuestos bioactivos.

6. DISCUSIÓN

La evaluación del bioterio de cobayos permitió identificar fortalezas y debilidades tanto a nivel de infraestructura como de manejo sanitario y productivo. Si bien las instalaciones cuentan con medidas de bioseguridad básicas (como ingreso restringido, control de entradas, uniformes exclusivos, programas de control de plagas y protocolos de eutanasia), se observaron desviaciones respecto a las directrices recomendadas para el diseño de instalaciones de roedores utilizados para fines científicos que se presentan en la **Tabla 1** (CONCEA, 2023). Entre ellas destacan la presencia de paredes y pisos porosos que dificultan la desinfección, la utilización de una misma sala para alojamiento de animales y lavado de materiales (lo que incrementa el riesgo de contaminación cruzada) y la ausencia de auditorías externas en los últimos dos años. Asimismo, la cama, la ración y el agua de bebida no pasan por procesos de esterilización previa, no siguiendo las recomendaciones de asegurar insumos sanitariamente controlados (FELASA, 2014). También se constató que la infraestructura actual no permite implementar una separación física completa entre las áreas limpias y sucias, lo que impide establecer un diagrama adecuado de flujo de circulación. A su vez se observó la ausencia de programas documentados de monitoreo ambiental (como recuentos microbiológicos de aire y superficies) y de registros formales de auditorías internas. Además, el bioterio carece de un sistema de monitoreo remoto y en tiempo real de las condiciones ambientales de las salas de animales y no dispone de grupo generador propio que garantice la estabilidad de la temperatura y humedad en caso de cortes de energía. Estas limitaciones podrían comprometer la estandarización de las condiciones de alojamiento, aumentar el riesgo de transmisión de patógenos y afectar la calidad sanitaria de los animales producidos, lo que resulta especialmente relevante considerando que la mayor parte de la producción se destina a investigación y a control de medicamentos. En cuanto al plan sanitario, se evidenció un esquema posdestete basado en ectoparasitocidas, anticoccidiales y antimicrobianos en casos necesarios, complementado con tratamientos tópicos frente a ectoparásitos. Si bien estas medidas contribuyen al control de patologías frecuentes, se recomienda generar un programa integral de vigilancia sanitaria que contemple prácticas de higiene, manejo ambiental y monitoreo sistemático de la colonia. Las directrices de FELASA subrayan la importancia de establecer los agentes a controlar, la frecuencia de muestreo y el uso de animales centinela (Mahler et al., 2014), mientras que documentos técnicos del USDA destacan que la limpieza y desinfección regulares son fundamentales para prevenir ectoparásitos y enteropatías, reduciendo así la necesidad de tratamientos farmacológicos (USDA, 2015, 2018, 2025). Reforzar manejo y monitoreo permitiría que los fármacos actúen como complemento preventivo, disminuyendo morbilidad y uso de antimicrobianos. La mayoría de las deficiencias observadas en el bioterio podrían mitigarse mediante la actualización y mejora de la infraestructura. Como por ejemplo la incorporación de sistemas de alojamiento en racks elevados, superficies lavables y no porosas, y la separación física de áreas limpias y sucias permitirían optimizar el flujo de circulación, facilitar la desinfección y disminuir el riesgo de contaminación cruzada, contribuyendo a la estandarización de las condiciones de alojamiento y al bienestar animal. También sería recomendable contar con un baño para el personal dentro del propio bioterio, de modo de evitar el reingreso desde áreas externas y reducir la posibilidad de introducir patógenos. Del mismo modo, la instalación de un autoclave para la esterilización de materiales fortalecería el control sanitario, al permitir el

procesamiento adecuado de camas, equipos y utensilios, disminuyendo la carga microbiana y mejorando la bioseguridad general del sistema.

Con respecto a los indicadores productivos, el análisis permitió identificar patrones claros en el ciclo productivo. La edad del harén es un factor determinante para la cantidad de nacimientos y destetes. Entre el 4º y 6º trimestre de conformación la producción presentó una reducción acumulada de alrededor del 25 %, para luego mostrar una caída marcada en el 8º trimestre (- 67,9 %). Este comportamiento podría estar relacionado con una mayor eficiencia reproductiva en hembras jóvenes y en la fase intermedia del ciclo productivo, posiblemente asociada a una mejor condición corporal y un menor desgaste fisiológico. La disminución observada posteriormente podría vincularse al envejecimiento de los reproductores y a una menor tasa de concepción. En las etapas más avanzadas se registró una mayor tasa de mortalidad de adultos lo que refuerza la hipótesis de que el envejecimiento de los animales impacta negativamente tanto en la productividad como en la supervivencia. Este patrón coincide con lo señalado por Chauca de Zaldívar (1997), quien destaca que el tamaño de camada es mayor en hembras jóvenes y tiende a disminuir conforme avanza la vida reproductiva, y con lo reportado por Quispe et al. (2021), que sitúan la vida productiva óptima de las hembras hasta aproximadamente 414 días. En este estudio, la vida media de los harenes fue de 361 días, valor que se encuentra dentro del rango de referencia reportado, lo que indica que en promedio el bioterio mantiene una rotación adecuada de reproductores. Sin embargo, la presencia de harenes en los extremos del ciclo (más jóvenes o más viejos) sugiere la necesidad de un ajuste más estricto en el cronograma de recambio para evitar caídas de productividad y aumentos de mortalidad. Por tanto, estos antecedentes respaldan la recomendación de realizar el recambio de harenes antes de los 12 meses para mantener la eficiencia productiva y evitar el mantenimiento de hembras con baja prolificidad.

Se observó que el mes del año tuvo un efecto significativo sobre la productividad. Este comportamiento podría estar influido por factores ambientales (temperatura, humedad) y de manejo (recambio de harenes, disponibilidad de forraje verde), o eventos sanitarios, aunque estas variables no fueron evaluadas de forma directa en este estudio. Trillmich (2000) demostró que las hembras de *Cavia aperea* se reproducen durante todo el año independientemente del fotoperíodo, siempre que existan condiciones adecuadas de alimentación y temperatura. De forma complementaria, investigaciones más recientes sobre fotoperíodo y estrés térmico en cobayos domésticos han documentado alteraciones en parámetros reproductivos dependiendo de la iluminación y condiciones ambientales (Hurley et al., 2021). En conjunto, estos antecedentes respaldan la hipótesis de que las fluctuaciones mensuales en la producción del bioterio podrían verse influenciadas principalmente por factores ambientales y de manejo, por lo que sería recomendable en futuras evaluaciones incorporar el registro sistemático de variables como temperatura, humedad, recambio de harenes y disponibilidad de forraje, a fin de correlacionarlas con la productividad y orientar estrategias de mejora.

Al comparar el promedio anual de crías por hembra del bioterio con estudios que utilizan el tamaño de camada como indicador de referencia, se observa que los valores obtenidos se encuentran dentro de los parámetros descritos. En colonias de bioterio se ha informado un tamaño de camada cercano a 3,3 crías por parto (Genzer et al., 2023), mientras que en sistemas de producción comercial se documentan camadas de aproximadamente 3 crías como las más eficientes desde el punto de vista productivo (Guerrero Pincay et al.,

2020). Incluso en condiciones nutricionales menos controladas se han registrado valores promedios de 1,67 crías por parto (Ntsafack et al., 2021). Sin embargo, estos resultados deben interpretarse considerando que no se dispone del número de partos por hembra, lo que impidió calcular el indicador clásico de tamaño de camada y llevó a utilizar crías/hembra como alternativa. Este enfoque puede subestimar la productividad real al incluir en el denominador hembras que no parieron durante el período evaluado. Es por ello que se recomienda incorporar en los registros del bioterio el número de partos por hembra, lo que permitiría calcular indicadores reproductivos más precisos, como tamaño de camada e intervalo entre partos, de esa manera permitiría realizar un análisis más exhaustivo de la eficiencia reproductiva (Cuastumal Pantoja, 2018; Yamada et al., 2019).

La mortalidad de crías presentó picos en febrero y agosto. Estos incrementos podrían estar asociados a eventos sanitarios o a condiciones ambientales adversas que comprometen la supervivencia neonatal; en el caso de febrero, que coincide con el pico de producción, podría explicarse que la sobrecarga reproductiva haya derivado en menor atención materna, competencia por espacio y alimento o aplastamiento accidental de crías, tal como lo describe Chauca (1997) para sistemas con mayor densidad de animales (relación 7/1), la mortalidad neonatal se incrementa un 3 % respecto a densidades menores. El uso de “cercas gazaperas” han demostrado reducir significativamente la mortalidad de crías (7–8 %) frente a sistemas sin protección (17 %), mejorar el peso al destete y disminuir las pérdidas de crías de bajo peso al nacimiento. Estos antecedentes sugieren que la implementación de medidas de manejo que reduzcan la competencia y brinden protección a las crías podría disminuir las pérdidas observadas en el bioterio y mejorar los indicadores de destete. En contraste, la mortalidad de adultos no mostró un patrón estacional definido ni una relación significativa con la edad del harén, pero sí con el factor año ($p = 0,0306$), con mayores fluctuaciones y valores más elevados en 2022 respecto a 2023, destacándose picos en abril y setiembre. Estas variaciones interanuales podrían explicarse por diferencias en el manejo, variaciones en parámetros ambientales o episodios sanitarios puntuales, lo que resalta la importancia de un monitoreo constante y de registros más detallados que permitan identificar las causas específicas de mortalidad. Si bien existen reportes de mortalidad en cobayos adultos en sistemas productivos de la región, que describen estas variaciones asociadas a condiciones ambientales y sanitarias (Carlosama Ojeda, 2019; Cruz Maquera, 2024), no se identificaron estudios que analicen mortalidad adulta con variación interanual en bioterios bajo condiciones comparables. En ese sentido, la diferencia interanual observada en este estudio constituye un aporte original, que justifica la implementación de registros detallados de causa de muerte y variables ambientales/sanitarias para investigar sus determinantes y orientar medidas preventivas.

En cuanto al destino de la producción, la mayor proporción de animales suministrados a laboratorios privados refleja el perfil predominante de la demanda durante el período 2022-2023, mientras que el organismo oficial y el sector de investigación, aunque representan una proporción menor, mantienen una relevancia estratégica para el control sanitario nacional y el desarrollo científico. Sin embargo, la información disponible no permite determinar el grado de dependencia de cada sector respecto a este bioterio ni descartar la existencia de otras fuentes de aprovisionamiento o modelos alternativos. En conjunto, los resultados resaltan la importancia de sostener y fortalecer la calidad sanitaria como un componente central para garantizar la confiabilidad y la utilidad de los animales destinados a los distintos usuarios.

El bioterio cuenta con aval CEUA vigente, lo que garantiza que las prácticas de manejo y uso de animales se realizan en cumplimiento de la Ley 18.611, el Decreto 78/014 y las directrices de la CHEA. Mantener este aval actualizado y documentado en los informes de producción es fundamental para asegurar el manejo ético de los procesos y reforzar la calidad de la producción de cobayos.

7. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió caracterizar de manera integral el sistema productivo del bioterio y evaluar sus principales indicadores productivos, reproductivos y sanitarios. La descripción de la infraestructura, los recursos disponibles y las técnicas de manejo empleadas evidenció fortalezas en la continuidad del sistema y también áreas con potencial de mejora. En términos generales, los indicadores productivos evidenciaron un desempeño acorde con lo esperado para sistemas de cría intensiva, mostrando patrones consistentes que permitieron identificar las etapas de mayor y menor eficiencia dentro del ciclo reproductivo. Asimismo, fue posible determinar los destinos predominantes de la producción, identificando un mayor volumen orientado a laboratorios privados y una participación menor, aunque estratégica, del organismo oficial y del sector de investigación. En conjunto, estos hallazgos contribuyen a comprender el funcionamiento global del bioterio y brindan insumos para orientar intervenciones que mejoren la eficiencia del sistema y la calidad de los animales destinados a experimentación, docencia e investigación.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarza-Morales, L., Opazo, F., Gajardo-Martínez, P., & Roa, I. (2024). Estudio histológico en embriones de cobayo (*Cavia porcellus*) y su utilidad como modelo para la comprensión del desarrollo embrionario humano. *International Journal of Morphology*, 42(1), 21–27. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022024000100021>
- Aguilar, M. (2017, 26 de junio; actualizada el 12 de diciembre de 2024). *Razas de cobayas: descubre las variedades de pelo largo y corto*. Muy Interesante. <https://www.muyinteresante.com/mascotas/3216.html>
- Alonzo, P., Reolón, E., Acuña, P., Leaniz, R., Puentes, R., Lavarello, L., & Maisonnave, J. (2008). Evaluación de un modelo en cobayo (*Cavia porcellus*) para estudiar la inmunogenicidad de vacunas comerciales inactivadas contra Herpesvirus bovinos. *Veterinaria (Montevideo)*, 44(172), 7–15.
- Amimoto, K., Ohgitani, T., Sasaki, O., Oishi, E., Katayama, S., & Isogai, M. (1998). The protective effect of *Clostridium novyi* type B alpha-toxoid against challenge with spores in guinea pigs. *Journal of Veterinary Medical Science*, 60(6), 681–685. <https://doi.org/10.1292/jvms.60.681>
- United States Department of Agriculture. (2015). *Veterinary Services Memorandum 800.112: Guidance for Validation of Potency Assays*. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/memo_800_112.pdf
- United States Department of Agriculture. (2018). *Veterinary Services Memorandum 800.116: Exemption from Target Animal Safety Testing Requirements*. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/memo_800_116.pdf
- United States Department of Agriculture. (2025). *Title 9 CFR, Part 113 – Biological Products: Standard Requirements*. En *Code of Federal Regulation*. United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. <https://www.ecfr.gov/current/title-9>
- Avilés, D. F., Martínez, A. M., Landi, V., & Delgado, J. V. (2014). El cuy (*Cavia porcellus*): un recurso andino de interés agroalimentario. *Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales*, 55, 87–91. <https://doi.org/10.1017/S2078633614000368>
- Ayagirwe, R. B. B., Meutchieye, F., Manjeli, Y., & Maass, B. L. (2018). Production systems, phenotypic and genetic diversity, and performance of cavy reared in sub-Saharan Africa: A review. *Livestock Research for Rural Development*, 30(6), Article 105. <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/ayagi30105.html>
- Beauchamp, T. L., & DeGrazia, D. (2020). *Principles of animal research ethics*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/med/9780190939120.001.0001>.
- Benavides, F. J., & Guénet, J. L. (2003). *Manual de genética de roedores de laboratorio: Principios básicos y aplicaciones*. Universidad de Alcalá.
- Borja Lozano, M. V., Vigil Santillán, B., More Montoya, M. J., Morón Barraza, J. A., García-Serquén, A. L., Gutiérrez Reynoso, G., & Yalta-Macedo, C. E. (2023). Genotyping-by-

- sequencing reveals a high number and quality of single nucleotide polymorphisms in guinea pigs (*Cavia porcellus*) from the Peruvian Andes. *Animal Genetics*, 54(6), 792–797. <https://doi.org/10.1111/age.13367>
- Buela, L., Cuenca, M., Sarmiento, J., Peláez, D., Mendoza, A. Y., Cabrera, E. J., & Yarzabal, L. A. (2022). Role of guinea pigs (*Cavia porcellus*) raised as livestock in Ecuadorian Andes as reservoirs of zoonotic yeasts. *Animals*, 12(24), 3449. <https://doi.org/10.3390/ani12243449>
- Breijo, M. (2023). Utilización de animales de experimentación en Uruguay: Una historia que acompañó la evolución social, la educación y la salud de los uruguayos. En Comisión Honoraria de Experimentación Animal (Ed.), *Manejo de animales tradicionales en experimentación* (pp. 11–16). Facultad de Medicina, Universidad de la República. <https://www.cnea.uy/sites/cnea/files/2023-09/boletin%20CNEA%20URUGUAY.pdf>
- Cabaña La Bartola. (s.f.). Cobayos. Cabaña La Bartola. <https://cabanalabartola.uy/cobayos>
- Carlosama Ojeda, L. D. (2016). *Determinación de las medidas de bioseguridad implementadas en los sistemas de producción de cuyes (Cavia porcellus) en las asociaciones registradas en la Secretaría de Agricultura del municipio de Pasto* (Tesis de grado). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Medicina Veterinaria. <https://sired.udenar.edu.co/9064/1/91598.pdf>
- Casanova Vallejo, R. O., & España Guatusmal, A. L. (2014). *Estudio de pre-factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de cuy mascota (Cavia porcellus) en la ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia* [Trabajo de grado, Universidad de Nariño]. SIREN. <https://sired.udenar.edu.co/3019/>
- Castro-Sesquen, Y. E., Gilman, R. H., Yauri, V., Angulo, N., Verastegui, M., Velásquez, D. E., Sterling, C. R., Martin, D., & Bern, C. (2011). *Cavia porcellus* as a model for experimental infection by *Trypanosoma cruzi*. *The American Journal of Pathology*, 179(1), 281–288. <https://doi.org/10.1016/j.ajpath.2011.03.043>
- Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. (2023). *Guia brasileiro de produção, manutenção ou utilização de animais em atividades de ensino ou pesquisa científica*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. <https://www.gov.br/mcti/pt-br/composicao/concea/publicacoes/guia-brasileiro>
- Charles River Laboratories. (s.f.). *Hartley guinea pig (Dunkin-Hartley)*. <https://www.criver.com/products-services/find-model/hartley-guinea-pig>
- Crianza de Cuyes. (s. f.). *KURI: La nueva raza compuesta de cuy con alta calidad genética*. Crianza de Cuyes. <https://crianzadecuyes.com/razas-de-cuyes/kuri-la-nueva-raza-compuesta-de-cuy-con-alta-calidad-genetica/>
- Crichton, R., Harriss, D. A., & McKay, D. J. (1986). Standards for *Clostridium chauvoei* vaccine—The relationship between the response of guinea pigs and sheep following vaccination and challenge with virulent *C. chauvoei*. *Australian Veterinary Journal*, 63(3), 68–70. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1986.tb02931.x>
- Chauca de Zaldívar, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/4/w6562s/w6562s00.htm>

- Chauca Francia, L. (2022). Desarrollo del mejoramiento genético en cuyes en el Perú: Formación de nuevas razas. *Anales Científicos*, 83(2), 109–125. <https://doi.org/10.21704/ac.v83i2.1879>.
- Chia, E., Hubert, B., & Losch, B. (2003). L'analyse des systèmes agraires: une méthode pour comprendre et agir. En B. Hubert, E. Chia, & B. Losch (Eds.), *Gouverner l'agriculture autrement* (pp. 43–58). IRD Éditions.
- Charles River Laboratories. (s.f.). *Hartley guinea pig (Dunkin Hartley)*. <https://www.criver.com/products-services/find-model/hartley-guinea-pig?region=3616>
- Claus, K. D., & Kolbe, D. R. (1979). Immunogenicity of *Clostridium septicum* in guinea pigs. *American Journal of Veterinary Research*, 40(12), 1752–1754.
- Comisión Nacional de Experimentación Animal. (s.f.). CNEA. <https://www.cnea.gub.uy/>
- Comisión Honoraria de Experimentación Animal. (s. f.). *Quiénes somos*. CHEA. <https://www.chea.edu.uy/quienes-somos>
- Concepción Alfonso, Á. R., de la Peña Pino, R., & García Capote, J. (2007). Acercamiento al accionar ético-moral del científico que trabaja con animales de experimentación. *Acta Bioethica*, 13(1), 9-15. <https://doi.org/10.4067/S1726-569X2007000100002>.
- Cuastumal Pantoja, F. del S. (2018). *Evaluación productiva de cuyes (Cavia porcellus) alimentados con complementos a base de harinas de germinados de cereales* [Tesis de maestría, Universidad de Nariño]. SIREDA. <https://sired.udenar.edu.co/15508/1/93031.pdf>
- Cruz Maquera, J. Y. (2024). *Causas de mortalidad en cuyes de la raza Perú (Cavia porcellus) en el Centro Experimental Illpa del INIA* (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/23361>
- Elsbacher, T., Sommese, A., Waiblinger, S., Künzel, F., Arhant, C., & Windschnurer, I. (2025). Guinea pig (*Cavia porcellus*) welfare: Associations between husbandry practices, human–animal interactions, and animal behaviour. *Animals*, 15(8), 1157. <https://doi.org/10.3390/ani15081157>
- Envigo–Inotiv. (s.f.). *Dunkin-Hartley guinea pig (HsdDhl:DH)* [Hoja técnica]. <https://www.inotiv.com/research-model/hsddhl-dh>
- European Pharmacopoeia Commission. (2023). *European Pharmacopoeia* (11th ed., Suppl. 11.8). European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare, Council of Europe. <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia>
- Felt, R. H. M., Mulder, E. J. H., Lüchinger, A. B., van Kan, C. M., Taverne, M. A. M., & de Vries, J. I. P. (2012). Spontaneous cyclic embryonic movements in humans and guinea pigs. *Developmental Neurobiology*, 72(8), 1133–1139. <https://doi.org/10.1002/dneu.20945>.
- Ferrán, A. M., Giorgis, A. O., & Castaldo, A. O. (2020). Modelación de sistemas productivos y parámetros a tener en cuenta en el diseño de planes ganaderos en sistemas pastoriles. *VETEC. Revista Académica de Investigación, Docencia y Extensión de las Ciencias Veterinarias*, 2(1), 14–31
- Fraser, D. (2008). Understanding animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50(Suppl. 1), S1. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-S1-S1>.

- Genzer, S. C., Flietstra, T., Coleman-McCray, J. D., Tansey, C., Welch, S. R., & Spengler, J. R. (2023). Effect of parental age, parity, and pairing approach on reproduction in strain 13/N guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Animals*, 13(5), 895. <https://doi.org/10.3390/ani13050895>
- Gimpel, J. (2009). *Aspectos bioéticos en el uso de animales de experimentación*. En Comité Asesor de Bioética del Programa Fondecyt-CONICYT (Ed.), *Aspectos Bioéticos de la Experimentación Animal* (Cap. 3, pp. 23-37). CONICYT.
- González, M. C., Medina, G., Bermúdez, V., & Armas, S. (2016). Evaluación de una vacuna inactivada oleosa del virus de la encefalitis equina del Este en cobayos (*Cavia porcellus*). *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias (Universidad Central de Venezuela)*, 57(1), 68–77.
- Guerrero Pincay, A. E., González Marcillo, R. L., Castro Guamán, W. E., Ortiz Naveda, N. R., Grefa Reascos, D. A., & Guamán Rivera, S. A. (2020). *Influence of litter size at birth on productive parameters in guinea pigs (Cavia porcellus)*. *Animals*, 10(11), 2059. <https://doi.org/10.3390/ani10112059>.
- Heatley, J. J. (2009). Cardiovascular anatomy, physiology, and disease of rodents and small exotic mammals. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 12(1), 99–113. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2008.08.006>.
- Hime, J. M., & O'Donoghue, P. N. (1984). *Patología de los animales de laboratorio: Diagnóstico y tratamiento*. Editorial Acribia.
- Hubert, B. (1994). Pastoralisme et territoire. Modélisation des pratiques d'utilisation. *Cahiers Agricultures*, 3, 9–22.
- Hurley, A., Quispe-Ccasa, J., Aguilar-Yoplac, J., Valdivia-Gallardo, J. C., Segura, G., Milla Pino, M. E., & Cayo-Colca, I. S. (2021). Efecto del fotoperíodo con luz solar en estrés térmico y parámetros espermáticos en cobayas. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 24(12), 1297-1308. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2021.1297.1308>.
- Instituto de Higiene, Universidad de la República. (2023). *Informe técnico de actividades del Bioterio del Campo Experimental* [Documento interno]. Facultad de Medicina, UdelaR.
- Japan SLC. (s.f.). *Slc: Hartley guinea pig*. https://www.jslc.co.jp/en/animal/guinea_pig/
- Jiménez, J., Domingo, R., Crosta, L., & Martínez-Silvestre, A. (2009). *Manual clínico de animales exóticos*. Multimédica Ediciones Veterinarias.
- Keeble, E. (2009). Rodents: Biology and husbandry. En E. Keeble & A. Meredith (Eds.), *BSAVA manual of rodents and ferrets* (pp. 1–17). British Small Animal Veterinary Association. <https://doi.org/10.22233/9781905319565.1>.
- Krinke, G. J. (Ed.). (2000). *The laboratory rat*. Academic Press.
- Magnin, A. (2012). *Transmisión de la toxoplasmosis congénita experimental en el modelo cobayo* [Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República]. Colibrí. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/19853>
- Mahler, M., Bérard, M., Feinstein, R., Gallagher, A., Illgen-Wilcke, B., Pritchett-Corning, K., & Raspa, M. (2014). FELASA recommendations for the health monitoring of mouse, rat, hamster, guinea pig and rabbit colonies in breeding and experimental units. *Laboratory Animals*, 48(3), 178–192. <https://doi.org/10.1177/0023677213516312>

- Martín Orti, R., Marín García, P., & González Soriano, J. (2004). *Atlas de anatomía de animales exóticos*. Masson.
- Melechon, F., Collins, B., & Bravo, A. (2018). *Manejo de animales de experimentación* (50 pp.). Xunta de Galicia, Consellería do Medio Rural.
- Milford, A., De Clercq, E., Louis-Maerten, E., Genevieve, L. D., & Elger, B. S. (2025). How animal ethics committees make decisions: A scoping review of empirical studies. *PLOS ONE*, 20(3), e0318570. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318570>
- Morales Navarro, D. (2015). Bioética de la investigación preclínica en las ciencias biomédicas. *Revista Cubana de Estomatología*, 52(4), 39–51. <https://revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/475>.
- Ntsafack, P., Miegoue, E., Noubissi, M. N. B., Nguedia, G., Mouchili, M., Mba Tal, K. N., Kwayep, N. C., Fossi, J., & Tendonkeng, F. (2021). Reproduction and pre-weaning growth performances of guinea pigs (*Cavia porcellus*) fed on diets containing *Ipomoea batatas* leaves and/or *Stylosanthes guianensis* meal. *Journal of Veterinary Science & Animal Husbandry*, 9(1), 101. <https://www.annexpublishers.com/articles/JVSAH/9101-Reproduction-and-pre-weaning-Growth.pdf>.
- O'Malley B. (2007). *Anatomía y fisiología clínica de animales exóticos: estructura y función de mamíferos, aves, reptiles y anfibios*. Servet.
- Organización Mundial de Sanidad Animal. (2023). *Manual Terrestre: Principios generales para la producción y el control de calidad de las vacunas veterinarias*. <https://www.woah.org/es/lo-que-ofrecemos-normas/codigo-terrestre-acceso-en-linea>
- Osty, P. L. (1978). L'exploitation agricole vue comme un système. Diffusion de l'innovation et contribution au développement. *Bulletin Technique d'Information du Ministère de l'Agriculture*, 326, 43–49.
- Osty, P., & Dufumier, M. (1996). *Systèmes agraires et développement: propositions méthodologiques*. L'Harmattan.
- Otanwa, O. O., Ndidi, U. S., Ibrahim, A. B., Balogun, E. O., & Anigo, K. M. (2023). Prooxidant effects of high dose ascorbic acid administration on biochemical, haematological and histological changes in *Cavia porcellus* (Guinea pigs): A Guinea pig experimental model. *Pan African Medical Journal*, 46(18). <https://doi.org/10.11604/pamj.2023.46.18.36098>
- Padilla-Carlin, D. J., McMurray, D. N., & Hickey, A. J. (2008). The guinea pig as a model of infectious diseases. *Comparative Medicine*, 58(4), 324–340.
- Paredes-López, D., Robles-Huaynate, R., Aldava-Pardave, U., & Morales-Cauti, M. (2024). Cambios relacionados con la edad en la hematología y metabolitos sanguíneos de cuyes (*Cavia porcellus*) en sistema de crianza intensivo en condiciones de trópico húmedo. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 40(1), 89–100. <https://doi.org/10.17163/lgrn.v40.2024.09>
- Parreño, V., Rodríguez, D., Izuel, M., Marangunich, L., López, V., Romera, A., Filippi, J., Bellinzoni, R., & Fernández, F. (2010). Control de calidad de vacunas virales bovinas mediante el modelo cobayo INTA. *Revista Veterinaria Argentina*, 27(262), 14–21.

- Pignon, C., & Mayer, J. (2021). *Guinea pigs*. En K. E. Quesenberry, C. J. Orcutt, C. Mans & J. W. Carpenter (Eds.), *Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery* (4ª ed., pp. 270-297). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-48435-0.00021-6>.
- Quispe, D., Manrique, L., Huamán, M., & Flores, H. (2021). Determinación del momento óptimo de saca de reproductores en cuyes criollos (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(5), e21348. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.21348>.
- Reyna-Reátegui, E. J. (2020). Importancia de la implementación de los bioterios para el desarrollo de investigación científica. *Boletín del Instituto Nacional de Salud*, 26(5-6), 72–75.
- Romero-Fernández, W., Batista-Castro, Z., De Lucca, M., Ruano, A., García-Barceló, M., Rivera-Cervantes, M., García-Rodríguez, J., & Sánchez-Mateos, S. (2016). El 1, 2, 3 de la experimentación con animales de laboratorio. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 33(2), 288–299. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.332.2169>
- Rosales-Jaramillo, C., Guevara, G., Nieto, P., Aranguren-Méndez, J., Farfán-Patiño, D., Bermeo-Bacuilima, M., & Guamán-Guallpa, A. (2025). Sincronización de estro en cuyes (*Cavia porcellus*) mediante dos dosis de PGF2 α y su efecto sobre parámetros reproductivos. *Revista Científica FCV-LUZ*, 35(1), 1–6. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e35523>
- Ruiz, R., & Oregui, L. M. (2001). El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal: Revisión bibliográfica. *Investigación Agraria: Producción y Sanidad Animal*, 16(1), 30–61.
- Russell, W. M. S., & Burch, R. L. (1992). *The principles of humane experimental technique*. Universities Federation for Animal Welfare. <https://caat.jhsph.edu/the-principles-of-humane-experimental-technique/>
- Saldaña, J. C., Chávez-Genaro, R., & Miraballes, I. (2023). *Manejo de animales tradicionales en experimentación* (2.ª ed.). Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA), Universidad de la República. <https://www.cnea.gub.uy/>
- Salvo, J., Schencke, C., Pávez, M., Veuthey, C., & del Sol, M. (2023). Thermal injury protocol to study healing, with and without infection, in guinea pig (*Cavia porcellus*) model. *International Journal of Morphology*, 41(4), 1053–1057. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022023000401053>.
- Silva, L. F., Diel, D. G., do Carmo Cliente, M., & Weiblen, R. (2007). Guinea pigs as a model test of bovine herpesvirus type 1 and bovine viral diarrhea virus inactivated vaccines. *Ciência Rural*, 37(4), 1060–1065.
- Smee, D. F., & Leonhardt, J. A. (1994). Vaccination against bovine herpes mammillitis virus infections in guinea pigs. *Intervirology*, 37(1), 20–24. <https://doi.org/10.1159/000150353>.
- Sosa Isaac, L. (2014). *Modelos animales utilizados para el estudio de la toxoplasmosis congénita en Facultad de Veterinaria* [Tesis de grado, Universidad de la República]. Colibrí. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/10470>
- Spotorno, Á. E., Valladares, J. P., Marín, J. C., & Zeballos, H. (2004). Molecular diversity among domestic guinea-pigs (*Cavia porcellus*) and their close phylogenetic

- relationship with the Andean wild species *Cavia tschudii*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77(2), 243–250. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2004000200004>.
- Suckow, M. A., Stevens, K. A., & Wilson, R. P. (Eds.). (2012). *The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents*. Academic Press.
- Tang-Huau, T.-L., Feldmann, H., & Rosenke, K. (2019). Animal models for Lassa virus infection. *Current Opinion in Virology*, 37, 112–117. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2019.07.005>
- Tavares, M. N. (2023). *Estudo prospectivo dos valores radiográficos de referência do tamanho da silhueta cardíaca do cobaio (Cavia porcellus)* [Tesis de maestría, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa]. Repositório Institucional da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/27922>
- Taylor, D. K., & Lee, V. K. (2012). Guinea pigs as experimental models. En M. A. Suckow, K. A. Stevens, & R. P. Wilson (Eds.), *The laboratory rabbit, guinea pig, hamster, and other rodents* (pp. 705–744). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380920-9.00025-0>
- Techera Techera, M. E. (2023). *Actualización y reconocimiento de factores asociados a la mortalidad peri-anestésica en conejos (Oryctolagus cuniculus) y cobayos (Cavia porcellus)* [Tesis de grado, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República] Colibrí. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/41691>
- Trillmich, F. (2000). *Effects of Low Temperature and Photoperiod on Reproduction in the Female Wild Guinea Pig (Cavia aperea)*. *Journal of Mammalogy*, 81(2), 586–594. Recuperado de <https://academic.oup.com/jmammal/article/81/2/586/2373092>.
- Uruguay. (1997, junio 3). Decreto N.º 160/997: Declárase de interés nacional la elaboración, registro y control de productos veterinarios. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/160-1997>
- Uruguay. (2009, octubre 21). Ley N.º 18.611: *Procedimiento para la utilización de animales en actividades de experimentación, docencia e investigación científica*. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18611-2009>
- Uruguay. (2014, abril 7). Decreto N.º 78/014: *Reglamentación de la Ley N.º 18.611, relativa a los procedimientos para la utilización de animales en experimentación, docencia e investigación científica*. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/78-2014>
- Vieu, S., Hugon, H., Boucher, S., Bercker, C., Bruyas, J.-F., & Fusellier, M. (2024). Assessing pubic symphysis evolution in guinea pigs (*Cavia porcellus*): Insights from computer tomography on primiparous and non-breeding females. *Veterinary Medicine and Science*, 10, e70076. <https://doi.org/10.1002/vms3.70076>
- Vilchez Diaz, D. M. (2023). *Caracterización de los sistemas de producción de cuyes (Cavia porcellus) del distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, región Amazonas* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional Digital RIDUNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/items/7fd34426-e0eb-4ead-b8a9-3879002fa794>
- Wang, S., Shi, M., Zhu, D., Mathews, R., & Zheng, Z. (2018). External genital development, urethra formation, and hypospadias induction in guinea pig: A double zipper model for human urethral development. *Urology*, 113, 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2017.11.002>.

- Walker, L. I., Soto, M. A., & Spotorno, Á. E. (2014). Similarities and differences among the chromosomes of the wild guinea pig *Cavia tschudii* and the domestic guinea pig *Cavia porcellus* (Rodentia, Caviidae). *Comparative Cytogenetics*, 8(2), 153–167. <https://doi.org/10.3897/CompCytogen.v8i2.7509>
- Webster, A. C., & Frank, C. L. (1985). Comparison of immune response stimulated in sheep, rabbits and guinea pigs by the administration of multi-component clostridial vaccines. *Australian Veterinary Journal*, 62(4), 112–114.
- Wolfensohn, S., & Lloyd, M. (2013). *Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare* (4.^a ed.). Wiley-Blackwell. ISBN-13: 978-0470655498.
- Wright, J. L., & Churg, A. (2002). A model of tobacco smoke-induced airflow obstruction in the guinea pig. *Chest*, 121(5 Suppl), 188S-191S. https://doi.org/10.1378/chest.121.5_suppl.188s.
- Wright, J. L., Cosio, M., & Churg, A. (2008). Animal models of chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Physiology — Lung Cellular and Molecular Physiology*, 295(1), L1–L15. <https://doi.org/10.1152/ajplung.90200.2008>.
- Yamada, G., Bazán, V., & Fuentes, N. (2019). Comparación de parámetros productivos de dos líneas cárnicas de cuyes en la costa central del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 138–147. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15678>.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE Publications.
- Zapata Barrera, J. L., Del Sol, M., & Vásquez, B. (2009). Estereología renal en el cobayo (*Cavia porcellus*). *International Journal of Morphology*, 27(2), 419–424. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022009000200018>.