

**DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN SIMULADOR REPRODUCTIVO BOVINO PORTÁTIL
PARA EL ENTRENAMIENTO EN INSEMINACIÓN ARTIFICIAL**

**ESTUDIANTE
JAIME ANDRÉS LONDOÑO OSORIO**

**DIRECTORA
LYNDA TAMAYO, MV, MSC, DSC.
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS PROFUNDIZACIÓN ÉNFASIS
ANATOMÍA VETERINARIA**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

2021

Agradecimientos

A cada uno de los que contribuyeron para que este trabajo se pudiera culminar. A Gonzalo Arango cuyo talento e imaginación artística es de admirar. A Sara Betancur por su constancia, paciencia y experticia en el tema. A la profesora Lynda Tamayo, directora de tesis que siempre nos ha guiado por el camino de la academia.

Tabla de contenido

Lista de imágenes.	
Lista de gráficas	
Resumen.....	6
1. Introducción.....	8
2. Objetivos.....	10
3. Hipótesis.....	10
4. Marco teórico.....	11
5. Materiales y métodos.....	28
6. Resultados.....	32
7. Discusión.....	45
8. Conclusiones.....	49
9. Bibliografía.....	50
10. Anexos	59

Lista de figuras

Figura 1: Rúbrica.....	29
Figura 1: Proceso de inseminación en simulador.....	33
Figura 2: Vista craneal del simulador.....	34
Figura 3: Vista lateral izquierdo simulador.....	34

Lista de gráficos

Gráfico 1: Distribución de calificación de la mediana por variable.....	34
Gráfico 2: Distribución de calificación de la variable Maniobrabilidad de la cola.....	35
Gráfico 3: Distribución de calificación de la variable Paso de la pistola a través de los labios vulvares.....	36
Gráfico 4: Distribución de calificación de la variable Posición del útero.....	37
Gráfico 5: Distribución de calificación de la variable Posición de cuernos uterinos....	37
Gráfico 6: Distribución de calificación de la variable Posición de los ovarios.....	38
Gráfico 7: Distribución de calificación de la variable Tonicidad del cérvix.....	37
Gráfico 8: Distribución de calificación de la variable Maniobrabilidad del cérvix.....	39
Gráfico 9: Distribución de calificación de la variable Capacidad para sentir la pistola a través del fórnix vaginal.....	40
Gráfico 10: Distribución de calificación de la variable Tonicidad del útero.....	41
Gráfico 11: Distribución de calificación de la variable Textura y estructuras ováricas.....	42
Gráfico 12: Distribución de calificación de la variable Paso de pistola de inseminación.....	42

Gráfico 13: Distribución de calificación de la variable Paso de la pistola de
inseminación a través de los anillos del cérvix.....43

Resumen

Las consideraciones éticas, la normatividad vigente en bienestar animal y la poca disponibilidad de animales, limitan cada vez más el contacto de los estudiantes con animales vivos para realizar sus prácticas académicas, lo que lo ocasiona que salgan al medio profesional con serias deficiencias para la realización procedimientos que necesitan de la repetición continua para lograr una experticia adecuada. Como alternativa a este problema, surge la simulación para la capacitación de estudiantes, la cual ofrece escenarios propicios para fortalecer los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en distintas áreas del conocimiento. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un simulador reproductivo bovino portátil para entrenamiento en inseminación artificial y validarlo mediante la evaluación de un grupo de expertos. Se desarrolló el prototipo de simulador bovino portátil de inseminación artificial, el cual se va a someter a un proceso de patente. Como instrumento de validación se utilizó una rúbrica, la cual fue diligenciada por los participantes luego de probar el simulador. Los resultados indican que no se pudo lograr la validación aparente y de contenido, por lo tanto, es necesario continuar con la investigación, en cuanto al tipo de materiales a utilizar en el copiado de órganos, para así obtener una experiencia táctil más real.

Summary

Ethical considerations, the current regulations on animal welfare and the limited availability of animals, increasingly limit the contact of students with live animals to carry out their academic practices, which causes them to go out into the professional environment with serious deficiencies for the realization Procedures that need continuous repetition to achieve adequate expertise. As an alternative to this problem, simulation arises for the training of students, which offers favorable scenarios to strengthen the teaching, learning and evaluation processes in different areas of knowledge. The objective of this work was to develop a portable bovine reproductive simulator for training in artificial insemination and to validate it through the evaluation of a group of experts. The prototype of a portable bovine artificial insemination simulator was developed, which will undergo a patent process. As a validation instrument, a rubric was used, which was filled out by the participants after testing the simulator. The results indicate that the apparent and content validation could not be achieved, therefore, it is necessary to continue with the investigation, regarding the type of materials to be used in the copying of organs, in order to obtain a more real tactile experience.

1. Introducción

El presente trabajo aborda el tema de la simulación clínica, la cual puede definirse como “una herramienta educativa con la que se favorece la adquisición de ciertas habilidades técnicas y competencias necesarias para el cuidado de la salud”. En nuestro caso, también sería para el diagnóstico acertado (Dávila, 2013). En este contexto, la simulación puede aplicarse para optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias médicas.

Estas nuevas propuestas de enseñanza juegan un papel muy importante en la educación moderna, ya que las legislaciones y las consideraciones éticas limitan cada vez más las prácticas con animales vivos, lo que aleja al estudiante de un entrenamiento médico suficiente. Debido a esto, se ha encontrado como alternativa el uso de simulaciones en la capacitación de profesionales de las ciencias de la salud, a lo largo de las distintas etapas de su desarrollo educativo (Argullós y Gomar, 2010).

La simulación ayuda a que los estudiantes mejoren sus habilidades clínicas, al brindarles un espacio de práctica en ambientes controlados, lo que también propicia una reducción de la ansiedad en la interacción entre estudiante y paciente en escenarios clínicos reales. (Hernández y Ramos, 2016). El uso de simuladores en la enseñanza permite un entrenamiento práctico que recrea eventos reales para que el aprendiz se capacite en los diferentes procedimientos, y pueda repetir una maniobra las veces que sea necesario para asegurar su correcta realización antes de aplicarlo en pacientes reales (Ziv *et al*, 2003; Quiñones, 2006).

Los simuladores ofrecen escenarios propicios para fortalecer los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en distintas áreas del conocimiento, como: aeronáutica, ingeniería, salud, automovilística, entrenamiento militar, entre otros.

Incluso, los entornos simulados han servido como sistemas de integración entre áreas, como es el caso de las ciencias básicas y las clínicas que han confluído en el desarrollo de escenarios para simulacros, modelos y maniqués de simulación de situaciones fisiológicas y patológicas (Collante y Montenegro 2015; Hernández y Ramos, 2016).

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia ha desarrollado un currículo basado en competencias y fundamentado en los aprendizajes activos (Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Medicina Veterinaria, 2015). Sin embargo, todavía no se ha trabajado con la simulación, una de las metodologías que permiten una mejor aprehensión de los conocimientos por parte de los estudiantes, especialmente para optimizar el desarrollo de habilidades técnicas como el desarrollo de procedimientos, y de habilidades no técnicas como el manejo de protocolos y la comunicación entre participantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Antioquia y el SENA unieron esfuerzos para desarrollar un prototipo de simulador reproductivo bovino portátil, el cual se sometió a evaluación por un grupo de 9 expertos en inseminación artificial, los cuales respondieron a una rúbrica que enmarca las características táctiles y de topografía de cada uno de los órganos que conforman dicho prototipo. Al final de cada rúbrica los participantes hicieron sus sugerencias en cuanto a mejoras del simulador. Las rúbricas se analizaron con estadística descriptiva.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar un simulador reproductivo bovino portátil para entrenamiento en inseminación artificial y validarlo mediante la evaluación de un grupo de expertos.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un simulador reproductivo bovino reproducible de fácil manejo y transporte.
- Realizar la validación aparente y de contenido del simulador reproductivo diseñado.

3. Pregunta de investigación

¿Cómo diseñar un simulador que sea similar a una vaca real y que permita un adecuado entrenamiento para inseminación artificial?

4. Hipótesis

- **Hipótesis nula:** El simulador reproductivo bovino reproduce todas las características anatómicas de un animal real para entrenamiento en inseminación artificial.
- **Hipótesis alterna:** El simulador reproductivo bovino no reproduce todas las características anatómicas de un animal real para entrenamiento en inseminación artificial.

5. Marco teórico

Antecedentes de la simulación

La simulación se remonta a los años 1700, por la necesidad de capacitar mujeres para asistir el parto, que llevó a la matrona parisina Madame du Coudray a utilizar simuladores realizados con trapo (Ortiz, 1999). La simulación moderna parte del año 1940, cuando Edwin Link desarrolló los primeros simuladores de vuelo para la capacitación de pilotos de aviones, que buscaba disminuir la accidentabilidad por error humano, que en aquel entonces ascendía hasta a un 70%.

En los años 60, un diseñador noruego de juguetes plásticos fue motivado por los doctores Bjorn Lind y Peter Safar para crear un modelo de reanimación cardio-pulmonar llamado “Resusci Anne”, diseñado para desarrollar habilidades y destrezas técnicas (Cooper & Taqueti, 2008). Otro de los primeros simuladores en la medicina humana fue “Sim One”, un paciente artificial considerado como el punto de partida del verdadero control computarizado. Fue desarrollado por el Dr. Stephen Abrahamson y el Dr. Jufson Denson en la Universidad del Sur de California a mediados de la década de 1960. Este simulador tenía una alta similitud anatómica en el tórax y recreaba movimientos respiratorios. También los ojos parpadeaban, y las pupilas y mandíbula eran funcionales (Cooper & Taqueti, 2008). En el año 1968, el Dr. Michael Gordon desarrolló el prototipo “Harvey”, que presentaba 27 diferentes funciones cardíacas humanas. Este modelo tenía la capacidad de modificar la presión arterial, respiración, pulso, sonidos y soplos cardíacos. Con el paso del tiempo a Harvey se le han añadido nuevas funciones cardíacas para mejorar la enseñanza (Cooper & Taqueti, 2008). Smeak y sus colaboradores (1991, 1994) en la Universidad Estatal de Ohio desarrollaron los primeros trabajos con simuladores para enseñar habilidades en cirugía en medicina veterinaria, seguidos por investigadores de la Universidad de Glasgow, con la creación de un dispositivo de palpación rectal usando una interfaz táctil (dispositivo de retroalimentación de fuerza Phantom) (Crossan, Brewster, Reid y Mellor,

2005; Baillie et al., 2005, 2010). El Haptic Cow[®] es otro simulador que fue diseñado para la enseñanza segura y eficaz de la presión al momento de realizar el diagnóstico de gestación (Baillie et al., 2010), con el dispositivo PHANToM Haptic[®].

En Latinoamérica, la Universidad del Valle de México se destaca por ser una de las primeras en incursionar en la educación basada en simulación en medicina veterinaria. En el año 2011, se presentó la primera conferencia de “Best practices” (mejores prácticas) con el apoyo de la Red Laureate Internacional. El objetivo de esta reunión fue contribuir con el aporte de un desarrollo de calidad para ejecutar programas internacionales para estudiantes y docentes que implementen nuevas estrategias de enseñanza y aprendizaje en medicina veterinaria (Barcenás, 2013).

En Colombia una empresa local desarrolló en el año 2014 el simulador “F1”, que es una representación a escala de una hembra bovina para ser utilizado en prácticas reproductivas, obstétricas, toma de muestras, ordeño y bloqueos nerviosos. Este simulador fue evaluado en 2018 en conjunto por UNIAGRARIA y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) donde midieron la transmisión de conocimiento en la palpación rectal con un grupo control de estudiantes y otro experimental, y se encontró que el simulador mejoró las capacidades en los estudiantes que practicaron en él (Baracaldo-Martínez, Domínguez-Castaño, Franco-Hernández, Atuesta-Bustos y Robayo-Triviño, 2019). Esta empresa posteriormente diseñó una versión mejorada denominada el “F2”.

En una investigación llevada a cabo en el año 2016, se encontró que las instituciones que han incluido simuladores a sus prácticas académicas son la Universidad CES de la ciudad de Medellín, que cuenta con cinco caninos, un felino, una cabeza de canino y un desfibrilador. El Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) tiene cinco simuladores bovinos en varias regiones del país; y la Universidad Cooperativa, sede Villavicencio, posee un simulador bovino (Cruz, 2016). El mercado ofrece simuladores entre los que se encuentra “Jerry”, un modelo canino que está diseñado para realizar el proceso de intubación endotraqueal, toracocentesis, resucitación, estabilización de fracturas,

entablillado, vendajes y toma de muestra desde la vena yugular. El “Bovine Breeder” (criador bovino), desarrollado en el año 2015 en Estados Unidos representa el tren posterior de un bovino para la simulación de prácticas de inseminación artificial, palpación y transferencia de embriones. Empresas de origen canadiense ofrecen simuladores obstétricos y de palpación en grandes especies, además de uno para el entrenamiento en manejo del cólico equino. También se encuentra disponible el perro sintético “SynDaver” para entrenamiento en cirugía y traumatología. Sin embargo, existen pocas publicaciones que reporten la validación de estos simuladores para el entrenamiento de estudiantes de medicina veterinaria (Baillie *et al.*, 2010; Caraballo *et al.*, 2012; Fletcher *et al.*, 2012).

Simulación y educación

El interés por la simulación médica deriva principalmente de la preocupación social y científica por los datos alarmantes de accidentes médicos o eventos indeseados en la práctica médica descritos en la epidemiología del error médico (Weingar, Wilson, Dibberd y Harrison, 2000). El aumento de demandas hacia el personal de la salud e instituciones, la preocupación existente por el riesgo de daño a los pacientes durante el aprendizaje médico mediante la práctica directa, la necesidad de optimizar la prestación de servicios en salud acorde a tecnologías de diagnóstico y tratamiento de vanguardia, así como los avances científicos de la época; entran a ser algunos de los otros criterios que dieron paso al uso de la simulación en medicina (Ziv, Ben-David & Ziv, 2005). En medicina veterinaria se realizó un estudio en 2013, donde se recogían las quejas de los usuarios en cuanto a los errores médicos más comunes y se llegó a la conclusión que el 41% de ellos correspondían a las cirugías, el 30% a los tratamientos médicos, el 8% las cesáreas, 9% errores de diagnóstico, y 2% tenía que ver con procedimientos anestésicos. (Oxtoby, *et al* 2015).

La enseñanza y aprendizaje de la simulación permite no solo mejoras en los procesos de diagnóstico, tratamiento y resolución de problemas, sino también la mejora de las capacidades psicomotoras, lo cual depende fundamentalmente de la fidelidad de la simulación. Se ha comprobado que los adultos aprenden mejor cuando participan activamente y desempeñan un papel en el proceso de enseñanza (Cruz, 2016).

La experiencia del aprendizaje activo es mejor asimilada si va de la mano con emociones fuertes que pueden conllevar a un conocimiento duradero. Este tipo de aprendizaje es descrito mejor como aprendizaje basado en la experiencia: aprender mediante el hacer, pensar y relacionando los conceptos aprendidos con la cotidianidad (Fanning & Gaba, 2007).

La simulación clínica en el contexto educativo podría definirse como: "una herramienta educativa con la que se favorece la adquisición de ciertas habilidades técnicas y competencias necesarias para el cuidado de la salud" (Dávila-Cervantes, 2014). En nuestro caso, también sería para el diagnóstico acertado. La educación médica basada en la simulación puede proporcionar un aprendizaje sensible al contexto y promover el desarrollo de la competencia en una habilidad técnica, práctica o clínica (Epstein, 2007) y, de hecho, investigaciones ya han comprobado la necesidad de la práctica repetida para lograr un dominio o maestría en áreas como el ajedrez, el atletismo, la música y la medicina (Ericsson, 2004).

Estudios han comprobado que el uso de simuladores acelera el proceso de aprendizaje, permite incrementar el interés de los estudiantes y garantiza excelentes resultados en la práctica educativa, a la vez que promueve la voluntad, estimula la motivación y una participación empática (Cruz, 2016). Según Galindo (2007), la simulación como herramienta educativa se debe sustentar en seis pilares fundamentales, los cuales son:

1. Mejorar el bienestar de pacientes.
2. Perfeccionar el entrenamiento al estudiante.
3. Permite una evaluación más objetiva a los profesores.

4. Dirigir y encontrar los errores en el acto médico.
 5. Respeto y preservación de la autonomía de los pacientes.
 6. Respeto y preservación de la autonomía de profesionales en las ciencias de la salud.
- A estos principios pueden sumarse las observaciones de Scalese y Issenberg (2005), quienes afirman que para que un simulador sea una herramienta efectiva de aprendizaje, debe incluir la mayoría de las siguientes características:

1. Retroalimentación durante la experiencia de aprendizaje, alumnos comprometidos en una práctica repetitiva.
2. El simulador es integrado en el currículo académico.
3. Adaptación del simulador a múltiples estrategias de aprendizaje.
4. El simulador provee variación de alto valor clínico.
5. El simulador está en un ambiente controlado y permite aprendizaje individualizado.
6. La medida de los resultados se puede expresar claramente.
7. El simulador es una aproximación válida de la práctica clínica (Scalese & Issenberg, 2005).

El uso de la simulación en la educación debe ir acompañado de estrategias pedagógicas, porque como lo explica Díaz (2003), los estudiantes en formación deberían aprender involucrándose al mismo tipo de actividades que enfrentan los expertos en diferentes campos del conocimiento, para lo cual se requiere ser coherente, significativo y propositivo a la hora de educar.

La simulación en la enseñanza de la Medicina Veterinaria

La adopción de la simulación en la práctica veterinaria se rodea de causas similares a las que llevaron a la adopción de la simulación en la historia de la medicina humana. Algunas de estas son (Ziv *et al*, 2005):

1. El cambio a nivel mundial de las políticas que protegen a los animales de la mala práctica veterinaria y la experimentación, reconociéndolos como seres sintientes.
2. El aumento de demandas a veterinarios asociadas a errores o eventos indeseados, que llevan al mismo tiempo al veterinario a practicar una medicina defensiva o a la pérdida económica sustancial.
3. La necesidad de encontrar y reparar errores en la prestación de los servicios veterinarios, reconociéndolo como un mercado altamente competitivo.
4. La urgencia de incluir herramientas de enseñanza y evaluación basadas en la medición de competencias, dentro de los esquemas curriculares de las universidades que ofrecen el programa de medicina veterinaria o afines.

Por todas estas razones, en los currículos académicos de Medicina Veterinaria actual se están introduciendo el aprendizaje basado en la simulación a través de software de computadora, formadores hápticos de tareas, demostraciones de video, sistemas de realidad virtual, modelos de plástico, maniqués de cuerpo entero y especímenes plastinados, los cuales se están utilizando para mejorar los métodos tradicionales de aprendizaje, reducir sustancialmente o aun reemplazar el uso de animales (Hart, Wood & Weng, 2005; Yushchenko *et al.*, 2012). Debido a que el bienestar animal ha generado mucho interés en los últimos años, la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) señaló la simulación como una de las prioridades de su tercer Plan Estratégico, donde se encargó la elaboración de normas y directrices relativas a la protección animal (Huertas, Gallo, y Galindo, 2014).

En el caso particular de Colombia, hay leyes que controlan el uso de animales con fines de docencia e investigación, tanto en estudios de pregrado como para investigaciones científicas. Contamos con la Ley 73 de 1985, que trata sobre todo lo relacionado con los profesionales y estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia, incluido el uso de los animales para el estudio de estos; también está la Ley 115 de 1994, que se refiere al respeto a la dignidad de los animales y la protección al bienestar animal, en el área obligatoria de educación ética y en valores humanos de la educación básica o profesional. En el caso de la Unión Europea, esta no acepta el uso indiscriminado o poco justificado de animales, y la legislación limita el uso de animales de laboratorio para fines de docencia e investigación (García *et al.*, 2011).

Estas nuevas consideraciones éticas acerca del uso de animales vivos para la realización de prácticas son necesarias, sobre todo en aquellas prácticas de procedimientos que son más invasivos y repetitivos como las palpaciones transrectales, paso de catéter, intubaciones, entre otras, que generan estrés y en ocasiones afectaciones de la salud y productividad del animal. Estas restricciones éticas para el uso de animales han llevado a que los estudiantes actuales de Medicina Veterinaria tengan muchas menos oportunidades de desarrollar habilidades y destrezas necesarias para su desempeño profesional (Scalese & Issenberg, 2005).

Fidelidad y validación de simuladores

El concepto de validez está referido a la seguridad de acto y las condiciones necesarias para su permanencia, vigencia y autenticidad. En el caso de la evaluación del aprendizaje, ella se asocia a la seguridad del evaluador para calificar el conocimiento logrado y si se corresponde con la realidad en la cual este se desarrolló (García, 2002).

La inclusión de los simuladores en la Medicina Veterinaria obliga a las instituciones y docentes a establecer mecanismos de cuantificación del impacto educativo y confiabilidad del uso de la simulación para la educación. Como la creación y aplicación de listas de chequeo de actividades y las escalas de calificación global y listas tipo Likert. Los fundamentos teóricos que sustentan el uso de la educación médica basada en simulación en veterinaria son los mismos de su uso en la educación de médicos humanos (Zigmont, Kappus & Sudikoff, 2011).

La validación es un factor clave para que los simuladores sean incorporados en la capacitación médica y veterinaria, sin la cual serían inciertos los beneficios de estos. Los aprendices pueden desarrollar una falsa sensación de confianza o aprender técnicas que realmente degraden su desempeño en la tarea real (Baillie *et al*, 2005). Es por esta razón que es de crucial importancia que cualquier simulador que sea elaborado, sea validado en la función del entrenamiento para que el que se haya desarrollado, ya que es importante demostrar que las habilidades adquiridas con este sistema son tan buenas como las desarrolladas utilizando los métodos tradicionales. Se debe ser consciente que la fidelidad juega un papel importante en la elección de una simulación para el entrenamiento de una tarea específica. La alta fidelidad no siempre es superior a la baja fidelidad, esto depende del tipo de tarea y del nivel cognitivo del practicante que se somete a la simulación y los resultados que se quieren lograr. Es decir, los eventos de simulación se preparan de acuerdo con unos propósitos que constituyen tareas, conocimientos o habilidades a desarrollar que se orientan a una población de aprendices. Las comparaciones realizadas entre simulaciones de alta y baja fidelidad se orientaron principalmente en el impacto educativo. Las ventajas y desventajas psicomotoras existentes entre las simulaciones de alta y baja fidelidad no han sido establecidas con claridad. Una evaluación más completa de la capacitación en simulación debe incluir fidelidad, confiabilidad, validez, impacto en el aprendizaje y factibilidad. Este enfoque puede adoptarse para comparar las ventajas y desventajas

psicomotoras existentes entre las simulaciones de alta y baja fidelidad en estudios futuros (Munshi, Lababidi y Alyousef, 2015).

La confiabilidad de un simulador está determinada por el uso de herramientas que calculen de manera objetiva el desempeño de los practicantes en un evento simulado en específico. Para ello existen herramientas como la evaluación clínica objetiva estructurada (ECOES) y la evaluación objetiva estructurada de habilidades técnicas (OSATS) las cuales requieren el uso de listas de chequeo de actividad y escalas de calificación global que ayudan a darle valor numérico a competencias médicas de naturaleza técnica y no técnica (Berkenstadt, Ziv, Gafni & Sidi, 2006).

La validación de un simulador se da a través de varios estudios que intentan probar la confiabilidad de este. En términos generales la validación de una simulación está relacionada con los parámetros estadísticos y científicos que soportan el uso de un simulador. Es por esta razón que la validación de un simulador o un evento simulado se convierte en un paso importante a la hora de integrarlo como estrategia pedagógica en un currículo educativo (Berkenstadt *et al.*, 2006).

La validación de los simuladores obliga la presencia de observadores expertos en la ejecución de la tarea específica a evaluar, lo que para algunos campos administrativos puede no ser factible. Es decir, los expertos evaluadores/observadores son los encargados de marcar los parámetros más altos de calificación y con base en su experiencia se moldea el espectro de un simulador al punto en el que el simulador equipare estadística y significativamente las sensaciones y respuestas más adecuadas y esperadas en un evento real, ya se considere accidental o de la práctica común (Barroso y Cabero, 2013).

La simulación se convierte entonces en una técnica de enseñanza y aprendizaje multidisciplinaria pero que al mismo tiempo puede incurrir en un aumento de costos en

el personal necesario para un aprovechamiento máximo. Es un trabajo conjunto de los diferentes estamentos educativos y los involucrados en la educación médica basada en simulación justificar el costo-beneficio, teniendo en cuenta el impacto que tiene la simulación en cada una de las dimensiones en donde podemos usarla (Salas y Zuleta, 1995).

Lo primero que debemos tener claro es que la simulación por sí sola no garantiza el aprendizaje y, para que este ocurra, la simulación debe apoyarse en un ambiente completamente planeado, reestructurable y que permita obtener información de cada evento simulado para una correspondiente retroalimentación. Felipe Jones nos recuerda los componentes básicos de un evento simulado, los parámetros bajo los cuales los adultos aprenden, así como las condiciones óptimas en las que se favorece el aprendizaje a través de la simulación (Salas y Zuleta, 1995).

Tipos de validación

- **Validez cuantitativa:** se orienta principalmente hacia los instrumentos de medición diseñados por el evaluador. Estos supuestos fueron desarrollados a partir de las teorías planteadas por el filósofo francés Auguste Comte (1798-1857) (Collante y Montenegro 2015). Esta evaluación presenta distintas interpretaciones de validez, que refieren pruebas establecidas por estándares para tests y manuales para educación y psicología (American Psychological Association –APA-, 1985) (Collante y Montenegro, 2015):
- **Validez de contenido:** juicio lógico sobre la relación que existe entre los estándares del aprendizaje del evaluado y lo que considera la prueba. Se recurre a expertos para diseñar el instrumento de evaluación (Messick, 1989).
- **Validez de criterio:** eficacia de la prueba para comparar un ítem en cuestión con alguna o algunas variables externas. Se mide por medio de análisis

correlacional o de regresión entre las puntuaciones logradas en la prueba (Messick, 1989).

- **Validez constructiva:** basada en la integración de cualquier evidencia que fundamenta la interpretación o significado de las puntuaciones de la prueba o test, medida a través del análisis correlacional y de covarianza inter-ítem. (Messick, 1989).
- **Validez predictiva:** permite predecir un rendimiento futuro a partir de los registros efectuados sobre el dispositivo (Schijven & Jakimowicz , 2003).
- **Validez aparente:** examina la prueba para probar si está midiendo correctamente las variables para las que fue diseñada. Se refiere solo a lo que los usuarios del instrumento y los expertos en la disciplina estimen por inspección (Schijven & Jakimowicz, 2003).
- **Validez cualitativa:** concierne a la exactitud con que las conclusiones representan efectivamente la realidad empírica y si los contenidos diseñados se asemejan a categorías reales de la experiencia humana. Sumado a esto, la credibilidad asociada a la validez está condicionada a la profunda relación entre el evaluador y el evaluado en el contexto sociocultural donde se realiza la evaluación. Para tomar el enfoque cualitativo, existen las siguientes estrategias para asegurar la validez en materia de evaluación (Pérez, 1994).
- **Validez respondiente o negociación:** Se desarrolla contrastando los resultados obtenidos por el evaluador con los del evaluado, así como comparando su interpretación. Hay dos tipos de validez asociados a la evaluación del aprendizaje (Goetz & LeCompte, 1988).
- **Validez interna:** consiste en conocer si el evaluador es objetivo en su observación.
- **Validez externa:** se refiere a comprobar si los métodos de validación y postulados creados y comprobados por el evaluador son aplicables al evaluado (Collante & Montenegro, 2015).

Triangulación

Radica en tomar información desde diferentes puntos de vista, realizar varios paralelos de una misma evaluación y combinar metodologías en su análisis; según Denzin (1979), existen las siguientes modalidades de triangulación:

- **Triangulación de tiempo:** información recogida en tiempos diferentes para su comparación.
- **Triangulación de espacio:** información recogida en espacios diferentes.
- **Niveles combinados de triangulación:** análisis del nivel individual, interactivo o grupal, y del nivel de colectividades, organizacional, cultural o social.
- **Triangulación teórica:** empleo de diferentes perspectivas coincidentes en una misma evaluación.
- **Triangulación del evaluador:** constatación intersubjetiva entre pares por medio del contraste de la información.
- **Triangulación metodológica:** colección de técnicas o métodos diferentes, utilizados sobre el evaluado.

Saturación

Según Hopkins (1985), consiste en reunir las pruebas y evidencias necesarias para garantizar la veracidad de la evaluación. Esto se logra haciendo varias repeticiones de la evaluación.

Debriefing

Fanning & Gaba (2007) definen el término *debriefing*, como un “tipo específico de reflexión guiada por un tutor o facilitador, la cual es parte esencial del aprendizaje basado en la experiencia y cuyo objetivo principal es analizar, dar sentido y aprender de una experiencia vivida”. El término *debriefing* también es denominado por algunos autores como “análisis post experiencia” (Fanning & Gaba, 2007).

El *debriefing* concierne a la reflexión guiada que ocurre luego de un evento simulado dentro de un proceso de enseñanza y es muy importante para el aprendizaje en la educación basada en la experiencia. Esta actividad constituye un eje primordial de la simulación médica, siendo definido como «el corazón y el alma» de una experiencia simulada (Rall & Howard, 2000).

Con el *debriefing* los estudiantes pueden comprender, analizar y sintetizar mejor los principales conceptos técnicos para así mejorar su rendimiento en futuros escenarios clínicos similares al simulado (Fanning & Gaba, 2007). También aprenden a desarrollar habilidades no técnicas como la conciencia de situación, liderazgo, gestión de los recursos disponibles, trabajo de equipo, asignación de roles y tareas, gestión de crisis, etc. (García *et al*, 2014).

Modelos de debriefing

Existen varios modelos de *debriefing* descritos en la literatura, los cuales pueden ser resumidos en dos corrientes principales (García *et al*, 2014). Por un lado, existe el “*debriefing* de buen juicio”, el cual es un modelo propuesto por Jenny Rudolph, el cual busca tener un enfoque diseñado para aumentar las posibilidades del alumno de escuchar y procesar las ideas expuestas por el facilitador. Este mismo autor plantea que previo a la etapa del *debriefing*, se deben considerar dos cosas: la creación de un ambiente y contexto óptimo de aprendizaje, y el tener claros los objetivos que guiarán la reflexión luego del evento simulado (Rudolph *et al*, 2006).

Inicialmente, el facilitador descubre y distingue las reacciones de los estudiantes, inmediatamente después de la sesión de simulación. A continuación, sigue una fase de análisis en la que el instructor y los alumnos discuten y analizan su desempeño, para finalizar con la realización de un resumen en el que los participantes manifiestan aquellos conceptos técnicos y no técnicos más relevantes y significativos que les dejó el procedimiento simulado y su análisis posterior (Rudolph *et al*, 2006).

Por otro lado, está la corriente representada por autores como Thatcher y Robinson (1985), Lederman (1991) y Petranek (1994), quienes postulan un modelo de tres fases que se caracteriza por una fase inicial, que es introductoria a la reflexión, donde se identifican los hechos de la experiencia simulada y su impacto; una segunda fase, que consiste en describir la forma en que las emociones se relacionaron con lo sucedido y cómo fueron manejadas por los estudiantes; y por último, una tercera etapa, en que se pretende identificar las diferentes impresiones y visiones de los participantes, tanto individuales como en conjunto (García *et al*, 2014).

El *debriefing* es de suma importancia en los procesos de enseñanza y aprendizaje, para obtener el mejor resultado se debe tener un amplio conocimiento, experiencia y preparación en el campo a abordar (García *et al*, 2014).

Inseminación artificial

La Inseminación Artificial (IA) es definida por Cavestany y Méndezor (1993) como “una técnica mediante la cual el semen previamente extraído de un macho, y adecuadamente procesado, es depositado en el tracto genital de la hembra en el momento adecuado y mediante un instrumental apropiado”. El objetivo de la inseminación artificial es depositar un número determinado de espermatozoides vivos en el tracto genital femenino en el momento que permita la fertilización con el óvulo.

Para remontarse al origen de la inseminación artificial (IA), se deben tener en cuenta varias historias no documentadas que involucran a los árabes en las primeras

obteniciones de semen a partir de yeguas servidas pertenecientes a enemigos, y su uso en la inseminación de sus hembras quinas (Giraldo, 2007). El primer proceso de inseminación artificial (IA) se llevó a cabo en 1780 por el fisiólogo italiano Lázaro Spanllanzani en una perra, la cual 62 días después dio a luz a tres cachorros. Luego de esto pasaron 100 años para que Heape y otros investigadores documentaran la inseminación artificial (IA) en conejos, caninos y equinos (Foote, 2002).

La inseminación artificial tuvo su mayor éxito en bovinos lecheros en los años 40 en los Estados Unidos y desde aquel tiempo ha sido utilizada como la principal herramienta para aprovechar y distribuir genes de gran valor genético en hatos ganaderos. La selección, el avance tecnológico de la IA y su rápida aceptación han contribuido enormemente al constante progreso genético del ganado lechero en países desarrollados (Foote, 2002).

El constante nivel de la mejora genética en el ganado lechero en países desarrollados ha sido determinado, además de la selección, por el avance en la tecnología de la IA y su rápida aceptación para establecer genes de interés productivo en las poblaciones lecheras (García *et al*, 2016).

Las principales ventajas de la IA son: el bajo costo del semen y su aplicación, sumado al éxito que garantiza el proceso. También se ha demostrado menores riesgos asociados con la monta natural, una mejor calidad genética y tasas de preñez que son mejores con relación a la monta natural (Shipka & Ellis, 1999). En cuanto a las desventajas de la IA como técnica para el manejo y reproducción del ganado, no tiene ninguna desventaja siempre que sea desarrollada en forma correcta; las ventajas no aprovechadas sí pueden convertirse en desventajas. Su única limitación es la necesidad de requerir un personal debidamente capacitado y responsable para su ejecución exitosa (Shipka & Ellis, 1999).

Aunque en otros países del continente y la región la IA tiene gran distribución, en Colombia aún no se logra una cobertura significativa de IA en hatos, por lo tanto debe continuarse con la búsqueda del establecimiento de biotecnologías alternas o

asociadas, pues según Foote (2002), “la aceptación mundial de la tecnología de IA, proporciona el ímpetu para el desarrollo de otras tecnologías como la criopreservación y el sexaje de espermatozoides, la regulación del ciclo estral, y la recolección, cultivo, congelación, y transferencia de embriones, además de la clonación”.

Procedimiento de inseminación artificial (IA)

Las siguientes indicaciones se hacen de acuerdo con la metodología de Portilla (2019).

- **Inmovilizar el animal:** por lo general se utilizan bretes para inmovilizar al animal durante el procedimiento, para realizarlo cómodamente y de forma segura. Se recomienda mover la cola y colocarla encima del antebrazo izquierdo o amarrarla para que no obstaculice la maniobra. Es de suma importancia que la persona que vaya a realizar la inseminación use guantes durante toda la intervención.
- **Limpieza del área:** se debe realizar una limpieza de la zona de la vulva con toallas de papel o de tela limpia para retirar contaminantes como el excremento y los residuos, para así evitar contaminar el útero del animal.
- **Disposición de la pistola de inseminación:** se procede a preparar la pistola precalentándola al frotarla vigorosamente con una toalla de papel, en ella se monta la pajilla con su respectiva funda de protección y se deja lista para su utilización.
- **Introducción de la pajilla:** la pistola se debe introducir en un ángulo de 35° a 40° a través de la vulva. Durante el proceso se debe introducir la mano izquierda a través del recto y cuando la pistola se vaya acercando al cérvix, se lleva el dedo pulgar y los dos primeros dedos hacia el extremo caudal del cuello uterino que sobresale hacia la vagina. Esto le permitirá reconocer la localización del orificio externo del cérvix y conducir la punta de la pistola de inseminación.

- **Aplicación del semen:** una vez se haya ubicado el cuerpo del útero, se debe presionar lentamente el succionador hasta el extremo donde está la mano derecha y depositar el contenido de la pajilla allí. Al finalizar esta acción, se debe dejar que el semen siga su camino para culminar el proceso de fertilización.
- **Desecho de utensilios:** se debe desechar la pajilla, los guantes y las toallas que se utilizaron en el procedimiento en el lugar correcto.
- **Registro:** al finalizar el procedimiento es de suma importancia que se tome registro de la identificación de la vaca, la fecha de inseminación, la procedencia del semen que se utilizó y el nombre del encargado del proceso.

6. Materiales y métodos

Construcción del simulador

Aclaración: el simulador se encuentra en proceso de patente, por lo tanto, no se muestran los detalles de su construcción. Las etapas se resumen de forma general a continuación (ver anexos).

El simulador se construyó de tal forma que se pueda desarmar para ser transportado con facilidad a cualquier lugar de práctica.

La construcción se llevó a cabo en tres etapas:

Etapas 1: se seleccionó un aparato reproductivo adecuado de una hembra bovina, procedente de una planta de beneficio, luego se hizo la correspondiente disección y se sacaron copias internas, externas y contramoldes de la vagina, útero, ligamentos, ovarios. También se incluyó la uretra y vejiga. Este mismo procedimiento también se realizó en el ano y vulva.

Etapas 2: se seleccionó un hueso coxal y se le hizo el proceso de copiado, incluyendo moldes y contra moldes. Mediante un proceso escultórico se dio la forma al tren posterior de una hembra bovina.

Etapas 3: se pulieron todas las piezas y se ensamblaron.

El simulador cuenta con el sistema reproductivo de una hembra bovina (vulva, vagina, útero, ovarios), el ano, recto, y vejiga. Todos estos órganos se encuentran dentro del

tren posterior que fue diseñado tomando como base una hembra bovina de tamaño medio, e incluye desde la cola hasta el área lumbosacra. El miembro posterior se incluyó hasta el tercio proximal del fémur. La cavidad pélvica esta conformada por un hueso coxal que le da la forma a la cavidad pélvica y está rodeado por una cobertura externa que representa la piel y da la forma anatómica al tren posterior (Figuras 2, 3 y 4).

Metodología de validación

Este estudio se enmarca en los proyectos de investigación operativa en el campo psicométrico con juicio de expertos y análisis de datos descriptivos para la validación de instrumentos (Carvajal, Centeno, Watson, Martínez & Sanz, 2011).

Se utilizó una rúbrica diseñada para que el grupo de expertos evaluara las características de los órganos internos del simulador, en cuanto a características táctiles, posición y maniobrabilidad. También se les pidió a los expertos que hicieran sugerencias para mejorar el simulador (Figura 1).

Rúbrica para la validación del simulador bovino de inseminación artificial

Nombre: _____ Profesión: MV MVZ Otra: _____

Años de experiencia en inseminación artificial: _____ Número de inseminaciones artificiales que realiza por semana: _____

Esta rúbrica tiene como objetivo hacer la validación de apariencia y de contenido del simulador bovino de inseminación artificial. Le solicitamos que primero observe el simulador y luego realice el proceso de inseminación artificial, para posteriormente señalar con una X en la opción que más se ajuste a su percepción. Muchas gracias por su colaboración.

	Variable	Escala de valoración			Observaciones
		1	2	3	
1	Maniobrabilidad de la cola	Muy rígida al maniobrar	Muy laxa al maniobrar	Flexibilidad idéntica a la real	
2	Paso de la pistola a través de los labios vulvares	Mayor resistencia a la real	Menor resistencia a la real	Resistencia idéntica a la real	
3	Posición del cérvix	Más craneal con relación al piso y al reborde pélvico	Más caudal con relación al piso y al reborde pélvico	Idéntica a la real	
4	Posición del útero	Más craneal que el real	Más caudal que el real	Idéntica a la real	
5	Posición de cuernos uterinos	Más dorsal que la real	Más ventral que la real	Idéntica a la real	
6	Posición de los ovarios	Más dorsal que la real	Más ventral que la real	Idéntica a la real	
7	Tonicidad del cérvix	Mayor a la encontrada en celo	Menor a la encontrada en celo	Igual a la encontrada en celo	
8	Maniobrabilidad del cérvix	Muy rígida al maniobrar	Muy laxa al maniobrar	Flexibilidad idéntica a la real	
9	Capacidad para sentir la pistola a través del fórnix vaginal	Más difícil que la real	Más fácil que la real	Idéntica a la real	
10	Tonicidad del útero	Mayor a la encontrada en celo	Menor a la encontrada en celo	Igual a la encontrada en celo	
11	Textura y estructuras ováricas	Mucho más suave que la real	Mucho más firme que la real	Idéntica a la real	
12	Paso de pistola de inseminación	Más fácil que lo real	Más difícil que lo real	Idéntico a lo real	
13	Paso de la pistola de inseminación a través de los anillos del cérvix		Sí	No	

Comentarios adicionales: _____

Figura 1. Rúbrica de validación.

Selección de expertos y criterios de inclusión

Se utilizó una muestra de nueve expertos en el área de reproducción bovina, que contaran con mínimo un año ininterrumpido de práctica de inseminación artificial y que realizaran como mínimo 15 inseminaciones semanales.

Área de desempeño de los expertos

Entre los participantes se encontraron cinco médicos veterinarios, dos técnicos agropecuarios, y dos tecnólogos agropecuarios. El promedio de inseminaciones por experto fue de 44.4 veces por semana.

Municipios de validación

Para las validaciones del simulador se llevaron a cabo dos en Medellín, cuatro en Don Matías, una en Yarumal, y dos en Santa Bárbara.

Análisis estadístico

Las rúbricas se analizaron a través de estadística descriptiva con análisis de frecuencias. Se utilizó el programa Excel del paquete de Office professional Plus 2010[®] y el programa de Statistica versión 12[®].

Consideraciones Éticas

Este trabajo contó con el aval de Comité de bioética de la universidad de Antioquia para investigación en animales y con humanos (09-2019).

7. Resultados

Simulador

Se obtuvo un prototipo de simulador desarmable y liviano (9.8 kg), lo que facilita su traslado y uso en diferentes ámbitos educativos (Figuras 2, 3 y 4).



Figura 2. Proceso de inseminación en el simulador.



Figura 3. Vista craneal del simulador.



Figura 4. Vista lateral izquierda del simulador.

Los resultados de la validación se muestran en los gráficos 1 a 13.

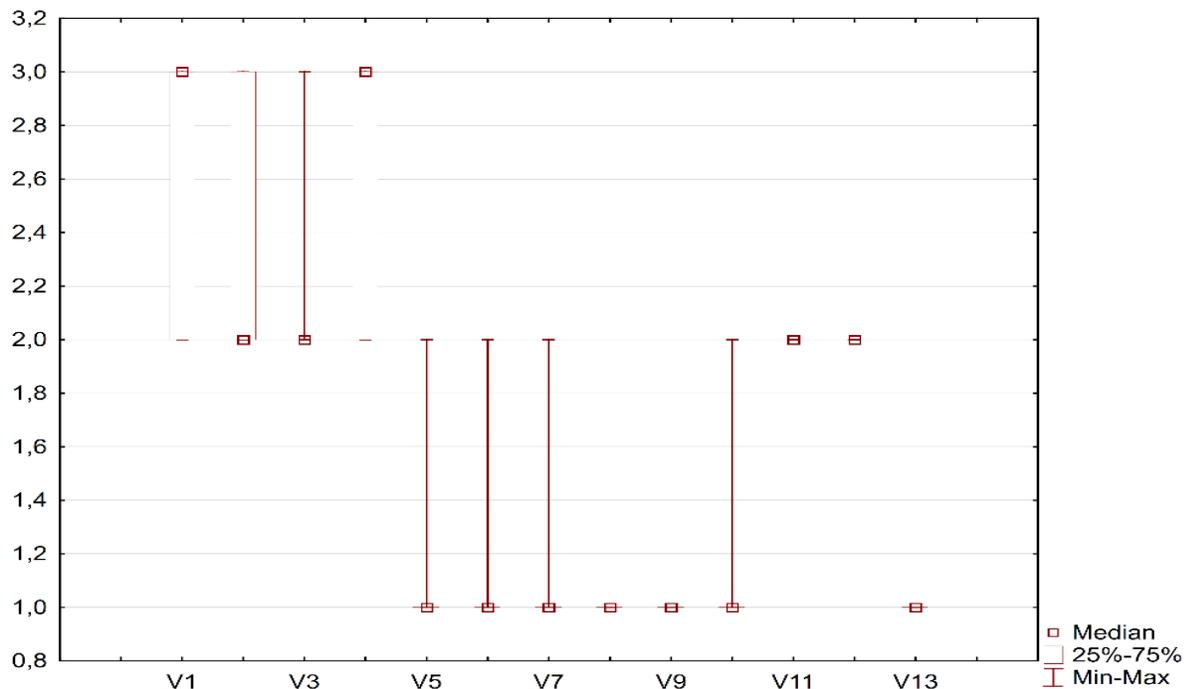


Gráfico 1. Distribución de calificación de la mediana por variable.

El gráfico 1 muestra la distribución de la calificación de las medianas de las variables de acuerdo a la rúbrica, donde la calificación 3.0 es lo más parecido a lo real y las calificaciones 2.0 y 1.0 corresponden a divergencias de lo real. Se observa que las variables 1 (maniobrabilidad de la cola) y 4 (posición del útero) presentaron medianas de 3.0, lo que demuestra alta fidelidad anatómica. El resto de las variables presentaron medianas de 2.0 o de 1.0.

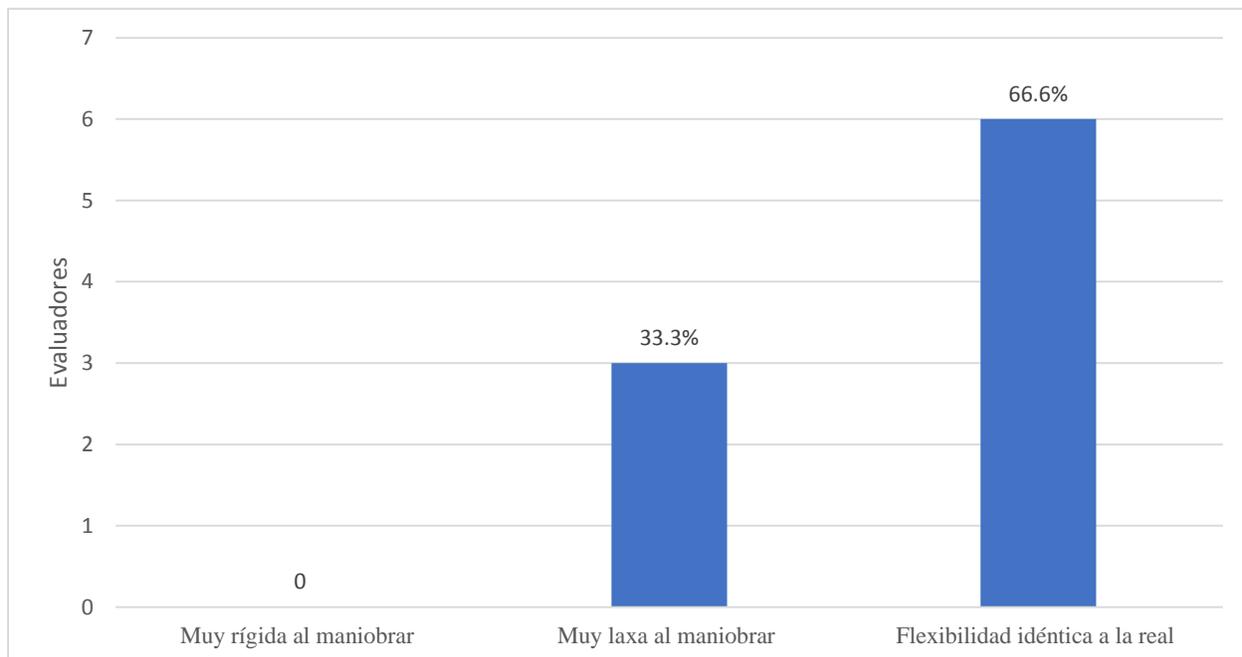


Gráfico 2. Distribución de calificación de la variable maniobrabilidad de la cola.

Seis de los evaluadores concluyeron que la flexibilidad de la cola era acorde a la real (66%) y tres que era muy laxa al maniobrar (Gráfico 2). En cuanto al paso de la pistola a través de los labios vulvares, se obtuvieron resultados similares, ya que cinco (55.5%) de los participantes afirmaron que esta ofrecía mayor resistencia a la real, y el resto estuvo de acuerdo con que era idéntica a la real (44.4%) (Gráfico 3).

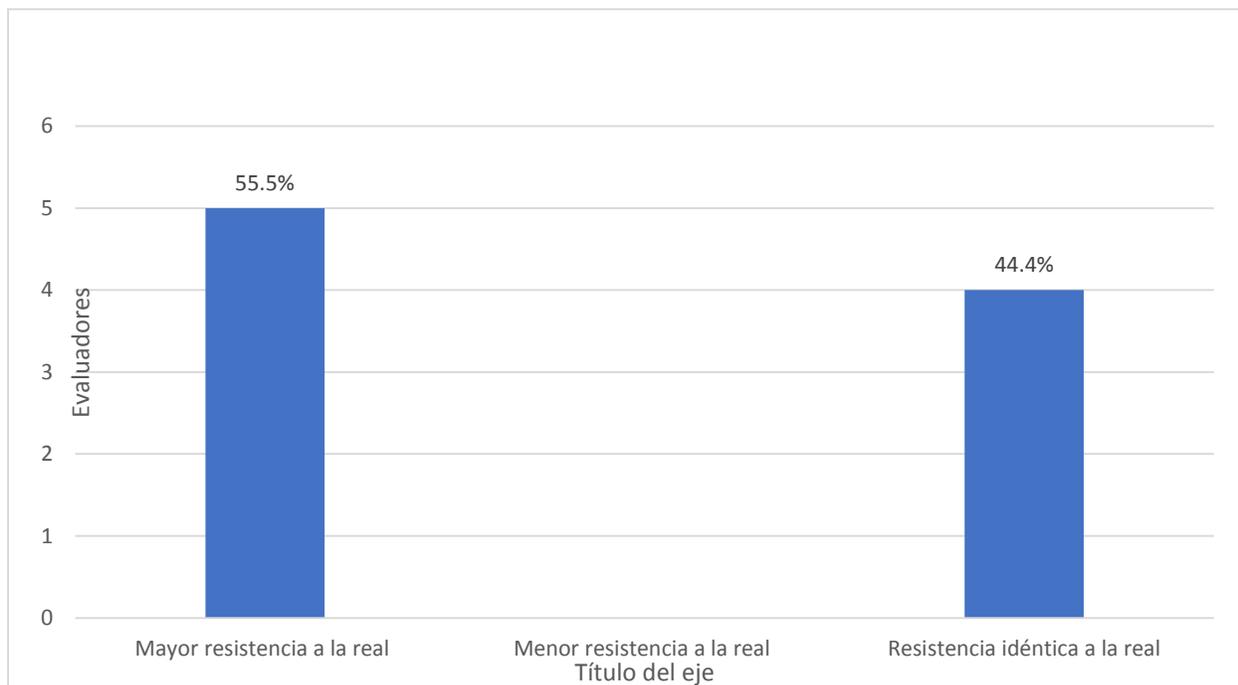


Gráfico 3. Distribución de calificación de la variable Paso de la pistola a través de los labios vulvares.

Seis (66%) de los evaluadores encontraron la posición del útero idéntica a la real, mientras que los otros tres (33.3%) la palparon más craneal que la real (Gráfico 4). La posición del cérvix se evaluó más craneal con relación al piso y al reborde pélvico por ocho (88.8%) de los evaluadores y uno (11.1%) la encontró idéntica a la real (Gráfico 5).

La posición de los cuernos y los ovarios mostraron resultados iguales, en donde siete (77.7%) de los participantes los encontraron más dorsales que los reales y tres (33.3%) más ventral que la real. En ambos casos no se indicó que fueran idénticos a la real por ningún evaluador (Gráficos 6 y 7).

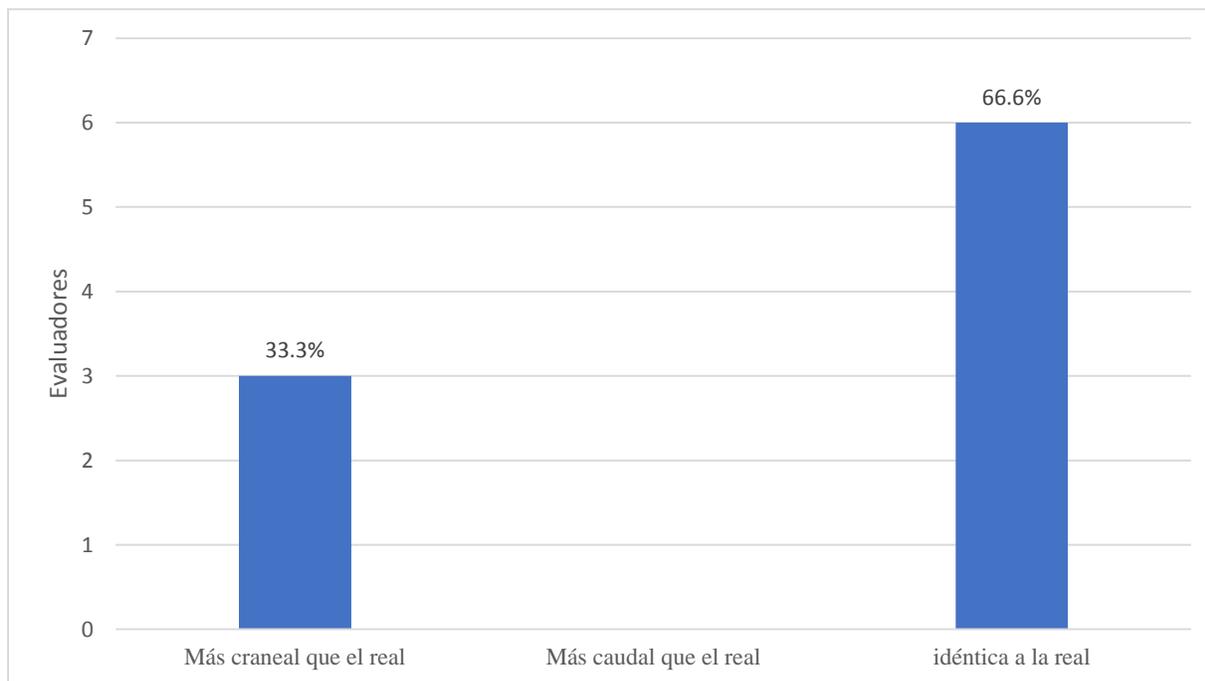


Gráfico 4. Distribución de calificación de la variable posición del útero.

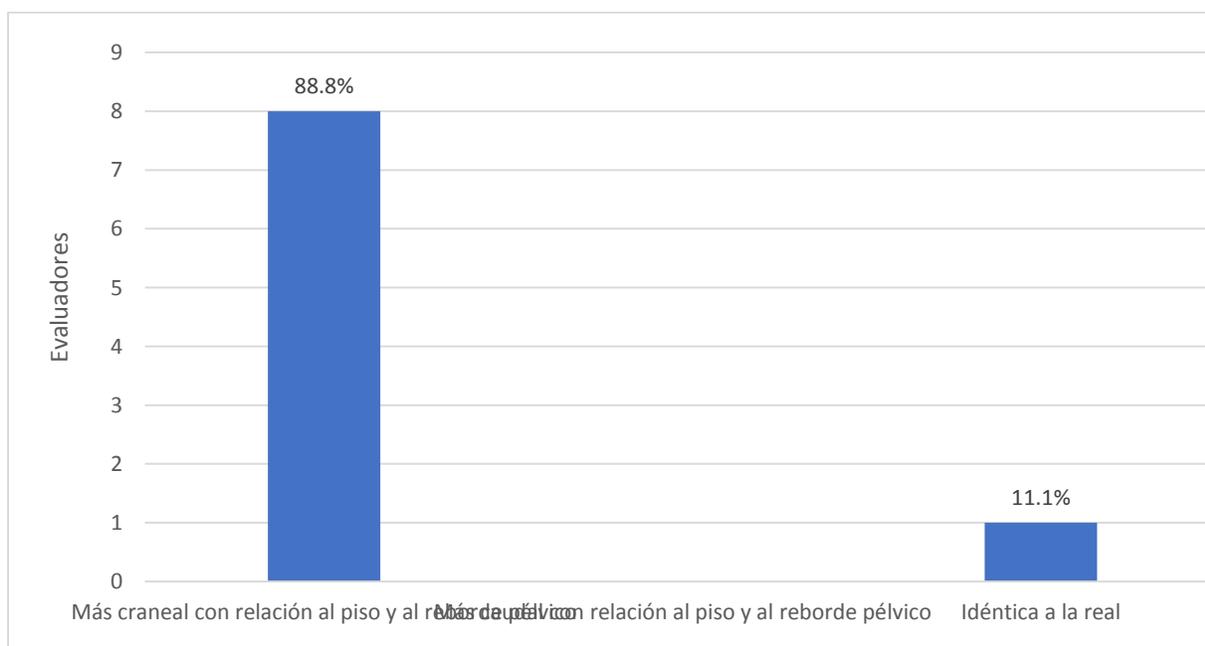


Gráfico 5. Distribución de calificación de la variable posición del cérvix

La tonicidad del cérvix fue considerada como mayor a la encontrada en el celo por siete (77.7%) de los evaluadores y dos (22.2%) menos a la real. (Gráfico 8), y todos lo encontraron muy rígido al maniobrar (100%) (Gráfico 9).

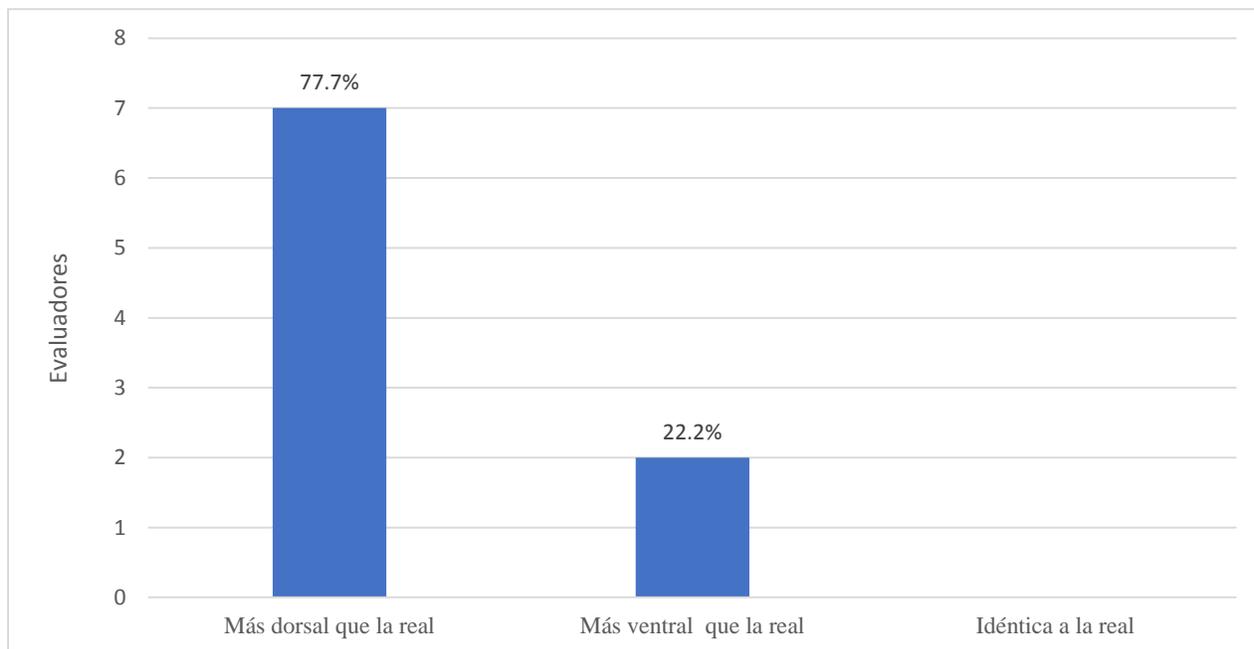


Gráfico 6. Distribución de calificación de la variable posición de cuernos uterinos

Todos los que participaron estuvieron de acuerdo que la capacidad para sentir la pistola en el fórnix es más difícil que la real (Gráfico 10), mientras que la gran mayoría estuvo de acuerdo con que la tonicidad del útero es mayor a la encontrada en celo (88.8 %). En este caso, ningún participante encontró la tonicidad del útero idéntica a la real (Gráfico 11).

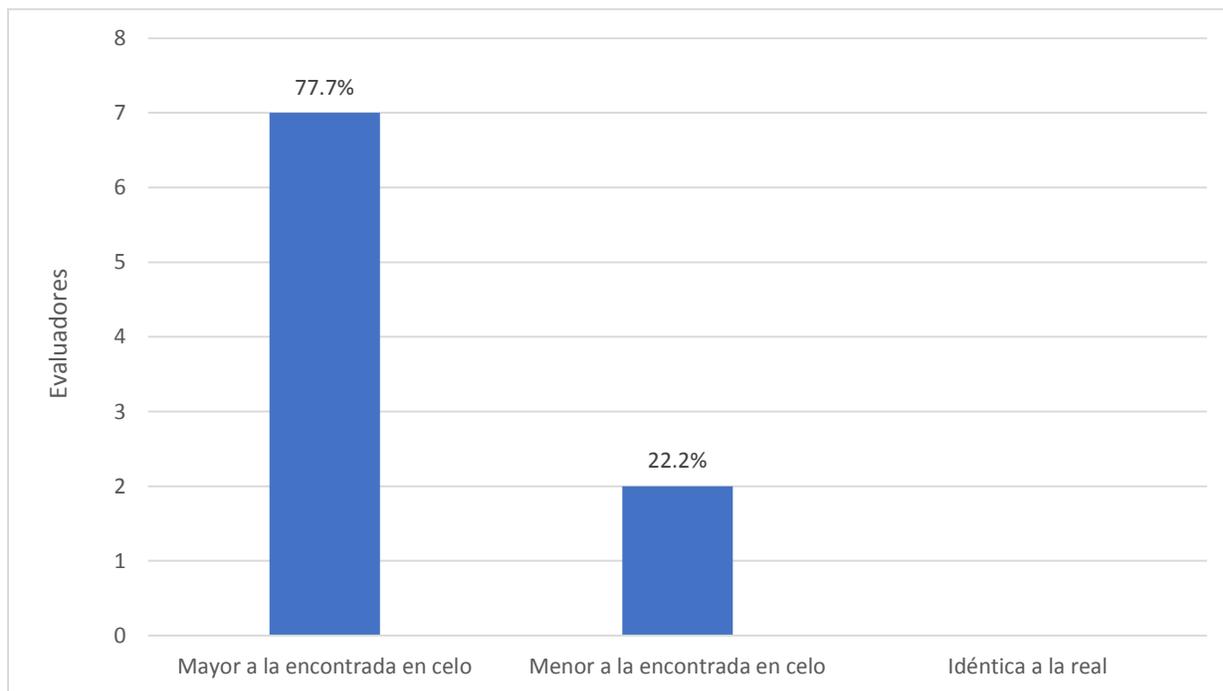


Gráfico 7. Distribución de calificación de la variable tonicidad del cérvix.

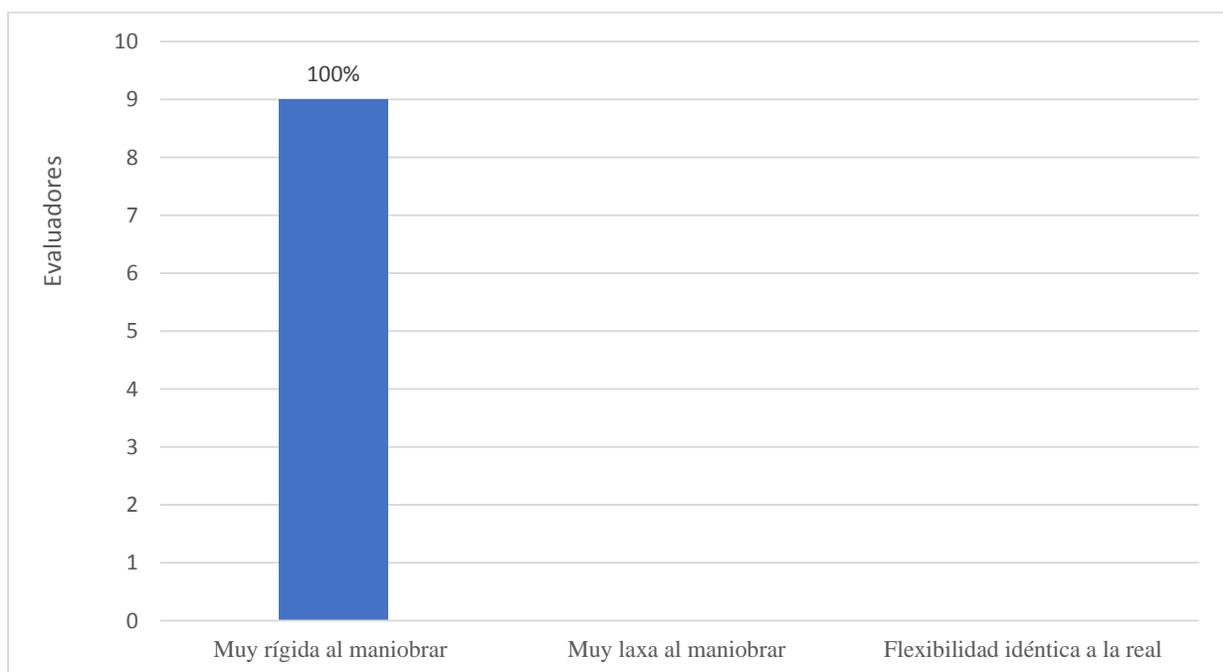


Gráfico 8. Distribución de calificación de la variable maniobrabilidad del cérvix.

La textura y estructuras ováricas se evidenciaron mucho más suaves que la real por la totalidad de los evaluadores (100%) (Gráfico 12).

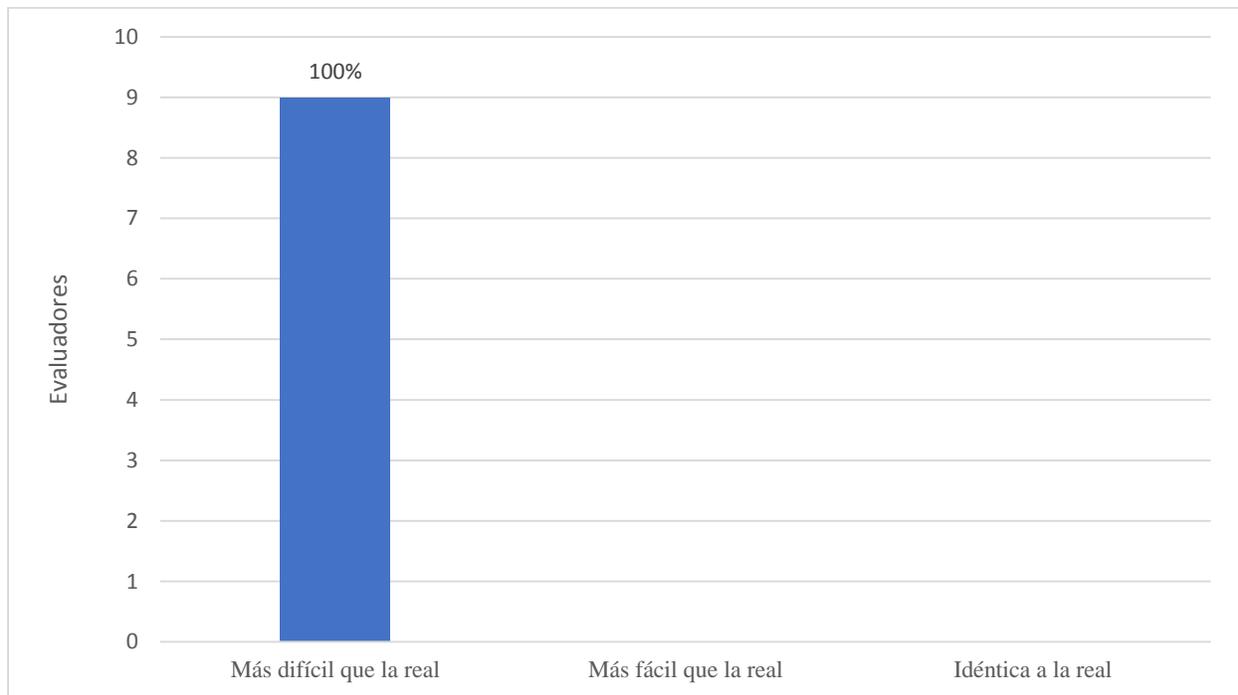


Gráfico 9. Distribución de calificación de la variable capacidad para sentir la pistola a través del fórnix vaginal.

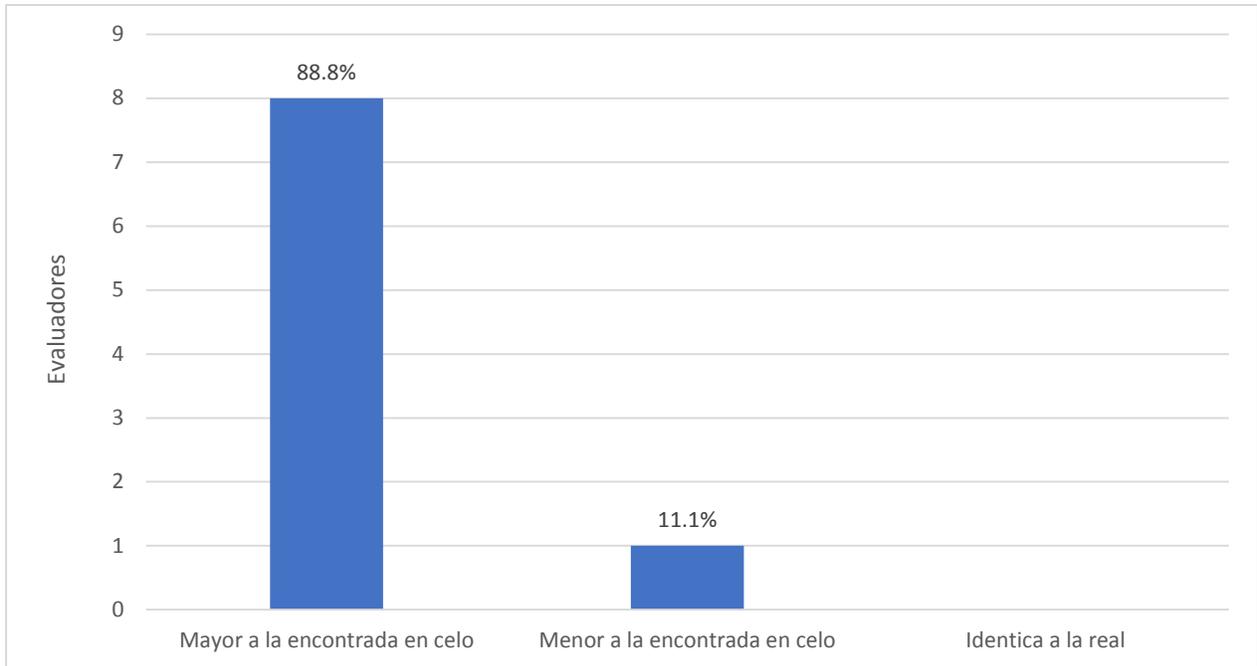


Gráfico 10. Distribución de calificación de la variable tonicidad del útero.

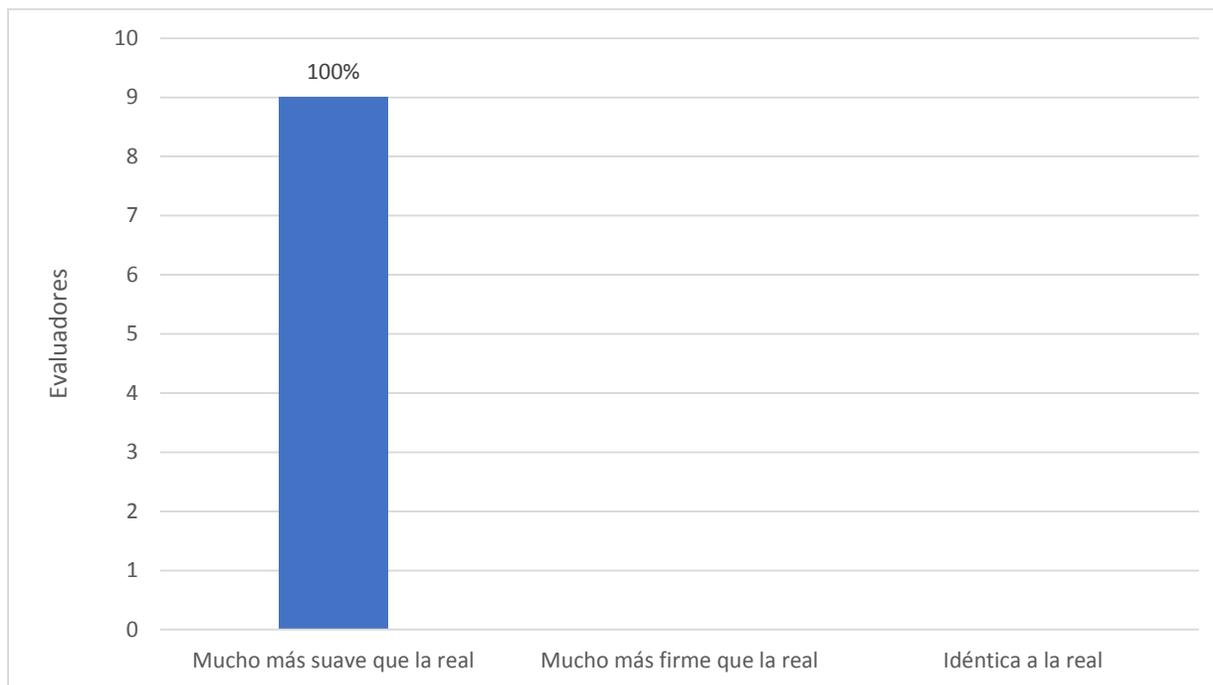


Gráfico 11. Distribución de calificación de la variable textura y estructuras ováricas.

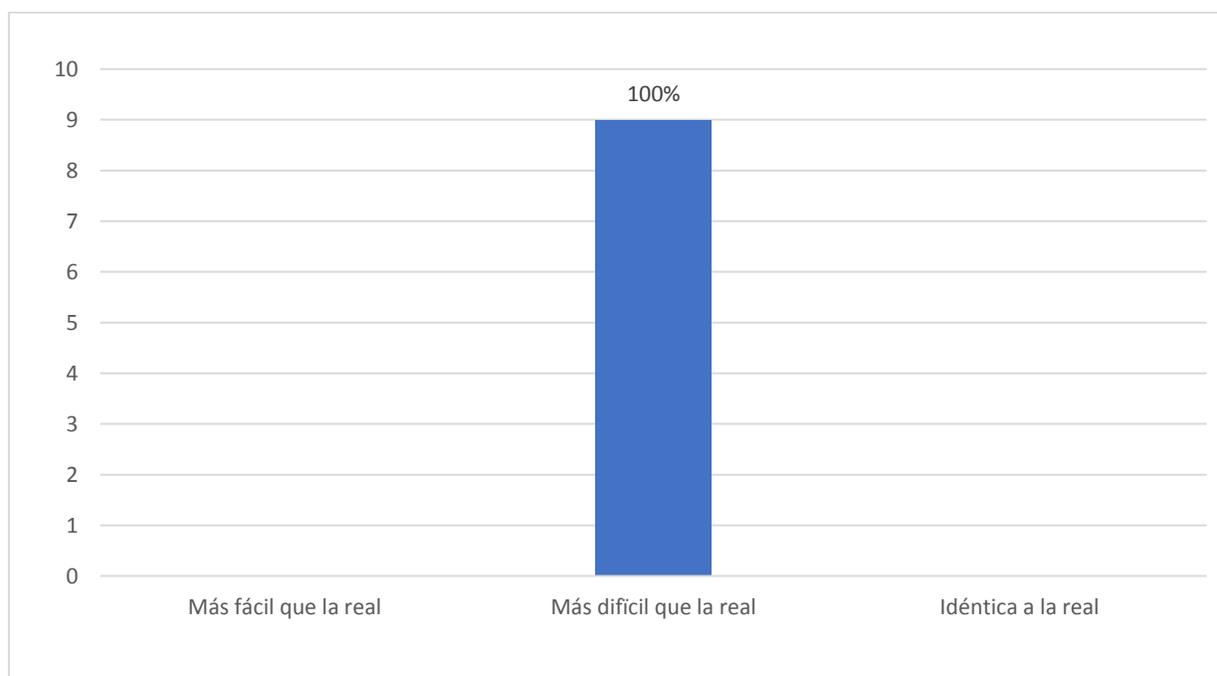


Gráfico 12. Distribución de calificación de la variable paso de pistola de inseminación.

El paso de la pistola de inseminación también fue percibida más difícil que la real por el total de los participantes (Gráfico 12) y ninguno pudo pasarla a través de los anillos del cérvix (Gráfico 13).

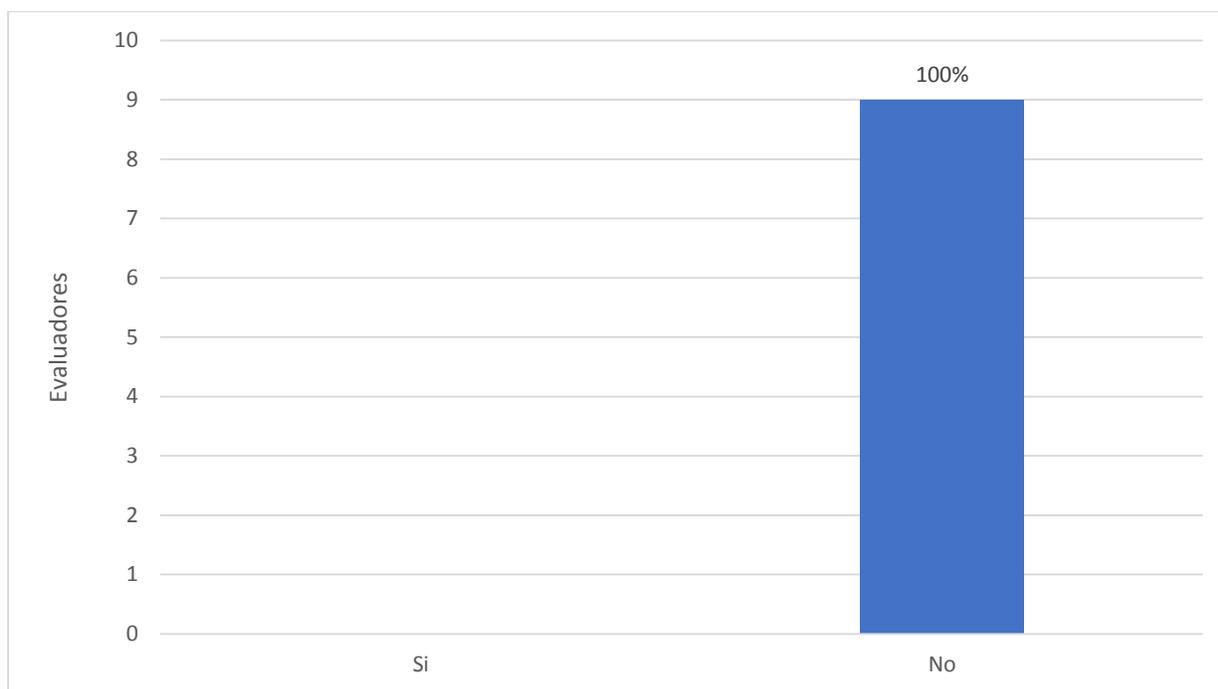


Gráfico 13. Distribución de calificación de la variable Paso de la pistola de inseminación a través de los anillos del cérvix.

Sugerencias de los expertos

Los expertos hicieron las siguientes recomendaciones en cuanto al material y diseño de los órganos reproductivos:

- El material es poco flexible y no permite una manipulación adecuada ni reconocimiento táctil y no permite la retracción del útero.
- El diámetro del recto y vagina debe ser mayor para tener mayor capacidad de maniobra.

- El esfínter anal aprieta más de lo normal.
- El cérvix y la vagina deben mejorar en su aspecto táctil y los ovarios deberían tener una consistencia más firme.
- Los ligamentos anchos no deben ser tan gruesos.
- El fórnix y las paredes vaginales son muy amplios.
- La maniobrabilidad de los órganos es muy difícil y es muy complicado ubicar la pistola de inseminación para pasarla por el cérvix.
- El canal cervical es demasiado angosto.
- El canal vaginal es muy largo y no se deja manipular y debe tener forma de embudo.

8. Discusión

Los programas actuales de medicina y veterinaria y zootecnia se enfrentan una serie de desafíos e inconvenientes en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Es bien conocido en el gremio que la poca disponibilidad de animales, las restricciones éticas, el tiempo y los gastos se convierten en un desafío radical para las instituciones y los profesores que pueden llegar a limitar la enseñanza, si no se cuenta con estrategias que ofrezcan alternativas que permitan ofrecer una.

Los resultados en este trabajo son similares a los presentados por Baillie *et al* (2003), donde con un simulador bovino háptico en fibra de vidrio PHANToM[®] calificaron las propiedades hápticas del útero y ovarios, aunque no mostraron cifras exactas. Baillie y su equipo de expertos concluyeron, al igual que en nuestro trabajo, que el cérvix se encontró con una tonicidad más alta; también analizaron que su forma debía ser más ovalada. El resto del útero se evaluó favorablemente, y los ovarios con sus estructuras fueron bien representados.

Baracaldo *et al.*, (2019) reportó mejores resultados con los estudiantes que practicaron con el simulador F1 en la identificación de cérvix (70%), útero (25%) y ovarios (18.8%), que los que lo hicieron con animales vivos; cérvix (53.3 %), útero (7%) y ovarios (7.6%). Lo que sugiere que, a diferencia de nuestro trabajo, dichos órganos del simulador presentan sensaciones táctiles y relaciones anatómicas adecuadas.

Bossaert *et al* (2009) reportaron resultados menos favorables con estudiantes que entrenaron con el simulador bovino Betsy[®] en cuanto al reconocimiento y la ubicación del útero y de los ovarios en vacas vivas (28%,) y estudiantes que practicaban directamente con animales en planta de beneficio (60%), lo que podría decir que el simulador presentó fallas en el diseño y elaboración de dichos órganos.

Riveiro *et al.*, 2009 probaron con un dispositivo háptico que tuvo problemas en la validación y aunque pudieron encontrar el útero, les fue difícil percibir las sensaciones

táctiles del órgano, lo cual coincide con los hallazgos de nuestro trabajo. Se hace necesario aclarar que solo contaron con la participación de un veterinario experto en la validación.

Todos los expertos estuvieron de acuerdo en que la sensación táctil de los tejidos no era la adecuada para los órganos, lo cual coincide con lo que concluyeron Read *et al* (2016) en su simulador para entrenamiento de OVH en perras.

En un trabajo realizado por Betancur *et al* (2017), se muestra un prototipo para entrenamiento en palpación e inseminación en bovinos, en el cual utilizaron un procedimiento y materiales similares a los del presente trabajo para la construcción de los órganos reproductivos, sin embargo, se alcanza a observar por medio de sus fotografías que no conservaron las relaciones anatómicas entre órganos y demás estructuras de la cavidad pélvica y abdominal. En otro estudio realizado en 2016, se desarrolló un simulador de forma en el que se podían acomodar los órganos reproductivos reales de planta de beneficio (Zolhavarieh *et al.*, 2016). Nagel *et al* (2015) utilizaron un tipo de goma no especificado en el estudio para construir los órganos reproductivos de la yegua, los cuales estaban embebidos en una cámara de acrílico llena de agua para representar la experiencia táctil de temperatura y presión en un simulador ginecológico equino. Estructuras como el ano y la vulva no fueron desarrolladas al grado de detalle anatómicos en otros trabajos. Los simuladores F1 y F2 acoplaron aberturas en látex que se asemejarían a estos órganos, sin contar con forma, textura y presión, al igual que los simuladores hápticos (Ganadero, 2017), (Baillie *et al* 2003), (Baillie *et al* 2005), (Kinnison T. *et al* 2009), (Castro, 2020), (Ahmad, I. & Sulaiman, 2010).

La construcción y el material del recto fue diferente en el trabajo realizado por Betancur *et al* 2017, que utilizaron tubos de PVC y una bomba de presión que simulaba el peristaltismo del recto. En otros estudios se utilizó un recto real extraído de planta de beneficio (Zolhavarieh *et al*, 2016) y modelos como el F1 y F2 utilizaron una manga de

látex (Ganadero, 2017). Nagel *et al* (2015) utilizaron un tubo de goma rodeado de agua, para representar la presión y temperatura en un simulador ginecológico equino.

La cola se desarrolló en los modelos F1 y F2, con un amplio grado de movilidad (Ganadero 2017). Los simuladores hápticos no incluyeron la cola en sus maniqués (Baillie *et al* 2003), (Baillie *et al* 2005), (Kinnison T. *et al* 2009), (Ahmad, I. & Sulaiman, 2010).

Muchos trabajos sobre simuladores hápticos que se enfocan en la enseñanza de anatomía uterina y reproducción bovina se han escrito en los últimos años. Los estudiantes y expertos que probaron estos simuladores pudieron identificar mejor la topografía uterina en animales vivos y también desarrollaron habilidades prácticas como la palpación y el diagnóstico de preñez. Aunque no se puede negar que estos simuladores hápticos tienen varias ventajas, también son costosos, difíciles de conseguir y en nuestro país son inexistentes (Kinnison T. *et al*, 2009). Por lo tanto, el desarrollo de herramientas didácticas de enseñanza que mantengan al estudiante motivado, y que hagan que el aprendizaje de la palpación e inseminación artificial en bovinos se convierta en una experiencia placentera, sitúan a nuestro simulador en una herramienta complementaria para la enseñanza de dichas actividades, porque representa una alternativa de enseñanza ecuánime que puede implementarse en diferentes lugares que así lo soliciten. A diferencia de los simuladores hápticos, el nuestro no se requiere tecnología adicional para la construcción y montaje tridimensional del modelo y es fácil de usar.

Gracias al material de construcción, el sacro ofrece gran resistencia a la fuerza que exige la maniobra de inseminación, y teniendo en cuenta que fue una copia exacta de un modelo real, brinda la sensación adecuada en cuanto a la palpación estructuras óseas, lo que difiere de Castro (2020) quién utilizó goma Eva y pasta de Papel de 15 cm de grosor para la construcción del sistema óseo de un simulador bovino hecho con material reciclable. En otros trabajos utilizaron fibra de vidrio y no incluyeron el grado

de detalle anatómico de nuestro modelo (Baillie *et al*, 2003; Baillie *et al*, 2005; Baillie *et al*, 2010; Kinnison T. *et al*, 2009; Ahmad, I. & Sulaiman, 2010; Ganadero, 2017).

Para la construcción de la piel, Castro (2020) utilizó una especie de lona, no especificada en el trabajo, que no coincide con la utilizada por nosotros en cuanto al material y función, porque logramos brindar cobertura externa y también dar forma al tren posterior, ya que no se diseñó un sistema muscular. Empresas dedicadas a la manufactura de simuladores bovinos como es el caso de F1 y F2 utilizaron para la cobertura externa fibra de vidrio (Ganadero, 2017). Otros simuladores hápticos también incluyeron fibra de vidrio en su cobertura externa y forma. (Baillie *et al*, 2003), (Baillie *et al*, 2005), (Baillie *et al*, 2010), (Kinnison T. *et al*, 2009), (Ahmad, I., & Sulaiman, 2010)

Las características de fácil ensamble, desembalaje y transporte del prototipo lo convierten en un avance novedoso en el campo de los simuladores de inseminación artificial en bovinos. Estas características son mencionadas como deseables al momento de implementar con estudiantes los simuladores desarrollados por Valliyate (2012).

9. Conclusiones

- Observamos que es necesario seguir con la investigación y hacer más estudios sobre el tipo de materiales a utilizar en la construcción de los órganos reproductivos del simulador, para que ofrezcan una experiencia táctil más realista.
- El prototipo desarrollado fue calificado como innovador y novedoso en su campo y, con los ajustes necesarios, se convertirá en una herramienta importante en la enseñanza de la inseminación artificial en bovinos.
- La simulación ofrece una alternativa humanitaria para la enseñanza de procedimientos que requieren la repetición continua para dominar la técnica. Lo que en animales vivos podría llegar a afectar el bienestar animal.
- La elaboración de un simulador desarmable para el entrenamiento en inseminación artificial en bovinos permite llevar el conocimiento a lugares donde no podría ser llevado un simulador convencional o donde la disponibilidad de animales de práctica es limitada.
- El fácil mantenimiento y operación del simulador permite que pueda ser utilizado por cualquier persona involucrada en el tema sin necesidad de conocimientos o destrezas especiales.

10. Bibliografía

Ahmad, I., & Sulaiman, S. (2010, June). Evaluation of Real-Time Visio-Haptic Deformable Bovine Rectal Palpation Simulator. In *2010 International Symposium on Information Technology* (Vol. 1, pp. 1-4). IEEE.

Baillie S, Mellor DJ, Brewster SA, Reid SWJ. Integrating the bovine rectal palpation simulator into a veterinary curriculum: Student feedback—Part 1, immediately after the initial training session. In *Proceedings of the Association for Medical Education in Europe (AMEE) 2004 Conference*. Dundee, UK: Association for Medical Education in Europe, 2004:4.66.

Baillie S., Crossan A., Reid S., Brewster S., Preliminary Development and Evaluation of a Bovine Rectal Palpation Simulator for Training Veterinary Students, University of Glasgow, 2002.

Baillie, S., Crossan, A., Reid, S., & Brewster, S. (2003). Preliminary development and evaluation of a bovine rectal palpation simulator for training veterinary students. *Cattle Practice*, 11(2), 101-106.

Baracaldo-Martinez, A., Domínguez-Castaño, P., Franco-Hernández, E. N., Atuesta-Bustos, J. E., & Robayo-Triviño, D. A. (2019). Uso de un simulador bovino para prácticas de palpación transrectal. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(3), 1342-1346.

Barcenas J. (2013) inauguran hospital de simulación clínica UVM. Campus coyocan. México D.F. Recuperado 22 de septiembre de 2020 de www.lauretecomunicación.com/prensa/hospital/simulad/.

Betancur Cardona, S. M., Castro Riascos, M. L., León Vargas, R., Rico, E. M., Sepúlveda, V., Agudelo, D., ... & Vergara Crismatt, C. A. (2017). Manual de MARBI

(modelo anatómico reproductivo inanimado bovino): prototipo para prácticas de palpación e inseminación artificial en bovinos de los aprendices SENA.

Carvajal, A., Centeno, C., Watson, R., Martínez, M., & Sanz Rubiales, A. (2011, April). ¿Como validar un instrumento de medida de la salud? In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 34, No. 1, pp. 63-72). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.

Castro Leonardo, A. Desarrollo e implementación de un Simulador bovino con materiales reciclables, para el aprendizaje didáctico de estudiantes de Zootecnia de la Universidad Nacional Abierta ya Distancia UNAD, CCAV–Pitalito.

Ejercicio de las profesiones de Medicina y Veterinaria, Medicina Veterinaria y Zootecnia y Zootecnia en Colombia. (2008). vet.zootec

Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Medicina Veterinaria. (2015). Programa de medicina veterinaria, versión 4 (Resumen ejecutivo). Medellín-Antioquia

Foot R. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *Journal of Animal Science* 2002; 80(1): 1-10

Galindo López, J., & Visbal Spirko, L. (2007). Simulación, herramienta para la educación médica. *Salud Uninorte*, 23 (1), 79-95.

ganadero, C. (14 de junio de 2017). CONtexto ganadero. Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-vaca-maniqui-hecha-en-colombia-amplia-su-gama-de-servicios>

García Soto, N., Nazar-Jara, C., & Corvetto Aqueveque, M. (2014). Simulation in anesthesia: the importance of debriefing. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 37 (3), 201-205.

García -Vázquez FA, Gadea J, Matás C, Holt WV. Importance of sperm morphology during sperm transport and fertilization in mammals. *Asian J Androl* 2016,doi: 10.4103/1008-682X.186880

Giraldo Giraldo, J. J. (2007). Una Mirada al uso de la inseminación artificial en bovinos.

Ker, J., & Bradley, P. (2010). Simulation in medical education. *Understanding medical education: Evidence, theory and practice*, 164-180.

Kinnison T, Forrest ND, Frean SP, et al Teaching bovine abdominal anatomy: use of a haptic simulator. *Anat Sci Educ.* 2009;2(6):280–5. <https://doi.org/10.1002/ase.109>.
Medline:19780149.

Kinnison, T., Forrest, N. D., Frean, S. P., & Baillie, S. (2009). Teaching bovine abdominal anatomy: Use of a haptic simulator. *Anatomical sciences education*, 2(6), 280-285.

Lederman LC. Differences that make a difference: Intercultural communication, simulation, and the debriefing process in diverse interaction. In: the Annual Conference of the International Simulation and Gaming Association. Kyoto, Japan, July 15–19: 1991.

Martinez Marrero, E. *Cómo estudiar anatomía* / Emilio Martínez Marrero - Barranquilla: Editorial Universidad del Norte, (2012). ISBN 978-958-741-172-0 1. DasenMendez, J. & Cavestany, D. (1993). Manual de inseminación artificial en bovinos. *Boletín de Divulgación* N° 39. ISBN: 9974-556-81-3.

Messick, S. (1989). Validity. En R. L. Linn (Ed.). *Educational Measurement*. 3ª edición, pp. 13-103. Nueva York: Collier Macmillan.

Nagel, C., Ille, N., Aurich, J., & Aurich, C. (2015). Teaching of diagnostic skills in equine gynecology: Simulator-based training versus schooling on live horses. *Theriogenology*, 84(7), 1088-1095.

Osorio Villa, P. A., Franco, Á., Blanca, M., & Franco Jaramillo, A. (2012). El uso de simuladores educativos para el desarrollo de competencias en la formación universitaria de pregrado. *Revista Q*, 7(13).

Palés Argullós, J. L., & Gomar Sancho, C. (2010). El uso de las simulaciones en educación médica. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(2).

Pérez, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes*. Madrid: Iberoamérica.

Petranek C. Maturation in experiential learning. *Principles of simulation and gaming. Simul Gaming*. 1994;25(4):513-523.

Portilla, C. (s.f.). 7 pasos para realizar inseminación artificial de forma correcta. Recuperado 17 marzo, 2019, de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/7-pasos-para-realizar-una-inseminacion-artificial-bovinos-de-forma-correcta>.

Quiñones, M. (2006). Integration of Medical Simulation into Training Programs. *NAVY MEDICINE*, 97(2),

R Baillie, S., Crossan, A., Brewster, S. A., May, S. A., & Mellor, D. J. (2010). Evaluating an automated haptic simulator designed for veterinary students to learn bovine rectal palpation. *Simulation in Healthcare*, 5 (5), 261-266.

R Baillie, S., Crossan, A., Brewster, S. A., Mellor, D., & Reid, S. (2005). Validation of a bovine rectal palpation simulator for training veterinary students. *Studies in health technology and informatics*, 111, 33-36.

R Baracaldo-Martinez, A., Domínguez-Castaño, P., Franco-Hernández, E. N., Atuesta-Bustos, J. E., & Robayo-Triviño, D. A. (2019). Uso de un simulador bovino para prácticas de palpación transrectal. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30, (3), 1342-1346.

R Barroso Osuna, J. M., & Cabero Almenara, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 65 (2), 25-38. Recuperado de: <https://recyt.fecyt.es/index.php/BORDON/article/view/brp.2013.65202>

R Berkenstadt, H., Ziv, A., Gafni, N., & Sidi, A. (2006). Incorporating simulation-based objective structured clinical examination into the Israeli National Board Examination in Anesthesiology. *Anesthesia & Analgesia*, 102 (3), 853-858. doi: 10.1213/01.ane.0000194934.34552.ab.

R Collante Padilla, A., y Montenegro Chávez, J. (2015). *Diseño y validación de un instrumento para evaluar la competencia intubación orotraqueal en escenario simulado* (Tesis de Maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

R Cooper, J. B., Taqueti, V. (2008). A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. *Quality and safety in health care*, 13 (1), 11-18. doi: 10.1136/qshc.2004.009886

R Crossan A., Brewster S., Reid S., Mellor D. Comparison of simulated ovary training over different skill levels. Recuperado de http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/Eurohaptics2001_crossan.pdf

R Cruz Solorzano, S. M. (2016). *El uso de simuladores como herramienta de aprendizaje en la enseñanza de medicina veterinaria*. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/>

R Dasen Ferrero, A. (2017). Evaluación y percepción de la metodología de simulación en la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Universidad de las Américas (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.

R Dávila-Cervantes, A. (2014). Simulación en educación médica. *Investigación en educación médica*, 3 (10), 100-105. doi: 10.1016/S2007-5057(14)72733-4

R Deakin, C. D., Nolan, J. P., Soar, J., Sunde, K., Koster, R. W., Smith, G. B., y Perkins, G. D. (2010). *European resuscitation council guidelines for resuscitation 2010 section 4. Adult advanced life support*. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20956049/>

R Diaz, B.F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5 (2).

R Epstein, R. M. (2007). Assessment in medical education. *New England Journal of Medicine*, 356 (4), 387-396. doi: 10.1056/NEJMra054784

R Ericsson, K.A. (2004). Deliberate practice and the acquisition and maintenance of expert performance in medicine and related domains. *Acad Med*, 79 (10 Suppl). S70 – 81. doi: 10.1097/00001888-200410001-00022

R Fanning, R. M., & Gaba, D. M. (2007). The role of debriefing in simulation-based learning. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 2 (2), 115-125. doi: 10.1097/SIH.0b013e3180315539

R Fletcher D.J., Militello R., Schoeffler GL., & Rogers C.L. (2012) Development and evaluation of a high-fidelity canine patient simulator for veterinary clinical training. *Journal of Veterinary Medical Education*, 39 (1), 7-12. doi: 10.3138/jvme.0711.073R

R García Vázquez, F. A., Coy, P., Romar, R., Ruíz, S., Hernández Caravaca, I., Gadea, J., y Marco, A. (2011). Uso del simulador informático PhysioEX en la asignatura de Fisiología Veterinaria: valoración del alumnado. *Congreso Internacional de Innovación Docente*. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.

R García, S. (2002). La validez y la confiabilidad en la evaluación del aprendizaje desde la perspectiva hermenéutica. *Revista de Pedagogía*, 23 (67), 297-318. Recuperado de <http://ve.scielo.org/>

R Hart L.A., Wood M.W., & Weng H.Y. (2005). Mainstreaming alternatives in veterinary medical education: Resource development and curricular reform. *Journal of Veterinary Medical Education*, 32 (4), 473–480. doi: 10.3138/jvme.32.4.473

R Hernández Narváez, H. L., y Ramos Cuello, D. D. J. (2016). *Desarrollo de una herramienta de simulación para mejorar las prácticas en el programa de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad de Córdoba*. (Trabajo de grado – Pregrado). Universidad de Córdoba, Montería, Colombia.

R Munshi, F., Lababidi, H., y Alyousef, S. (2015). Simulaciones de baja fidelidad versus alta en la enseñanza y evaluación de habilidades clínicas. *Revista de Ciencias Médicas de la Universidad de Taibah*, 10 (1), 12-15.

R Ortiz, T. (1999). Las matronas y la transmisión de saberes científicos sobre el parto en la España del S. XIX. *Arenal: Revista de historia de mujeres*, 6 (1), 55-79.

R Salas Perea, R. S., & Ardanza Zulueta, P. (1995). La simulación como método de enseñanza y aprendizaje. *Educación Médica Superior*, 9 (1), 3-4.

R Scalese R.J., & Issenberg S.B. (2005). Effective use of simulations for the teaching and acquisition of veterinary professional and clinical skills. *J Vet Med Edu*, 32 (4), 461-467. doi: 10.3138/jvme.32.4.461

R Smeak D.D., Beck M.L., Shaffer C.A., Gregg C.G. (1991) Evaluation of video tape and a simulator for instruction of basic surgical skills. *Vet Surg*, 20 (1), 30–36. doi: 10.1111/j.1532-950x.1991.tb00302.x.

R Smeak D.D., Hill L.N., Beck M.L., Shaffer C.A., Birchard S.J. (1994) Evaluation of an autotutorial-simulator program for instruction of hollow organ closure. *Vet Surg*, 23 (6), 519-528. doi: 10.1111/j.1532-950x.1994.tb00513.x.

R Weingart, N.S., Wilson, R.M., Gibberd, R.W., y Harrison, B. (2000). Epidemiología del error médico. *Bmj*, 320 (7237), 774 -777.

R Yushchenko A., Berreville O., Wright N., White L., & Sullivan E. (2012). Elimination of live terminal surgeries in Canadian Veterinary Practice. *ALTEX Proceedings, Proceedings of WC8*, 395 – 397.

R Zigmont, J. J., Kappus, L. J., & Sudikoff, S. N. (2011). Theoretical Foundations of Learning Through Simulation. *Seminars in Perinatology*, 35 (2), 47 - 51. doi: 10.1053/j.semperi.2011.01.002

R Ziv, A., Ben-David, S., & Ziv, M. (2005). Simulation based medical education: an opportunity to learn from errors. *Medical teacher*, 27 (3), 193-199. doi: 10.1080/01421590500126718

R. Huertas, S., Gallo, C., y Galindo, F. (2014). Motores de las políticas de bienestar animal en las Américas. *Revue Scientifique et Technique de l'office International des Epizooties*, 33 (1), 55-66. doi: 10.20506/rst.33.1.2264

Rall, M., Manser, T., & Howard, S. K. (2000). Key elements of debriefing for simulator training. *European Journal of Anaesthesiology*, 17 (8), 516-517.

Read, E. K., Vallevand, A., & Farrell, R. M. (2016). Evaluation of veterinary student surgical skills preparation for ovariohysterectomy using simulators: a pilot study. *Journal of veterinary medical education*, 43(2), 190-213.

Rudolph, JW, Simon, R., Dufresne, RL, y Raemer, DB (2006). No existe tal cosa como el interrogatorio "sin juzgar": una teoría y un método para interrogar con buen juicio. *Simulación en Salud*, 1 (1), 49-55. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21411995000100002

Schijven M, Jakimowicz J. Construct validity: experts and novices performing on the Xitact LS500 laparoscopy simulator. *Surg Endosc* 2003;17(5):803-810.

Shipka, M. P., & Ellis, L. C. (1999). Effects of bull exposure on postpartum ovarian activity of dairy cows. *Animal reproduction science*, 54 (4), 237-244

Tamayo-Arango, L., y Garzón-Alzate, A. (2018). Preservation of animal cadavers with a formaldehyde-free solution for gross anatomy. *Journal of Morphological Sciences*, 35, 136–141. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1669434>

Thatcher DC, Robinson MJ. An introduction to games and simulations in education. Hants: Solent Simulations; 1985.

Valliyate, M.; Robinson, N. G.; and Goodman J. R. (2012). Current concepts in simulation and other alternatives for veterinary education: a review. *Revista de medicina veterinaria*, 57, (7): 325–337. (Fecha de consulta: 24 de julio 2018)

Ziv, A., Wolpe, P. R., Small, S. D., & Glick, S. (2003). Simulation-based medical education: an ethical imperative. *Academic medicine*, 78 (8), 783-788.

Zolhavarieh, S. M, Sadeghi-nasab, A.Ghanbari, Mirshokraei, Ruhi athar, (2016). Preliminary Evaluation of Learning Performance of the Simplest Bovine Trans-rectal Palpation Phantom for Training Veterinary Students. *Iranian Journal of Ruminants Health Research*, 1(1), 21-30.

11. Anexos



VICERRECTORÍA DE EXTENSIÓN
Programa Gestión Tecnológica

Medellín, 31 de mayo de 2021

A quien pueda interesar

ASUNTO: SOBRE PROCESO DE PROTECCIÓN EN CURSO

Por medio de la presente informamos que el trabajo de grado para optar al título de magister del estudiante Jaime Andrés Londoño Osorio y titulado "Diseño y validación de un simulador reproductivo bovino portátil para el entrenamiento en inseminación artificial", hace parte del desarrollo titulado "simulador reproductivo bovino portátil"; el cual se encuentra en trámite interno de protección para solicitud de patente y la cual está siendo gestionada a través del Programa de Gestión Tecnológica de la Universidad de Antioquia.

Atentamente,


Pamela Álvarez Acosta
Coordinadora Unidad de Transferencia de Conocimiento
División de Innovación
Vicerrectoría de Extensión
Universidad de Antioquia