



**UBA**  
Universidad de Buenos Aires



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Veterinarias

Especialización en Docencia Universitaria  
para Ciencias Veterinarias y Biológicas

“ENSEÑAR-APRENDER CON TECNOLOGÍA 3D,  
UNA ALTERNATIVA AL EMPLEO DE ANIMALES  
EN LA TECNICATURA UNIVERSITARIA EN  
GESTIÓN INTEGRAL DE BIOTERIOS”

Vet. Eduardo Daniel Caturini

Tutor: Med. Vet. Federico A. Gullace

2019

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b> .....	3
1.1. <i>Objetivos</i> .....	7
<b>2. Planteamiento del problema</b> .....	8
2.1. <i>Beneficios de la protección de animales y cumplimiento de la legislación mejorada</i> .....	8
2.2. <i>Inquietudes de los estudiantes</i> .....	10
<b>3. Marco teórico/Estado del arte</b> .....	12
3.1 <i>La Tecnología Educativa</i> .....	12
3.2. <i>Las Teorías del Aprendizaje y de la Instrucción</i> .....	10
<b>4. Desarrollo</b> .....	21
4.1 <i>Conceptuación del recurso didáctico</i> .....	21
4.2 <i>Criterios de selección y uso</i> .....	22
4.3 <i>El recurso: biomodelo inanimado impreso en 3D para emplear en las Técnicas de Bioterio I a V</i> .....	23
4.4 <i>Planificación para la utilización del recurso</i> .....	30
4.5 <i>Pautas para la utilización del modelo inanimado: el rol del docente y el rol del estudiante</i> .....	32
4.6 <i>Alcances y limitaciones de la propuesta</i> .....	34
<b>5. Evaluación del biomodelo didáctico</b> .....	44
<b>6. Conclusiones</b> .....	45
<b>7. Glosario</b> .....	47
<b>8. Bibliografía</b> .....	50
<b>9. Anexos</b> .....	54
9.1 <i>Anexo I</i> <i>Programas de Técnicas de Bioterio I a V</i> .....	54
9.2 <i>Anexo II</i> <i>Encuesta de opinión sobre rata 3D</i> .....	63

## **1. Introducción**

Históricamente, el uso de animales, aun cuando les ocasione daño o muerte, ha jugado un papel integral en la enseñanza de carreras universitarias como Veterinaria, Biología y en la actual Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterios en disciplinas tales como la cirugía, fisiología, bioquímica, anatomía, farmacología, y parasitología.

Muchos miles de animales han sido sacrificados en todo el mundo durante los intentos para enseñar habilidades prácticas o para demostrar principios científicos que, en muchos casos, han sido establecidos por décadas. Los animales son sacrificados y diseccionados para demostrar principios anatómicos. Animales vivos u órganos extraídos a los mismos son sometidos a experimentos invasivos en laboratorios de fisiología, bioquímica, farmacología y parasitología. Los estudiantes en la mayoría de los países aprenden cirugía practicando procedimientos quirúrgicos en animales saludables. Por lo general, los animales que sobreviven a estos experimentos o procedimientos luego son sacrificados por los estudiantes.

La afirmación de que los animales son lastimados dentro de la educación es controversial. Sin embargo, los procedimientos invasivos como aquéllos que interfieren notablemente con la integridad corporal, tal como algunos procedimientos experimentales, sí causan daño cuando son realizados en animales sanos que no se benefician de los procedimientos. El daño proviene de cualquier dolor, molestia o angustia psicológica asociada con el procedimiento, y del impedimento de la función física y el trastorno de la vida normal del animal, los que pueden interferir con el logro de intereses que son importantes para el animal.

Algunos consideran que sacrificar a un animal saludable, cuando se realiza sin infligir angustia u otro tipo de sufrimiento, no necesariamente constituye daño (p.ej. Luy, 1998). En mayor o menor medida, las muertes que se aproximan a dicho estado idealizado son razonablemente comunes dentro de la enseñanza en las mencionadas carreras, por ejemplo, cuando los animales son sacrificados con un mínimo de dolor o angustia antes de las prácticas de laboratorio, o luego de experimentos o procedimientos quirúrgicos realizados bajo anestesia general. Sin embargo, los animales tienen un amplio campo de

intereses naturales que tratan de lograr durante sus vidas. El interés en lograr un estado de bienestar físico y psicológico positivo es sólo un ejemplo. La muerte evita el logro de casi todos los intereses de cualquier animal, y por consiguiente constituye uno de los daños más profundos que pueden de hecho ser infligidos (Balluch, 2006).

Una muy rara excepción sucede cuando hay un interés abrumador para evitar el sufrimiento severo y sufrimiento intratable causado por enfermedad o lesión. En este caso el bienestar físico y psicológico se eleva de un estado profundamente negativo a un estado “nulo”, por medio de la muerte. Esta mejora constituye una *eutanasia* genuina, es decir, una “muerte buena”, una que es lo más conveniente para el animal.

Sin embargo, ahora existen muchas alternativas no dañinas, incluyendo la simulación por computadora, videos de alta calidad, “cadáveres obtenidos de fuentes éticas”, como de animales sometidos a eutanasia por razones médicas, especímenes preservados, modelos animales inanimados y simuladores quirúrgicos, autoexperimentación no invasiva, y experiencias clínicas supervisadas.

Actualmente muchos estudiantes que buscan usar tales métodos son reacios, por cuestiones éticas o humanitarias, a emplear animales durante las actividades prácticas pero con frecuencia se enfrentan a una fuerte oposición por parte de los miembros docentes, que generalmente ponen en duda su eficacia en la enseñanza.

En el marco de las asignaturas Técnicas para bioterio I a V, materias de primero a tercer año de la Tecnicatura mencionada de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA, y frente a una problemática que involucra la realización de prácticas con animales es que se desarrolla esta propuesta. La misma genera una herramienta que favorece el proceso formativo de los estudiantes y, a la vez, les permite aprender sin emplear animales.

Nuestros modelos animales inanimados son objetos de material sintético impresos en 3D con características morfológicas externas similares a las de roedores vivos. De esta forma los estudiantes pueden practicar, mediante el uso de los mismos, diferentes maniobras y técnicas para desarrollar las

habilidades propias de la disciplina (técnicas de sujeción, inoculación y hasta maniobras quirúrgicas).

La propuesta tiene sustento en la denominada regla de las tres Rs (Reducción, Reemplazo y Refinamiento) de Rusell y Burch (1992); específicamente el Reemplazo por modelos animales inanimados en la enseñanza y formación, complementándolo con sistemas audiovisuales, simuladores por ordenadores y de realidad virtual.

Los estudiantes encuentran en esta forma de enseñanza una alternativa atractiva e innovadora, pero a la vez sencilla y económica, que cubre sus expectativas.

La incorporación de este recurso, en un contexto donde las prácticas con animales son prácticas tradicionalistas, constituye un desafío ya que este tipo de cambios suelen generar resistencias entre los docentes. Asimismo, se requiere una participación activa por parte de los mismos en cuanto a su formación para la utilización de estos métodos y a su diseño.

Muchas veces ellos no están interesados en la ética del uso de animales. Los libros de texto, los laboratorios y equipos todavía están orientados hacia la experimentación con animales. Convencer a estos profesores de las ventajas y la conveniencia ética del uso de alternativas es difícil, ya que esta situación está muy polarizada. Incorporar los principios de las Tres Rs en la capacitación inicial de los profesores y en el desarrollo profesional posterior a la obtención de su título ayudaría a vencer algunas de estas dificultades.

Se han escrito muchos artículos en los cuales el uso dañino de animales no ocurrió y, a la vez, se pudieron demostrar los beneficios adicionales de los métodos de enseñanza humanitarios en la educación en carreras biológicas incluyendo: ahorro de tiempo y costos, potencial mejorado para la parametrización y la repetición del ejercicio de aprendizaje, el incremento de la confianza y satisfacción del estudiante, mayor cumplimiento con la legislación sobre el uso de animales, eliminación de las objeciones del uso de animales sacrificados con objetivos específicos, y la integración de las perspectivas y ética clínicas en las primeras etapas del plan de estudios. La evidencia demuestra que los educadores pueden servir mejor a sus estudiantes y

animales, y a la vez minimizar las cargas financieras y de tiempo, con la introducción de métodos de enseñanza bien diseñados que no dependan del uso dañino de animales.

Puede que haya fenómenos psicológicos interesantes debajo de la resistencia demostrada por algunos miembros docentes para usar métodos de enseñanza humanitarios, incluyendo la necesidad de justificar personalmente el sacrificio en gran escala de animales para los cursos dentro de su responsabilidad. Más aún, Gruber y Dewhurst (2004) afirman que: “La vanidad humana no debe subestimarse. Para muchos docentes universitarios no es aceptable apartarse de los métodos que les enseñaron y que siempre han usado durante toda una vida de enseñanza. La aversión hacia la aceptación de alternativas que no han sido desarrolladas en su propio país también juega un papel”.

El único argumento que podría exitosamente permitir la negación de los métodos de enseñanza humanitarios en un forum legal o similarmente racional sería que el uso dañino de animales es verdaderamente esencial para adquirir las habilidades o conocimientos requeridos para la práctica de la profesión en cuestión. Y ciertamente, en la experiencia de otros colegas y la propia, las razones mencionadas más frecuentemente por los miembros docentes que se oponen a la introducción de los métodos de enseñanza humanitarios son inquietudes sobre su eficacia educativa. Y en base a dicha inquietud, Patronek y Rauch en el año 2007 revisaron sistemáticamente los resultados del aprendizaje a través de los métodos de enseñanza humanitarios comparándolos con aquéllos logrados con el uso terminal del animal vivo. Estos autores concluyeron que “las alternativas son un método viable de instrucción en el campo de la educación biomédica”. Alentaron a “los educadores biomédicos a considerar sobre como el adoptar métodos de enseñanza alternativos podría beneficiar sus programas de enseñanza, a los estudiantes y a los miembros docentes”.

Este trabajo presenta un método alternativo para que los estudiantes desarrollen habilidades manuales para su trabajo profesional, utilizando modelos inanimados impresos en 3D.

### *1.1. Objetivos*

- \* Diseñar e implementar un recurso alternativo como herramienta didáctica, objeto inanimado (biomodelo didáctico), para la enseñanza de las maniobras prácticas en las materias “Técnicas de bioterio”, previo al contacto con animales vivos.
- \* Favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes de las materias Técnicas de bioterio.
- \* Aproximar al estudiante a desarrollar un puente cognitivo entre los saberes previos y nuevos conocimientos.
- \* Minimizar el uso de los animales de laboratorio (cumplir con la regla de las 3 Rs de Russel y Burch).
- \* Cumplir con la legislación y los códigos de ética actuales.

## **2. Planteamiento del problema**

### *2.1. Beneficios de la protección de animales y cumplimiento de la legislación mejorada*

W. Rusell y R. Burch, en 1959, formularon el concepto de las 3Rs. En su libro titulado "The Principles of Human Experimental technique", se plantean los términos: REEMPLAZO, REDUCCIÓN Y REFINAMIENTO, como principios éticos fundamentales del uso de animales de laboratorio para fines científicos, pruebas de productos y educación.

Algunas de las ventajas de las alternativas humanitarias aparte de la eficacia educativa incluyen salvar un número sustancial de vidas animales. Pocos países registran las cifras de animales usados para propósitos educativos, y de aquéllos que lo hacen, la mayoría sólo toman en cuenta el uso del vertebrado vivo, y no incluyen a los invertebrados o vertebrados sacrificados para disecciones. Además, la baja proporción de uso no dañino muy rara vez se diferencia del uso general de animales. Por consiguiente, los cálculos sobre el número de animales a los cuales se les hace daño para propósitos educativos es muy problemático. Sin embargo, es claro que esas cifras son sustanciales. Aproximadamente nueve millones de animales vertebrados y una cantidad similar de invertebrados fueron usados en la educación biomédica en los Estados Unidos en el 2000 (Balcombe, 2000b).

Además de salvar directamente una gran cantidad de vidas animales, los métodos de enseñanza humanitarios también facilitan cumplir mejor con los requerimientos legislativos y el Código de Prácticas, restringiendo el uso educativo u otro científico de animales, que existe en un creciente número de países (Balcombe, 2000a). En Australia, por ejemplo, el Código de Prácticas Australiano para el Cuidado y Uso de Animales para Propósitos Científicos, que se hace cumplir de acuerdo con la ley en cada estado y territorio, requiere de alternativas al uso de animales para propósitos educativos u otros propósitos científicos, cuando sea necesario (NHMRC, 2004).

Se espera que la gran importancia de estos factores vaya en aumento a medida que la sociedad se vuelva más consciente de la protección a los animales (Siegford et al., 2005), y por consiguiente, menos dispuestos a

permitir el uso dañino de animales para propósitos educativos (Scalese e Isenberg, 2005).

Junto con una inadecuada atención curricular a la ciencia del bienestar de animales, el vínculo humano-animal y el desarrollo de la habilidad del razonamiento crítico y la ética (Self y col., 1994; Williams y col., 1999), el uso dañino de animales durante la enseñanza veterinaria es una causa probable de dichos fenómenos (Serpell, 2005; De Boo y Knight, 2005, 2006). La aparente disminución en la preocupación por el bienestar de los animales, puede en algunos casos, representar adaptaciones psicológicas que permite a los estudiantes de veterinaria soportar lo que sería de otro modo de stress psicológico intolerable debido a los requerimientos curriculares de dañar a criaturas sensibles en la ausencia de una necesidad irreprimible (Capaldo, 2004). Consecuentemente, el reemplazo del uso dañino de animales con los métodos de enseñanza humanitarios probablemente de como resultado veterinarios y técnicos para bioterio con actitudes más positivas hacia el bienestar de los animales, que beneficie directamente a sus pacientes animales y reactivos biológicos respectivamente.

Con el correr de los años, la utilización de animales de laboratorio se modifica continuamente. En las últimas décadas la Declaración Universal de los Derechos del Animal, adoptada por la Liga Internacional de los Derechos del Animal y proclamada en 1978 y posteriormente 1993 aprobada por la UNESCO y la ONU, comienza afirmando que “todo animal posee derechos” y especifica deberes de respeto hacia el animal. Dicha afirmación que, veinte años después, sabemos que no pasa de ser, todavía, una falsedad, propagada por fervorosos animalistas que se basan en estas superestructuras político-ideológicas constituidas tras la Segunda Guerra Mundial. Las cinco libertades/derechos incluidos en dicha declaración se enumeran a continuación:

- 1- Agua y alimento apropiado.
- 2- Libertad de controlar, ambiente apropiado.
- 3- Libertad de dolor.
- 4- Libertad de expresar comportamiento normal, espacio, instalaciones.
- 5- Libertad de vivir sin miedo para evitar sufrimiento.

## *2.2. Inquietudes de los estudiantes*

Un número considerable de países han prohibido el uso de animales en escuelas primarias y secundarias (principalmente) o en la educación universitaria, totalmente. En un grupo menor, incluyendo Inglaterra, Alemania, India, Italia, los Países Bajos y los Estados Unidos, los derechos de los estudiantes de acceder a métodos educativos que no violen sus creencias éticas o religiosas a conciencia contra el daño hacia los animales están protegidos por garantías constitucionales, legislación, políticas o convenciones, que han contribuido a varias demandas/juicios exitosos de los estudiantes (Francione y Charlton, 1992; Balcombe, 2000a, 2000b).

En Argentina treinta años atrás, los docentes que dictaban las clases prácticas en la Carrera de Bioterio, no estaban de acuerdo en reemplazar a los animales de laboratorio por ningún método alternativo. Consideraban que los estudiantes debían en primera instancia tomar contacto con los animales y en forma conjunta realizar la técnica o maniobra correspondiente sin contar con la seguridad que los alumnos requerían para este trabajo. Atribuían que era necesario el uso de animales desde la primera clase, sin tener en cuenta el stress tanto del alumno como de los animales involucrados. Sosteniendo que los estudiantes debían realizar las maniobras en los animales directamente para favorecer el proceso de aprendizaje.

La tensión entre la teoría y la práctica sobre el uso de animales de laboratorio es uno de los problemas que se presentan en las asignaturas dadas en la actual Tecnicatura en Gestión Integral de Bioterios.

Por tal motivo, nos vemos en la necesidad de reemplazar los animales por modelos alternativos para la enseñanza y minimizar la utilización de seres vivos en los primeros trabajos prácticos teniendo como premisa fundamental el bienestar animal, (Ley 14346- Argentina. Protección de los Animales), sin modificar la cantidad de horas prácticas destinadas a la práctica de maniobras.

La implementación de un modelo alternativo como un objeto inanimado, que no fue creado para tal fin, requiere de optimización para ser utilizado como un recurso educativo didáctico, en reemplazo de un ser vivo. Esta es la propuesta pedagógica que se propone desarrollar, con el objeto de que el estudiante se

familiarice con las habilidades manuales propias de la disciplina para el manejo de las diferentes especies, previo al uso de los animales de laboratorio. Esta propuesta constituye otro camino posible para que los estudiantes desarrollen sus propias habilidades y, se fundamenta en la teoría del aprendizaje cognitivo; y se basa en el aprendizaje de oficios, sitúa al estudiante en un ambiente en el que se enfrenta a una situación particular, vincula el pensamiento con la acción, desarrolla habilidades y un sentido de competencia profesional.

### **3. Marco teórico/Estado del arte**

#### *3.1 La Tecnología Educativa*

Las diferentes teorías del aprendizaje (que buscan explicar cómo aprendemos)

y de la instrucción (que intentan determinar cuáles son las condiciones óptimas para enseñar) han tenido un fuerte impacto en lo que a la tecnología educativa refiere.

Dichas teorías repercutieron o bien en el diseño de los diferentes recursos, o en el rol que deben tener estudiantes y docentes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje al utilizar estas nuevas herramientas.

El surgimiento de la era tecnológica vinculada a la educación data de los años cincuenta con Skinner (1985) y la perspectiva conductista. Las experiencias educativas estaban fundamentadas en el condicionamiento operante o instrumental. El aprendizaje estaba basado en la repetición y aquellas acciones que era deseable que fueran repetidas eran acompañadas de un reforzamiento positivo mientras que aquellas que se buscaba que fuesen evitadas se acompañaban de un refuerzo negativo. En este marco, comienza a utilizarse el ordenador con programas de ejercitación y práctica basados en la repetición. Santos Urbina Ramírez (2012) sintetiza los aportes de diversos autores respecto a las ventajas e inconvenientes que este tipo de ordenadores presentan. Como ventajas se menciona la facilidad en su uso ya que no se requieren conocimientos previos, la existencia de cierto grado de interacción, la posibilidad de programación de la secuencia de aprendizaje de acuerdo a las necesidades del estudiante, el *feedback* inmediato sobre cada respuesta, el favorecer la automatización de habilidades básicas para aprendizajes más complejos y el proporcionar una enseñanza más individualizada. En cuanto a las desventajas que los diversos autores encuentran se menciona la actitud pasiva del estudiante, no haber posibilidad de participación por parte del docente para situaciones como por ejemplo el planteamiento de dudas, la excesiva rigidez en la secuencia de contenidos que impide el tratamiento de respuestas no previstas, no saber por qué un ítem es correcto o incorrecto, la fragmentación de los contenidos excesivamente uniforme y reductora sin

importar la materia, como la individualización muy elemental sin tener en cuenta el ritmo y sin guiar.

Este autor muestra preferencia por la instrucción programada mediante libros y por materiales bien estructurados que favorecen la individualización (Santos Urbina Ramírez).

Posteriormente es necesario mencionar la teoría del aprendizaje significativo, que surge de la mano de Ausubel (1989), quien enuncia que para que un estudiante incorpore un nuevo conocimiento éste debe ser relacionado con su estructura cognitiva, es decir con sus conocimientos y experiencias previas, de esta forma dicho aprendizaje toma significado. El término significativo se utiliza en oposición al término memorístico o mecánico. Además los preconceptos, que se encuentran arraigados a la estructura cognitiva, constituyen otro factor importante ya que pueden determinar el éxito o fracaso del aprendizaje.

Respecto a la tecnología educativa se habla de la utilización de ordenadores que venga respaldada por una teoría validada empíricamente de la recepción significativa y el aprendizaje por descubrimiento.

El aprendizaje por descubrimiento se refiere a la teoría constructivista desarrollada por Bruner. El descubrimiento consiste en transformar o reorganizar la evidencia de manera de poder ver más allá de ella (Araujo y Cradwick, 1988). En este marco, el estudiante adquiere los conocimientos por sí mismo, el docente actúa como guía durante la exploración motivada por la curiosidad, el contenido que se va a aprender no se presenta en su forma final y constituye lo que Bruner (1988) denomina andamiaje. Respecto al material de aprendizaje, Bruner propuso la estimulación cognitiva mediante materiales que entrenen en las operaciones lógicas básicas (Santos Urbina Ramírez, 2000).

El modelo de aprendizaje planteado por Piaget (1967) habla de una mente humana que opera con dos funciones que no varían: la organización y la adaptación.

Los procesos del pensamiento se encuentran organizados en sistemas que están preparados para adaptarse frente a estímulos del medio. La adaptación, en tanto, se vincula con los procesos de asimilación y acomodación, es decir

cómo el organismo se enfrenta a un estímulo del entorno en términos de organización (asimilación), y la modificación de esa organización en respuesta a las demandas del medio (acomodación). Mediante estos procesos el aprendizaje se va reestructurando cognitivamente a lo largo del desarrollo. Piaget no se mostró partidario de la instrucción por ordenador y la influencia de sus ideas se observó fuertemente en Papert (Santos Urbina Ramírez, 2000).

La teoría de Gagné (1987) toma elementos tanto del conductismo (particularmente de Skinner: la importancia de los refuerzos y el análisis de las tareas), como de la teoría de Ausubel (el concepto de aprendizaje significativo y la creencia de una motivación intrínseca) y de teorías del procesamiento de la información (del esquema explicativo básico sobre las condiciones internas) (Santos Urbina Ramírez, 2000).

El modelo de Gagné y sus procesos pueden ser explicados con el ingreso de uno de los primeros ordenadores que surgieron, el mismo surgió de la mano de las teorías de Skinner. Consiste en la representación secuencial de preguntas con sanción en función de las respuestas de los estudiantes.

Las teorías del procesamiento de la información ofrecen a Gagné el esquema explicativo básico para las condiciones del aprendizaje. Al referirse a condiciones del aprendizaje menciona condiciones internas (motivación, comprensión, adquisición, retención, recuerdo, generalización, ejecución y realimentación) y condiciones externas (eventos de la instrucción que permiten que se produzca el proceso de aprendizaje). Se busca organizar las condiciones externas en función de los resultados del aprendizaje que se desean alcanzar. Respecto a la tecnología educativa Gagné se centró más en los procesos de aprendizaje, haciendo hincapié en considerar el esfuerzo como motivación intrínseca dándole importancia al feedback con el objeto de orientar futuras respuestas (Santos Urbina Ramírez, 2000). Asimismo el modelo cognitivo de Gagné fue muy importante en el diseño de un software educativo para la formación de los estudiantes.

### *3.2. Las Teorías del Aprendizaje y de la Instrucción*

Una de las problemáticas que se planteaban hace años atrás, es el modo de generar conocimientos didácticos. Según A. Pérez Gómez (1985) en el texto

“*Paradigmas contemporáneos de investigación didáctica*” la generación de conocimientos didácticos se encuentra sostenida por el análisis y reflexión teórica sobre los fenómenos, factores y procesos que ocurren en el aula. Sostiene que este último tipo de conocimiento es el potencialmente fértil para la producción de modelos conceptuales cercanos a las variables reales que guía al estudiante.

Haremos mención al *Paradigma mediacional centrado en el alumno*, que corresponde a uno de los pensamientos reflejados en los estudios cognitivos que permitieron otorgarle al alumno un lugar relevante en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El alumno, quien es considerado un agente pasivo que asimila información y cuyo aprendizaje no depende exclusivamente del profesor, comienza a ser reconocido como transformador activo del conocimiento y como constructor de esquemas conceptuales alternativos (Porlán, 1993).

Las investigaciones basadas en este tipo de perspectiva, según Sonia Araujo, se orientan a generar conocimiento en torno de:

1- El modo en que el alumno percibe las demandas de las diferentes tareas del aprendizaje escolar y la relevancia de los estímulos disponibles para la realización de tales tareas.

2- El modo en que el alumno se implica autónomamente en el desarrollo de los procesos que requieren tales tareas.

3- Los tipos de procesamientos mentales que utilizan para organizar el conocimiento disponible, asimilar nuevos materiales de contenido figurativos y relacionar conceptos para resolver problemas.

Los estudiantes elaboran un sistema de constructos personales que funcionan como perspectivas desde las cuales interpretan y predicen la realidad. El conocimiento personal de los estudiantes, como el de los profesores, suelen tener un elevado grado de resistencia al cambio, motivo por el cual si no es revisado en la enseñanza de determinados contenidos, puede obstaculizar el aprendizaje de aquellos que pretenden enseñarse. Este reconocimiento ha dado lugar al desarrollo de perspectivas en la enseñanza,

que parten de la actualización y recuperación de las ideas previas para introducir los nuevos aprendizajes.

En cambio, la intervención didáctica permite incorporar los nuevos conocimientos a la estructura semántica experiencial del alumno. Algunas de las características de *El paradigma ecológico*, surgen en la década de los 70, que caracteriza a la vida del aula en términos de intercambio socioculturales, planteando la investigación desde perspectivas metodológicas etnográficas, situacionales y cualitativas, e integrando los supuestos del *paradigma mediacional*. (Araujo, 2006)

Nuevamente A. Pérez Gómez, caracteriza el enfoque naturalista desde el punto de vista metodológico, las categorías de observación y análisis se decantan como consecuencia de los mismos fenómenos del aula y no desde modelos extrínsecos fijados con anterioridad. La metodología, propia de los estudios etnográficos, utiliza de manera predominante la observación participativa. Supone la prolongada presencia del observador y su implicación en las actividades y tramas de relaciones que definen la vida que pretende observar.

El aula es un espacio social de comunicación e intercambio, como consecuencia de la participación activa de quienes participan. En este intercambio, los comportamientos del estudiante y docente son una respuesta no mecánica a las demandas del contexto físico y psicosocial, puesto que impone límites a la actuación e induce determinados comportamientos.

La vida en el aula manifiesta una serie de características genéricas como: multidimensionalidad, simultaneidad, inmediatez e impredecibilidad.

Los mejores educadores pensaban en la docencia como cualquier cosa capaz de ayudar y animar a los estudiantes a aprender. Enseñar es atraer a los estudiantes, diseñando cuidadosamente un entorno en el que ellos aprendan. Los estudiantes se convierten en los protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje. Obtienen información, desarrollan su capacidad de comprenderla y aprenden a utilizarla.

Si todos esos esfuerzos no tienen como objetivo producir ningún aprendizaje importante, *duradero*, entonces ¿cuál es su sentido?, Lion Gardiner: *-la*

*investigación pone claramente en discusión la lección magistral como método válido de instrucción cuando las variables estudiadas son la retención de la información después de que el curso ha terminado, la transferencia de la información a situaciones nuevas, el desarrollo de competencias de razonamiento o de resolución de problemas o la consecución de resultados afectivos, como la motivación para el aprendizaje adicional o el cambio de actitudes- en otras palabras, los tipos de aprendizaje que más nos interesan-.*

La capacidad cognitiva, según Ausbel, se fundamenta en que el aprendizaje debe ser una actividad significativa para la persona que aprende y dicha significatividad está directamente relacionada con la existencia de relaciones entre el nuevo conocimiento y el que ya posee el estudiante. El aprender es sinónimo de comprender. Lo que se comprenda será lo que se aprenderá y recordará mejor porque quedará integrado en nuestra estructura de conocimiento. (Ausbel, 1983).

Los aportes de César Coll, que clasificó los objetivos en tres campos: el del saber, el de saber hacer y el de valorar.

El campo del *saber* se refiere a la incorporación significativa de datos, hechos, principios, teorías, conceptos, reglas, que pasan a formar parte del caudal informativo de los estudiantes y que le permitirán, cuando le sea necesario, utilizarlos.

El campo del *saber hacer* se refiere a todo tipo de habilidades, destrezas y posibilidades prácticas, o al decir de las nuevas terminologías “que incluyen a todas estas formulaciones a los procedimientos que deben incorporar los alumnos a propósito del trabajo con ciertos contenidos específicos”. Para Coll aprender procedimientos quiere decir que se es capaz de hacer uso de algo (información, instrumentos, tecnología) en diversas situaciones y de diferentes maneras con el fin de resolver problemas planteados y alcanzar las metas fijadas.

Finalmente aprender en el campo del *valorar* significa que se es capaz de regular el propio comportamiento de acuerdo con el principio normativo que dicho valor estipula. (Coll y col., 1994).

Un aporte importante según Pozo Muncio, es considerar a los maestros como entrenadores de sus aprendices, consiste en establecer un programa de actividades que el aprendiz debe seguir y luego supervisar el cumplimiento fiel del mismo, corrigiendo todo error o desviación. Por lo general, los aprendices se desvían con frecuencia del programa establecido, por lo que la labor esencial del maestro entrenador es precisamente la supervisión directa del trabajo encomendado. Es, de hecho, una figura complementaria, ya que requiere como condición previa la prescripción o el suministro de un plan detallado de entrenamiento. Por ello, predomina en las zonas de aprendizaje asociativo, siendo el personaje principal del cambio conductual o del ejercicio técnico, que hacen del aprendiz un mero ejecutor. En cuanto a las tareas de aprendizaje requieren una implicación mayor del aprendiz, comprender o controlar lo que está haciendo, reflexionar sobre su propio conocimiento, el papel del entrenador se difumina y exige una supervisión más distante por parte del maestro, en forma de guía o tutoría. (Pozo Muncio, 1996)

Las metodologías de enseñanza se fundamentan en perspectivas constructivistas del aprendizaje, derivadas de la Psicología Cognitiva. El alumno no es un sujeto que absorbe pasivamente la información suministrada por el maestro o por los manuales, sino que construye, por lo tanto es un agente activo que “construye significados” en respuesta a la situación educativa.

Otro enfoque, se basa en la comprensión, todos somos capaces de comprender y se puede ayudar a que sea posible a través de una enseñanza pertinente. La comprensión es un desempeño. La comprensión se presenta cuando el ser humano puede pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que sabe. Es así que reconocemos la comprensión por medio del criterio de desempeño flexible. (Perkins, 1997/1999).

El desarrollo cognitivo se basa en el sujeto que construye su conocimiento a medida que interactúa con la realidad. Se destacan la asimilación y acomodación. En el primero, el individuo incorpora la nueva información haciéndola parte de su conocimiento y el segundo, la persona transforma la información que ya tenía en función de la nueva. (Piaget, 1999).

Volviendo al criterio de comprensión citado anteriormente, según Paula Pogré, en el año 2002, hace referencia a que el desempeño flexible permite relacionar, operar, comparar, diferenciar, secuenciar, organizar, etc. Es importante discriminar los desempeños en términos de acciones no implica solo y necesariamente “acciones observables a simple vista”. Procesos mentales complejos como conjeturar, discernir, el pensar mismo, son desempeños.

Pero también es necesario tener en cuenta que:

- El aprendizaje es un proceso complejo en el que cada sujeto resignifica la realidad a partir de una reconstrucción propia y singular.
- Los desempeños de comprensión son la capacidad de actuar flexiblemente con el saber.
- Construir una propuesta didáctica que hace real el trabajo constructivo en las aulas.
- Tener un código común, en un lenguaje claro y sencillo, facilita la comunicación y el intercambio de experiencias.
- Articular los diferentes componentes de la agenda tradicional de la didáctica: objetivos, contenidos, actividades y evaluación, en una propuesta comprensiva que permita acercar finalmente nuestras teorías y nuestras prácticas.

Por otro lado, Gardner (2006), reconoce que las personas son diferentes y tienen varias capacidades de pensar y diversas maneras de aprender. Esta teoría demuestra que cada alumno es único y responde a esto mediante el desarrollo de la instrucción basada en las diferencias de los alumnos. Explica que una inteligencia supone la habilidad de resolver problemas o crear productos de necesidad en cualquier cultura o comunidad; es una colección de potencialidades biopsicológicas que mejoran con la edad. Él considera que es mejor describir la competencia cognitiva humana usando el término, inteligencias, que agrupa los talentos, habilidades y capacidades mentales de un individuo (Gardner, 2006).

Como señala Fonseca Mora:

*“Este concepto de inteligencia o capacidades reconoce la diversidad, la existencia de distintas formas de ser que son de igual estatus. Ser una persona*

*“inteligente” puede significar tener una gran capacidad memorística, tener un amplio conocimiento, pero también puede referirse a la capacidad de conseguir convencer a los demás, saber estar, expresar de forma adecuada sus ideas ya sea con las palabras o con cualquier otro medio de índole artístico, controlar su ira, o saber localizar lo que se quiere, es decir, significa saber solucionar distintos problemas en distintos ámbitos. Además, la formación integral de los alumnos ha de entenderse también como la formación de lo emocional y no sólo como formación de lo cognitivo”* (Fonseca Mora, 2007:2).

Por lo cual, debemos crear metas u objetivos educativos para que los alumnos puedan saber lo que van a aprender y como van a mostrar que están aprendiendo. La Teoría de las Inteligencias Múltiples asistirá a los alumnos a lograr las metas u objetivos (Gardner, 2006).

Una de las inteligencias a la que podemos hacer referencia es, la *“inteligencia espacial”* abarca la capacidad de formar e imaginar dibujos de dos y tres dimensiones (Armstrong, 2000a) y el potencial de comprender, manipular y modificar las configuraciones del espacio amplio y limitado (Gardner, 1999a). Para las personas cuya inteligencia más desarrollada es la espacial, es fácil recordar fotos y objetos en lugar de palabras; se fijan en los tipos de carros, bicicletas, ropa, y pelo (Armstrong, 2003). Estos individuos prefieren pasar el tiempo dibujando, garabateando, pintando, jugando videojuegos, construyendo modelos, leyendo mapas, estudiando ilusiones ópticas y laberintos. Es la inteligencia de los arquitectos, los pilotos, los navegantes, los jugadores de ajedrez, los cirujanos, los artistas; los pintores, los artistas gráficos, y los escultores (Gardner, 1999a).

Estos son algunos de los autores que analizan los procesos desde diferentes puntos de vista. Centrando al alumno como punto de partida para el proceso de enseñanza-aprendizaje, basado en la comprensión, interpretación de diferentes situaciones en la vida cotidiana para poder transformar e incorporar la información adquirida, profundizando en la observación y realización de tareas por parte del estudiante. Valorando sus diferentes tipos de inteligencias, sus capacidades y promoviendo una metacognición por parte del mismo.

## **4. Desarrollo**

### *4.1 Conceptuación del recurso didáctico*

Podemos encontrar diferentes significados sobre el concepto de algunos términos relacionados a medios, recurso y material didáctico.

San Martín (1991) en su definición apela tanto a aspectos de contenido como a los propios medios como objeto y la capacidad de éstos para reconstruir el conocimiento, y entiende por materiales a: “Aquellos artefactos que, en unos casos utilizando las diferentes formas de representación simbólica y en otros como referentes directos (objeto), incorporados en estrategias de enseñanza, coadyuvan a la reconstrucción del conocimiento aportando significaciones parciales de los conceptos curriculares.”

En cuanto al concepto de recurso, en general se ha entendido éste como el uso de todo tipo de materiales didácticos.

Una definición clásica la encontramos en Mattos (1963) para quien recursos didácticos son: “Los medios materiales de que se dispone para conducir el aprendizaje de los alumnos.”

Entendemos, no obstante, que sí hay diferencia en los términos. Así, el término recurso es más amplio y englobaría a los otros. Desde una perspectiva didáctica, podríamos decir que recurso es una forma de actuar, o más bien la capacidad de decidir sobre el tipo de estrategias que se van a utilizar en los procesos de enseñanza; es, por tanto, una característica inherente a la capacidad de acción de las personas. Los medios didácticos, podríamos definirlos como: el instrumento del que nos servimos para la construcción del conocimiento; y, finalmente, los materiales didácticos serían los productos diseñados para ayudar en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

De forma gráfica tendríamos:

PROFESOR/ESTUDIANTE



RECURSOS



DECISIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE  
MEDIOS Y MATERIALES DIDACTICOS



FACILITADORES



CONOCIMIENTO



CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

#### *4.2 Criterios de selección y uso*

Desde el punto de vista de su utilización didáctica los medios/recursos y los materiales curriculares deben reunir algunos criterios tales como:

A- Funcionalidad:

- Deben ser una herramienta de apoyo o ayuda para el aprendizaje.
- Deben ser útiles y funcionales.
- Nunca deben sustituir al profesorado en su tarea de enseñar, ni al alumnado en su tarea de aprender.
- Su utilización y selección deben responder al principio de racionalidad.
- Se deben establecer criterios de selección acordes al fin del proceso de aprendizaje.
- Que permitan facilitar el aprendizaje y ser sencillos de manejar.
- Permiten la flexibilidad de uso.
- Facilitan el descubrimiento de nuevos usos.

#### B- Posibilidades didácticas:

- Responden a la concepción que tenemos sobre educar, enseñar.
- Responden a nuestros planteamientos didácticos y metodológicos.
- Permiten la manipulación en función de nuestras necesidades.
- Ayudan a la realización de proyectos educativos.
- Permiten adaptar el trabajo a las necesidades educativas y organizativas del aula.
- Permiten realizar las distintas secuencias de objetivos, contenidos, actividades, evaluación.
- Permiten adaptar las actividades a las necesidades e intereses del alumnado, atendiendo a la diversidad.
- Predisponen y motivan para trabajar en equipo, individualmente, tanto al alumnado como al profesorado.
- Permiten organizar actividades de motivación, de aplicación, de síntesis, de refuerzo, de ampliación.
- Favorecen el aprendizaje significativo.

#### C- Aspectos técnicos:

- Adquisición fácil.
- Económicos.
- Sencillez de manejo y manipulación.
- Móviles, estáticos.

#### *4.3 El recurso: biomodelo inanimado impreso en 3D para emplear en las Técnicas de Bioterio I a V*

Ante la necesidad de enseñar materias eminentemente prácticas, en las que el uso de animales vivos es requerido como algo imprescindible, se planteó su sustitución por modelos inanimados como paso previo al manejo de animales vivos. De esta forma, el alumno puede adquirir la destreza necesaria, disminuyendo al máximo el posible daño que pudiera causarse a los animales.

Se fomenta, asimismo, la puesta a punto de los "Métodos alternativos", definidos como aquellas técnicas o estrategias experimentales que cumplen con el "principio de las tres Rs" (Reducción, Refinamiento y Reemplazo). Este método fue promulgado por Russell y Burch en 1959 y nos indica la necesidad de **Reemplazar** los animales de experimentación por otros métodos, siempre que sea posible y que el nuevo método nos aporte el mismo grado de información, de **Reducir** el número de animales de experimentación cuando su uso sea necesario y el único método válido y de **Refinar** las técnicas empleadas con los animales, con el fin de disminuir el grado de sufrimiento de los mismos.

Logrando que puedan aportar el mismo nivel de información que el obtenido en procedimientos con animales y que supongan una menor utilización de estos.

En el caso de la docencia se plantea el reemplazo de los animales de experimentación por otros métodos. Entre los métodos que generalmente se emplean actualmente se pueden citar:

- a) modelos inanimados, maniqués y simuladores mecánicos
- b) películas y vídeos
- c) simulaciones de ordenador y sistemas de realidad virtual
- f) uso de material procedente de mataderos
- h) aprovechamiento de animales muertos de forma natural, o utilizados después de un procedimiento científico.

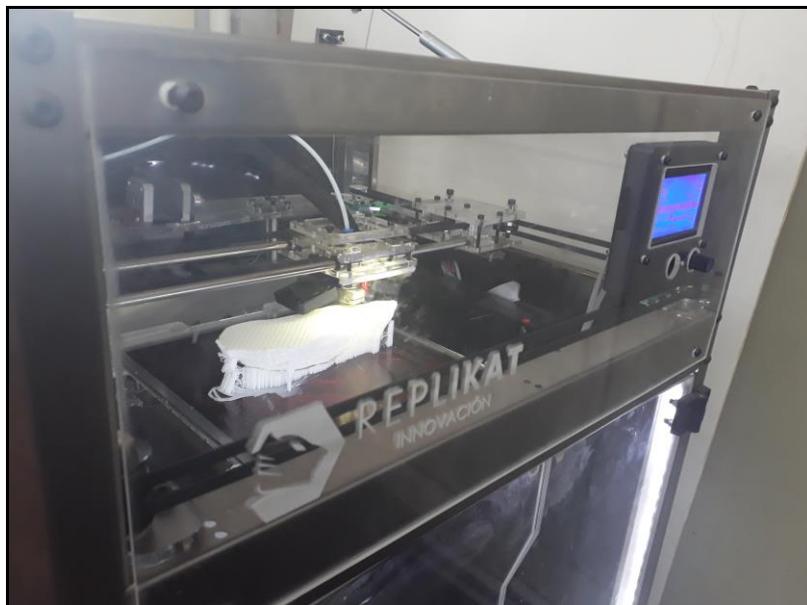
De todos ellos, se pensó que el más adecuado para las prácticas que ocupan a los docentes y alumnos, es el uso de modelos inanimados, ya que es lo que más se va a parecer a su aplicación en el animal vivo.

Todo el desarrollo de estos modelos animales inanimados se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV) de la Universidad de Buenos Aires (UBA) durante el transcurso del año 2018.

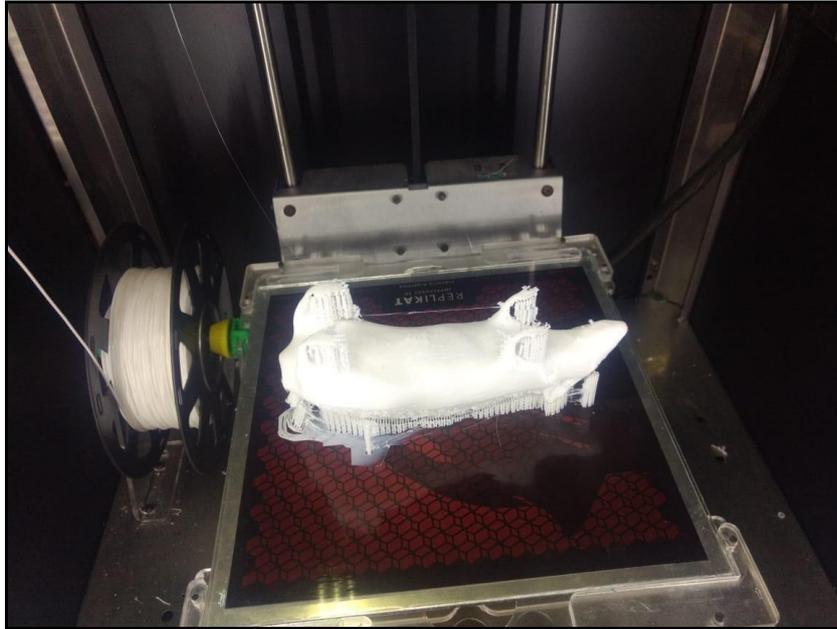
En el marco del Proyecto Integral de Inclusión de Tecnologías Digitales que lleva adelante FCV UBA, la Facultad compró una impresora 3D "*Replikat XY*" (Industria Argentina) que trabaja con distinto tipo de materiales, y consolidó un

equipo de diseño en el Área de Soporte y Diseño Multimedial con el fin de apoyar a los docentes y dar sustento a los diferentes proyectos técnico-pedagógicos. Con la ayuda incondicional de las diseñadoras Melanie Solange Groothuis Korenhof y Natalia Gabriela Pellizzere se pudo obtener un biomodelo en 3D de excelente calidad (**Figuras 1 y 2**).

De esta forma los estudiantes pueden practicar, mediante el uso de los mismos, diferentes maniobras y técnicas para desarrollar las habilidades propias de la disciplina (técnicas de sujeción, inoculación y hasta maniobras quirúrgicas).



**Figura 1.** Impresora 3D



**Figura 2.** Impresión 3D

Los biomodelos animales inanimados desarrollados son objetos de material sintético FLEX de 1,75 mm de diámetro, color blanco, PRINT A LOT®, impresos en 3D con características morfológicas externas similares a las de roedores vivos (**Figura 3**).



**Figura 3.** Biomodelo y material sintético FLEX

La idea original, de un biomodelo de rata impreso en 3D, surgió gracias a la colaboración y el apoyo para este proyecto de varios colegas, como los pertenecientes al Bioterio de FCV: las Técnicas Verónica Casanova, Eliana Cicale y Carla Greco; con quienes, desde hacía varios años atrás, ya se compartía el concepto de emplear modelos inanimados de roedores para enseñanza fabricados en distintos tipos de telas sintéticas (**Figuras 4, 5 y 6**).



**Figura 4.** Modelos inanimados empleados en FCV



**Figura 5**



**Figura 6**

Como así también, el trabajo en conjunto con el Especialista en informática Matías Bellesi con quien se realizaron los primeros modelos que se imprimieron en material rígido (aportados por él mismo) en 3D (**Figura 7**).



**Figura 7.** Impresión 3D con material rígido

Y con la colaboración de la Veterinaria Marianela Lewicki, quien desde hacía ya tres años realizaba con éxito la técnica de plastinación de roedores no vivos en Facultad de Medicina de la UBA, se pudo terminar de diseñar el biomodelo en FCV a mediados de 2018 (**Figura 8**).



**Figura 8.** Roedores no vivos plastinados y biomodelo 3D

Cabe destacar que el material sintético FLEX de 1,75 mm de diámetro, color blanco, con el que se imprimieron todos los biomodelos de rata 3D, fue adquirido con recursos económicos provenientes de los servicios a terceros que brinda el Bioterio Central de la FCV UBA, bajo la dirección del Med. Veterinario Federico Gullace.

También es muy importante mencionar que todos los pasos relacionados con el diseño del biomodelo de rata 3D durante el transcurso del año 2018, fueron cuidadosamente estudiados y planificados hasta llegar a obtener un objeto inanimado de muy buena calidad y prolija terminación.

De la siguiente forma:

- Se escaneó un modelo de rata plastinada con “Sense 3D scanner” y se generó un archivo .upl.

- Se exportó a .stl para poder abrirlo luego en el software de modelado 3D “ZBrush”, dónde se limpiaron nodos para mejor las imperfecciones del escaneo, y para agudizar el grado de detalle de la pieza. Se guardó como un archico .zpr.

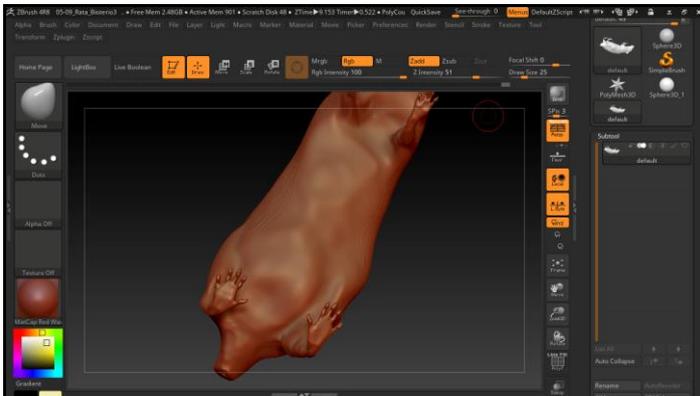
- Una vez finalizado el modelado en ZBrush, se exportó como archivo .stl para abrirlo en el software “Cura” dónde se escaló al tamaño deseado, y se adaptaron todos los parámetros de la impresora, para que pueda imprimir en el material Flex, exportando su resultado a .gcode. Los parámetros finales de impresión 3D fueron: Flujo de Filamento 115 % / Velocidad de Impresión 20 mm por segundo / Temperaturas de Impresión 235 ° / Temperatura de la Cama 50° / Densidad del Relleno 20 % / Espesor Superior e Inferior 1,8 mm / Espesor de la Pared 1,2 mm / Espesor de la Capa 0,15 mm.

- Se guardó el archivo final .gcode en la memoria extraíble de impresora 3D Replikat XY, en la que se fueron haciendo una seria de muestras, haciendo mejoras constantes con el software “Cura”, hasta lograr el resultado deseado

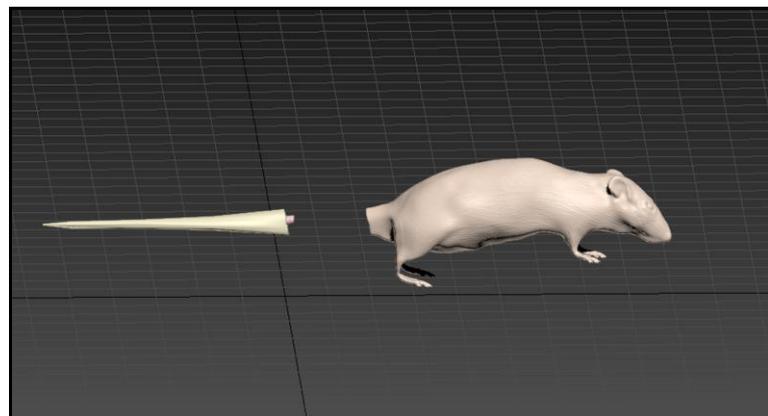
- Se imprimió en material Flex, para lo cual fue necesario apagar los ventiladores de la impresora 3D y deshabilitar la retracción para que el material fluya.

Las diseñadoras, designadas en el Proyecto Integral de Inclusión de Tecnologías Digitales, se integraron activamente en el desarrollo del biomodelo; incluso asistieron a las clases prácticas que se llevaban a cabo en el Bioterio de FCV con animales vivos y supervisadas por docentes, y lograron adquirir, no solo toda la información técnica sobre la especie en cuestión (fotos,

videos, etc), sino también los conocimientos anatómicos necesarios para mejorar en cada paso el desarrollo de este biomodelo 3D (**Figuras 9 y 10**).



**Figura 9.** Diseño de rata 3D



**Figura 10.** Diseño de rata 3D

#### *4.4 Planificación para la utilización del recurso*

Primero debemos definir el universo con el que se va a trabajar. En el cual se cuenta con aproximadamente 10 alumnos por materia teórico-práctica, considerando el Programa de las materias Técnicas de Bioterio I a V (Anexo I), que se cursan en primero, segundo y tercer año de la Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterio. Estas materias poseen una carga horaria de 200 horas por cuatrimestre cada una. Los alumnos cursan de lunes a viernes en el horario de 8:30 a 12:30 hs. Las primeras dos semanas los alumnos asisten a clases teóricas, posteriormente se involucran directamente con el manejo de las salas donde están alojados los animales.

Pasado este lapso, a cada alumno se le asigna un área determinada, en la cual deberá seguir un protocolo de trabajo asignado siempre con la supervisión del docente **(Figura 11)**.



**Figura 11.** Prácticas con rata 3D supervisadas por docentes

Más aún, en la intensificación en Técnicas Quirúrgicas para Animales de Laboratorio (TB V), se realizan manualidades quirúrgicas con mucha asiduidad **(Figura 12)**.



**Figura 12.** Prácticas con rata 3D

Entre los objetivos de aprendizaje planteados en estas asignaturas se encuentran la manipulación, inoculación y obtención de diferentes muestra biológicas en los animales, su manejo y posterior almacenamiento.

La adquisición de estas competencias es fundamental en la formación de un estudiante de la Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterio. Es necesario que el alumno aprenda correctamente y adquiera habilidad en la toma de muestras, ya que es una competencia básica en las asignaturas de tipo práctico anteriormente mencionadas, y fundamental en el ejercicio de su labor profesional.

#### *4.5 Pautas para la utilización del modelo inanimado: el rol del docente y el rol del estudiante*

Las últimas normativas internacionales sobre experimentación y bienestar animal están limitando mucho la utilización de animales, tanto con fines docentes como para investigación. Todas las prácticas que se imparten con animales vivos deben ser aprobadas por el Comité Institucional de Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio (CICUAL) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires, y por lo tanto deben ajustarse a dichas normativas.

Para la adquisición de estas habilidades se requiere que el estudiante, tras la demostración del docente, se habitúe al manejo del material y a la correcta sujeción del animal. El alumno no debe quedarse en el “saber”, sino que debe “saber hacer”, para ello necesita repetir, cuantas más veces mejor, una técnica para adquirir confianza y ser capaz de realizarla correctamente.

Para la obtención de muestras de sangre necesitamos tener animales vivos, de manera que se nos planteaban los siguientes problemas:

1. El daño que producimos en el animal vivo para la extracción de sangre es mínimo, pero hay que tener en cuenta el número de alumnos matriculados.
2. Para que el alumno aprenda una técnica de extracción de muestras y adquiera habilidad y confianza es necesario que la repita varias veces, cuantas más mejor.

Para una práctica se debe contar con no más de 10 ratas y 10 ratones (mitad machos y mitad hembras).

Para tener una idea, en la práctica de extracción de sangre, si los alumnos (10 en el curso pasado) deben aprender a obtener la muestra de dos vasos

sanguíneos, vena submandibular y arteria coccígea central, y si solo practican una vez, se presupone que son 20 las veces que se incide (pinchazos) en los animales. Como se puede ver, para que un alumno adquiriera confianza debería repetirlo varias veces, lo que podría suponer hasta 100 veces (pinchazos) en cada especie; a todas luces imposible.

Con el número de animales que se cuenta en el Bioterio de FCV resulta difícil que el alumno aprenda a sacar sangre correctamente. En el curso pasado los alumnos incidían una sola vez en una de las dos especies, ratas o ratones. En el caso de los ratones, el tamaño tan reducido de los animales hacía que el alumno no pudiera extraer sangre del animal, solamente introducía una aguja 27G utilizando jeringa de tuberculina para producir el menor daño posible en la vena.

En último lugar también hay que tener en cuenta que existe un número significativo de estudiantes “objetores”, que no quieren aplicar procedimientos cruentos en los animales, salvo que sean estrictamente necesarios. Estos alumnos, se niegan a sacar sangre o muestras de orina a animales de prácticas.

Por todo ello, y considerando que el aprendizaje en la obtención de orina y sangre es una competencia específica profesional que debería adquirir todo estudiante de la Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterio como de Veterinaria, se plantea la utilización de modelos animales inanimados como un método alternativo seguro, que permita a los alumnos practicar más y adquirir estas competencias profesionales que sirvan como un complemento a las prácticas con animales vivos (**Figura 13**). De esta manera, los alumnos pueden practicar reiteradamente en los modelos 3D y adquirir la confianza suficiente antes de pasar a tomar las muestras en el animal vivo.



**Figura 13.** Prácticas con biomodelo de rata 3D

Además, es importante recalcar que con la utilización de estos modelos inanimados, lo que queremos conseguir es que los estudiantes también se familiaricen con la utilización del material descartable (jeringas, agujas, algodón, alcohol), con la sujeción, localización y la maniobra en animales.

Al comentar este cambio total, Van Der Valk y col. (1999) manifiestan: “Muchas veces ellos no están interesados en la ética del uso de animales. Los libros de texto, los laboratorios y equipos todavía están orientados hacia la experimentación con animales.

Convencer a estos profesores de las ventajas y la ética del uso de alternativas es difícil, ya que esta situación está muy polarizada. Incorporar los principios de las Tres R en la capacitación inicial de los profesores y en el desarrollo profesional posterior a la obtención de su título ayudaría a vencer algunas de estas dificultades”.

#### *4.6 Alcances y limitaciones de la propuesta*

Existen consideraciones técnicas específicas sobre los productos que utilizan la fabricación aditiva (FA), amplia categoría de fabricación que abarca la

impresión tridimensional (3D). La fabricación aditiva es un proceso que construye un objeto iterativamente mediante capas bidimensionales (2D), uniendo cada una a la capa inferior. Esto permite a los fabricantes modificar rápidamente los diseños sin la necesidad de otra herramienta y crear productos complejos contruidos como una sola pieza.

Los rápidos avances tecnológicos y la mayor disponibilidad de equipos de fabricación aditiva alientan el aumento de la inversión en esta tecnología y su mayor uso en productos médicos.

La FA es una tecnología de rápido crecimiento que se utiliza con frecuencia en la investigación y el desarrollo de productos en numerosas industrias y en la producción comercial de otras (por ejemplo: aeroespacial, productos médicos). Si bien existen diferentes tecnologías de FA, las tecnologías más utilizadas en la fabricación de los productos médicos son entre otras:

a) La Fusión de Polvo (Powder Bed Fusion -PBF-): los sistemas de Fusión de Cama de Polvo se basan en una fuente de energía (haz de láser o de electrones) que funde o sinteriza selectivamente una capa de polvo, ya sea un metal o polímero, que luego se refrigera para crear la capa siguiente.

b) La Estereolitografía (Stereolithography -SL o SLA-) o Fotosolidificación (Digital Light Processing -DLP-): los sistemas de estereolitografía utilizan una cuba de material líquido que se cura selectivamente usando luz, ya sea a través de un láser o un sistema de proyección y crean nuevas capas moviendo la superficie de construcción.

c) El Modelado por Deposición Fundida (Fused Deposition Modeling -FDM-) o la Fabricación con Filamento Fundido (Fused Filament Fabrication -FFF-) o el Modelado en Capas Fusionadas (Fused Layer Modeling -FLM-): estos sistemas funden un filamento de material sólido en el punto de deposición, tras lo cual, el material se solidifica en el lugar y se crean nuevas capas alejando la superficie de construcción de la fuente de calor, donde el cabezal de impresión y/o dicha superficie

se mueven a la correcta posición sobre los ejes X/Y/Z para colocar el material durante la trayectoria de impresión.

d) La Extrusión Líquida (Material Jetting -MJ-): los sistemas de extrusión de líquidos expulsan un líquido que se solidifica (el método de solidificación podría incluir exposición a la luz, evaporación del solvente u otro proceso químico) y se crean nuevas capas moviendo la superficie de construcción lejos del extremo de deposición.

En el caso de los productos médicos, la FA presenta la ventaja de facilitar la creación de productos e instrumentación quirúrgica anatómicamente adaptados, mediante el uso de la propia imagen médica del paciente. Otra ventaja es la facilidad en la fabricación de estructuras geométricas complejas, que permiten la creación de estructuras trabeculares, canales internos tortuosos y estructuras de soporte internas que no serían de fácil obtención mediante la fabricación tradicional (sustractiva). Sin embargo, los aspectos singulares del proceso de la FA, tales como el proceso de fabricación en capas y la relativa escasa experiencia de productos médicos fabricados a través de técnicas de FA, plantean desafíos para determinar la caracterización óptima y los métodos de evaluación para el producto terminado, así como la validación del proceso y los métodos de aceptación óptimos.

Las consideraciones técnicas de la impresión 3D se deben centrar en cinco grandes aspectos:

- (1) materiales;
- (2) diseño, impresión y validación posimpresión;
- (3) características y parámetros de impresión;
- (4) evaluación física y mecánica de los productos terminados; y
- (5) consideraciones biológicas de los productos terminados que incluyen limpieza, esterilización y biocompatibilidad.

Si bien se pueden fabricar diferentes tipos de materiales mediante la fabricación aditiva, se debe observar que el control de materiales es un aspecto importante para asegurar la fabricación exitosa y que el desempeño del producto terminado se relaciona con el equipo de impresión y los procesos

posimpresión. Se debe observar la interacción entre el material y el equipo en función de la validación del proceso y se debe contar con un protocolo de aceptación adecuado al perfil de riesgo del producto terminado.

Es esencial una buena comprensión de los procesos y límites en la fase de diseño. Se deben determinar y validar los parámetros de impresión para cada combinación de equipo/material. Se debe tener especial cuidado en lograr la limpieza, esterilización y biocompatibilidad adecuadas de un producto de FA, específicamente, en productos porosos o internamente complejos.

En general, se prevé que los productos de FA cumplan con los mismos requisitos regulatorios que la clasificación y/o regulación a la que está sujeto un producto de fabricación tradicional. En casos excepcionales, la FA puede plantear diferentes cuestiones de seguridad y/o eficacia.

Tras el posprocesado, el producto final está listo para ensayos y su caracterización. El sistema de calidad debe aplicarse en todos estos procesos e inclusive hasta obtener el producto terminado.

Existen varias tecnologías de FA y diferentes combinaciones de etapas de procesamiento que se pueden usar con cada tecnología para construir un producto. Por lo tanto, es importante reconocer claramente cada etapa en el proceso de impresión. Un diagrama de flujo de producción que identifique todos los pasos críticos involucrados en la fabricación, desde el diseño inicial hasta el posprocesamiento del producto terminado, puede ayudar a garantizar su calidad.

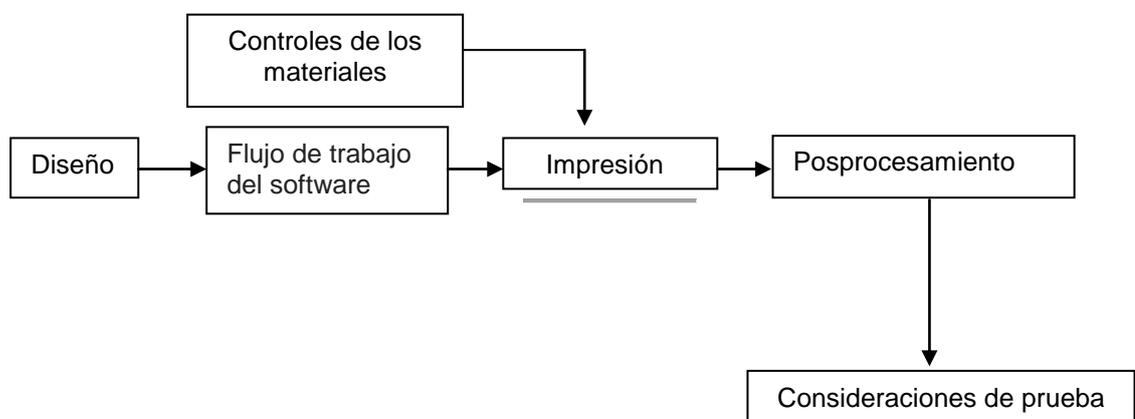


Diagrama de flujo del proceso de fabricación aditiva

La caracterización de cada etapa del proceso debe incluir, pero no se debe limitar a, la descripción del proceso y el reconocimiento de los parámetros, y las especificaciones del producto terminado. Dado que los procesos que optimizan un parámetro de diseño pueden influir en otro, la información sobre los pasos de procesamiento debe demostrar la comprensión de estas compensaciones y como afectan los resultados del diseño, que son esenciales para el correcto funcionamiento del producto. Además, se deben incorporar los efectos acumulativos de los procesos previos en el producto terminado o componente en el desarrollo de cada etapa del proceso y se lo debe documentar. Los efectos de las diferentes etapas en los procesos de FA se pueden ver en las pruebas sobre el producto terminado; sin embargo, determinar el origen de las fallas a causa de defectos de fabricación puede ser muy difícil sin una comprensión clara de cada etapa. Por ejemplo, la relación de polvo reusado a virgen puede afectar las propiedades de la fusión, lo que afecta la energía necesaria para crear una unión consistente entre capas que, a su vez, afecta las propiedades mecánicas finales. De igual forma, se deben documentar los riesgos reconocidos para cada etapa del proceso de fabricación, así como las mitigaciones de estos riesgos identificados. Cada proceso de FA puede tener etapas críticas diferentes y riesgos identificados. Es importante utilizar el mayor conocimiento posible sobre las características específicas del equipo para asegurar que los productos del proceso de fabricación cumplan con los requisitos definidos (ISO 14971 productos médicos, aplicación de la gestión de riesgos a los productos médicos).

El conocimiento cuantitativo de las capacidades y limitaciones del equipo puede obtenerse a través de compilaciones de pruebas, compilaciones de peores casos o validación de procesos.

Al igual que con los métodos tradicionales de fabricación, los requisitos de diseño rigen los procesos que pueden utilizarse para confeccionar el producto de manera confiable. Por lo tanto, es importante reconocer claramente los parámetros de diseño clave para el producto, que incluyan pero no se limiten al rango de tamaños y las opciones de diseño o configuración disponibles.

#### 4.6.1 Diseño de producto digital a producto físico

Cuando se finaliza el diseño de un producto digital, se necesitan procesos preparatorios adicionales antes de que el producto pueda fabricarse de forma aditiva. Esto se logra, comúnmente, utilizando software de preparación de impresión. En general, estos procesos se pueden dividir en cuatro pasos: a) posicionamiento del producto dentro del volumen de impresión, b) adición del material de soporte, c) obtención de secciones, y d) generación de trayectoria de impresión.

##### a) Posicionamiento del producto dentro del volumen de impresión

El posicionamiento y la orientación de productos o componentes dentro del volumen de impresión son fundamentales para la calidad individual del producto o del componente. La distancia entre cada producto o componente puede afectar las propiedades del material (por ejemplo: consolidación o curado deficientes), el acabado de la superficie y la facilidad de posprocesamiento.

La orientación de cada producto o componente también puede afectar su desempeño funcional al afectar las propiedades anisotrópicas del producto o componente. Del mismo modo, todos los equipos tienen áreas del volumen de impresión donde funcionan óptimamente y áreas donde no funcionan de tal manera. Por ejemplo, la impresión puede ser subóptima en las regiones próximas al borde exterior del volumen de impresión y óptima en el centro. La región afectada puede ser diferente para cada equipo, incluso entre equipos del mismo modelo.

Se dispone de herramientas de software para hacer un seguimiento de cómo se posicionan y orientan los productos. Es preferible la validación del proceso sobre la base del perfil de riesgo más que la de un enfoque único para todas las situaciones.

##### b) Adición del material de soporte

Algunos tipos de FA requieren estructuras de soporte temporales para ciertos diseños durante la impresión debido al proceso de impresión capa por capa. La ubicación, tipo y número de soportes pueden afectar la precisión geométrica y las propiedades mecánicas del producto terminado o del componente. Cada

tecnología de FA presenta diferentes necesidades de material de soporte que se deben atender para la impresión exitosa de un producto. Por ejemplo, el ángulo saliente crítico puede ser diferente para un equipo de estereolitografía, un equipo de extrusión y un equipo de fusión de lecho de polvo metálico. Con frecuencia, se utilizan algoritmos automatizados para elegir la ubicación y el número de soportes. Sin embargo, las complejidades geométricas o los límites de impresión requieren una intervención manual adicional. Por lo tanto, si el proceso de FA requiere material de soporte, se recomienda el análisis de la geometría y otros requisitos que podrían verse afectados al agregar los soportes. Algunas estructuras comunes que pueden necesitar soporte son:

- salientes,
- características de elevada relación de aspecto que sobresalen del cuerpo principal del producto o componente,
- características internas (por ejemplo: vacíos, canales), y
- características delgadas propensas a la deformación.

Se puede remover el material de soporte físicamente o por medios químicos. La eliminación del material de soporte puede provocar marcas en las superficies o dejar residuos sobre o en el producto. Los procesos de remoción del material de fabricación (limpieza) deben asegurar la remoción de residuos hasta el punto en que no impacten en la seguridad o eficacia del producto.

#### c) Seccionado

La mayoría de las técnicas de FA utilizan un proceso de impresión en capas para fabricar componentes. Esto requiere cortar los modelos en capas. El espesor de la capa nominal viene determinado por la especificación del equipo y las capacidades del software. Sin embargo, las características técnicas del equipo y las propiedades físicas del material pueden influir en el espesor de capa obtenible. La textura superficial de un producto o componente, la unión, el curado de cada capa, la sensibilidad a las fluctuaciones de potencia y las propiedades mecánicas pueden verse afectadas por la elección del espesor de la capa. Por ejemplo, la profundidad del material curado en un sistema de estereolitografía se controla principalmente mediante la densidad de la energía y los aditivos en el polímero líquido. Si se cambia la densidad de energía para

reducir el espesor de la capa y los aditivos no se ajustan adecuadamente, puede ocurrir que las capas no se curen ni unan completamente. Para los sistemas en los que se crean capas por fusión del material, el espesor de la capa puede influir de manera similar en la energía necesaria para crear un baño fundido uniforme que permita la unión a la capa inferior.

La elección del espesor de la capa debe documentarse y reflejar un equilibrio entre los efectos antes mencionados, la precisión, la calidad y la velocidad de impresión.

d) Trayectoria de la impresión 3D

La trayectoria trazada por el sistema de suministro de energía o material, por ejemplo: láser o extrusor, puede afectar la calidad del producto terminado o componente. Por ejemplo, si el sistema de suministro se desplaza de izquierda a derecha en el volumen de impresión, entonces el siguiente desplazamiento será de derecha a izquierda; así, un lado del producto o componente tiene más tiempo para enfriarse o endurecerse. Del mismo modo, el espacio entre cada línea de la trayectoria de construcción y la velocidad de trayectoria cambiarán la cantidad de fusión y refusión que experimentarán los límites de cada línea del material. Además, la trayectoria de la impresión dará como resultado una orientación o anisotropía en el producto o componente. Por lo tanto, es importante mantener la uniformidad de la vía de construcción entre productos y componentes idénticos. Si se utiliza más de una trayectoria de impresión, se debe documentar cada una de ellas. Asimismo, se recomienda evaluar si las diferencias en la trayectoria de impresión afectan significativamente el desempeño de cada componente o producto, ya que si cambia la trayectoria de la herramienta influye directamente en la fabricación de la pieza.

Cuando el software de preparación de impresión genera la trayectoria del sistema de suministro, la densidad del relleno de un componente se puede especificar por separado de los patrones de la geometría del componente. Por ejemplo, si la geometría muestra una pared sólida, es posible llenar ese espacio sólido con relleno de panal (octogonal), lineal (romboidal) o redondo; o sea, no solo se debe conocer el porcentaje de relleno, sino también el tipo o formato del relleno. Estos huecos se forman fácilmente con un equipo de extrusión. Se debe documentar la densidad de relleno de las partes que no son

totalmente densas (es decir, no sólidas). Si se utiliza una densidad de relleno no sólida, se recomienda detectar si los huecos internos son accesibles externamente o si están sellados. Si los huecos están sellados, se debe identificar el líquido o gas que los rellena.

#### 4.6.2 Control de los materiales

##### I. Material de partida

En el proceso de FA, el material de partida puede sufrir importantes cambios físicos y/o químicos. Como tal, el material de partida puede tener un efecto significativo en el éxito del ciclo de construcción, así como en las propiedades del producto terminado.

Las especificaciones para los materiales entrantes y los métodos de control deben tener como base la tecnología de FA utilizada (es decir, las especificaciones del material serán diferentes para los equipos de fusión en polvo en comparación con los estereolitográficos). Los ejemplos de especificaciones para tipos de materiales de uso común y tecnologías de equipos pueden incluir, pero no se limitan a:

- si el material es un sólido: tamaño y distribución de partículas y comportamiento reológico correspondiente a polvos o diámetro de filamento y tolerancias diamétricas para filamentos;
- si el material es un líquido: viscosidad o viscoelasticidad, pH, fuerza iónica y vida útil;
- si el material es una mezcla de polímeros o monómeros: composición, pureza, contenido de agua, fórmula molecular, estructura química, peso molecular, distribución del peso molecular, temperaturas de transición vítrea y de fusión, y temperaturas de punto de cristalización, información sobre la pureza (es decir, pureza de polímero/monómero e identificación y cantidad de impurezas pertinentes, tanto orgánicas como inorgánicas, según corresponda);
- si el material es un metal, una aleación metálica o una cerámica: composición química y pureza;

- si el material es un compuesto: la proporción de la mezcla con las especificaciones de cada componente.

## II. Posprocesamiento

El desempeño del producto terminado y las propiedades del material pueden verse afectados por las etapas de procesamiento posterior de FA (es decir, etapas de fabricación que tienen lugar tras el proceso de impresión). Dichas etapas podrían comprender desde la limpieza del exceso de material de partida del producto, pasando por el recocido del producto para aliviar la tensión residual, hasta el mecanizado final. Como se mencionó anteriormente, los fabricantes deben implementar y mantener procedimientos para el monitoreo y control de parámetros de procesos para que los procesos validados garanticen que se continúan cumpliendo los requisitos especificados. La amplia utilidad y habilidad de hacer productos múltiples de una vez mediante la FA significa que se puede documentar el posprocesamiento para un diseño, producto o construcción.

Los productos que están diseñados para aplicaciones que deben tener en cuenta la fatiga pueden necesitar un acabado superficial o rugosidad mínimos para reducir la posibilidad de fallo. Se puede conseguir la rugosidad superficial deseada, frecuentemente, a través de varias etapas de posprocesamiento (por ejemplo: pulido mecánico); sin embargo, los espacios difíciles de alcanzar pueden permanecer en el estado de impresión. Se deben evaluar estos espacios para determinar sus efectos sobre el desempeño mecánico (incluyendo la fatiga) del producto o componente.

## III. Biocompatibilidad

Se recomienda evaluar la biocompatibilidad del producto terminado como se describe en la guía "Uso de la Norma Internacional ISO-10993, 'Evaluación Biológica de Productos Médicos Parte 1: Evaluación y Pruebas'". Puede necesitarse información adicional si se utilizan aditivos químicos con toxicidades conocidas (por ejemplo: ciertos aditivos, catalizadores, agentes de unión y curado, monómeros no curados, plastificantes).

## **5. Evaluación del biomodelo didáctico**

Se realizó una encuesta anónima a los alumnos que utilizaron el biomodelo en sus cursos (en el segundo cuatrimestre 2018 y en el primer cuatrimestre de 2019 las asignaturas Técnicas de bioterio I, III, V y Técnicas Quirúrgicas en pequeños roedores, Anexo II).

De la misma se desprende que las razones por las que prefieren el uso de reactivos biológicos son porque los acercan más al trabajo que realizarán como técnicos en el futuro (94,1%), porque consideran es la única forma de aprender (41,4%) y en último término porque consideran mínimos los riesgos de la manipulación de los animales (11,7%).

En lo que a modelos inanimados respecta, las razones por las que los prefieren son el 77,7% porque cumplen con la regla de las 3Rs, el 50% porque los considera seguros al momento de aprender y el 38,8% porque les resultan más sencillos de manejar. Un 16,6% no prefiere el trabajo con modelos inanimados.

En particular con el biomodelo 3D, un 62,5% lo considera seguro a la hora de realizar maniobras, 56,2% cómodo en su diseño, el 50% opina que es una buena alternativa al uso de reactivos biológicos/superador frente a otro modelo inanimado (peluches).

El 100% opina que la rata 3D les resultó de utilidad y que la seguridad es la característica principal, señalada principalmente por aquellos que pertenecen a los primeros años de la Tecnicatura señalando que el biomodelo impreso en 3D les generó más confianza para realizar la técnica, que el material teórico fue suficiente acompañado del recurso didáctico y que lo motivó para estudiar y realizar otras maniobras con mayor seguridad.

## **6. Conclusiones**

Los estudiantes en la mayoría de los países aprenden procedimientos en animales saludables. En carreras como Veterinaria y la Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterios son reacios, por cuestiones éticas o humanitarias, a emplear animales durante las actividades prácticas.

Este trabajo presenta un método alternativo para que los estudiantes desarrollen habilidades manuales para su trabajo profesional, utilizando modelos inanimados impresos en 3D.

La propuesta tiene sustento en la denominada regla de las tres R's; específicamente el Reemplazo por modelos animales inanimados en la enseñanza y formación, complementándolo con sistemas audiovisuales, simuladores por ordenadores y de realidad virtual. Los estudiantes encuentran en esta forma de enseñanza una alternativa atractiva e innovadora, pero a la vez sencilla y económica, que cubre sus expectativas.

Los biomodelos animales inanimados desarrollados son objetos de material sintético FLEX de 1,75 mm de diámetro, color blanco, PRINT A LOT®, impresos en 3D con características morfológicas externas similares a las de roedores vivos.

Por todo ello, y considerando que el aprendizaje en las técnicas de sujeción e inoculación es una competencia específica profesional que debería adquirir todo estudiante de la Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterio como de Veterinaria, se plantea la utilización de modelos animales impresos en 3D como un método alternativo seguro, que permite a los alumnos practicar más y adquirir estas competencias profesionales que sirvan como un complemento a las prácticas con animales vivos.

Se ha planificado la utilización de dicho recurso en el marco de la Tecnicatura Universitaria en Gestión Integral de Bioterios, y se han establecido las pautas para la acción pedagógica necesarias para la implementación del mismo en el aula. Sin embargo, las propuestas de incorporación de nuevas metodologías requieren no sólo una adecuada planificación, sino que también deben considerar la fuerza consuetudinaria de las prácticas. Las propuestas novedosas necesitan, para ser exitosas, que los docentes estén convencidos

de su utilidad, que se interioricen en el tema y se capaciten para poder incorporarlas en las prácticas docentes, y que generen el compromiso de los estudiantes en la construcción del aprendizaje.

Es necesario pensar que si recurrimos a la metodología 3D como recurso didáctico en el aula, y se produce la sumatoria de exposiciones y repeticiones, considerando que cada estudiante posee capacidades intelectuales diferentes, se promueve de manera más simple o sencilla, la incorporación del conocimiento nuevo/aprendido.

Como reflexión final, favorecer los procesos cognitivos de los estudiantes y trasladar los conocimientos teóricos en prácticos es de gran importancia, con la implementación de estos métodos alternativos tratamos de mejorar las habilidades manuales antes de tomar contacto con los animales. Reducimos el número de animales destinados a las prácticas. Refinamos lo técnica ya que primero visualizan la técnica y luego la realizan en un objeto inanimado, corrigiendo errores que se puedan presentar, y adquieren manejo de instrumental en forma correcta, recreando de esta forma, situaciones reales para los estudiantes

Incorporar cualquier herramienta de trabajo en didáctica, modificar la dinámica de una clase, capacitarnos continuamente en educación; escuchar, observar y exponer una clase frente a diferentes colegas, cualquiera sea su cargo docente o mismo a los estudiantes; nos ayuda a enriquecer nuestro trabajo diario.

La incorporación de tecnologías cuando surge en función de las preocupaciones genuinas de docentes y estudiantes, permiten la reconstrucción de la noción de entorno de aprendizaje y su redimensionamiento como entorno tecnológico.

## 7. Glosario

**Biomodelo:** Modelo anatómico construido por tecnologías aditivas 3D destinado a intervenir en el diagnóstico de una patología y tratamiento y/o como elemento de entrada al diseño.

**Biomodelo didáctico:** Modelo anatómico construido por tecnologías aditivas 3D utilizado para fines educativos, referencias anatómicas o bien en la planificación quirúrgica (sin fines diagnóstico).

**Calidad:** totalidad de aspectos y características que posibilitan a un producto médico o producto para diagnóstico de uso *in vitro* responder a las exigencias de adecuación al uso, incluyendo la seguridad y el desempeño.

**Ciclo de impresión:** ciclo único en el que uno o más productos o componentes se acumulan en capas en la cámara de proceso del equipo.

**Ciclo de vida:** todas las etapas de un producto, desde la concepción hasta su retiro de uso y discontinuación.

**Equipo:** sistema que incluye el hardware, el software de control del equipo, el software de configuración necesario y los accesorios periféricos necesarios para completar un ciclo de impresión.

**FA:** Fabricación Aditiva.

**Fabricante:** cualquier persona que diseña, fabrica, monta o procesa un producto terminado, incluyendo aquellos que desempeñen funciones por contrato para esterilización, rotulado y/o envasado.

**Estereolitografía:** del inglés Stereolithography (SL o SLA),

**Extrusión líquida:** del inglés Material Jetting (MJ).

**Fusión de Cama de Polvo:** del inglés Powder Bed Fusion (PBF).

**Gestión de la calidad:** infraestructura apropiada, que abarca la estructura organizativa, los procedimientos, procesos y recursos, y las acciones sistemáticas necesarias para asegurar la confianza adecuada de que un producto o servicio satisface determinados requisitos de calidad.

**Gestión de riesgo:** aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas de manejo para las tareas de análisis, evaluación, control y monitoreo de riesgos asociados a determinado producto o proceso.

**Lote o partida:** cantidad de un producto elaborado en un ciclo de fabricación o esterilización, cuya característica esencial es la homogeneidad.

**Modelado por Deposición Fundida:** del inglés Fused Deposition Modeling (FDM) o **Fabricación con Filamento Fundido** (Fused Filament Fabrication (FFF) o **Modelado en Capas Fusionadas** (Fused Layer Modeling (FLM).

**Pieza representativa:** pieza de muestra diseñada para el monitoreo del proceso durante la fabricación, representativa del producto terminado o componente y de un área específica dentro del volumen de impresión.

**Producción:** todas las operaciones involucradas en la fabricación de determinado producto, desde la recepción de los componentes, pasando por el proceso de elaboración y envasado, hasta la obtención del producto final.

**Producto terminado:** cualquier producto o accesorio adecuado para el uso, envasado y rotulado.

**Sistema de calidad:** estructura organizacional, responsabilidades, procedimientos, especificaciones, procesos y recursos necesarios para la gestión de la calidad.

El sistema de calidad abarca Garantía de la calidad, Buenas Prácticas de Fabricación y Control de calidad, aspectos relacionados entre sí e incluye elementos tales como estructura, organización, procedimientos y procesos.

**Software de preparación de impresión:** software utilizado para convertir el diseño digital a un formato que puede utilizarse para crear un producto o componente a través de un proceso de FA. Esto puede incluir varios componentes de software.

**Software de manipulación de diseño:** programa informático que permite modificar el diseño de un producto médico para circunstancias específicas (por ejemplo: adaptación a los pacientes).

**Validación:** confirmación por análisis y evidencia objetiva que los requisitos definidos para una determinada finalidad conducen, de forma consistente, al

resultado esperado. Con relación a un diseño, significa establecer y documentar evidencias objetivas de que las especificaciones del producto atienden las necesidades del usuario y el uso pretendido. Con relación a un proceso, significa establecer y documentar evidencias objetivas de que el proceso producirá consistentemente un resultado que satisfaga las especificaciones predeterminadas.

**Validación de diseño:** Cada fabricante deberá establecer y mantener procedimientos para validar el diseño del producto. La validación del diseño debe ser realizada sobre condiciones operacionales predeterminadas, en la producción inicial de lote o unidades. La validación de diseño debe garantizar que el producto atienda las necesidades del usuario e indicación de uso y deberá incluir ensayos de los productos en condiciones reales o simuladas de uso. La validación del diseño debe incluir la validación del software, cuando corresponda. Deberán realizarse estudios de estabilidad siempre que sean aplicables.

**Vida útil:** período de tiempo estimado por el fabricante en que un producto cumple correctamente con las funciones para las que fue diseñado.

## 8. Bibliografía

- Araujo, J. B.; Chadwick C. B. (1988) Tecnología Educativa. Teorías de la Instrucción. Barcelona: Ed. Paidós.
- Araujo, S. (2006), Docencia y enseñanza. Una introducción a la didáctica. Argentina: Ed. Bernal.
- Armstrong, T. (1999). Seven Kinds of Smart: Identifying and Developing Your Multiple Intelligences. Nueva York: Penguin Putnam Inc
- Ausubel, D. P.; Novak, J. D.; Hanesian, H. (1989) Psicología cognitiva. Un punto de vista cognoscitivo. Méjico: Trillas.
- Balcombe, J. (2000a). A global overview of law and policy concerning animal use in education. In M. Balls, A.-M. Zeller and M. E. Halder (eds.). *Progress in the Reduction, Refinement and Replacement of Animal Experimentation*. New York: Elsevier.
- Balcombe, J. (2000b). *The Use of Animals in Higher Education: Problems, Alternatives, and Recommendations*. Washington DC: Humane Society Press.
- Balluch, M. (2006). Animals have a right to life. *Altex: Alternatives to animal experimentation* 23(4).
- Brunner, J. (1988) Realidad mental y mundos posibles. Barcelona: Gedisa.
- Capaldo, T. (2004). The psychological effects on students of using animals in ways that they see as ethically, morally or religiously wrong. *ATLA: Alternatives to Laboratory Animals* 32(Suppl 1b).
- Coll C. (1989), Aprendizaje Cognitivo. New Jersey: Erlbaum.
- De Boo, J.; Knight, A. (2005). "Concept in animal welfare": a syllabus in animal welfare science and ethics for veterinary schools. *J. Vet. Med. Educ.* 32(4).
- De Boo, J.; Knight, A. (2006). Educating the veterinary professional about animal welfare. *Altex: Alternatives to animal experimentation* 23 (special issue:

*Proceedings: 5th World Congress 2005).*

-Francione, G.; Charlton, A. (1992). *Vivisection and Dissection in the Classroom: A Guide to Conscientious Objection*. Philadelphia, Pennsylvania, US: Amer. Anti-Vivisection Society.

-Fonseca Mora, M.C. (ed.) (2002): *Inteligencias Múltiples, Múltiples Formas de Enseñar Inglés*. Sevilla: Mergablum

-Gagné, R.M. y Glaser, R. (1987) *Foundations in learning research*, en *Instructional technology: foundations*. Gagné, R. (Ed). Hillsdale. Lawrence Erlbaum Associates Inc. Publishers.

-Gardner, H. (1999). *Intelligence Reframed: Multiple Intelligences for the 21st Century*. Nueva York, EUA: Basic Books.

-Gardner, H. (2006). *Replies to my critics*. En J. A. Schaler (Ed.), *Howard Gardner under fire. The rebel psychologist faces his critics* (pp. 277-344). Chicago, EUA: Open Court.

-Gruber, F. P.; Dewhurst, D. G. (2004). *Alternatives to animal experimentation in biomedical education*. *ALTEX 21(Suppl 1)*.

-Ley 14346/1954 CONGRESO DE LA NACION ARGENTINA

-National Health and Medical Research Council (NHMRC) (2004). *Australian Code of Practice for the Care and Use of Animals for Scientific Purposes (7th Edn.)*. Canberra, ACT, Australia: Australian Government Publishing Service.

-Norma ISO 14971:2007, (Versión corregida 2007-10-01). *Productos sanitarios. Aplicación de la gestión de riesgos a los productos sanitarios*.

-Mattos, L.A. (1963). *Compendio de Didáctica General*. Buenos Aires: Kapelusz

-Patronek, G. J.; Rauch, A. (2007). *Systematic review of comparative studies examining alternatives to the harmful use of animals in biomedical education*. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 230(1).

-Pérez Gómez A. (1985), "Paradigmas contemporáneos de investigación didáctica". Madrid: Akal.

- Perkins D. (1997), La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente. Barcelona: Gedisa.
- Piaget, J. (1967) Seis estudios de psicología. Barcelona: Seix Barral.
- Piaget, J. (1999). Psicología de la Inteligencia. Madrid: Ed. Psique.
- Pogré P. (2002), La escuela del futuro II. Enseñanza para la comprensión.
- Porlán Ariza, R. (1993). La Didáctica de las Ciencia's: una disciplina emergente. Cuadernos de Pedagogía. 210.
- Pozo Muncio, J. (1996), "Las múltiples profesiones del maestro. Cinco personajes en busca de autor". Aprendices y maestros. Alianza Madrid.
- Rusell W.; Burch R., (1992), "The Principle of Humane Experimental Technique". ". Methuen. Londres.
- San Martín, A. (1991). La organización escolar. En Cuadernos de Pedagogía, nº 194.
- Santos Urbina Ramírez. Informática y teorías del aprendizaje. Universitat de les Illes Balears. <http://tecnologiaedu.us.es/nweb/html/pdf/gte41.pdf>  
Consultado el 03/12/12.
- 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. Educ.* 32(4).
- Self, D. J.; Pierce, A. B.; Shadduck, J. A. (1994). A survey of the teaching of ethics in veterinary education. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 204(6).
- Serpell, J. A. (2005). Factors influencing veterinary students' career choices and attitudes to animals. *J. Vet. Med. Educ.* 32(4).
- Siegford, J. M.; Bernardo, T. M.; Malinowski, R. P.; y col (2005). Integrating animal welfare into veterinary education: using an online, interactive course. *J. Vet. Med. Educ.* 32(4).
- Skinner, B. F. (1985) Aprendizaje y comportamiento. Barcelona. Martínez-Roca.

- Taller de Bioética en investigación con animales de laboratorio. (FCV-UBA)
- Van der Valk, J.; Dewhurst, D.; Hughes, I.; y col. (1999). Alternatives to the use of animals in higher education. The report and recommendations of ECVAM workshop 33. *ATLA: Alternatives to Laboratory Animals* 27.
- Williams, S.; Butler, C.; Sontag, M. A. (1999). Perceptions of fourth-year veterinary students about the human-animal bond in veterinary practice and in veterinary college curricula. *J. Amer. Vet. Med. Assoc.* 215(10).

## **9. Anexos**

### *9.1 Anexo I*

#### ***Programas de Técnicas de Bioterio I a V***

#### **PROGRAMA DE: TÉCNICA DE BIOTERIO I**

1. - Denominación de la actividad curricular.

Materia: Técnica de Bioterio I

Código: 1405

Carga Horaria: 200 hs.

#### **2- Objetivos**

Reconocer la importancia que tiene la experimentación animal para el desarrollo de la biomedicina y la mejora de la salud humana y animal

Tomar conciencia de la relación entre el hombre y los animales

Clasificar los diferentes tipos de reactivos biológicos en función del status sanitario -microbiológico-

Distinguir para que línea de investigación son necesarios los distintos tipos de animales según su calidad.

Clasificar comprender y diferenciar las variables extrínsecas que pueden alterar la homeostasis del animal

Diferenciar las distintas técnicas y equipos necesarios para la obtención de animales definidos microbiológicamente

Aplicar procedimientos que garanticen la integridad del status de los animales definidos

#### **3. –Contenidos**

Unidad 1:

Glosario de términos.

Concepto de animal de laboratorio como Reactivo Biológico.

El macroambiente: Diseños de Bioterios. Características de construcción: Materiales, Instalaciones. Acondicionamiento del medio ambiente: luz, temperatura, humedad, movimientos de aire.

Monitoreo del ambiente. Aislamiento sonoro

Unidad 2:

Sanitización de Bioterios: agentes y equipos de limpieza. Desinsectización, desinfección y esterilización.

Unidad 3:

Desinfección rutinaria de: Instalaciones, equipos, instrumentos, vestimenta, agua y comida, lechos, utensilios de limpieza, útiles de escritorio, aire, residuos, etc.

Unidad 4:

Procedimientos rutinarios en Bioterio.

Procedimientos operacionales estandarizados.

Unidad 5:

Control de salud al ingreso. Exámenes médicos periódicos. Vacunación. Uniforme.

Higiene personal.

Unidad 6:

Sistema de eutanasia y reconocimiento de muerte.

Métodos aceptados según normas internacionales.

4.- Modalidad del curso

Teórico-práctico

Clases teóricas:

Exposición oral, dialogada para favorecer la participación de los estudiantes.

Trabajos Prácticos:

Diseño de Bioterios convencionales (I. Monográfico en equipo)

Limpieza y desinfección de jaulas, mamaderas, rejas, etc.

Preparación del material para esterilización

Diseño y redacción de POE'S

Organización de trabajos grupales en área de circulación sucia.

Diseño de planillas para registro de parámetros ambientales

Preparación de Materiales para su ingreso a áreas limpias.

Eutanasia de animales de laboratorio

5. -Correlatividades

Según plan de estudios

Aprobadas: Materias correspondientes al Ciclo Básico Común

6.- Evaluación

De acuerdo a normas vigentes

7. – Bibliografía

## PROGRAMA DE: **TÉCNICA DE BIOTERIO II**

1. - Denominación de la actividad curricular.

Materia: Técnica de Bioterio II

Código: 1411

Carga Horaria: 200 hs.

2- Objetivos

Adquirir destreza en la manipulación, inmovilización y sexado de animales para experimentación.

Aplicar los diferentes sistemas de identificación individual de animales y de grupos, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno, adecuándolos a cada especie.

Valorar la correcta nutrición del animal de laboratorio como un factor decisivo para la obtención de una respuesta biológica confiable.

Conocer los riesgos potenciales relacionados con el trabajo en bioterio y saber actuar en consecuencia.

3. – Contenidos

Unidad 1:

Glosario de términos.

Categoría de animales de laboratorio según su status sanitario.

Modelos para experimentación.

Unidad 2:

Microambiente: Distintos modelos de jaulas, materiales, etc.

Sistemas de comederos y bebederos.

Materiales para lechos y nidos

Unidad 3:

Manipuleo, contención y sexage de las principales especies

Exámenes de los animales para evaluación de salud. Lista de chequeo.

Métodos de identificación apropiados para cada especie.

Unidad 4:

Nutrición: requerimientos específicos.

Dietas: Presentación, calidad, conservación, pestes, métodos de suministro, control de consumo de comida y agua.

Unidad 5:

Riesgos y medidas de seguridad de las personas, instalaciones y animales.

#### 4.- Modalidad del curso

Teórico-práctico

Clases teóricas:

Exposición oral, dialogada para favorecer la participación de los estudiantes.

Trabajos Prácticos:

Manipuleo de animales (rata y ratón)

Inmovilización de animales (rata y ratón)

Proyección de vídeo educativo acerca del manejo de otras especies

Elección y selección de materiales por catálogos

Comparación de dietas (composición, presentación, etc.)

Diseño y uso de tablas de control consumo – peso y consumo – edad

Puesta en práctica de procedimientos para áreas asépticas

#### 5. -Correlatividades

Según plan de estudios

Regularizadas: Anatomía, Histología, Técnica de Bioterio I, Física

#### 6.- Evaluación

De acuerdo a normas vigentes

#### 7. – Bibliografía

### PROGRAMA DE: **TÉCNICA DE BIOTERIO III**

1. - Denominación de la actividad curricular.

Materia: Técnica de Bioterio III

Código: 1416

Carga Horaria: 200 hs.

#### 2- Objetivos

Reconocer señales de enfermedad en los animales de laboratorio.

Conocer las posibles fuentes y vías de contaminación.

Asociar cambios en los resultados experimentales con la existencia de patologías.

Implementar las medidas de protección adecuadas para los animales.

Diferenciar aislamiento de cuarentena.

Organizar adecuadamente la eliminación de residuos según sus características, origen y disposiciones legales.

#### 3. – Contenidos

Unidad 1:

Glosario de términos. Evolución física de los animales.

Determinación de edad aproximada. Edad de destete.

Peso corporal. Tablas de peso-edad. Curvas de crecimiento.

Unidad 2:

Fisiología reproductiva de las principales especies.

Unidad 3:

Métodos de cría.

Sistema de apareos. Criterios de elección.

Registros de cría.

Unidad 4:

Selección de reproductores. Criterios de elección

Unidad 5:

Vías de administración.

Recolección de sangre, orina y heces.

4.- Modalidad del curso

Teórico-práctico

Clases teóricas:

Exposición oral, dialogada para favorecer la participación de los estudiantes.

Trabajos Prácticos:

Trabajos en salas con animales y manejo de equipos.

Confección de tablas de peso – edad (variando planteles de animales, cepas, tipos de alimento, etc.)

Realización de apareos, selección de reproductores, reposición de planteles y manejo de registros escritos de actividades en las salas.

Administración de sustancias por diferentes vías.

Recolección de sangre.

Recolección de excretas.

5. -Correlatividades

Según plan de estudios

Aprobadas: Técnica de Bioterio II - Regularizada: Fisiología

6.- Evaluación

De acuerdo a normas vigentes

7. – Bibliografía

## PROGRAMA DE: **TÉCNICA DE BIOTERIO IV**

1. - Denominación de la actividad curricular.

Materia: Técnica de Bioterio IV

Código: 1420

Carga Horaria: 200 hs.

2- Objetivos

Conocer los agentes patógenos que pueden afectar a los animales de laboratorio, especialmente los zoonóticos.

Seleccionar y aplicar los procedimientos apropiados para la desinfección de áreas sépticas y de cuarentena.

Conocer las instalaciones necesarias para albergar animales con distintas calidades microbiológicas.

Comprender la necesidad de controlar y conservar la calidad genética de los animales de laboratorio. Asimilar el concepto de estandarización genética y reconocer su importancia en la ciencia de animales de laboratorio.

Clasificar los animales de laboratorio en función de sus cualidades genéticas.

Conocer la metodología utilizada para la obtención y mantenimiento de las diferentes cepas y colonias.

Comprender los mecanismos básicos de la inmunología y la utilidad de los animales de experimentación como productores de inmunoseros.

3. -Contenidos

Unidad 1:

Glosario de términos.

Patógenos transmisibles del hombre a los animales y viceversa. Aislamiento y cuarentena.

Desinfección de áreas de cuarentena y áreas sépticas.

Unidad 2:

Instalaciones especiales: Animales SPF; gnotobióticos; libres de gérmenes e infectados.

Unidad 3:

Validación de equipos y procedimientos.

Control de pestes

Calculo de productividad.

Unidad 4:

Genética de animales de laboratorio:

Tipos genéticos: Colonias exocriadas, Cepas endocriadas, Híbridos, etc.

Sistemas de cruzamiento adecuados para cada tipo genético.

Unidad 5:

Principios de inmunología.

Sistemas innatos de defensa: Barreras naturales: piel y mucosas. Mecanismos celulares: fagocitosis y lisis.

Sistema inmune específico: Células que participan: Linfocitos T y B. Concepto de antígeno e inmunógeno. Células presentadoras de antígenos. Cooperación celular y cinética de respuesta inmune. Función de las inmunoglobulinas.

Producción de inmunosueros: Características generales de un inmunosero.

Preparación de inmunosueros. Obtención, conservación y aplicación de los diferentes tipos de inmunógenos. Especies productoras de sueros.

Inmunización: vías, dosis, adyuvantes (tipos). Sangrías. Obtención y purificación del suero. Controles y evaluación de los resultados

4.- Modalidad del curso

Teórico-práctico

Clases teóricas:

Exposición oral, dialogada para favorecer la participación de los estudiantes.

Trabajos Prácticos:

- Derivación de animales por cesárea aséptica
- Validación de equipos.
- Cálculo de productividad de las diferentes colonias del Bioterio.
- Manejo y producción de colonias exocriadas.
- Manejo y producción de cepas endocriadas.
- Producción de Híbridos.

5. -Correlatividades

Aprobadas: Genética - Regularizada: Técnica de Bioterio III

6.- Evaluación

De acuerdo a normas vigentes

7. – Bibliografía

## PROGRAMA DE: **TÉCNICA DE BIOTERIO V**

1. - Denominación de la actividad curricular.

Materia: Técnica de Bioterio V

Código: 1423

Carga Horaria: 200 hs.

2- Objetivos

Diferenciar los sistemas y/o estructuras que integran el bioterio ( grupos, equipos, departamentos, etc)

Adquirir habilidad en el desarrollo de proyectos, gestión económica, dinámica de grupos, evaluación de proyectos y optimización de recursos

Inculcar al alumno la importancia de valorar las publicaciones como fruto del avance científicos

Describir los principios de la cirugía y la terminología asociada. Manejar la instrumentación, reconocer la importancia de los cuidados pre y post quirúrgicos.

3. –Contenidos

Unidad 1:

Manejo de personal.

Administración y costos del Bioterio.

Unidad 2:

Controles genéticos. Banco de embriones.

Nomenclatura de animales de laboratorio.

Unidad 3:

Procedimientos experimentales.

Unidad 4:

Cursos de intensificación en: Peces, Conejos, Cobayos, Producción de Roedores, Técnicas quirúrgicas, Metodología de la investigación , Reptiles y Caninos

Monografía Final.

4.- Modalidad del curso:

Teórico-práctico

Clases teóricas:

- Exposición oral, dialogada para favorecer la participación de los estudiantes.

#### Trabajos Prácticos:

- Manejo de equipos de trabajo (mínimo: 5 personas).
- Realización de controles genéticos básicos. (Trasplante de piel

Manto de color)

- Obtención de machos vasectomizados.
- Técnicas para recolección de embriones e implante de los mismos.
- Administración y costos.
- Realización de Balances en Bioterio.

#### 5. -Correlatividades

Aprobadas: Epidemiología, Técnica de Bioterio III - Regularizadas: Técnicas de Bioterio IV, Patología

#### 6.- Evaluación

De acuerdo a normas vigentes

#### 7. – Bibliografía

## 9.2 Anexo II

### **Encuesta de opinión sobre rata 3D**

Estimado estudiante,

Nos encontramos incorporando una nueva herramienta en las asignaturas de la carrera y queremos conocer su opinión a cerca de la misma. Es por eso que le pedimos si puede completar esta encuesta breve que es de carácter anónimo.

Muchas Gracias.

#### **1) Señale cuál de las siguientes asignaturas cursó durante el período comprendido entre el segundo cuatrimestre 2018 – primer cuatrimestre 2019**

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Bioterio I   | <input type="checkbox"/> Bioterio IV                               |
| <input type="checkbox"/> Bioterio II  | <input type="checkbox"/> Bioterio V                                |
| <input type="checkbox"/> Bioterio III | <input type="checkbox"/> Técnicas quirúrgicas en pequeños roedores |

#### **2) Durante el período comprendido entre el segundo cuatrimestre 2018 – primer cuatrimestre 2019 los docentes utilizaron los siguientes materiales en los cursos (señale todas las respuestas posibles)**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Rata (reactivo biológico)   | <input type="checkbox"/> Peluche (modelo inanimado)     |
| <input type="checkbox"/> Ratón (reactivo biológico)  | <input type="checkbox"/> Rata 3 D (biomodelo didáctico) |
| <input type="checkbox"/> Cobayo (reactivo biológico) |   |

#### **3) Ud. prefiere la utilización de reactivos biológicos en lugar de modelos inanimados durante las asignaturas porque considera (señale todas las respuestas posibles)**

- Que se acerca más al trabajo que ud realizará como técnico para bioterio.
- Que los riesgos de realizar maniobras por primera vez en los animales son mínimos por lo que acepta el desafío.
- Que la única forma de aprender maniobras es trabajando directamente con el animal.
- No prefiere el trabajo con reactivos biológicos en lugar de modelos inanimados.

**4) Ud. prefiere la utilización de modelos inanimados en lugar de reactivos biológicos durante las asignaturas porque considera (señale todas las respuestas posibles)**

- Que es más seguro al momento de aprender ya que evita accidentes por ejemplo por mordeduras.
- Es sencillo de manejar permitiéndole desarrollar habilidades que probablemente le llevaría más tiempo con un reactivo biológico.
- No está de acuerdo con que muchos de los animales que se utilizan deban ser empleados y sacrificados posteriormente.
- Cumple con la regla de las 3 Rs.
- No prefiere el trabajo con modelos inanimados en lugar de reactivos biológicos.

**5) El uso de la rata 3D durante la asignatura cursada le resultó (señale todas las respuestas posibles)**

- Una buena alternativa al uso de reactivos biológicos ya que le permitió realizar todas las consignas dadas por el docente como si estuviese trabajando sobre el animal.
- Seguro a la hora de aprender a realizar maniobras.
- Cómodo en su diseño el cual se asemeja a una rata de verdad.
- Superador frente a otros modelos inanimados como los peluches en las maniobras que se pueden realizar.
- No le resultó de utilidad.