



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOOTECNIA



**DESARROLLO DE UN MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE CADÁVERES
PORCINOS Y EVALUACIÓN DE SU USO EN LA ENSEÑANZA DE LA
MEDICINA VETERINARIA.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

SAULO ISRAEL CRUZ SÁNCHEZ

ASESORES

DRA. MIREYA JUÁREZ RAMÍREZ

DR. MIGUEL GONZÁLEZ LOZANO

Ciudad Universitaria, Cd. Mx 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EL DESARROLLO DE LA TESIS FUE GRACIAS AL APOYO DEL PROYECTO PAPIME PE206319,
UNAM, 2020.

DEDICATORIA

A mi familia que siempre me han apoyado para cumplir mis metas y sueños. A mis padres que, gracias a sus grandes esfuerzos me han permitido estudiar esta maravillosa carrera llamada Veterinaria. Siempre estaré agradecido con ustedes por haberme brindado lo mejor que le puede brindar un padre y una madre a su hijo; el amor y la educación, estoy seguro de que la gran persona que soy es en gran medida por los valores y la educación que me han inculcado.

AGRADECIMIENTOS

A las y los estudiantes, académicos y personal de trabajo de la FMVZ que colaboraron en este proyecto.

- Dr. Miguel Lozano por invitarme a participar en este proyecto, su gran disposición y entusiasmo a la hora de trabajar, hicieron que este trabajo saliera adelante.

A los profesores y las profesoras de la FMVZ, por su esfuerzo y dedicación a la hora de enseñar.

- Al Departamento de Patología por abrirme sus puertas, proporcionarme tantos conocimientos y permitirme ser parte de esta gran familia.
- Dra. Mireya Juárez usted sabe que no hay palabras para agradecer todo lo que ha hecho por mí, por todo su tiempo y dedicación que le invirtió a este proyecto. Le agradezco compartirme su conocimiento, experiencias, casos y transmitirme esa pasión por la Patología. Gracias por confiar en mí y exigirme cada día más y más, esto ha influido mucho en mi formación.

No hay manera de expresar todo el amor que le tengo a esta hermosa institución, no hay forma de pagar todo el conocimiento que me has brindado, solamente queda portar con orgullo tus colores y agradecerte amada UNAM, por permitirme estudiar.

“A LA UNAM PASIÓN INFINITA, A LA UNAM LOCURA TOTAL”.

- LBDP

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	7
ABSTRACT	9
2. INTRODUCCIÓN.....	11
HIPÓTESIS.	12
OBJETIVO GENERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
3.1 Antecedentes históricos de la conservación.....	13
3.2 Métodos de conservación.....	13
3.3 Fijación.....	13
3.3.1 Clasificación de los fijadores.	14
3.3.2 Mecanismo de acción de los fijadores.	14
3.4 Modelo experimental.	16
3.4.1 Modelo biológico porcino.....	16
3.5 Modelos alternativos en la enseñanza de la medicina veterinaria y su impacto en el bienestar animal.....	17
4. MATERIAL Y MÉTODOS	18
4.1 Obtención de los cadáveres.....	18
4.2 Preservación de los cadáveres, etapa I.	21
4.2.1 Lavado y congelación.....	21
4.2.2 Descongelación, lavado y corte.....	21
4.2.3 Fijación.....	21
4.2.4 Deshidratación.	21
4.2.5 Inmersión en glicerina.	21
4.2.6 Secado.....	22
4.2.7 Empaque al alto vacío.....	24
4.3 Criterios considerados para el desarrollo de una segunda etapa.....	25
4.4 Etapa II	25
4.4.1 Lavado y descongelado.....	25
4.4.2 Fijación.....	26
4.4.3 Deshidratación.	26
4.4.4 Inmersión en glicerina y alcohol isopropílico.....	26
4.4.5 Secado.....	26

4.4.6 Empaque sin vacío.....	27
4.4.7 Prueba 5.....	27
4.5 Evaluación del color en el modelo porcino durante el proceso de elaboración.....	28
4.6 Evaluación del uso del modelo porcino por alumnos de la licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FMVZ-UNAM.	31
4.7 Cálculo de los costos de elaboración del modelo biológico porcino.	31
5 RESULTADOS	32
5.1 Evaluación del color en el modelo porcino durante el proceso de elaboración.	32
5.2. Evaluación del uso del modelo porcino por alumnos de la licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FMVZ-UNAM.....	34
Consistencia.....	34
Humedad.	34
Color.	34
Olor.	34
5.3. Evaluación de los efectos adversos generados por los químicos utilizados en la conservación del modelo biológico.....	35
5.4. Método de conservación que prefirieron los estudiantes de la licenciatura en MVZ y respuesta del uso de este tipo de modelos en la enseñanza de la MVZ.....	36
5.5. Costos de elaboración del modelo biológico porcino.	37
6 DISCUSIÓN.....	38
7 CONCLUSIONES	43
8 BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXO I. Glosario.....	47
ANEXO II. Cuestionario	48
ANEXO III. Soluciones.....	49
ANEXO IV. Costos.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de fijadores químicos obtenido de (Verdín et al., 2013).	14
Cuadro 2. Soluciones fijadoras.....	20
Cuadro 3. Escala decimal y porcentaje de composición (*) de los canales de color RGB en el modelo biológico porcino.	32
Cuadro 4. Frecuencias y porcentajes (*) de los efectos adversos que presentaron los alumnos al manipular el modelo porcino.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los tipos de modelos experimentales.	16
Figura 2. Mapa conceptual del número de lechones conservados por prueba.	19
Figura 3. Flujograma del proceso de conservación.....	20
Figura 4. Fotografía de lechón durante el proceso de conservación.....	23
Figura 5. Fotografía de lechones inmersos en glicerina.....	24
Figura 6. Empacado al alto vacío.	24
Figura 7. Fotografía de lechón empacado y etiquetado.	27
Figura 8. Lechón analizado en el programa image j, histogramas.	29
Figura 9. Porcentaje de composición por canal y descripción de color, prueba 4 al término de la fijación.	30
Figura 10. Color detectado en las diferentes pruebas después del glicerinado. ...	33

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Conservación del color de las piezas.....	35
Gráfica 2. Elección del método de conservación.....	37

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar tres mezclas fijadoras para preservar un cadáver y evitar efectos adversos durante su manipulación.

Se elaboraron tres mezclas fijadoras identificadas como pruebas 1 (P1), 2 (P2) y 3 (P3) que contenían 10% de formaldehído al 37% y concentraciones diferentes de alcohol etílico al 96% y agua corriente (P1 [20% alcohol y 70% agua]; P2 [30% alcohol y 60% agua], P3 [10% alcohol y 80% agua]).

Se utilizaron cinco lechones por prueba, fueron lavados y congelados; se realizaron cortes longitudinales, medianos y transversales antes de descongelarlos, se envolvieron en gasa y fijaron por inmersión. Los lechones enteros se lavaron, descongelaron y fijaron por inyección, perfusión e inmersión durante cuatro semanas. La deshidratación se realizó con cambios semanales de alcohol isopropílico al 70%, 80%, 90% y 100%; se sumergieron en glicerina durante 70 días; se secaron a temperatura ambiente por cuatro semanas y se empacaron al vacío.

Se evaluó la apariencia general, color, consistencia, olor, e hidratación al final del proceso, debido a que algunos cortes medianos y transversales de las tres pruebas no estaban bien conservados, se elaboró una cuarta prueba (P4, n=50) con cortes longitudinales y lechones enteros, se realizaron las siguientes modificaciones. La solución fijadora se elaboró con 15% formaldehído al 37%, 35% alcohol etílico y 50% agua; la deshidratación se realizó con alcohol isopropílico al 70%, 80%, 90% y 100%, cambios cada 24 horas, después de esto se llevó a cabo la inmersión de las piezas en glicerina y alcohol isopropílico (1:1), el secado se realizó durante cuatro semanas a temperatura ambiente y el empacado se hizo sin vacío. Para comparar los efectos adversos del formol, se conservaron dos lechones completos inyectados, perfundidos y sumergidos en formol al 10% e identificados como P5.

La pérdida o conservación de color fue evaluada mediante los canales RGB, estos se convirtieron a códigos hexadecimales (HEX), se obtuvo el porcentaje de composición de cada canal y la descripción del color en fotografías de cortes longitudinales (P1-P4). El canal dominante fue el rojo y el color naranja grisáceo.

El modelo fue evaluado por alumnos que cursaron patología general, patología sistémica y medicina y zootecnia porcina I, mediante la aplicación de un cuestionario que incluyó; aspecto macroscópico, efectos adversos (lagrimeo, tos, descarga nasal, estornudos y náuseas) a la manipulación y opinión en relación con su uso en la enseñanza. El 59% de los alumnos eligieron la P4 como mejor método de conservación. En cuanto a los efectos adversos en la P5 el 54.5% presentó algún malestar (descarga nasal 20.6%). El 98.5% consideró que el modelo puede utilizarse como material de apoyo en la enseñanza.

El costo de elaboración del modelo con reactivos nuevos fue \$643.09 y reciclados \$107.18. El empleo de reactivos reciclados no tuvo efecto en la apariencia de las piezas, pero disminuye los costos de elaboración.

La prueba cuatro permitió conservar el color de los órganos, disminuir malestares al momento de la manipulación y la aceptación del modelo por los alumnos como material de apoyo en la enseñanza de la medicina veterinaria.

Palabras clave: conservación, modelo, fijación, enseñanza, cadáveres.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate three fixative mixtures to preserve a corpse and avoid adverse effects during its handling.

Three fixative mixtures identified as tests 1 (P1), 2 (P2) and 3 (P3) containing 10% formaldehyde at 37% and different concentrations of ethyl alcohol at 96% and tap water (P1 [20% alcohol and 70% water]; P2 [30% alcohol and 60% water] and P3 [10% alcohol and 80% water]).

Five piglets were used per test, they were washed and frozen; Longitudinal, median, and transverse cuts were made before thawing, wrapped in gauze and fixed by immersion. Whole piglets were washed thawed, and fixed by injection, infusion and immersion for four weeks. Dehydration was carried out with isopropyl alcohol at 70%, 80%, 90% and 100% [weekly changes]; glycerinated for 70 days; They were dried at room temperature for four weeks and vacuum packed.

The general appearance, color, consistency, odor, and hydration were evaluated at the end of the process, due to the fact that some medium and transversal cuts of the three tests were not well preserved, a fourth test (P4, n=50) was elaborated with longitudinal cuts and whole piglets, and the following modifications were made. The fixative solution was made with 15% formaldehyde at 37%, 35% ethyl alcohol and 50% water; dehydration was carried out with isopropyl alcohol at 70%, 80%, 90% and 100%, changes every 24 hours, after which the pieces were immersed in glycerin and isopropyl alcohol (1:1), drying was carried out for four weeks at room temperature and packing was done without vacuum. To compare the adverse effects of formalin, two complete piglets injected, perfused and immersed in 10% formalin were preserved and identified as P5.

The loss or preservation of color was evaluated using the RGB channels, these were converted to hexadecimal codes (HEX), the composition percentage of each channel and the description of the color were obtained in longitudinal section photographs (P1-P4). The dominant channel was red and grayish orange.

The model was evaluated by students who studied general pathology, systemic pathology and porcine medicine and zootechnics I, by applying a questionnaire that included; macroscopic appearance, adverse effects (lacrimation, cough, nasal discharge, sneezing and sickness) to handling and opinion regarding its use in teaching. 59% of the students chose P4 as the best conservation method. Regarding the adverse effects in P5, 54.5% presented some discomfort (nasal discharge 20.6%). 98.5% considered that the model can be used as a support material in teaching.

The cost of making the model with new reagents was \$ 643.09 and recycled \$ 107.18. The use of recycled reagents had no effect on the appearance of the parts, but it reduces manufacturing costs.

Test four was the best method of piglet preservation, due to its good appearance it was considered by the students as a good choice as learning material.

Keywords: conservation, model, fixation, teaching, corpses.

2. INTRODUCCIÓN.

Los primeros registros del empleo de cadáveres y su conservación para el estudio de la medicina aparecieron en la escuela de Alejandría en los Siglos III a I a.C. (Barrientos et al., 2014) La conservación se define como el conjunto de técnicas empleadas en un cadáver para evitar o demorar el tiempo de descomposición y putrefacción (Alsharif *et al.*, 2017). Esta técnica se clasifica en dos grupos; los naturales y los artificiales. Entre los métodos artificiales más conocidos se encuentra el embalsamamiento, que se basa en el principio de fijación, mediante el cual un fijador penetra los tejidos, desencadenando una serie de reacciones químicas que detienen la autólisis y evita la proliferación de microorganismos (Fonseca, 2012).

Con la innovación en las tecnologías y el descubrimiento de nuevos químicos, se ha dado un giro radical en la metodología para poder preservar un cuerpo. Actualmente existen una gran variedad de fijadores que de acuerdo con su mecanismo de acción se clasifican en aldehídos, agentes oxidantes, alcoholes y fijadores metálicos (Thavarajah, *et al.*, 2012). Sin embargo, el formaldehído sigue siendo el más utilizado en la conservación de tejidos en las colecciones de museos de anatomía y las destinadas a la enseñanza.

La disección de cadáveres y piezas anatómicas preservadas es uno de los cimientos fundamentales en la formación de los médicos veterinarios, el desarrollo de esta habilidad le permite al estudiante adquirir conocimientos mediante la observación y manipulación de los diferentes órganos y tejidos que componen al cuerpo (Fonseca, 2012).

En este proyecto buscamos emplear los lechones nacidos muertos por causas no infecciosas del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina (CEIEPP), conservarlos mediante la técnica de fijación y evaluar su uso en la enseñanza de la medicina veterinaria.

HIPÓTESIS.

El uso de una mezcla a base de formaldehído, alcohol etílico y agua permitirá conservar adecuadamente los cadáveres de los lechones y facilitará su manejo con el mínimo de efectos adversos en los estudiantes.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar tres mezclas fijadoras y determinar cuál de ellas cumple con las características físicas necesarias para preservar un cadáver y evitar que sean irritantes para la persona que lo manipule.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Seleccionar lechones muertos por causas no infecciosas mediante el protocolo de (Ramírez R. *et al.*, 2007).

Evaluar la conservación de los lechones muertos por causas no infecciosas en tres mezclas fijadoras los cuales serán cortados (por los planos mediano, sagital y transversal) y conservados completos.

Evaluar la apariencia macroscópica general de los lechones al final del proceso de conservación.

Evaluar la respuesta de los alumnos de licenciatura ante el uso del modelo biológico porcino.

3. REVISIÓN DE LITERATURA.

3.1 Antecedentes históricos de la conservación.

Los primeros reportes de la preservación nos hacen retroceder en la historia hasta 4000 años a. C al antiguo Egipto en donde se describen las primeras técnicas de embalsamamiento (Singh, 2010), sin embargo, no fue sino hasta el año 450 a. C cuando el historiador griego Heródoto en su obra "*Historias*" utilizó por primera vez el término de embalsamamiento y narra la descripción de este proceso (Fonseca, 2012). Con el paso del tiempo la técnica de conservación ha sido modificada y mejorada, debido al descubrimiento y empleo de sustancias químicas. Uno de los pioneros fue el anatomista Pierre Dionis (1643-1718) que uso el ácido tánico con el objetivo de que no proliferaran hongos en los cadáveres, después el anatomista W. Hunter (1718-1783) utilizó por primera vez el alcohol como fijador, posteriormente el químico sueco Carl W. Scheele (1742-1786) empleo la glicerina para la conservación, pero no cabe duda de que en 1859 el químico ruso A.M. Butlerov dio un giro total a la fijación con la síntesis del formaldehído. (Muñetón y Ortiz, 2013)

3.2 Métodos de conservación.

Los métodos de conservación de cadáveres se clasifican en dos grupos, los naturales y los artificiales. Entre los métodos naturales encontramos la momificación, saponificación, congelación y corificación, entre los artificiales podemos mencionar al embalsamamiento, refrigeración y la plastinación (Anexo I) (Alsharif *et al.*, 2017).

3.3 Fijación.

La conservación de los tejidos se basa en el principio de la fijación, que es, el proceso mediante el cual un químico (sustancia fijadora) penetra los tejidos con el objetivo de generar cambios estructurales que alteran la composición de las proteínas y carbohidratos evitando así la descomposición. De acuerdo con lo

descrito por Thavarajah, *et al.* (2012) las características que debe cumplir un fijador son; producir cierto endurecimiento de los tejidos, mínima distorsión de su morfología y prevenir la descomposición.

3.3.1 Clasificación de los fijadores.

De acuerdo con su origen, los fijadores se agrupan en físicos y químicos. Los fijadores físicos más empleados son el calor y la congelación, debido a su mecanismo de acción los químicos se dividen en cuatro grupos los que deshidratan, fijadores por reticulación, los que forman sales y los que cambian el estado coloidal (Cuadro 1). (Verdín S. *et al.*, 2013)

Cuadro 1. Tipos de fijadores químicos obtenido de (Verdín et al., 2013).

DESHIDRATACIÓN	Etanol Metanol Acetona
RETICULACIÓN	Formaldehído Glutaraldehído Tetraóxido de Osmio Glioxal
FORMACIÓN DE SALES	Bicloruro de mercurio Dicromato de potasio Ácido pícrico Ácido crómico Sulfato de zinc
CAMBIO EN EL ESTADO COLOIDAL	Ácido acético Ácido tricloroacético

3.3.2 Mecanismo de acción de los fijadores.

En la actualidad el fijador más utilizado es la formalina, que al ser una sustancia electrofílica reacciona fácilmente con los grupos funcionales de algunas macromoléculas, con las aminas primarias forma bases de Schiff y con grupos

amida compuestos de hidroximetilo. La reticulación primaria ocurre a las 24 horas, los sitios donde se llevan a cabo las reacciones son lisina, purinas y cisteína que forman derivados de mono, dimetilol o hidroxil metil que están unidos covalentemente al tejido. La reticulación posterior o secundaria puede ocurrir hasta 30 días después de estar en contacto la formalina con el tejido y se produce mediante la formación de una reticulación de -CH₂- llamada puente de metileno (Thavarajah R. *et al.*, 2012).

Otras de las sustancias más empleadas en la fijación son los alcoholes, debido a su capacidad microbicida, aunado al gran potencial para penetrar las membranas celulares, desactivar la actividad DNasa (King and Porter, 2004) y coagular las proteínas convirtiéndolas en estructuras insolubles. El uso de alcohol etílico e isopropílico le permite a los especímenes extraer el agua contenida en los tejidos, esto debido a la cualidad que tienen estas sustancias para deshidratar (Verdin *et al.*, 2013).

La glicerina tiene acciones antifúngicas y antibacterianas, su mecanismo de acción se basa en la deshidratación de las células. El uso de glicerina en la conservación de piezas anatómicas empleadas para la enseñanza ha aumentado considerablemente en los últimos años, ya que, a diferencia de la formalina, no desprende un olor desagradable, la textura y el color sufre menos cambios, las piezas tienen una vida de anaquel mayor y no es nocivo para la salud (Karam *et al.*, 2016).

Como mencionamos anteriormente, con el empleo de sustancias químicas se han podido desarrollar un sinnúmero de mezclas fijadoras que sin duda han mejorado la conservación, desafortunadamente la mayoría de ellas tienen costos elevados y algunas de ellas pueden llegar a generar problemas en la salud de las personas que los manipulen. La finalidad de este estudio es establecer una mezcla de fijadores que permita una adecuada conservación de órganos y tejidos, manteniendo la textura y color lo más parecido cuando están en el organismo vivo; sin que representen riesgo a la integridad de los alumnos que los manipulen y que sea económicamente viable.

3.4 Modelo experimental.

Un modelo experimental es aquel sistema que debido a las características que lo componen, tiene la capacidad de representar ya sea parcial o totalmente algún proceso que se quiera investigar o estudiar. Los modelos experimentales se clasifican en tres grandes rubros; matemáticos, biológicos, físicos o mecánicos (Martínez et al., 2012). En el área médica el uso de modelos biológicos es un pilar para la enseñanza e investigación. En este estudio planteamos el uso de lechones conservados como modelo biológico animal inanimado para el aprendizaje de la medicina veterinaria (Figura 1).

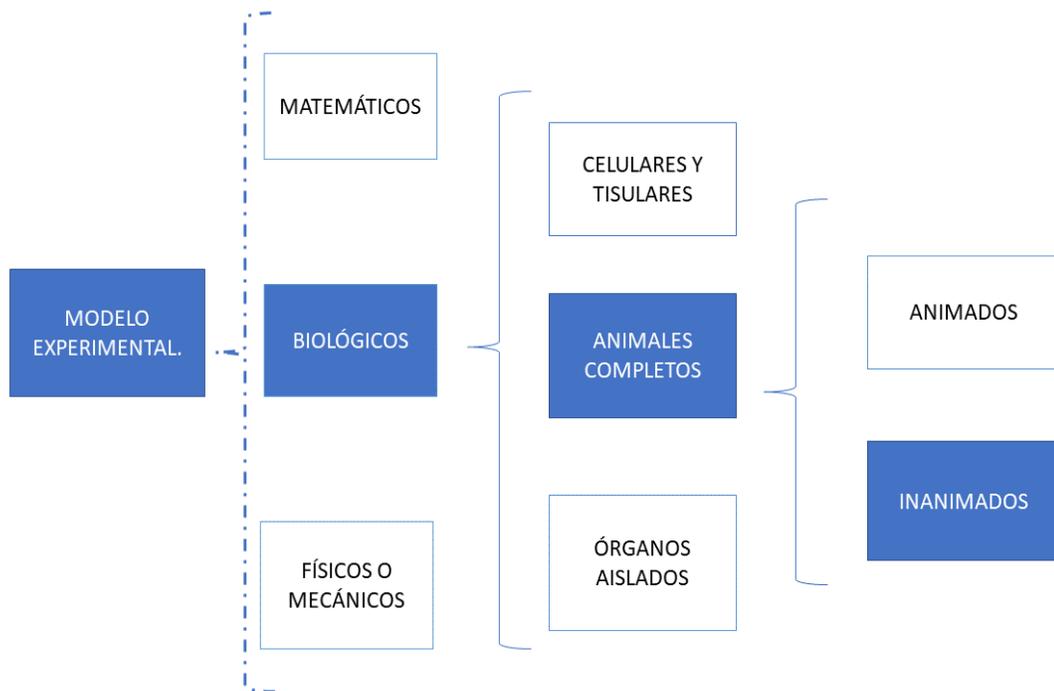


Figura 1. Clasificación del modelo experimental.

Adaptado de (Martínez et al., 2012).

3.4.1 Modelo biológico porcino.

Se define como todo aquel animal (lechón) muerto por causas no infecciosas que hemos conservado, con la finalidad de establecer un prototipo representativo, que

le permita al alumno aprender anatomía y prácticas de manejo, mediante la manipulación y disección de estos cadáveres, realizar la técnica de necropsia, toma de muestras, aplicación de fármacos, hierro o castraciones.

3.5 Modelos alternativos en la enseñanza de la medicina veterinaria y su impacto en el bienestar animal.

En los últimos años, el empleo de nuevas técnicas y simuladores para la enseñanza veterinaria ha ido en aumento, esto debido al interés de reducir el uso de animales vivos al mínimo y al creciente interés sobre el bienestar animal. Durante el aprendizaje de la medicina veterinaria los estudiantes deben adquirir conocimientos y habilidades que aplicarán en su vida profesional, sin embargo, en esta etapa de formación los estudiantes están desarrollando sus habilidades y competencias para realizar el manejo apropiado, por lo cual, pueden provocar daño o lesiones a los animales o incluso a ellos mismos debido a la falta de experiencia. Es por ello, que se han buscado nuevas alternativas como el uso de modelos biológicos, simuladores computacionales o modelos a escala, que permitan trabajar inclusive de manera simultánea con un mayor número estudiantes. Esto permite disminuir el uso de animales vivos, aminorar el estrés sobre estos y evita una manipulación excesiva en casos en donde no es posible contar con suficientes animales (Cruz, 2016).

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Obtención de los cadáveres.

Los cadáveres fueron obtenidos del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Porcina de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, los indicadores productivos referentes a la mortalidad predestete en los últimos años fueron de 10 a 12.5%, de estos un 1.7 a 6% correspondieron a mortinatos, es decir muertos durante el proceso de parto por causas no infecciosas (Datos de software PigCHAMPCARE® versión 4.5.4, CEIEPP agosto 2010 a febrero 2020).

Criterio de inclusión. Una vez obtenidos los cadáveres se clasificaron de acuerdo con el protocolo de (Ramírez R. *et al.*, 2007), en el cual se establece la identificación y clasificación de lechones nacidos muertos. Se descartaron a los animales que murieron durante la gestación y por posibles problemas infecciosos, ya que estos podrían presentar autólisis o putrefacción. Por lo cual, solo fueron seleccionados 67 mortinatos que tuvieran de 45-150 minutos de muertos después de su nacimiento.

Este trabajo se realizó en dos etapas. En la etapa uno se elaboraron tres mezclas fijadoras identificadas como pruebas 1 (P1), 2 (P2) y 3 (P3). Se utilizaron 5 lechones por prueba, se realizaron cortes longitudinales, medianos, transversales y se trabajó un lechón entero. En la etapa dos se elaboró una nueva prueba (P4), se trabajaron cortes longitudinales (n=28) y lechones enteros (n=22). Además, se conservaron dos lechones completos, a los que se le inyectó, perfundió y sumergió en formol al 10% e identificó como P5 (Figura 2 y Cuadro 2). El manejo y conservación de los cadáveres se resume en la Figura 3.

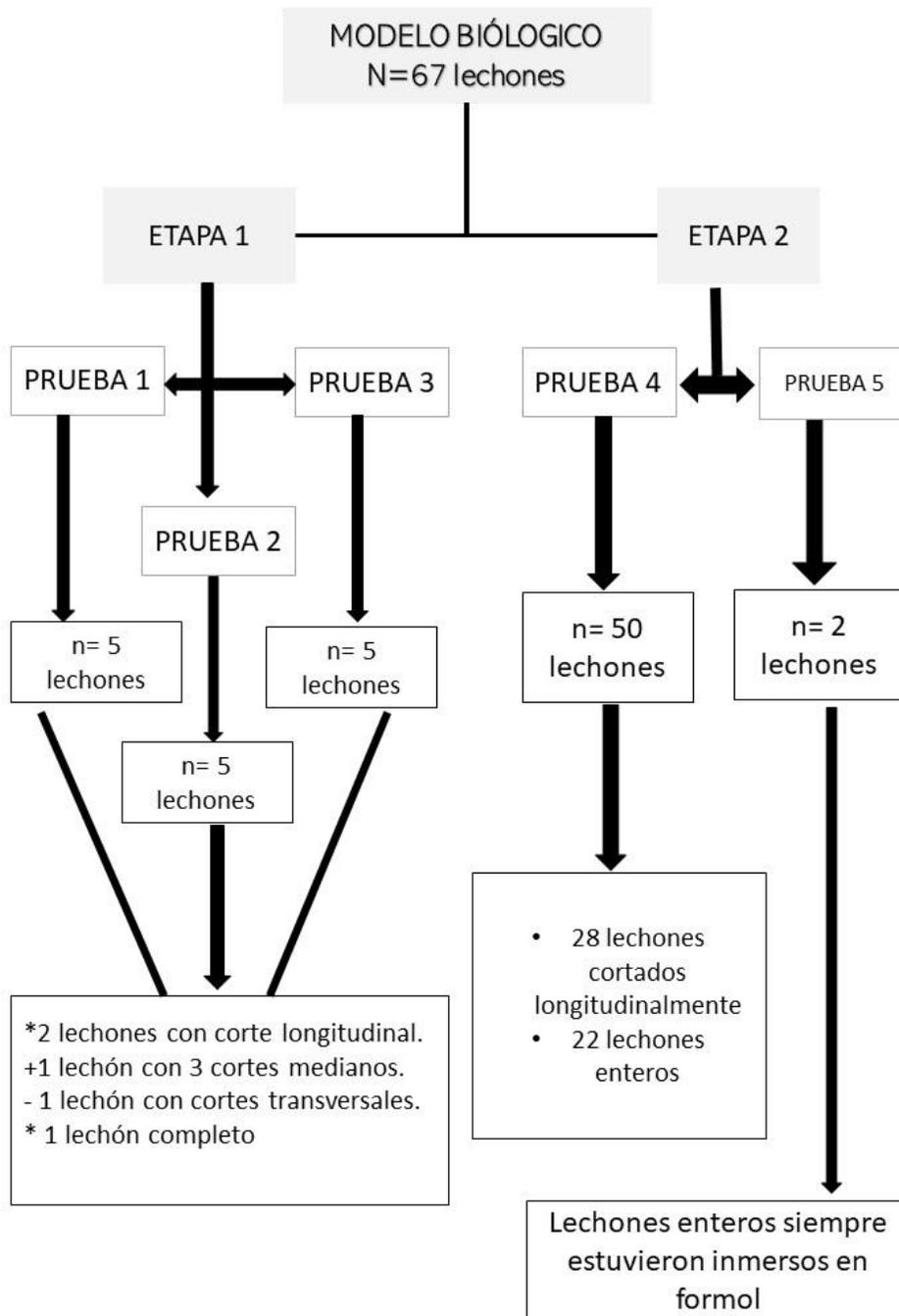


Figura 2. Esquema del número de lechones conservados por prueba.

Cuadro 2. Soluciones fijadoras.

ETAPA I				
Prueba	Alcohol Étílico al 96%	Formaldehído al 37%	Agua	Número de lechones
1	20%	10%	70%	5
2	30%	10%	60%	5
3	10%	10%	80%	5
ETAPA II				
4	35%	15%	50%	50
5	0	10%	90%	2

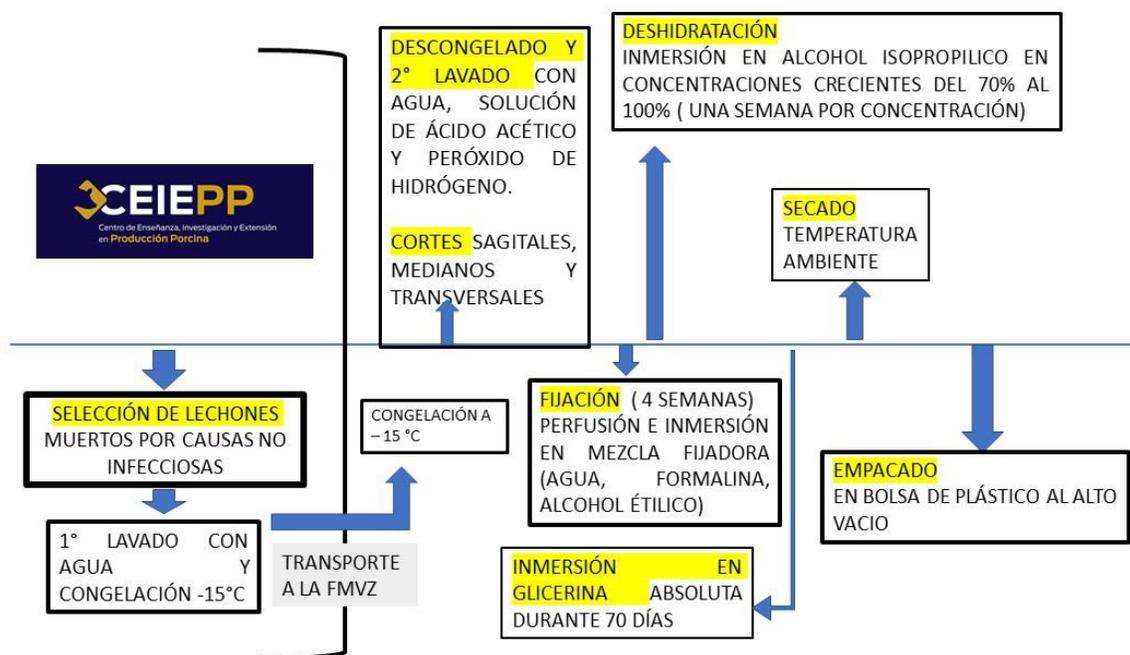


Figura 3. Flujograma del proceso de conservación.

4.2 Preservación de los cadáveres, etapa I.

4.2.1 Lavado y congelación.

Los lechones fueron lavados con agua corriente, almacenados en bolsas individuales y congelados a -15 °C.

4.2.2 Descongelación, lavado y corte.

Los lechones completos fueron lavados con agua corriente, se les cortó el cordón umbilical, se dejaron sumergidos en agua hasta que se descongelaron.

Para la obtención de los cortes longitudinales, medianos y transversales, los cadáveres se cortaron con una Sierra Circular Eléctrica BUTHER BOY® antes de la descongelación.

4.2.3 Fijación.

La fijación de los cadáveres se llevó a cabo por un periodo de cuatro semanas mediante la técnica de inmersión, a excepción de los cadáveres enteros que además fueron inyectados y perfundidos, la mezcla fijadora estuvo compuesta de alcohol etílico al 96%, formaldehído al 37% y agua a diferentes proporciones (Cuadro 2), lo anterior con la intención de establecer con que mezcla se logra una fijación y conservación adecuada de los tejidos (Figura 4).

4.2.4 Deshidratación.

Se realizó en concentraciones crecientes de alcohol isopropílico a una concentración inicial del 70% por una semana e incrementos crecientes a 80, 90 y 100% cada semana (Figura 4).

4.2.5 Inmersión en glicerina.

Los cadáveres se sumergieron en tres litros de glicerina por un periodo de 70 días (Figura 4 y 5).

4.2.6 Secado.

Este proceso se realizó durante cuatro semanas guardando las piezas en cajas de plástico cubiertas con papel absorbente, en un lugar seco y ventilado. Durante este periodo se midió la temperatura (rango 16 °C a 23.5°C) y la humedad (40% a 55%) todos los días.

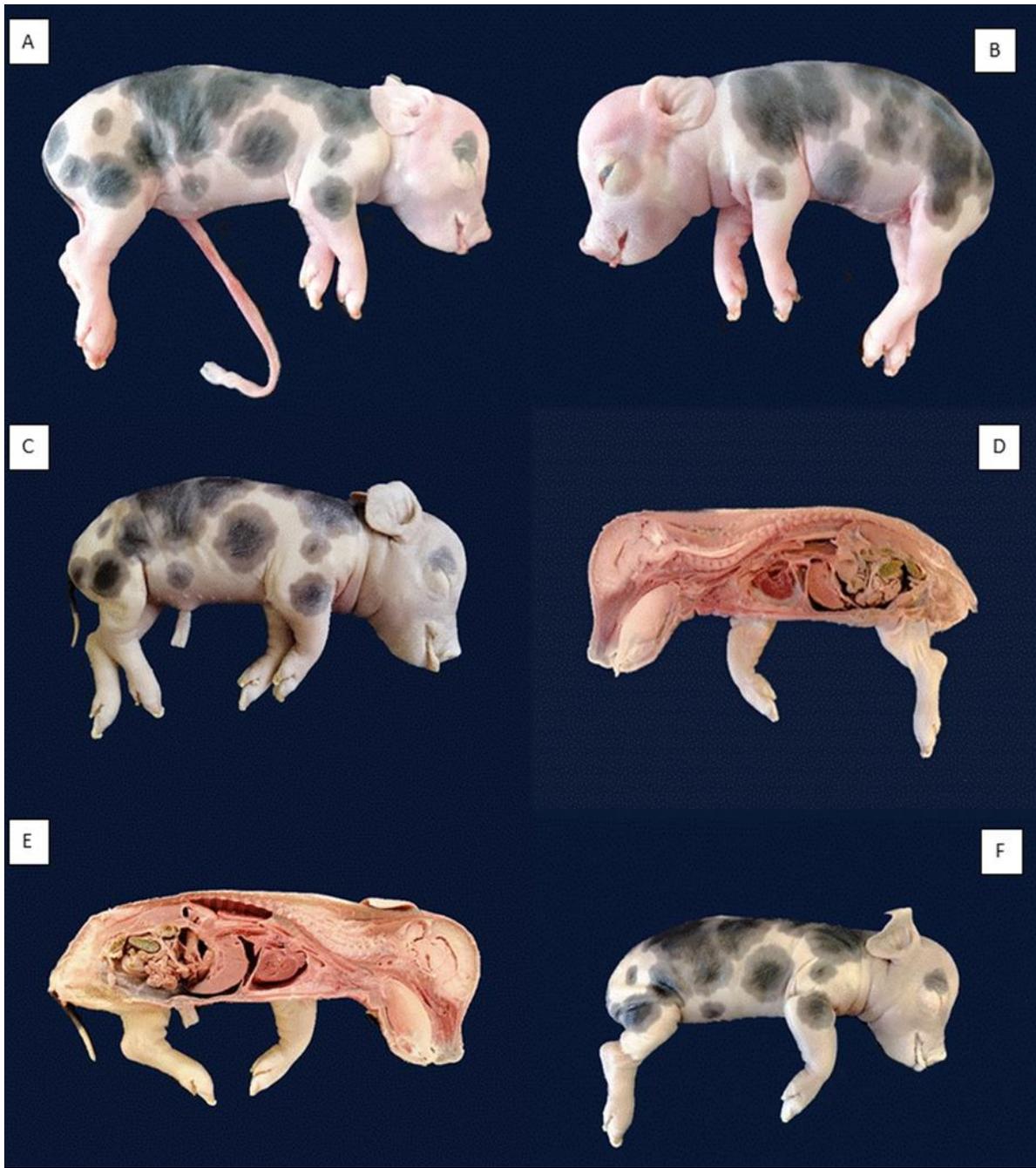


Figura 4. Fotografía de lechón durante el proceso de conservación. A: Descongelado y lavado. B: Después de perfundir la mezcla fijadora. C: Salida de la etapa de fijación. D: Corte longitudinal en alcohol isopropílico al 70%. E: Corte longitudinal vista interna en alcohol isopropílico al 90%. E: Corte longitudinal vista externa al salir de la glicerina.



Figura 5. Fotografía de lechones inmersos en glicerina.

4.2.7 Empaque al alto vacío.

Al finalizar el secado los lechones de las tres pruebas se empaclaron al alto vacío utilizando una selladora al vacío FoodSaver® FM 5200 (Figura 6).



Figura 6. Empacado al alto vacío.

4.3 Criterios considerados para el desarrollo de una segunda etapa.

Al término de la primera etapa y antes de mostrar las piezas a los alumnos se evaluó la apariencia general (buena, regular, mala), color (rojo, negro, café o gris), consistencia (suave, firme, dura, friable o grasosa), olor (dulce, putrefacto o fétido) e hidratación (buena, regular, mala) de los lechones conservados hasta ese momento. En este punto los cortes mejor conservados eran los longitudinales; los sagitales y transversales, aun cuando tenían buena apariencia, al manipular los órganos se desprendían del cuerpo e incluso se rompieron (Figura 7). En cuanto a los lechones completos detectamos varias áreas de oportunidad en la enseñanza veterinaria, por lo que se decidió hacer cambios en la metodología que se describen a continuación, con el objetivo de mejorar la fijación y así poder lograr un buen aspecto tanto externo como interno.

4.4 Etapa II

4.4.1 Lavado y descongelado.

Los cadáveres se enjuagaron con agua corriente con el objetivo de retirar sangre, meconio y se cortaron los cordones umbilicales, posteriormente fueron descongelados durante 30 minutos en nueve litros de agua corriente, a la cual se le adiciono un litro de agua oxigenada o un litro de ácido acético y 20 gramos de bicarbonato de sodio, con el objetivo de disminuir la imbibición por hemoglobina.

Posteriormente se realizaron tres incisiones de 3 cm de largo, la primera hacía craneal del cordón umbilical y caudal de la apófisis xifoides, la segunda y tercera en el 5° ó 6° espacio intercostal derecho e izquierdo. Una vez realizadas las incisiones se enjuagó con agua corriente y se retiraron los restos de líquidos y sangre con la ayuda de jeringas, mangueras y una bomba (Dispensador automático de agua 4 Watts, DC-5Vpe y 1200mA).

4.4.2 Fijación.

La solución fijadora se preparó con 35% de alcohol etílico al 96%, 15% de formaldehído al 37% y 50% de agua corriente. Esta solución se inyectó vía intramuscular y se perfundió en las cavidades torácica, abdominal y craneana, los lechones se sumergieron en tinas que contenían 12 litros de solución fijadora por un periodo de cuatro semanas.

4.4.3 Deshidratación.

Debido a que en la etapa uno algunas de las piezas se resecaron, arrugaron e inclusive deformaron, se disminuyó el tiempo de inmersión en alcohol isopropílico a dos días en cada concentración (70, 80, 90 y 100%) lo que redujo este proceso a ocho días.

4.4.4 Inmersión en glicerina y alcohol isopropílico.

La inmersión en glicerina durante 70 días generó que algunos lechones se secaran demasiado en especial la piel de los miembros, en relación con los órganos internos y músculos estos tomaron diferentes tonos de café. Por lo tanto, con el objetivo de conservar el color y evitar que los lechones se deshidrataran de más, la inmersión se realizó en una mezcla de alcohol isopropílico absoluto y glicerina en una proporción 1:1, durante cuatro semanas (28 días).

4.4.5 Secado.

Este proceso se realizó durante cuatro semanas guardando las piezas en cajas de plástico cubiertas con papel absorbente, en un lugar seco y ventilado. Durante este periodo se midió la temperatura (rango 16 °C a 23.5°C) y la humedad (40% a 55%) todos los días.

4.4.6 Empaque sin vacío.

El empaque al alto vacío provocó compresión excesiva de los órganos internos en especial de los lechones que se cortaron longitudinalmente, debido a eso los lechones utilizados en esta nueva etapa se empacaron sin vacío.

4.4.7 Prueba 5.

Se utilizaron dos lechones enteros a los que se les inyectó, perfundió y conservó en inmersión en formol al 10%, durante cuatro semanas. Con el objetivo de tener un par de cadáveres que sirvieran como control positivo al evaluar y comparar la conservación y los posibles efectos adversos con respecto a las otras pruebas.



Figura 7. Fotografía de lechón empacado y etiquetado.

4.5 Evaluación del color en el modelo porcino durante el proceso de elaboración.

Con el objetivo de evaluar la pérdida o conservación de color a lo largo del procesamiento de una manera más objetiva y cuantitativa se tomaron fotografías digitales de un lechón cortado longitudinalmente de la pruebas 1 a la 4 al término de cada etapa, para esto se utilizó una cámara de 32 megapíxeles f/1.8. Las imágenes obtenidas de cada prueba se analizaron en el programa ImageJ® versión 1.52 d. Con la ayuda de la barra de herramientas se seleccionó al lechón para realizar el análisis de los canales de color denominados RGB: rojo, verde, azul (Figura 8). Se obtuvieron los histogramas, media, moda y desviación estándar de los tres canales y los lechones de cada prueba. Es importante recordar que una imagen digital está compuesta por píxeles y cada píxel es un punto con un valor de intensidad para cada canal. La combinación de los distintos canales conforma el color de la imagen. Por lo tanto, la media en escala decimal de los canales RGB se ingresó a un convertidor de RGB a códigos de color hexadecimales (HEX), con el objetivo de obtener el porcentaje de composición de cada canal y la descripción del color de cada imagen (Figura 9). Estas herramientas están disponibles en <https://www.colorhexa.com> y son de acceso libre.

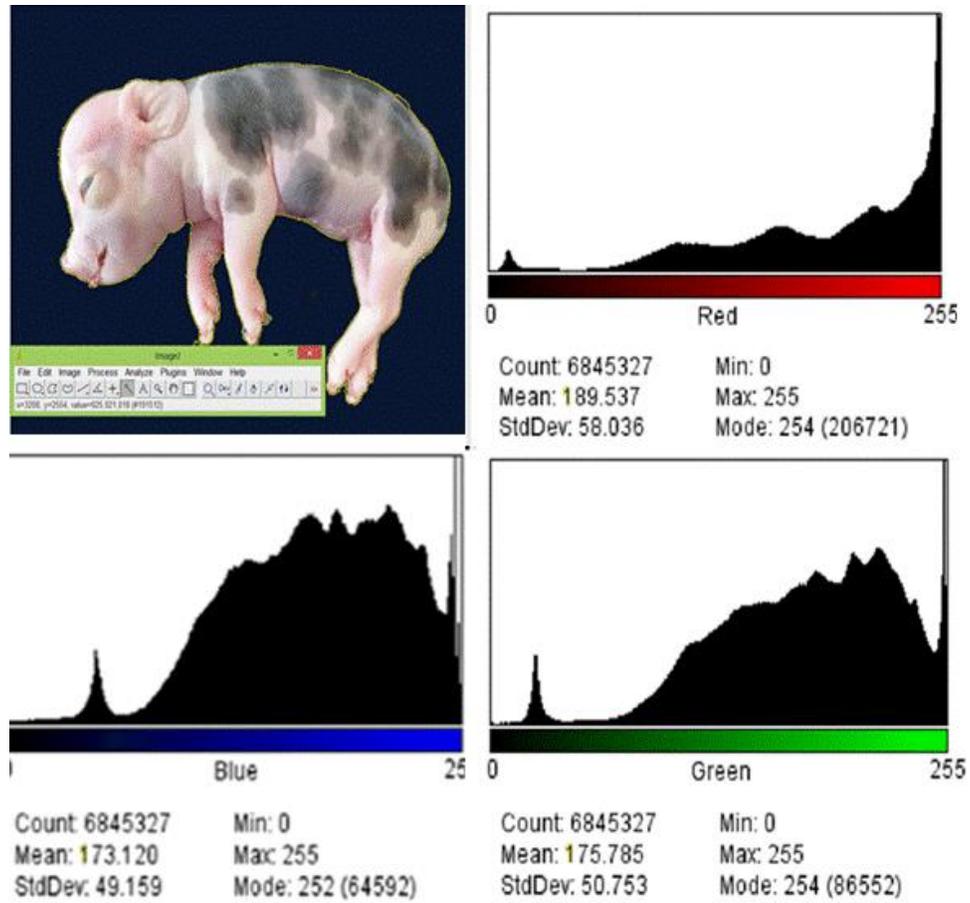
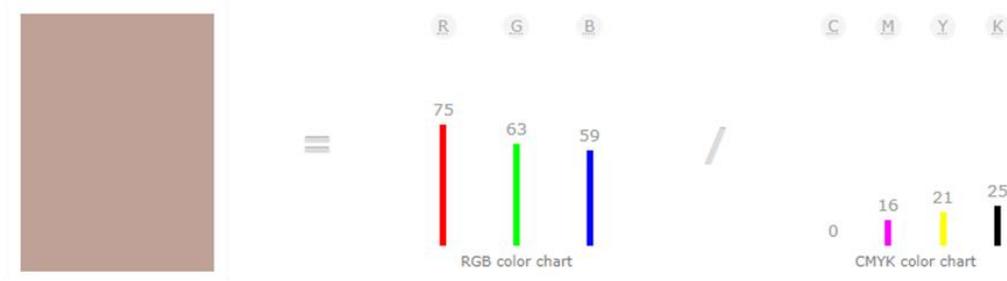


Figura 8. Lechón analizado en el programa ImageJ, histogramas.

#c0a197 Color Information

Information Conversion Schemes Alternatives Preview Shades and Tints Tones Blindness Simulator

In a RGB color space, hex #c0a197 is composed of 75.3% red, 63.1% green and 59.2% blue. Whereas in a CMYK color space, it is composed of 0% cyan, 16.1% magenta, 21.4% yellow and 24.7% black. It has a hue angle of 14.6 degrees, a saturation of 24.6% and a lightness of 67.3%. #c0a197 color hex could be obtained by blending #ffffff with #81432f. Closest websafe color is: #cc9999.



• #c0a197 color description : **Grayish red.**



Figura 9. Porcentaje de composición por canal y descripción de color, prueba 4 al término de la fijación.

4.6 Evaluación del uso del modelo porcino por alumnos de la licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FMVZ-UNAM.

Con el objetivo de que los alumnos de la licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FMVZ-UNAM evaluaran características macroscópicas de los lechones como: consistencia, humedad, color y olor; los efectos adversos de los químicos utilizados como: problemas respiratorios (descarga nasal, tos, estornudos), lagrimeo excesivo o irritación ocular (Mahdi *et al.*, 2013) y escogieran la prueba que conservaba de forma más apropiada a los lechones y externaran su opinión en relación a la utilidad de emplear el modelo porcino en la enseñanza de la MVZ se elaboró un cuestionario de evaluación (Anexo II).

Este cuestionario se aplicó a 136 alumnos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, que cursaban las asignaturas de Patología General, Patología Sistémica y Medicina y Zootecnia Porcina en el CEIEPP de los semestres 2019-2 y 2020-1. La evaluación se realizó de 7:00 -9:00 h, los alumnos se presentaron en ayuno con la finalidad de que sus sentidos no fueran modificados.

Durante la evaluación se utilizaron lechones cortados longitudinalmente y enteros sometidos a cada prueba y se incluyó un par de lechones más que fueron conservados en formol al 10 % y se identificaron como prueba cinco.

Con los datos obtenidos de los cuestionarios se elaboró una base de datos en Microsoft Excel 1997-2003. Para el análisis de los datos se utilizó IBM® SPSS Statistics, versión 22 con el objetivo de obtener tablas de frecuencias y porcentajes de las variables utilizadas.

4.7 Cálculo de los costos de elaboración del modelo biológico porcino.

Se realizó el cálculo de los costos de elaboración de cada una de las mezclas y se hizo la comparación cambiando el Formaldehído al 37% por el fijador de Kaiserling el cual además de Formaldehído al 37% contiene sales de nitrato y acetato de potasio.

5 RESULTADOS

5.1 Evaluación del color en el modelo porcino durante el proceso de elaboración.

El canal rojo en las diferentes pruebas y fases del proceso fue el dominante (Cuadro 3). El color detectado con mayor frecuencia en las piezas fue naranja grisáceo. El color obtenido en las en las piezas después del glicerinado se muestra en la Figura 10.

Cuadro 3. Escala decimal y porcentaje de composición (*) de los canales de color RGB en el modelo biológico porcino.

Congelación				
Canal	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
Rojo	182 (71)	181 (71)	215 (84)	189 (74)
Verde	173 (68)	171 (67)	196 (77)	173 (67)
Azul	165 (65)	160 (63)	183 (72)	176 (69)
Color detectado	Naranja grisáceo	Naranja grisáceo	Naranja grisáceo	Rojo grisáceo
Fijación				
Rojo	203 (80)	206 (81)	207 (81)	192 (75)
Verde	174 (68)	154 (60)	192 (75)	161 (63)
Azul	162 (63)	142 (56)	175 (69)	151 (59)
Color detectado	Naranja grisáceo	Rojo ligeramente desaturado	Naranja grisáceo	Rojo grisáceo
Alcohol				
Rojo	193 (76)	196 (77)	213 (83)	212 (83)
Verde	149 (58)	143 (56)	184 (72)	152 (60)
Azul	134 (52)	131 (51)	153 (60)	114 (45)
Color detectado	Naranja ligeramente desaturado	Rojo ligeramente desaturado	Naranja ligeramente desaturado	Naranja ligeramente desaturado
Glicerinado				
Rojo	176 (69)	170 (67)	209 (82)	194 (76)
Verde	137 (54)	118 (46)	185 (72)	168 (66)
Azul	111 (43)	91 (35)	166 (65)	157 (62)
Color detectado	Naranja oscuro desaturado	Naranja oscuro moderado	Naranja grisáceo	Naranja grisáceo

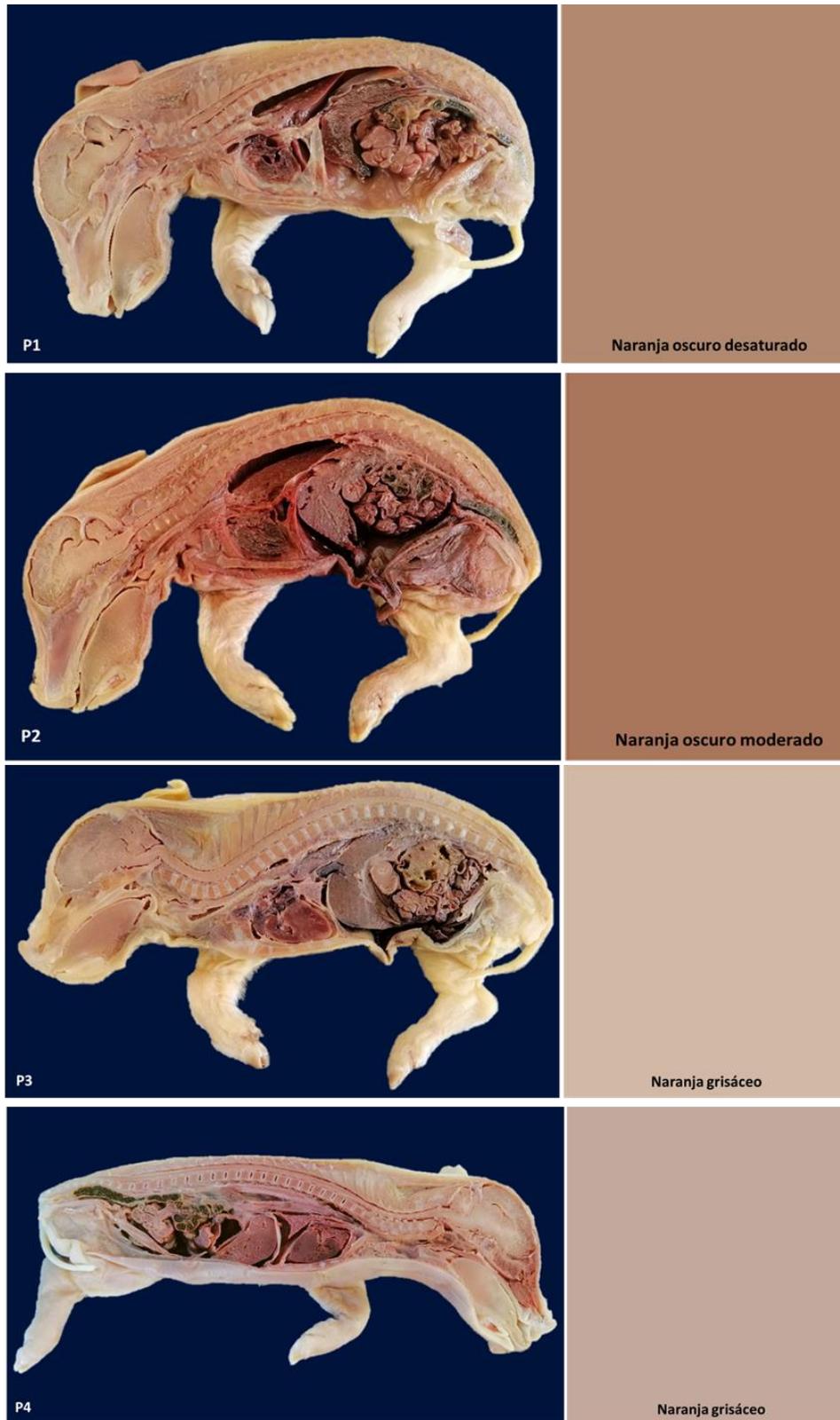


Figura 10. Color detectado en la prueba 1 (P1), prueba 2 (P2), prueba 3 (P3), prueba 4 (P4) después del glicerinado.

5.2. Evaluación del uso del modelo porcino por alumnos de la licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la FMVZ-UNAM.

Consistencia.

Para las pruebas uno a la cuatro entre el 43.4% y 55.9% de los encuestados respondió que la consistencia de los cerdos evaluados era firme, mientras que el 61.8% respondió que la prueba cinco era suave.

Humedad.

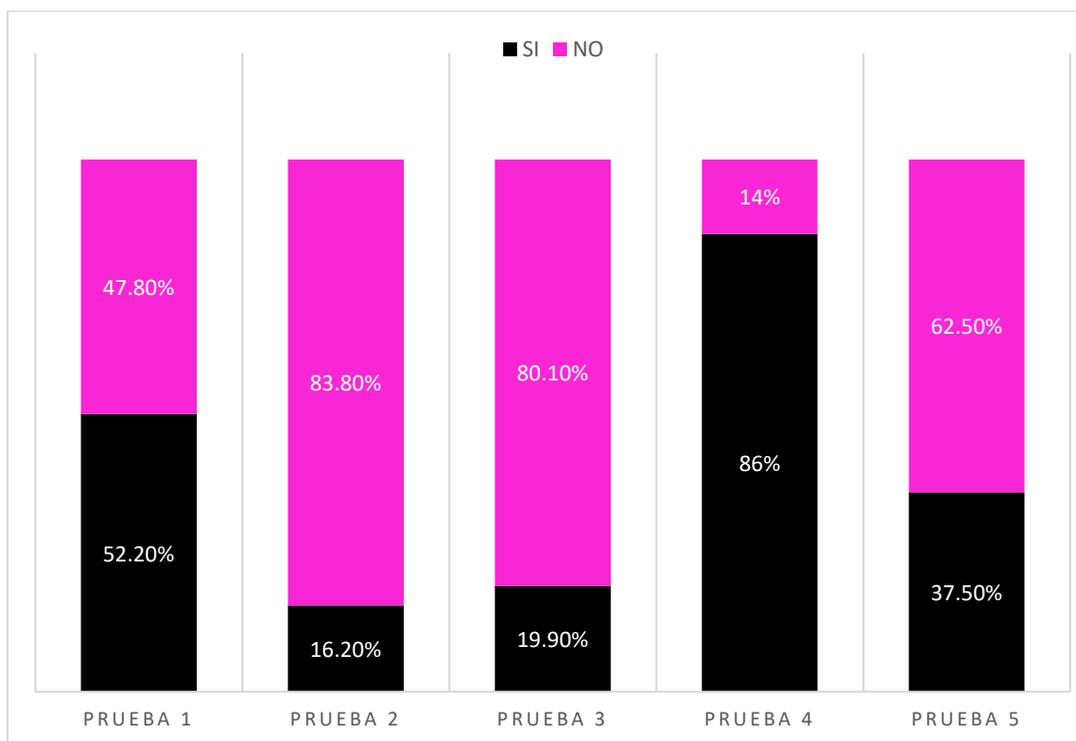
Entre el 49.5% - 55.9% de los encuestados respondieron que los cerdos de las pruebas uno a la tres estaban semihúmedos; al 59.6% que la prueba 4 estaba seca; mientras que al 72.1 % que la prueba cinco se encontraba húmeda.

Color.

En las pruebas uno (52.2%) y cuatro (86%) la mayoría de los encuestados respondieron que si conservaron el color (Gráfica 1). De los que respondieron que no conservaron el color el 40.4% dijeron que en la prueba dos las piezas se tornaron negras; en la prueba tres el 41.2% dijo que se volvieron café y para la prueba cinco el 50% dijo que eran grises

Olor.

En las pruebas 1 a 4 la mayoría de los alumnos lograron percibir un olor cítrico (48.5 – 64 %), mientras que en el cerdo control el 48.5% dijo que olían a formol, el 43.5% dulce y el 8% putrefacto.

Gráfica 1. Conservación del color de las piezas

La encuesta fue respondida por 136 (n) alumnos de licenciatura de la FMVZ-UNAM. Pertenecientes a las asignaturas de Patología General (n = 46), Patología Sistémica (45), así como Medicina y Zootecnia Porcina I (n=45). Reactivo: ¿El color de los tejidos es parecido al de los órganos en fresco?

5.3. Evaluación de los efectos adversos generados por los químicos utilizados en la conservación del modelo biológico.

La mayoría de los alumnos (más del 70%) respondieron que al utilizar las pruebas uno a la cuatro no presentó ningún malestar. En cambio, al manipular la prueba cinco el 54.4% presentó algún malestar entre los más frecuentes se encontraron lagrimeo y descarga nasal (Cuadro 4).

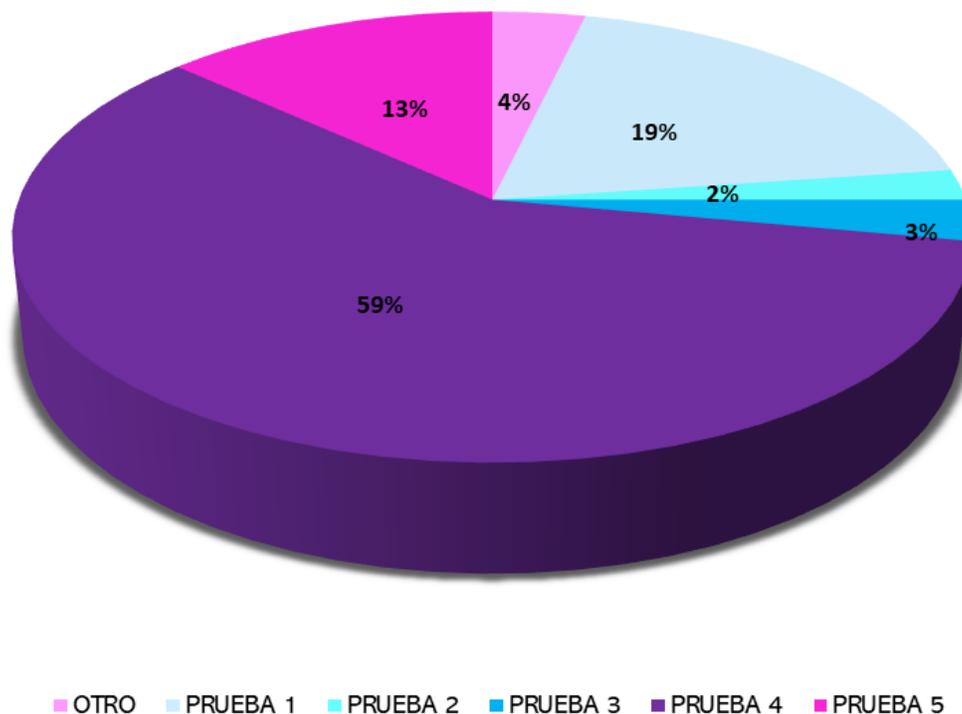
Cuadro 4. Frecuencias y porcentajes (*) de los efectos adversos que presentaron los alumnos al manipular el modelo porcino.

Signos	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5
Tos	1 (0.7)	0 (0)	1 (0.7)	6 (4.4)	5 (3.7)
Lagrimo	1 (0.7)	5 (3.7)	6 (4.4)	4 (2.9)	27 (19.9)
Descarga nasal	9 (6.6)	8 (5.9)	9 (6.6)	5 (3.7)	28 (20.6)
Estornudos	3 (2.2)	5 (3.7)	3 (2.2)	2 (1.5)	7 (5.1)
Nauseas	7 (5.1)	4 (2.9)	10 (7.4)	5 (3.7)	6 (4.4)
Ningún malestar	115 (86.6)	114 (83.8)	107 (78.7)	113 (83.1)	62 (45.6)
Otro	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.7)	1 (0.7)
Total	136 (100)	136 (100)	136 (100)	136 (100)	136 (100)

5.4. Método de conservación que prefirieron los estudiantes de la licenciatura en MVZ y respuesta del uso de este tipo de modelos en la enseñanza de la MVZ.

El 59 % de los estudiantes eligieron la prueba cuatro como el mejor método de conservación (Gráfica 2). Así mismo, de los 136 encuestados 134 afirmaron que podría usarse este modelo como apoyo para la enseñanza de la medicina veterinaria en la facultad.

Gráfica 2. Elección del método de conservación.



La encuesta fue respondida por 136 (n) alumnos de licenciatura de la FMVZ-UNAM. Pertenecientes a las asignaturas de Patología General (n = 46), Patología Sistémica (45), así como Medicina y Zootecnia Porcina I (n=45).

5.5. Costos de elaboración del modelo biológico porcino.

Se calcularon los costos de elaboración de un lechón con cada una de las mezclas fijadoras y se comparó contra el mismo procedimiento, pero sustituyendo el formaldehído al 37% con el fijador de Kaiserling (Anexo). De acuerdo con la evaluación realizada la mejor mezcla es la de la prueba 4 que tiene un costo de elaboración de 643.09 pesos que con el fijador de Kaiserling incrementaría su costo a 891.67 pesos. Es importante señalar que para la elaboración de los lechones de la prueba 4 los reactivos se reciclaron hasta en tres ocasiones sin presentar cambios macroscópicos. Se elaboró una mayor cantidad de fijador y se trabajaron hasta 10 lechones de manera simultánea lo que permitió disminuir los costos de elaboración a 107.18 pesos.

6 DISCUSIÓN

En la actualidad existen una amplia variedad de mezclas fijadoras y técnicas de preservación que se han desarrollado con el objetivo de conservar piezas, órganos o cadáveres intactos. En este proyecto la conservación de los lechones se basó en la técnica descrita por Muñetón y Ortiz (2013), la cual tiene como objetivo conservar cadáveres de animales para la enseñanza, basada en la fijación con formol, alcohol etílico y agua; deshidratación con concentraciones crecientes de alcohol isopropílico e inmersión en glicerina, lo que permitió que los cadáveres mantuvieran el color, mejoraran la consistencia, el olor y se evitará la proliferación de microorganismos. Se evaluaron tres mezclas fijadoras y se realizaron ajustes, lo que llevo a la obtención de una cuarta mezcla, con la que se logró una mejor preservación de los lechones utilizados en este trabajo, aunado a esto las piezas fueron conservadas con y sin vacío para incrementar su vida de almacenamiento.

El seleccionar los lechones mediante el protocolo de Ramírez et al., (2007), permitió obtener animales con buena apariencia externa; sin embargo, en muchos de ellos no se sabía con exactitud el tiempo de muerte, lo que influyo en el desarrollo de cambios *postmortem*, como imbibición de hemoglobina y pseudomelanosis, que afectaron el color de la piel y los órganos internos. Estos cambios podrían considerarse indeseables, sin embargo en la enseñanza de la patología veterinaria son de utilidad, ya que cuando se trabaja con cadáveres en avanzado estado de descomposición, con el objetivo de que los estudiantes aprendan a reconocer los cambios *postmortem* una de las principales desventajas, es que el olor producto de la putrefacción resulta muy desagradable para los estudiantes, y con este método de conservación se logró eliminar en la mayor parte de las piezas los olores desagradables. Asimismo, es importante señalar que los cadáveres fueron tratados con peróxido de hidrogeno (Weidemann, 1938), ácido acético y bicarbonato de sodio con lo que se logró blanquear las piezas disminuyendo la imbibición por hemoglobina.

A lo largo de la historia diferentes investigadores como el Dr. Kaiserling desarrollaron mezclas a base de formaldehído, nitrato y acetato de potasio, para

conservar el color, este método se desarrolló en 1897 y es uno de los más utilizados hasta la fecha. Sin embargo, ha sufrido diferentes modificaciones con el objetivo de preservar cadáveres completos. El Dr. Simonín fue de los pioneros en combinar formol, glicerina, alcohol, sulfato de magnesio, cloruro de sodio y agua consiguiendo que los tejidos no se retraigan, queden suaves, puedan manipularse, exista efecto bactericida y a su vez se conserve el color. La mezcla de M.G Neumann está compuesta por formol, glicerina, agua y alcohol isopropílico, este último penetra y difunde fácilmente, permitiendo que el cadáver se seque poco y se mantenga de color (Nadal, 2015; Bakici *et al.*, 2017). Como se puede observar el formaldehído, los alcoholes y glicerina utilizados en nuestro método de conservación son la base de las diferentes mezclas que se han desarrollado.

En cuanto a los cortes evaluados las piezas que se cortaron por la línea mediana fueron las mejor conservadas, estas junto con los cadáveres completos serán de gran utilidad para complementar la enseñanza en materias como Anatomía veterinaria, Patología general, Patología sistémica y Medicina y Zootecnia Porcina. El aprendizaje basado en la disección pretende que el alumno pueda corroborar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas, a través de la percepción visual y la manipulación de un cadáver (Ozkadif and Eken, 2012).

El principal inconveniente de este método de enseñanza es el uso excesivo de animales, y durante las últimas décadas ha crecido el interés por el bienestar animal, con lo cual se ha hecho énfasis en que la experimentación y aprendizaje basado en animales, deben cumplir el principio de “las tres R, que consiste en tratar de reducir, refinar y reemplazar el uso de animales” (Vinardell, 2015). Por lo que, con el desarrollo e implementación de este modelo biológico porcino, se cumplen estos principios, ya que se utilizan cadáveres de animales que murieron por causas no infecciosas, dándoles un uso a animales que de otra manera hubieran sido desechados, se reduce y se reemplaza el uso de animales a los que se les hubiera realizado la eutanasia con fines de enseñanza.

Como se mencionó uno de los objetivos principales de la conservación de piezas anatómicas es que éstas conserven sus características morfológicas, consistencia,

y color lo más cercano a su estado antes de la fijación, debido a esto la evaluación del color de los lechones fue esencial en este estudio, para esto con el objetivo de eliminar la subjetividad que podría tenerse como consecuencia de las limitantes de la visión humana, se decidió hacer la evaluación de los canales RGB para evaluar su composición y obtener la descripción del color de cada imagen. Como se mostró en la sección de resultados el canal dominante fue el rojo y la descripción de color en las piezas correspondió a diferentes tonos de naranja, esto se asoció a la sangre que tenía cada una de las piezas, al proceso de hemólisis y oxidación que sufrieron a lo largo del procesamiento. Este método de evaluación permitió hacer la interpretación de la combinación de los canales RGB y obtener el nombre del color presente en las piezas evaluadas, esta interpretación cualitativa es diferente a la que se ha realizado en otros estudios, como el de (Ovando, 2014), en donde se realizó la evaluación numérica de los valores obtenidos en los diferentes canales para determinar si existía diferencia entre los diferentes tratamientos utilizados y la reactivación de color. Otro método para evaluar el color en piezas anatómicas de manera cuantitativa utilizado por diferentes investigadores, es mediante el uso de colorímetros, con estos dispositivos han podido concluir que existe una pérdida significativa de color, la cual depende del tamaño de las piezas y método de conservación utilizado. (Turan *et al.*, 2017; Bakici *et al.*, 2017; Bakici *et al.*, 2019).

En cuanto a la respuesta de los alumnos al modelo porcino, se evaluó en tres niveles que fueron aspecto macroscópico, efectos adversos y si consideraban viable el uso de este modelo en la enseñanza de la medicina veterinaria y zootecnia. La respuesta de los alumnos al modelo fue muy buena, ya que consideraron que el modelo porcino puede utilizarse en la enseñanza de la medicina veterinaria; sin embargo, tomando en cuenta sus respuestas se considera que hay aspectos que podrían mejorarse como la consistencia e hidratación ya que, desde su punto de vista, aún en la prueba cuatro que fue la mejor evaluada las piezas eran firmes y secas. Se considera que los rubros más importantes como son la conservación de color, eliminación de olores

desagradables y por lo tanto que el mayor porcentaje de los alumnos no presentara algún tipo de malestar fue algo que se logró de manera exitosa.

En un estudio (Tayyem *et al.*, 2019) realizado en Jordania donde se entrevistaron a 313 estudiantes de medicina, se observó que alrededor del 40% afirmó que el uso de disecciones cadavéricas en combinación con técnicas multimedia favorecen la educación y esta combinación se encuentra por encima de los métodos convencionales. La mayoría de los alumnos están de acuerdo que el sistema de aprendizaje tradicional no es suficiente y que necesitan complementar sus conocimientos con práctica, imágenes y métodos alternativos para poder llegar preparados en su vida laboral.

Considerando que la educación es un proceso dinámico y que las condiciones actuales han requerido cambios en los programas y métodos de enseñanza, que permitan a los estudiantes desarrollar las habilidades necesarias para resolver los diferentes problemas que enfrentarán en la práctica profesional y que es importante optimizar los recursos animales procurando su bienestar se han desarrollado diferentes alternativas.

En 1999 el Centro Europeo para la Validación de los Métodos Alternativos (CEVAM) hizo una clasificación, en la cual agrupaban en diez categorías las alternativas utilizadas para la investigación y enseñanza. El primer grupo pertenece a los modelos, maniqués y simuladores mecánicos; el segundo a películas y videos interactivos; el tercero a simulaciones por computadora y sistemas de realidad virtual; el cuarto a la auto experimentación y estudios humanos; el quinto comprende a experimentos con plantas; en el sexto se encuentran los estudios observacionales y de campo; en el séptimo se encuentran materiales de desecho de mataderos y pesquerías; el octavo tiene a los estudios *in vitro* en líneas celulares; el noveno corresponde a animales muertos por causas naturales o que se les ha realizado la eutanasia después de un procedimiento científico, y en el último grupo se encuentra la práctica clínica (Van Der Valk *et al.*, 1999).

Considerando las características del modelo biológico porcino estas cumplen con los estándares del noveno grupo y cumple como ya se mencionó con el principio de las tres R, reducir, refinar y reemplazar el uso de animales vivos, ya que se aprovechan los cadáveres de animales muertos por causas naturales.

Finalmente, el último rubro que, si bien no está incluido en los objetivos de este trabajo, pero es importante considerar es el de los costos de elaboración y el destino de los residuos químicos generados. En cuanto a los costos se considera que la conservación de un lechón con este método es accesible (107.18 pesos) en particular si se reciclan las soluciones utilizadas hasta en tres ocasiones. El reciclar las soluciones también permite generar una menor cantidad de residuos, los cuales fueron eliminados siguiendo los lineamientos del Comité Interno para el Manejo de Residuos Peligrosos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM. En cuanto al desecho de los restos de los cadáveres conservados utilizados en las prácticas en donde se evaluó el modelo biológico porcino una parte fue enviada a composta y otra se incinero en el horno de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

7 CONCLUSIONES

Se estandarizó un método de conservación a base de formol, alcohol etílico, isopropílico, glicerina y agua, que permitió preservar el color de órganos y cadáveres de lechones, disminuyendo olores desagradables y malestar al momento de su manipulación. Los bajos costos de elaboración y los grandes beneficios propedéuticos que genera este modelo hacen que este protocolo sea viable, permitiendo ser considerado como una herramienta útil para la enseñanza de la veterinaria por parte de las universidades.

La prueba cuatro fue la mejor, tuvo las mejores características macroscópicas, logrando satisfacer las expectativas visuales y táctiles de los alumnos, consiguiendo su aprobación como material de apoyo para el aprendizaje.

Considerando los cambios que hemos tenido que afrontar como consecuencia de la pandemia por la COVID-19, la enseñanza ha tenido que migrar a espacios digitales afectando la práctica de los estudiantes de las áreas de ciencias biológicas, por lo que el uso de modelos como este, en donde el alumno podría trabajar desde casa con ayuda de una guía de disección y rubricas de evaluación que le permitan autoevaluar los conocimientos y habilidades adquiridas sería una de las áreas de oportunidad a donde deberíamos dirigirnos. Desde luego hay que implementar de manera simultánea una guía de eliminación y manejo de residuos donde la facultad jugaría un papel central en la concentración y eliminación de desechos. Por otro lado, es importante seguir trabajando con este método de conservación en cerdos de diferentes edades y órganos completos e incluso realizar pruebas en otras especies, desde este punto de vista el camino en la conservación de piezas anatómicas es largo y es importante trabajar en la implementación de estas en diferentes asignaturas o áreas de enseñanza incluso más allá de la medicina veterinaria.

8 BIBLIOGRAFÍA

Alsharif, M. H. K. *et al.* (2017) 'A Brief Review on the Principles of Human Cadaver Preservation and Monitoring of Microbial Degradation', *Forensic Medicine and Anatomy Research*, 05(03), pp. 19–31. doi: 10.4236/fmar.2017.53003.

Bakıcı, C. *et al.* (2017) 'Is Kaiserling Solution a Convenient Fixative For Mammalian Organ Specimens? Evaluation Of Morphometric, Colorimetric And Volumetric Properties', *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 20(November), pp. 62–67.

Bakici, C. *et al.* (2019) 'Differentiation of Anatomic Entities in the Dog Stifle Joint following S10B Plastination: Comparative Colorimetric and Radiological Investigations', *Acta Veterinaria*, 69(4), pp. 391–401. doi: 10.2478/acve-2019-0033.

Barrientos P.J.M., E. a. (2014) 'Conservación De Piezas Cadavéricas Del Sistema Nervioso Central Con Resina Poliester', *Rev. Med. La Paz*, 20(1), pp. 34–39.

Cruz S.S.M. (2016) 'El uso de simuladores como herramienta de aprendizaje en la enseñanza de medicina veterinaria'. Tesis de especialización, Colombia, Bogotá, Universidad Militar Nueva Granada.[Consultado 15 de Julio 2020].Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/14764>.

Fonseca, J. (2012) 'Conservación de piezas anatómicas para la enseñanza en carreras médicas', *Gaceta de Ciencias Veterinarias*, 17(1), pp. 5–10.

Karam, R. G. *et al.* (2016) 'Uso da glicerina para a substituição do formaldeído na conservação de peças anatômicas', *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 36(7), pp. 671–675. doi: 10.1590/S0100-736X2016000700019.

King, J. R. and Porter, S. D. (2004) 'Recommendations on the use of alcohols for preservation of ant specimens (Hymenoptera, Formicidae)', *Insectes Sociaux*, 51(2), pp. 197–202. doi: 10.1007/s00040-003-0709-x.

Mahdi, S. *et al.* (2013) 'Comparison of the effects of formaldehyde used in

plastinated and embalmed cadavers on medical student in anatomy laboratory in Basrah medical', 2013(7), pp. 131–140.

Martínez, M. *et al.* (2012) 'Los simuladores y los modelos experimentales en el desarrollo de habilidades quirúrgicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias de la Salud, *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(6), pp. 1-23. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060612.html>.

Muñetón G.C.A. y Ortiz J.A. Preparación en glicerina: una técnica para la conservación prolongada de cuerpos en anatomía veterinaria. *Rev Med Vet.* 2013;(26):115-122.

Nadal M.B. (2015) 'Métodos de conservación cadavérica y sus aspectos legales y sanitarios'. Tesis doctoral, España, Madrid, Universidad Complutense de Madrid. [Consultado 23 abril del 2020]. Disponible en : <https://eprints.ucm.es/id/eprint/53245/>

Ovando F.D. (2014). 'Efecto del imidazole en la conservación de color de cabezas y encéfalos de animales domésticos plastinados con los metodos'. Tesis de maestría, México, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México. [Consultado 11 Mayo de 2020]. Disponible en : <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0708155/Index.html>.

Ozkadif, S. and Eken, E. (2012) 'Modernization process in veterinary anatomy education', *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(2), pp. 957–962.

Singh. B.A.P. *et al.* (2010) 'Embalming and Other Methods of Dead Body Preservation', *International Journal of Medical Toxicology and Legal Medicine*.12(3), pp. 15–18. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/261438780>.

Ramírez *et al.*, (2007) *MANUAL DE PATOLOGÍA MACROSCÓPICA DIAGNÓSTICA DEL CERDO*, Uiversidad Autónoma Metropolitana, pp 43-46.

Tayyem, R. *et al.* (2019) 'Medical students perception of current undergraduate

anatomy teaching', *International Journal of Morphology*, 37(3), pp. 825–829. doi: 10.4067/S0717-95022019000300825.

Thavarajah R. et al. (2012) 'Chemical and physical basics of routine formaldehyde fixation', *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 16(3), p. 400. doi: 10.4103/0973-029x.102496.

Turan, E. et al. (2017) 'The mixture of liquid foam soap, ethanol and citric acid as a new fixative–preservative solution in veterinary anatomy', *Annals of Anatomy*. Elsevier GmbH., 209, pp. 11–17. doi: 10.1016/j.aanat.2016.09.002.

Van Der Valk, J. et al. (1999) 'Alternatives to the use of animals in higher education', *ATLA Alternatives to Laboratory Animals*, 27(1), pp. 39–52. doi: 10.1177/026119299902700105.

Verdin T.S.L. et al.(2013) "Técnica Histológica" en Verdin T.S.L y Moreno F.L. (ed), *Histología e inmunohistoquímica. Manual de métodos*. México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Vinardell, M. P. (2015) 'Alternativas a los animales de laboratorio en la docencia', *Revista de Toxicología*, 31(2), pp. 124–129.

Weidemann, J. A . (1938) 'Method of Fixing and Preserving Gross Anatomical Specimens and the Like'. United State Patent Office. 2,106, 261. Available at: <https://patents.google.com/patent/US2106261A/en>.

ANEXO I. Glosario

Momificación: Proceso que detiene la descomposición de un cadáver durante un tiempo prolongado, preservando su morfología. Existen dos tipos la natural y la artificial.

Congelación: Método de conservación donde los cuerpos son expuestos a temperaturas bajas ($< 4^{\circ}\text{C}$).

Corificación: Método de conservación natural donde la putrefacción de los cadáveres se detiene por carencia de oxígeno ya que se hallan en ataúdes de zinc o plomo cerrados herméticamente.

Saponificación: Método de conservación natural que consiste en el cambio químico que presenta la grasa corporal al convertirse, por hidrólisis, en un compuesto céreo similar al jabón.

Embalsamamiento: Procedimiento en el cual se realizan maniobras quirúrgicas y se aplican sustancias químicas que inhiben la descomposición.

Refrigeración: Proceso que consiste en introducir los cadáveres en cámaras frigoríficas a una temperatura de 4°C .

Plastinación: Método de conservación artificial que consiste en extraer los líquidos del cuerpo y sustituirlos por silicones y resinas.



Desarrollo de un método de conservación de cadáveres porcinos y evaluación de su uso en la enseñanza de la medicina veterinaria

Instrucciones: Lee cuidadosamente cada pregunta y responde.

En este proyecto se utilizaron lechones muertos por causas no infecciosas conservados en una mezcla de formol, alcohol y glicerina, con la finalidad de contar con cadáveres porcinos que le permitan al alumno aprender anatomía, la técnica de necropsia, y manejo en lechones (inyección de hierro, fármacos o castración) con el objetivo de adquirir mayor destreza.

PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
1.- ¿Que consistencia consideras que tiene este material? Suave Firme Duro Friable Grasosa	1.- ¿Que consistencia consideras que tiene este material? Suave Firme Duro Friable Grasosa	1.- ¿Que consistencia consideras que tiene este material? Suave Firme Duro Friable Grasosa	1.- ¿Que consistencia consideras que tiene este material? Suave Firme Duro Friable Grasosa	1.- ¿Que consistencia consideras que tiene este material? Suave Firme Duro Friable Grasosa
2.- Con respecto a la humedad, el material ¿cómo se encuentra? Húmedo Semi húmedo Seco	2.- Con respecto a la humedad, el material ¿cómo se encuentra? Húmedo Semi húmedo Seco	2.- Con respecto a la humedad, el material ¿cómo se encuentra? Húmedo Semi húmedo Seco	2.- Con respecto a la humedad, el material ¿cómo se encuentra? Húmedo Semi húmedo Seco	2.- Con respecto a la humedad, el material ¿cómo se encuentra? Húmedo Semi húmedo Seco
3.- El color de los tejidos es cercano al de los órganos en fresco? Si No	3.- El color de los tejidos es cercano al de los órganos en fresco? Si No	3.- El color de los tejidos es cercano al de los órganos en fresco? Si No	3.- El color de los tejidos es cercano al de los órganos en fresco? Si No	3.- El color de los tejidos es cercano al de los órganos en fresco? Si No
4.- Si tu respuesta anterior fue no, ¿qué color tomo este material? Rojo Negro Café Gris	4.- Si tu respuesta anterior fue no, ¿qué color tomo este material? Rojo Negro Café Gris	4.- Si tu respuesta anterior fue no, ¿qué color tomo este material? Rojo Negro Café Gris	4.- Si tu respuesta anterior fue no, ¿qué color tomo este material? Rojo Negro Café Gris	4.- Si tu respuesta anterior fue no, ¿qué color tomo este material? Rojo Negro Café Gris
5.- ¿Qué olor percibes en él modelo? Dulce Putrefacto Cítrico	5.- ¿Qué olor percibes en él modelo? Dulce Putrefacto Cítrico	5.- ¿Qué olor percibes en él modelo? Dulce Putrefacto Cítrico	5.- ¿Qué olor percibes en él modelo? Dulce Putrefacto Cítrico	5.- ¿Qué olor percibes en él modelo? Dulce Putrefacto Cítrico
6.- El estar en contacto con este material te ocasiono (puedes señalar más de una opción): Tos Lagrimeo Descarga nasal Estornudos Nauseas Ningún malestar	6.- El estar en contacto con este material te ocasiono (puedes señalar más de una opción): Tos Lagrimeo Descarga nasal Estornudos Nauseas Ningún malestar	6.- El estar en contacto con este material te ocasiono (puedes señalar más de una opción): Tos Lagrimeo Descarga nasal Estornudos Nauseas Ningún malestar	6.- El estar en contacto con este material te ocasiono (puedes señalar más de una opción): Tos Lagrimeo Descarga nasal Estornudos Nauseas Ningún malestar	6.- El estar en contacto con este material te ocasiono (puedes señalar más de una opción): Tos Lagrimeo Descarga nasal Estornudos Nauseas Ningún malestar

7.- De los cuatro materiales presentados, ¿cuál consideras que esta mejor conservado?

PRUEBA 1 PRUEBA 2 PRUEBA 3 PRUEBA 4 PRUEBA 5

8.- ¿Este modelo podría ser utilizado en los cursos de anatomía, patología general, patología sistémica y medicina y zootecnia de cerdos?

Si No

Identificación del material proporcionado para la práctica _____

Agradecemos tu participación resolviendo este cuestionario, tú punto de vista es muy importante para este proyecto.

ANEXO III. Soluciones

Lavado y descongelado	Cantidad	Tiempo
Pruebas 1, 2 y 3	5 litros de agua corriente	Durante una hora
Prueba 4	4 litros de agua corriente + 1 litro de agua oxigenada. ó 4 litros de agua corriente + 1 litro de ácido acético + 20 g de bicarbonato de sodio.	Durante una hora

Soluciones fijadoras	Agua corriente	Alcohol etílico al 96%	Formaldehído al 37%
Prueba 1	70%	20%	10%
Prueba 2	60%	30%	10%
Prueba 3	80%	10%	10%
Prueba 4	50%	35%	15%

Deshidratación

Pruebas 1, 2 y 3	Alcohol isopropílico al 70%, 80%, 90% y absoluto	Cambios semanales
Prueba 4	Alcohol isopropílico al 70%, 80%, 90% y absoluto	Cambios cada 2 días

<i>Glicerinado</i>	Porcentajes	Tiempo
Pruebas 1, 2 y 3	100% Glicerina absoluta	Durante 70 días
Prueba 4	50% Glicerina absoluta 50% Alcohol isopropílico absoluto	Durante 30 días

ANEXO IV. Costos

Cuadro 1. Costos de elaboración del modelo biológico porcino.

MEZCLA FIJADORA 3 L	COSTO X LITRO	P1	COSTO	P2	COSTO	P3	COSTO	P4	COSTO
AGUA	0.02	2.1	0.042	1.8	0.036	2.4	0.048	1.5	0.03
FORMALDEHIDO AL 37%	180.75	0.3	54.225	0.3	54.225	0.3	54.225	0.45	81.3375
ALCOHOL ETILICO 96%	46.05	0.6	27.63	0.9	41.445	0.3	13.815	1.05	48.3525
DESHIDRATADO									
ALCOHOL ISOPROPILICO	122.4	3	367.2	3	367.2	3	367.2	3	367.2
GLICERINADO									
GLICERINA	97.45	1.5	146.175	1.5	146.175	1.5	146.175	1.5	146.175
COSTO TOTAL			595.272		609.081		581.463		643.095

Cuadro 2. Costos de elaboración del modelo biológico porcino cambiando el formaldehído al 37% por el fijador de Kaiserling

MEZCLA FIJADORA 3 L	COSTO X LITRO	P1	COSTO	P2	COSTO	P3	COSTO	P4	COSTO
AGUA	0.02	2.1	0.042	1.8	0.036	2.4	0.048	1.5	0.03
FIJADOR DE KAISERLING	733.15	0.3	219.945	0.3	219.945	0.3	219.945	0.45	329.9175
ALCOHOL ETILICO 96%	46.05	0.6	27.63	0.9	41.445	0.3	13.815	1.05	48.3525
DESHIDRATADO									
ALCOHOL ISOPROPILICO	122.4	3	367.2	3	367.2	3	367.2	3	367.2
GLICERINADO									
GLICERINA	97.45	1.5	146.175	1.5	146.175	1.5	146.175	1.5	146.175
COSTO TOTAL			760.992		774.801		747.183		891.675

Cuadro 3. Costos de elaboración del modelo biológico porcino procesando una mayor cantidad de cerdos y reciclando reactivos con la prueba cuatro (P4).

MEZCLA FIJADORA 15 L	COSTO X LITRO	P4	COSTO
AGUA	0.02	7.5	0.15
FORMALDEHIDO AL 37%	180.75	2.25	406.6875
ALCOHOL ETILICO 96%	46.05	5.25	241.7625
DESHIDRATADO			
ALCOHOL ISOPROPILICO	122.4	15	1836
GLICERINADO			
GLICERINA	97.45	7.5	730.875
	Costo por 10 lechones		3215.475
	Costo por 1 lechón		321.5475
	Reciclando 3 veces		107.1825