

**MATERIAL DIDÁCTICO SOBRE EMBRIOLOGÍA DIRIGIDO A ESTUDIANTES
DE SEGUNDO SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA DE LA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

ANGIE DANIELA VARGAS GUZMÁN

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
2021**

**MATERIAL DIDÁCTICO SOBRE EMBRIOLOGÍA DIRIGIDO A ESTUDIANTES
DE SEGUNDO SEMESTRE DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA DE LA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL**

ANGIE DANIELA VARGAS GUZMÁN

**Trabajo presentado para optar por el título de:
Licenciada en Biología**

Dirigido por:

M. Sc. Martha Jeaneth García Sarmiento

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA
2021**

DEDICATORIA

Para mis padres, Martha Guzmán y Frei Vargas, por creer en mí, por su infinito amor, apoyo y comprensión a lo largo de todo mi pregrado. Ninguno de mis logros hubiera sido posible sin su compañía. Gracias por ese primer libro de fisiología que me obsequiaron en navidad y por todos los que fueron llegando en el transcurso de mi formación universitaria. Gracias por enseñarme que los valores, la perseverancia y la disciplina son importantes en cada proyecto que tenga. Gracias por permitirme soñar en grande. Todos mis logros son y serán para ustedes.

Para mis hermanas, María Angélica y Lina María, para que nadie las haga dudar de todo el potencial que hay en ellas. Gracias por llenar mi vida de amor y de alegría.

AGRADECIMIENTOS

A la línea de investigación Faunística y Conservación con énfasis en los artrópodos, por abrirme sus puertas para realizar este trabajo de grado.

A la docente Martha Jeaneth García Sarmiento, por dirigir este trabajo sin que perdiera su esencia de forma atenta y paciente, y por resolver cada una de las inquietudes que surgieron durante su elaboración.

A las docentes Carolina Vargas y Silvia Gómez, porque desde sus campos de conocimiento aportaron a la evaluación del material didáctico que se elaboró.

A las personas que me asesoraron en el proceso de elaboración de animaciones en 3D, pues sin estas animaciones no hubiera sido posible gran parte de este trabajo de grado.

A mis padres, por su inmensa comprensión y apoyo durante todo el transcurso de mi formación como Licenciada en Biología.

A Briyith Ramírez y Lorena Escamilla, por brindarme su amistad desde los primeros semestres y hacer de mi formación en la Universidad Pedagógica Nacional una de las mejores etapas de mi vida.

Contenido

Contenido.....	1
Lista de figuras.....	3
Lista de tablas.....	4
Introducción.....	5
1. Planteamiento y formulación del problema.....	6
2. Justificación.....	8
3. Antecedentes.....	11
3.1. Antecedentes nacionales.....	11
3.2. Antecedentes internacionales.....	13
4. Objetivos.....	15
4.1. Objetivo general.....	15
4.2. Objetivos específicos.....	15
5. Marco teórico.....	16
5.1. Embriología.....	16
5.2. Protóstomos y deuteróstomos.....	16
5.3. Anomalías cromosómicas en humanos.....	18
5.4. Agentes teratógenos en humanos.....	19
5.5. Material didáctico.....	19
5.6. Modelo y modelización.....	20
5.7. Uso de las TIC.....	20
5.8. Método de caso.....	21
5.9. Animación en 3D.....	22
6. Metodología.....	24
7. Resultados.....	35
8. Análisis de resultados.....	37
9. Conclusiones.....	40
10. Bibliografía.....	41
11. Anexos.....	45

11.1. Anexo 1	45
11.2. Anexo 2	48

Lista de figuras

Figura 1. Blender.....	27
Figura 2. Herramientas de Blender.....	27
Figura 3. Shotcut.....	28
Figura 4. Editor de Windows 10.....	29
Figura 5. Bitmoji	30
Figura 6. Panorámica de comandos de Blender.....	35
Figura 7. Ejemplo introducción a las animaciones... ..	38

Lista de tablas

Tabla 1. Relación material didáctico y criterios de selección.....	25
Tabla 2. Organización contenido.....	30
Tabla 3. Resultado material didáctico	35

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de grado se realizó un material didáctico para embriología usando las TICs, esto considerando los siguientes aspectos: la falta de fácil acceso a este material que se presenta a nivel nacional y los retos que trajo en el sector educativo la pandemia por COVID-19. A partir de esto, se seleccionó la población a la que fue dirigida este trabajo: estudiantes de segundo semestre que cursaran la materia Organismos, pues en esta se ven aspectos relacionados con la embriología –tanto humana como de otros organismos-.

Posteriormente se eligieron las temáticas que se incluyen dentro del material didáctico: deutérostomos, protóstomos, embriología humana, anomalías cromosómicas, agentes teratógenos en humanos. Por último, se crea una página web para la organización de este material didáctico y se procede a su validación por parte de dos docentes de la Universidad Pedagógica Nacional.

1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La embriología es un campo de conocimiento complejo en el que se pueden presentar dificultades al llevarlo al aula, es por esto que se requieren de estrategias didácticas para la enseñanza de esta temática en la educación universitaria, pues “debido a que el material biológico para el estudio de la embriología no está disponible con facilidad, y las ilustraciones en textos de embriología son en su mayoría gráficas, se debería realizar la correlación y preparación de material” (García, L. y Palencia, M., 2018, p.5)

Pese a que se conoce la importancia de enseñar los procesos propios de la embriología –tanto humana como de otros organismos-, y cómo son afectados por factores externos, pues “la nutrición y otros factores ambientales alteran las vías de desarrollo durante el período de crecimiento prenatal, induciendo con ello cambios en el metabolismo postnatal y la susceptibilidad de los adultos a la enfermedad crónica” (Reyes y Carrocera, 2015., p. 100.), en aula se enseñan con un método tradicional, entendido por Ríos y Urdaneta (2015) como aquel en el cual

El estudiante es un elemento cognitivo pasivo, que debe aprender cada lección enseñada al pie de la letra; es decir, es un receptor responsable del aprendizaje. En este sentido, el estudiante es un reproductor de los saberes transmitidos en la escuela, sin derecho a opinar e innovar respecto de los mismos (p.918)

Lo anterior explica la importancia de abordar esta temática, empleando metodologías que le permitan tanto al docente como al estudiante ir más allá de métodos tradicionales, pues estos hacen que “el conocimiento del cuerpo se convierta en repetir nombres y significados, generando en los estudiantes la duda de ¿para qué me sirve esto? alejando de la cotidianidad algo tan propio como la fisiología, haciendo que esta se torne aburrida y poco funcional” (Báez, 2014, p.19).

Considerando que además en la formación de pregrado “el estudio de la embriología, tal como se hace hoy, es exclusivamente teórica sin un componente

práctico” (García, L. y Palencia, M., 2018, p.3), se hace necesaria la elaboración de un material que permita que la enseñanza de la embriología a partir del uso de las TIC, por medio de un laboratorio virtual diseñado para estudiantes de Licenciatura en Biología.

A raíz de lo anterior surge la siguiente pregunta problema *¿Qué temáticas pueden abordarse al diseñar un material didáctico sobre embriología dirigido a estudiantes de Licenciatura en Biología, mediado por las TICS?*

2. JUSTIFICACIÓN

La elaboración de un material didáctico es fundamental en el aula; autores como Orozco y Henao (2013) afirman que este

favorece el proceso de aprendizaje en los estudiantes, gracias al contacto práctico-lúdico con elementos reales que activan el gusto por aprender, que estimulan el desarrollo de la memoria, la motricidad fina y gruesa, la parte cognitiva, física, entre otros aspectos fundamentales en la evolución del sujeto. (p. 105)

Acorde con lo anterior se evidencia una necesidad de que el maestro conozca y haga uso de esta herramienta en el aula, pues permitirá que temas que en algunos casos resultan complejos como la embriología se logren comprender y relacionar con distintas situaciones y/o problemas que se pueden presentar en la vida cotidiana.

Cabe destacar que las TIC pueden ser una solución cuando las instituciones no cuentan con el espacio para realizar un laboratorio presencial que permitan ver los procesos de desarrollo embrionario, pues

la gran capacidad de almacenamiento y de acceso a todo tipo de información, la propiedad de simular fenómenos naturales difíciles de observar en la realidad o de representar modelos de sistemas físicos inaccesibles, la interactividad con el usuario, o la posibilidad de llevar a cabo un proceso de aprendizaje y evaluación individualizada, entre otras muchas aplicaciones educativas. (Pontes., 2005., p. 2)

Además, “las aulas virtuales son la manera de incorporar los resultados didácticos de las aulas reales a contextos en los que no es posible reunir físicamente a los participantes, en un proceso de enseñanza/ aprendizaje” (Quijano, Y., 2010, p. 16).

En lo que concierne a la relación entre el uso de los materiales didácticos y los maestros, autores como Franco y Solis (2013) mencionan que

el manejo de diversos tipos de materiales didácticos permite la construcción de nuevos conocimientos, pues se aplica una pedagogía activa, basada en la acción y no sólo en los contenidos, dando lugar, además, a procesos interactivos, flexibles, con situaciones concretas de aprendizaje. Cada material, por más sencillo que parezca, cumple una función esencial como constructor educativo y los docentes se convierten en facilitadores, orientadores del proceso de enseñanza (p. 26)

Esto permite ver el potencial que tiene el elaborar un material para la enseñanza de un campo que resulta tan complejo como la embriología utilizando plataformas virtuales.

Se destaca también que, en los materiales didácticos encontrados en embriología, se evidencia que la mayoría tiene un enfoque hacia la embriología humana, en donde no se muestra el desarrollo embrionario de otros organismos -ya sean protóstomos o deuteróstomos- cuyos estudios y experimentaciones han contribuido a tener una mejor comprensión en el campo de la embriología y la biología del desarrollo; razón por la cual se hace pertinente la elaboración de un material didáctico que brinde una perspectiva donde se pueda dar a conocer los procesos de desarrollo embrionario de diferentes organismos.

Respecto a la población escogida, este material va dirigido a estudiantes de segundo semestre del componente Organismos, pues este,

es un espacio académico del PCLB, en donde se desarrollan temas relacionados con crecimiento y desarrollo de los organismos, se problematiza desde los niveles de organización macromolecular, celular, tisular y organismico. Teniendo en cuenta el NIP ¿Qué interacciones emergen en el estudio del proceso de crecimiento y desarrollo de los organismos?, se estudian los principios básicos de la biología del desarrollo, fundamentados en estudios de la célula, la biología celular, la reproducción y la embriología de los organismos. (Arias y Sánchez.,2016, p. 84)

Con base en lo anterior se propone hacer uso de las TIC para elaborar un material didáctico para que los estudiantes de Licenciatura en Biología tengan acceso a información y simulación para que, de esta forma se logre una estrategia de enseñanza- aprendizaje respecto a la embriología.

Por último, es fundamental elaborar este tipo de material, teniendo en cuenta que, la situación generada por el COVID-19 hizo que la educación pasara a la virtualidad, pues como señala la CEPAL (2020)

En el marco de la suspensión de las clases presenciales, la necesidad de mantener la continuidad de los aprendizajes ha impuesto desafíos que los países han abordado mediante diferentes alternativas y soluciones en relación con los calendarios escolares y las formas de implementación del currículo, por medios no presenciales y con diversas formas de adaptación, priorización y ajuste... La mayoría de los países cuentan con recursos y plataformas digitales para la conexión remota, que han sido reforzados a una velocidad sin precedentes por los Ministerios de Educación con recursos en línea y la implementación de programación en televisión abierta o radio. (p. 3)

3. ANTECEDENTES

3.1. ANTECEDENTES NACIONALES

Ante la falta de material didáctico para la enseñanza de la embriología en la educación universitaria, se han propuesto diversas soluciones; dentro de estas se encuentra el uso de las TIC, Bolaños (2010) realizó un software educativo para la enseñanza de la embriología denominado “Embryo” con el fin de facilitar la comprensión con estudiantes del curso de Embriología de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Este le permite al estudiante acceder a los diferentes contenidos (multimedia, video, imágenes, textos) referentes a las etapas del desarrollo embrionario humano, evidenciando un mejor rendimiento académico en los estudiantes que utilizaron este software educativo durante el curso de embriología a comparación de quienes no utilizaron esta herramienta y vieron el curso de forma tradicional.

Gamboa (2015), ante la inexistencia de material didáctico propio de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, que muestre las etapas embrionarias en cortes histológicos en físico y/o digital, realizó un material didáctico a partir de embriones de rata, considerando la similitud que se encuentran entre los primeros estadios del desarrollo de este organismo y el del humano, como resultado se obtienen láminas histológicas de embriones de rata del día 7 al 15 de gestación, estas se procesaron y fueron incluidas dentro de las TIC gracias a las fotografías que se obtuvieron de estas láminas histológicas.

Además, Quijano (2010) ante los problemas que se generan en torno a una enseñanza tradicional elabora un software para la enseñanza de la neuroanatomía para complementar la enseñanza que se brinda en el aula. Luego de implementar esto y hacer una comparación con el grupo control en el que se enseñó sin hacer uso de esta plataforma, el autor llega a la conclusión de que el uso de las nuevas

tecnologías de la información y las comunicaciones facilitan el aprendizaje de esta materia. Por un lado, mejoran la visualización que tiene el estudiante de las vías neuroanatómicas y, en adición, cambian *per se* los paradigmas educativos, puesto que el aprendizaje virtual obliga al estudiante a ser un agente activo en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

También se destaca el trabajo de Layton, M (2017), pues diseñó e implementó un ambiente virtual de aprendizaje que potencie aprendizajes en anatomía y fisiología a través del aula virtual en la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Para esto, se elaboraron en la plataforma Moodle ejercicios prácticos, mapas conceptuales y laboratorios. La autora concluye destacando que, por medio de esta aula virtual, los estudiantes lograron dar solución a los problemas propuestos y trabajaron en un entorno colaborativo, razón por la cual, es importante que el docente genere este tipo de aulas virtuales para la enseñanza, adaptándolo a las circunstancias y estilos de aprendizaje.

Por último, Hernández, A *et al* (2011) diseñaron un laboratorio virtual para la comprensión del funcionamiento del sistema circulatorio y sus variables frente a diferentes estímulos y condiciones como el ejercicio, intoxicación colinérgica, cafeína, hemorragia y pánico, esto lo realizó por medio de la compilación de varios modelos matemáticos. El artículo concluye afirmando que este laboratorio permite obtener experiencias que serían muy complejas de aplicar fuera de la virtualidad, por lo cual es una forma eficaz de mejorar las capacidades y los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

Estos antecedentes permiten evidenciar los beneficios que trae la implementación de las TIC en el aula en contextos de formación universitaria y, asimismo orientan una metodología para el implemento de estas. También permite conocer que los

enfoques de estos materiales didácticos en embriología son, principalmente, para la enseñanza de la embriología humana.

3.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Se han propuesto diversas formas de diseñar material didáctico en áreas como la embriología y la histología dentro de los que se destacan los siguientes trabajos.

Ferreira (2011), presentó una investigación que tiene como objetivo elaborar contenido didáctico para la enseñanza de la Embriología comparada por medio de un entorno virtual. Para esto elaboró una plataforma, que contiene 15 módulos para abordar las temáticas relacionadas con la embriología comparada. Como conclusión, la autora destaca que las recientes prácticas educativas basadas en Internet, han proporcionado la independencia de tiempo y lugar permitiendo a los alumnos acceso al conocimiento en cualquier momento y en cualquier lugar del planeta. Esta ventaja muestra la utilidad que tienen este tipo de plataformas en el proceso de enseñanza.

También se destaca el trabajo de López (2009) en el que se evaluó el interés didáctico de los laboratorios virtuales en la enseñanza de la Biología para el aprendizaje de procedimientos científicos y explorar los obstáculos para su utilización en la enseñanza secundaria. Para esto, creó un laboratorio virtual sobre la morfología y la clasificación de los insectos. Este trabajo le permite llegar a la conclusión de la importancia de la implementación y uso de las TIC por parte de los maestros.

De igual forma, Figueroa *et al.* incorporaron la Microscopía virtual en el proceso de

enseñanza-aprendizaje de la Histología y Embriología en cursos básicos de carreras universitarias del área de la Salud, para el desarrollo de este trabajo se requirieron de tres etapas: 1) Etapa Inicial: Análisis y gestión de recursos y materiales; 2) Etapa de Desarrollo: Habilitación docente e implementación de la metodología y 3) Etapa Final: Evaluación y conclusiones. La implementación de estas etapas, permitió a los autores llegar a la conclusión de que incorporar esta plataforma favoreció los aprendizajes de la histología y brindó a los estudiantes la oportunidad de revisar en más de una ocasión el material histológico complementario a los contenidos teóricos, haciendo un mejor uso del tiempo no presencial del curso.

Por último, Reyes *et al.* (2016) destacan la importancia de utilizar el aprendizaje significativo en el aula por medio de los laboratorios. Considerando los costos, espacio y materiales de un material convencional, los autores implementaron un laboratorio virtual en estudiantes de licenciatura en Biología, empleando un simulador dosis- respuesta con el sistema vestibular de *Ambystoma tigrinum*. Los autores concluyen afirmando que este simulador es una herramienta didáctica que, con ayuda del docente puede incrementar el nivel de aprendizaje, pues 92.3% de los estudiantes que lo utilizaron se adaptaron a esta plataforma virtual y realizaron correctamente las actividades propuestas.

La revisión de estos antecedentes permite evidenciar la utilidad de llevar al aula este tipo de recursos para poder mejorar el proceso de enseñanza- aprendizaje, en comparación de utilizar métodos tradicionales en donde no se involucre al estudiante.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Diseñar un material didáctico virtual sobre embriología dirigido a estudiantes de segundo semestre del Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional.

4.2. Objetivos específicos

- Establecer los contenidos teóricos que van a ser incluidos dentro del material didáctico para embriología.
- Seleccionar el recurso TICS que permita comunicar de forma apropiada las temáticas de desarrollo embrionario elegidas.
- Elaborar la estructura de los contenidos del desarrollo embrionario para que puedan ser mostrados a través de las TICS.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Embriología. Autores como Martínez y Peláez (2017) resaltan que el ser humano se ha preguntado por su proceso de formación desde la antigua Grecia, pues grandes personajes de la época como Hipócrates de Cos y Aristóteles sentaron las bases de la embriología al describir el desarrollo del pollo y otros embriones. Posteriormente en el siglo II de nuestra era, Galeno escribió la obra *Sobre la formación del feto*. En el Talmud, el Corán y en tratados sanscritos, ya se hace referencia a la morfología del embrión con descripciones que encajan en los primeros estadios del desarrollo (cigoto, blastocito y hasta el estadio somítico).

En 1672 Reinier de Graaf describió en conejos los ovarios y sus folículos maduros. Estas observaciones apoyaron la aparición de dos corrientes: *homunculistas*, quienes favorecían la idea de que dentro del espermatozoide se encontraba un humano en miniatura que era nutrido por el ovocito; y los *ovistas*, con el punto de vista contrario, en el cual el nuevo ser contenido en el ovocito era estimulado para crecer en el líquido seminal. Ambas teorías fueron desplazadas cuando Lazzaro Spallanzani (1729-1799) demostró la necesidad de ambos elementos para la formación del nuevo ser, y cuando Caspar Friedrich Wolff introdujo en 1759 sus postulados revolucionarios: la teoría de la epigénesis, según la cual “el desarrollo embriológico ocurre mediante remodelamiento y crecimiento progresivo”, y la de la formación de capas celulares, o disco embrionario que refutaron definitivamente los conceptos previos.

Partiendo de esta perspectiva histórica acerca de la embriología está es considerada por los autores Arteaga y García (2017) como la ciencia que estudia todos los cambios que ocurren para la formación de un nuevo ser desde la fertilización (fecundación) hasta el nacimiento. A la embriología también se le llama anatomía del desarrollo; sin embargo, ya no se circunscribe exclusivamente a la descripción

morfológica del desarrollo, sino que se enlaza de manera importante con otras disciplinas como la histología, la bioquímica, la fisiología, la patología y las áreas clínicas para, además de ver el desarrollo de manera integral, entender las causas del desarrollo anómalo: la llamada *dismorfología* -estudio de los defectos congénitos en el ser humano- y *teratología* –estudio de las anomalías del desarrollo fisiológico-

Hickman *et al.* (2009) afirma que los biólogos estudian el desarrollo por diferentes razones. Algunos estudios se centran en comprender cómo el cigoto, una única célula de gran tamaño puede dar lugar a la multitud de partes corporales en un organismo. Comprender los mecanismos del desarrollo requiere saber cómo la segmentación divide el citoplasma, cómo interactúan las distintas células y cómo procede la expresión génica.

Otra razón para estudiar el desarrollo es reconocer los rasgos comunes entre los organismos. Todos los animales multicelulares comienzan como cigotos, y todos pasan por la segmentación y los diversos estados subsecuentes. Los embriones de las esponjas, los caracoles y las ranas se diferencian en un momento determinado dando lugar a adultos distintos. ¿Cuándo se produce esta divergencia? No todos los cigotos se segmentan de la misma forma, ¿hay tipos de segmentación característicos de grupos animales en particular? Los tipos de segmentación caracterizan determinados grupos de animales, pero la forma de segmentación se une a otros rasgos del desarrollo, constituyendo un conjunto de caracteres. Por tanto, es necesaria una panorámica de la secuencia del desarrollo para explicar los otros caracteres del conjunto.

5.2. Protóstomos y deuteróstomos. Gilbert (2005) menciona que la mayoría de

los metazoos tienen simetría bilateral y tres capas germinales. La evolución del mesodermo les permitió mayor movilidad y el aumento del tamaño corporal porque se convirtió en la musculatura y sistema circulatorio del animal. Estos animales son conocidos colectivamente como Bilateria. Todos los Bilateria probablemente descendieron de un tipo primitivo de gusano plano. Estos gusanos planos fueron los primeros en tener un verdadero mesodermo.

Los organismos Bilateria se dividen en protóstomos o deuteróstomos. Los protóstomos (griego, “la boca primero”), que incluye los filos de los moluscos, artrópodos y gusanos, son llamados así debido a que durante la gastrulación la boca se forma primero, en o cerca de la apertura del intestino. El ano se forma más tarde en otra localización. El celoma, o cavidad corporal de estos animales, se forma de ahuecamiento hacia afuera de un cordón previamente sólido de células mesodérmicas.

En los deuteróstomos se incluyen los cordados y equinodermos. Aunque puede parecer extraño clasificar a humanos, peces, y ranas en el mismo grupo que las estrellas y erizos de mar, algunas características embriológicas apoyan este parentesco. En primer lugar, en los deuteróstomos (“la boca después”), la apertura oral se forma después de la apertura anal. Además, mientras que los protóstomos generalmente forman sus cavidades hacia afuera de un bloque sólido de mesodermo (formación esquizocelómica de la cavidad del cuerpo), la mayoría de los deuteróstomos forman sus cavidades corporales a partir de bolsas mesodérmicas que se extienden desde el intestino (formación enterocelómica de la cavidad corporal)

5.3. Anomalías cromosómicas en humanos: Sadler y Lagman (2007) afirman que estas pueden ser numéricas o estructurales y son una causa importante de defectos al nacimiento y abortos espontáneos.

Se calcula que un 50% de las concepciones termina en aborto espontáneo y que 50% de estos productos de aborto tiene anomalías cromosómicas importantes. Las anomalías cromosómicas más frecuentes en los productos de aborto son 45 X (Síndrome de Turner), triploidía y trisomía 16. Las anomalías cromosómicas son responsables del 10% de los defectos congénitos principales.

5.4. Agentes teratógenos en humanos: Martínez y Peláez (2017) consideran los agentes teratógenos como aquellos que interfieren con el desarrollo del embrión o el feto. Estos agentes actúan en un organismo dependiendo de condiciones como el genotipo, el momento del desarrollo en el que actúan, su naturaleza y su dosis. Los teratógenos se clasifican en físicos, químicos, farmacológicos y metabólicos.

5.5. Material didáctico. Para Sánchez *et al* (2014) definir el concepto de material didáctico es una tarea que resulta difícil, ya que existen varias definiciones al respecto, no obstante, concuerdan en que los medios o materiales didácticos son elementos curriculares que por sus sistemas simbólicos y estrategias de utilización, propician el desarrollo de habilidades cognitivas en los sujetos, en un contexto, determinado, facilitando y estimulando la intervención mediada sobre la realidad, la captación y comprensión de la información por el alumno y la creación de entornos diferenciados que propician aprendizajes.

Podemos decir entonces que un material didáctico es el conjunto de medios materiales que intervienen y facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje, estos materiales pueden ser tanto físicos como virtuales, que despiertan el interés y captan la atención de los estudiantes, que presenten información adecuada con experiencias simuladas cercanas a la realidad, que vivifican la enseñanza influyendo favorablemente en la motivación, retención y comprensión por parte del estudiante, facilitando la labor docente por ser sencillos, consistentes y adecuados

a los contenidos.

5.6. Modelo y Modelización. Tomando como eje orientador el trabajo de Aragón, L. *et al.* (2018) la noción de modelo es empleada con distintos significados, de modo que lo mismo se utiliza para aludir a determinadas facetas del saber científico, a unidades de conocimiento que estructuran el currículum escolar, a determinado tipo de recursos didácticos (maquetas, representaciones a escala, etc.) o a las representaciones mentales que elaboran los estudiantes en su comprensión de la ciencia. Quizás sea por ello por lo que la idea de modelización se emplea también con distintos significados, como lo demuestra la diversidad terminológica observada a la hora de referirse a ella por distintos autores: instrucción basada en modelos, enseñanza basada en modelos, aprendizaje basado en modelos, enseñanza basada en la elaboración de modelos, aprendizaje basado en modelización, o simplemente modelización.

Así, la idea de modelo a la que apelamos podría definirse como la representación de un objeto, un fenómeno, o sistema con el propósito de describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar (Gilbert como se citó en Aragón, L. *et al.* 2018). Por su parte, la modelización la entendemos como el proceso de aprendizaje que acompaña al trabajo con modelos, no solo a la hora de construirlos, sino también de aplicarlos, revisarlos, modificarlos o, llegado el caso, cambiarlos por otros distintos (Justó y Gilbert, como se citó en Aragón, L. *et al.* 2018). Situándonos siempre en un contexto de aprendizaje escolar.

5.7. Uso de las TIC. Para López (2009) la enseñanza de las ciencias comparte problemas y necesidades comunes a otras disciplinas, muchas de las cuales encuentran en las TIC herramientas de ayuda (búsqueda de información, elaboración de materiales, comunicación, etc.). Pero, más allá de este uso común, algunos recursos de estas tecnologías se han revelado como particularmente

provechosos para la formación científica. Pontes (2005) analiza las funciones formativas de las TIC en relación a la adquisición de tres tipos de objetivos en la formación científica:

- Con relación a los objetivos de carácter conceptual las TIC facilitan el acceso a la información.
- Los objetivos de carácter procedimental pueden desarrollarse a partir de diversos recursos informáticos que permiten la construcción e interpretación de gráficos, la elaboración y contrastación de hipótesis, la resolución de problemas asistida por ordenador, la adquisición de datos experimentales o el diseño de experiencias de laboratorio mediante programas de simulación.
- Respecto a las actitudes, el uso de las TIC favorece el intercambio de ideas, la motivación y el interés por de los alumnos por el aprendizaje de las ciencias.

5.8. Método de caso: Castro (2014) afirma que el Método del Caso (MdC), denominado también análisis o estudio de casos, como técnica de aprendizaje tuvo su origen en la Universidad de Harvard (aproximadamente en 1914), con el fin de que los estudiantes de Derecho, en el aprendizaje de las leyes, se enfrentaran a situaciones reales y tuvieran que tomar decisiones, valorar actuaciones, emitir juicios fundamentados, etc. Con el paso de los años el MdC fue extendiéndose a otros contextos, estudios, etc. y se ha convertido en una estrategia muy eficaz para que los estudiantes adquieran diversos aprendizajes y desarrollen diferentes habilidades gracias al protagonismo que tienen en la resolución de los casos.

El empleo del método del caso como medio pedagógico se justifica gracias a la idea de que los estudiantes, tanto de forma individual como en grupo, aprenden mejor porque aceptan más responsabilidad en el desarrollo de la discusión y se acercan a la realidad de su futuro profesional; se trata de un método activo que exige una participación constante del estudiante y cuyo éxito depende fundamentalmente de la competencia del docente en su utilización.

Heinsen (2019) afirma que La utilización del método del caso con fines de aprendizaje descansa en ciertas premisas. Dentro de las que se destacan las siguientes

- Las actividades de aprendizaje permiten a los estudiantes la comprensión de información teórica a partir del análisis de una situación práctica.
- Las sesiones de clase se tornan en un ambiente activo y estimulante, en el que las discusiones giran en torno al debate de ideas desde puntos de vista diferentes, sin generar agresiones y hostilidades personales.
- Dado que los casos representan situaciones complejas de la vida real, es factible poner en práctica habilidades de trabajo grupal tales como: la negociación, el manejo de conflictos, la toma de decisiones y la comunicación efectiva.
- El análisis o el estudio de un caso demanda, esencialmente, un proceso discusión en grupo bajo un enfoque colaborativo.
- Las discusiones reflejan el modo en que, la mayoría de las veces, son tomadas las decisiones en situaciones reales de la práctica profesional.

Los métodos de casos aportan a este trabajo de grado, ya que estos tienen el potencial de ser utilizados como una forma para evaluar a los estudiantes una vez que realicen el recorrido por el material didáctico elaborado.

5.9. Animación en 3D: Viñolo (2017) afirma que es técnica de animación que desplaza modelos tridimensionales generados digitalmente, sirviéndose para ello de un eje de coordenadas cartesiano virtual. La animación 3D designará por tanto al producto cultural, estético e industrial creado mediante un software de creación de animación 3D, aunque su aspecto final adopte otras estéticas, como la de la animación 2D o la técnica stop motion. Respecto a los programas para realizar estas animaciones, se caracterizan por permitir que el usuario produzca contenido 3D sin necesidad de conocimientos en programación, esto no implica que sean fáciles de utilizar. En realidad, debido a la gran cantidad de menús y opciones y la complejidad de las acciones disponibles, este tipo de programas suele requerir un periodo de

aprendizaje largo, que implica dos meses para los programas más sencillos y hasta dos años para los más completos.

6. METODOLOGÍA

Este trabajo cuenta con un enfoque investigativo mixto, debido a que

Éste reúne diferentes puntos de vista, múltiples técnicas cuantitativas y cualitativas, en un solo “portafolio” y luego selecciona combinaciones de aproximaciones, métodos y diseños que encuadran o se ajustan al planteamiento del problema que se investiga. El pragmatismo involucra una multiplicidad de perspectivas, premisas teóricas, tradiciones metodológicas, técnicas de recolección y análisis de datos, y entendimientos y valores que constituyen los elementos de los modelos mentales que en el mismo espacio de búsqueda se nutren y generan una mayor comprensión del fenómeno estudiado. (Cedeño, N. 2012. p. 25.)

López (2014) resalta las siguientes características de este enfoque investigativo

en primer lugar, que los métodos mixtos no reemplazan de ninguna manera los paradigmas cualitativo y cuantitativo (importantes y altamente funcionales), sino que coexisten con ellos; en segundo lugar, que su propósito es conjugar y potenciar las fortalezas de los dos enfoques y atenuar sus debilidades; y, en tercer lugar, que ofrecen la posibilidad de lograr una mejor comprensión del problema, más allá de lo que podría ser hallado y explicado en el marco de un solo paradigma. (p.12)

Para iniciar, se realizó una consulta bibliográfica en los siguientes libros: *Principios de Anatomía y Fisiología* de Tortora y Derrickson (2002), *Embriología Humana y Biología del Desarrollo* de Martínez y Peláez (2017), *Biología del Desarrollo* de Gilbert (2005) y *Embriología medica: Con orientación clinica/Medical Embryology: With Clinical Orientation* de Sadler, T. W., & Langman, J. (2007). Esto con el propósito de conocer detalladamente los procesos de desarrollo embrionario y tener fuentes confiables para las imágenes y textos que fueron adaptados para la elaboración de este material didáctico.

Posteriormente, se consultaron algunos materiales didácticos en embriología que se hubieran elaborado de forma virtual, dentro de estos se encontraron: láminas histológicas, videos, imágenes y textos, softwares educativos –para Cataldi (2010)

“son aquellos programas de computación realizados como facilitadores del proceso de enseñanza” (p.18)-, laboratorios virtuales – Fiad y Galarza afirman que “son herramientas informáticas que simulan un laboratorio desde un entorno virtual” (p. 5)- y páginas web – aquellas que

posibilitan y visualizan la información en distintos formatos (texto, imagen, sonidos, videos, animaciones), aparte de contar con enlaces entre sus páginas que vuelven accesibles la toma de contenidos de un servidor mediante un programa llamado “navegador” que se presenta en un ordenador o dispositivo móvil. Para ello es necesario el protocolo HTTP. (Pacherres. (2018), p. 28)

Los materiales se seleccionaron con los siguientes criterios:

1. Debido a la pandemia de COVID-19, este material didáctico debe tener la capacidad de realizarse en su totalidad de forma virtual.
2. Los programas y plataformas utilizadas deben contar con amplias herramientas para el diseño del material didáctico.
3. Los programas y plataformas utilizadas para realizar el material didáctico deben ser gratuitos y con un nivel de complejidad que permite su uso de forma autónoma o bajo asesoría en un periodo que no sea superior a 1 año.

Tabla 1.

Relación entre los posibles materiales didácticos para embriología y los criterios de selección.

Criterio	1	2	3
<i>Láminas histológicas</i>	No.	Sí.	No.
<i>Softwares educativos</i>	Sí.	Sí.	No.
<i>Laboratorios virtuales</i>	Sí.	Sí.	No.
<i>Imágenes y textos</i>	Sí.	Sí.	Sí.

<i>Videos</i>	Sí.	Sí.	Sí.
<i>Página web</i>	Sí.	Sí.	Sí.

Una vez consultados estos materiales, se llegó a la conclusión de que el recurso del que mejor se podría disponer para este trabajo eran los videos – animaciones en 3D- que mostraran los procesos de desarrollo embrionario de algunos organismos protóstomos y deuteróstomos. Lo anterior, teniendo en cuenta que este recurso se encuentra en su mayoría únicamente para explicar los procesos de embriología humana. Además, esta forma de mostrar las etapas del desarrollo embrionario permite no saturar el material didáctico, hacer más sencillo su recorrido y dar a conocer las similitudes que presentan al inicio del desarrollo embrionario organismos que, al observarlos en su estado adulto, presentan amplias diferencias anatómicas y fisiológicas.

Por último, las animaciones en 3D se realizaron debido a que, gran parte del material didáctico de procesos de desarrollo embrionario en 3D se encuentra en inglés –si bien es fundamental el aprendizaje de una segunda lengua, es pertinente que los estudiantes puedan acceder fácilmente a este tipo de recurso en español-.

Luego de esto, se seleccionó el programa Blender (ver figura 1) para realizar las animaciones en 3D, pues es un programa gratuito que presenta amplias opciones para realizar el moldeado, iluminación, renderización y animación de objetos tridimensionales (ver figura 2). Este programa puede descargarse en la página web <https://www.blender.org/download/> y requiere de un espacio de 183 MB para su instalación en cualquier computador de Windows y MacOS. Este programa también se seleccionó considerando que, entre los programas gratuitos para el diseño de animaciones en 3D, fue el que se recomendó por personas con experiencia en realizar moldeado de objetos en 3D.

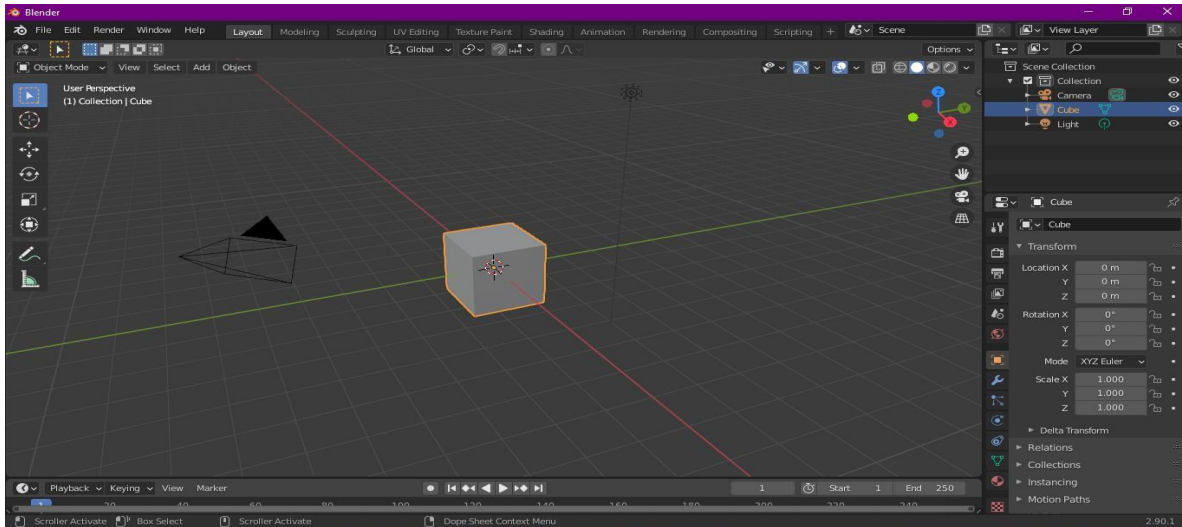


Figura 1. Blender. Programa seleccionado para realizar las animaciones en 3D de este trabajo de grado

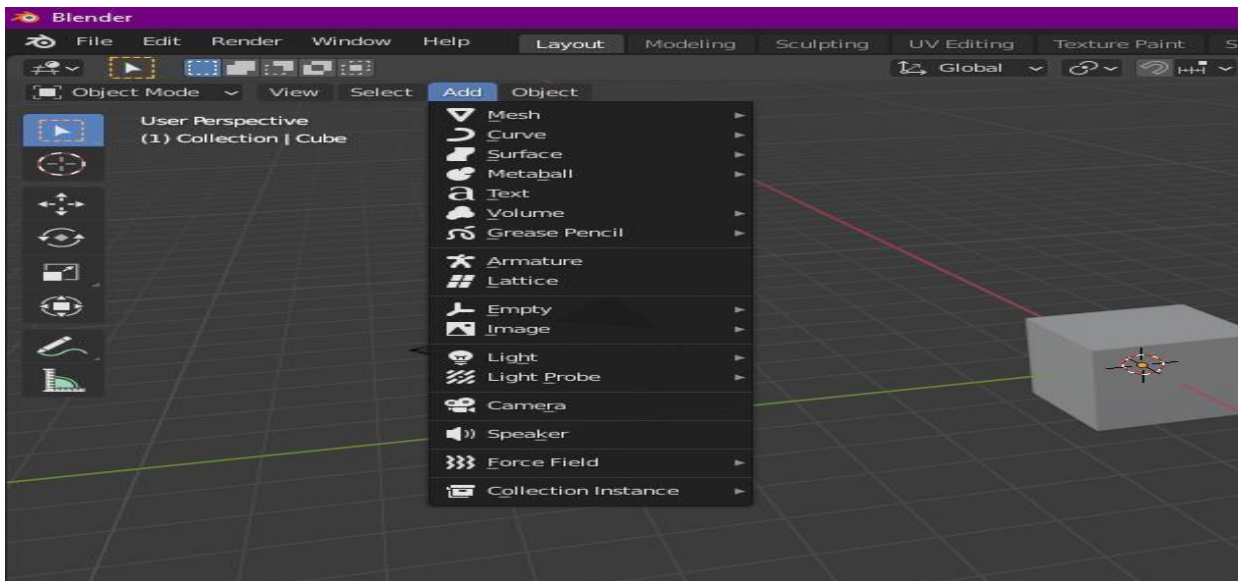


Figura 2. Algunas de las herramientas que proporciona el programa Blender para realizar el diseño de animaciones en 3D.

Las animaciones en 3D se realizaron teniendo en cuenta que la población a la que puede ir dirigida son estudiantes de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional que estén cursando la materia Organismo, pues uno de los propósitos de este curso es “abordar los principios básicos de la biología del desarrollo, fundamentados en el estudio de los procesos que se llevan desde la génesis hasta la formación y maduración del organismo” (Syllabus Organismo p. 3).

Para la edición de las animaciones se utilizaron los programas de edición Shotcut y el editor de videos de Windows 10, debido a que son programas gratuitos, tienen un manejo sencillo para realizar la edición y no presentan marcas de agua. El programa de edición de Shotcut (ver figura 3) puede descargarse de forma gratuita mediante el enlace <https://shotcut.org/download/> y requiere de un espacio de 104 MB para su instalación en cualquier computador de Windows y MacOS. En lo que concierne al editor de videos de Windows 10 (ver figura 4), este es un programa que viene incluido en cualquier dispositivo de este sistema operativo. Estos programas de edición también se utilizaron la sección de datos curiosos de embriología humana, donde se muestran imágenes libres de copyright y audios de elaboración propia explicando los datos.

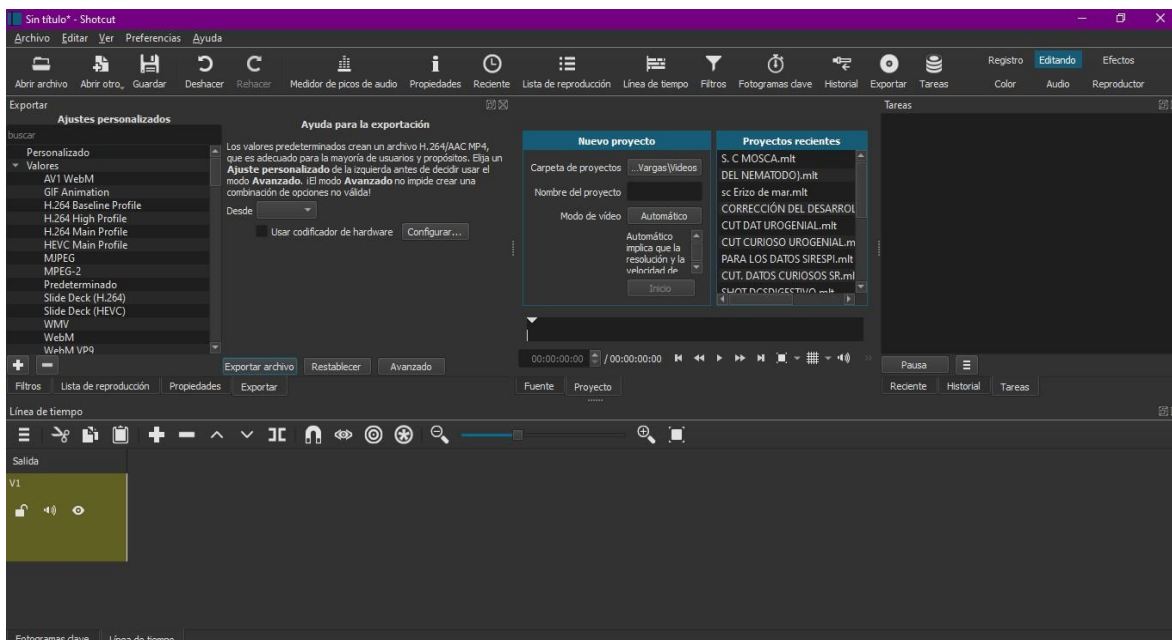


Figura 3. Shotcut. Programa de edición utilizado para la edición de las animaciones en 3D y otros videos para la elaboración del material didáctico.

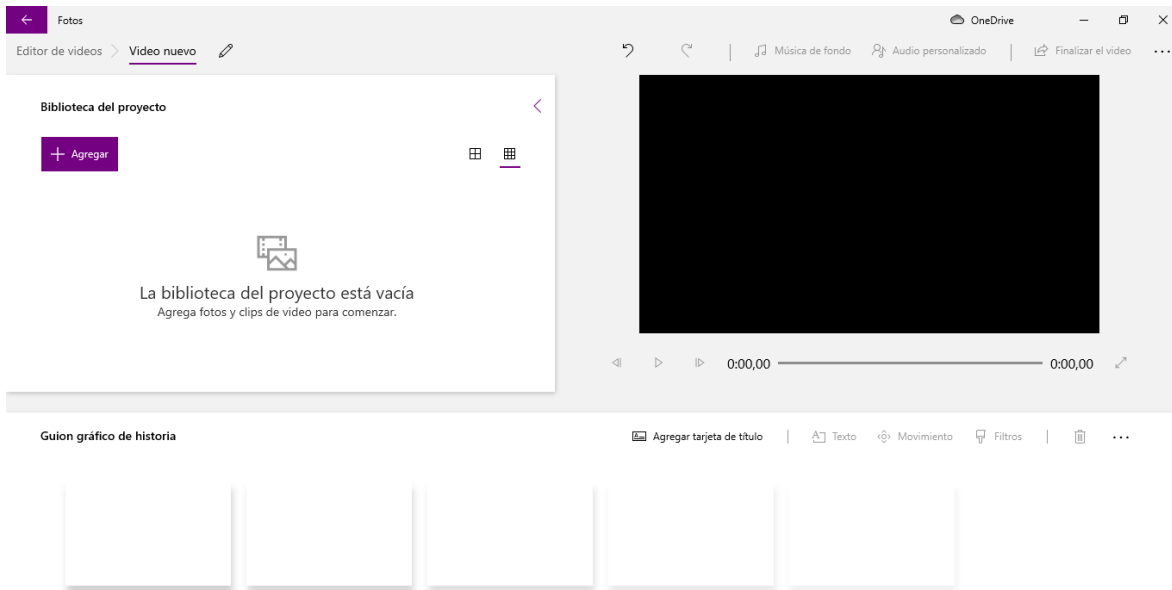


Figura 4. Editor de videos de Windows 10. Programa de edición utilizado para la edición de las animaciones en 3D y otros videos para la elaboración del material didáctico.

Una vez terminadas las animaciones se procedió a la organización de estas creando una página web por medio de la plataforma Wix, ya que es una plataforma que presenta amplia variedad de plantillas, tiene un acceso factible tanto para quien diseña la página como para quienes van a acceder a la página web creada y, además, gran parte de su contenido es gratuito. A esta plataforma se puede acceder desde cualquier computador o celular mediante el siguiente enlace <https://es.wix.com/>. No obstante, cabe resaltar que esta plataforma tiene una mejor visualización desde un computador.

Adicionalmente, se utilizó un avatar personalizado para las animaciones y para el sitio web, con el objetivo de orientar y hacer el recorrido por la plataforma de una forma dinámica. Este avatar se creó utilizando la aplicación Bitmoji (ver figura 6). Esta aplicación también puede usarse desde un computador o un celular.

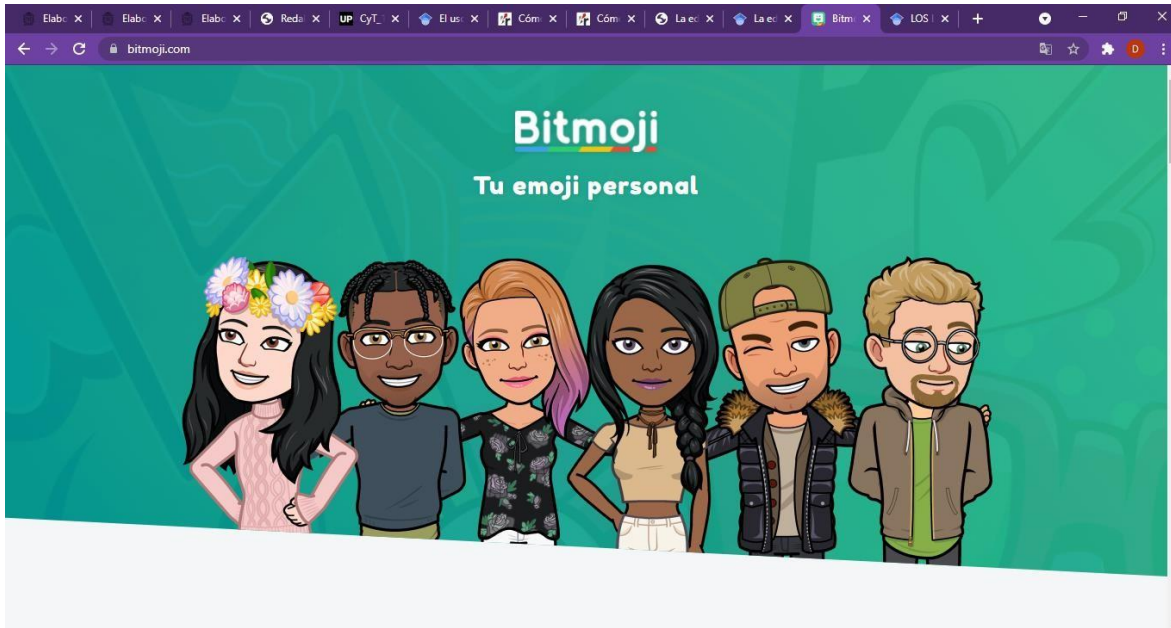


Figura 5. Bitmoji. Aplicación utilizada para la creación de un avatar personalizado que dirige el recorrido por la plataforma virtual.

Tabla 2

Organización del contenido de la página web que se creó mediante la plataforma WIX

Sección	Contenido
1.Introducción.	Se explica el concepto de embriología y el objetivo de la plataforma. Para mostrar las primeras secciones se comienza el recorrido entre deuteróstomos y protóstomos.
2.Deuteróstomos	Se explica el concepto de deuteróstomos, se indica cuáles organismos están dentro de esta clasificación, y se propone conocer el desarrollo embrionario de dos organismos deuteróstomos: <i>H. sapiens sapiens</i> (humano) y <i>S. purpuratus</i> (erizo de mar)

2.2. *H. sapiens sapiens*

Se realiza una introducción al desarrollo embrionario humano mediante la animación en 3D y se presentan las siguientes secciones:

2.2.1. Glosario: En este se da la definición de los conceptos abordados en la animación de *Embriología general*.

2.2.2. Estudios de caso: Aquí se exponen algunas situaciones hipotéticas en donde se espera que el estudiante responda con base en la información proporcionada en la animación.

2.2.3. Datos curiosos: Se proporciona información adicional que no fue mostrada en la animación mediante un video con imágenes y audio.

2.2.4. Conoce el desarrollo de los sistemas: Cada sistema se clasifica según su origen ectodérmico –forma la superficie del embrión-, mesodérmico – capa intermedia del embrión- o endodérmico –capa interna del embrión-

<p>2.2.4.1. Ectodermo:</p>	<p>Presenta el desarrollo de los siguientes sistemas:</p> <p>Sistema nervioso: *</p> <p>Sistema tegumentario: *</p>
<p>2.2.4.2. Mesodermo:</p>	<p>Presenta el desarrollo de los siguientes sistemas:</p> <p>Sistema muscular: *</p> <p>Sistema cardiaco: *</p>
<p>2.2.4.3. Endodermo:</p>	<p>Presenta el desarrollo de los siguientes sistemas:</p> <p>Sistema respiratorio: *</p> <p>Sistema digestivo: *</p> <p>Sistema urogenital: *</p>
<p>2.2.5. También te puede interesar:</p>	<p>Aquí se explican las anomalías cromosómicas y los agentes teratógenos del desarrollo embrionario humano.</p> <p>2.2.5.1. Anomalías cromosómicas: Se aborda el concepto de anomalía</p>

	<p>cromosómica y se muestran tanto las numéricas (Síndrome de Edwards, Síndrome de Down, Síndrome de Patau, Síndrome de Triple X, Síndrome de Turner y Síndrome de Klinefelter), como las estructurales (Síndrome de Angelman, Síndrome de Prader-Willi).</p> <p>2.2.5.2. Agentes teratógenos: Se explica qué es un agente teratógeno y se muestra un ejemplo de cada uno (farmacológicos, físicos, metabólicos, infecciosos y químicos)</p>
<p>2.3. <i>S. purpuratus.</i></p>	<p>*</p>
<p>3. Protóstomos</p>	<p>Se explica el concepto de protóstomos, se indica cuáles organismos están dentro de esta clasificación, y se propone conocer el desarrollo embrionario de dos organismos protóstomos: <i>C.elegans</i> (nematodo) y <i>D. melanogaster</i> (mosca de la fruta)</p> <p>3.1. <i>C. elegans:</i> *</p> <p>3.2 <i>D. melanogaster:</i> *</p>
<p>4. ¡Gracias por visitar Embriológika!</p>	<p>Se da un cierre al recorrido por el sitio web y se invita a los estudiantes a evaluar la plataforma mediante un formulario en Google Forms (https://forms.gle/QN5TwF3gxeiFskvu8), esto se hizo teniendo en cuenta considerando la modelización, el formato evaluativo y las</p>

	temáticas presentes en este material didáctico.
--	---

Nota: tener en cuenta que el * hace referencia a que esta sección incluye objetivo, glosario, animaciones, los datos curiosos y estudios de caso.

Una vez elaborada la plataforma, se procedió a la evaluación de instrumento, esta fue hecha por dos docentes: las docentes Silvia Gómez, bacterióloga y M. Sc. en microbiología, ya que es una de las docentes encargadas del curso de organismos y Carolina Vargas, licenciada en biología y M. Sc. en educación, por su experiencia en el campo de la didáctica de las ciencias. Una vez conocidas sus evaluaciones, se procedió a hacer los ajustes sugeridos a la página web (para ver las apreciaciones dadas por las docentes ver anexo 1 y 2).

7. RESULTADOS.

Tabla 3

Resultado material didáctico. Se elaboró un material didáctico (Embriológica) para embriología por medio de las TICS que presenta las siguientes etapas:

ETAPA 1. Elaboración de 16 animaciones en 3D. Para esto, las imágenes y texto fueron adaptadas de los libros *Principios de Anatomía y Fisiología* de Tortora y Derrickson (2002), *Embriología Humana y Biología del Desarrollo* de Martínez y Peláez (2017), *Biología del Desarrollo* de Gilbert (2005)

DURACIÓN: septiembre 2020- enero 2021.

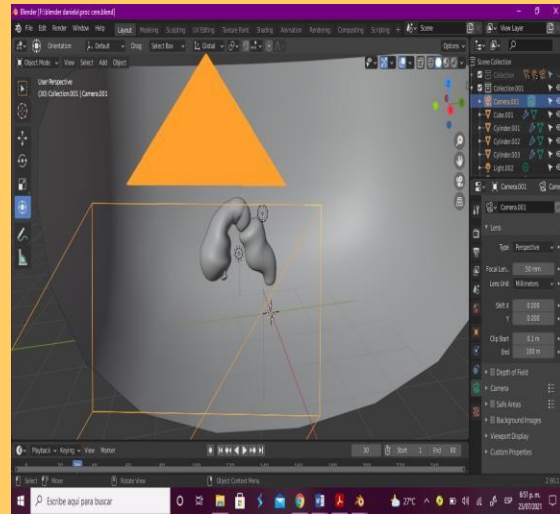


Figura 6. Panorámica de utilización de comandos para elaboración de las imágenes en 3D que se crearon en este trabajo.

ETAPA 2. Edición de las 16 animaciones en 3D y la creación de 12 videos con audio de elaboración propia e imágenes libres de copyright para la sección de datos curiosos de desarrollo embrionario humano.

DURACIÓN: febrero 2021-abril 2021.



Figura 7. Ejemplo de la introducción de una de las animaciones que se realizaron.

ETAPA 3: Creación de la página web Embriológica presente en el siguiente enlace <https://angiedaniela9716.wixsite.com/my-site-1>, donde se muestra la organización de los videos y la información para realizar el recorrido dirigido por el avatar personalizado en Embriológica. También se encuentra la evaluación del instrumento por parte de dos docentes.

DURACIÓN: mayo 2021- junio 2021.



Figura 8. Parte introductoria de la plataforma Embriológica dando la bienvenida para iniciar el recorrido.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

A continuación, se muestran los análisis de resultados de este trabajo desde los siguientes aspectos formación docente, plataforma empleada para realizar la página web, contenido del material didáctico y retos y proyecciones:

Formación docente:

Este trabajo muestra la importancia de que los docentes logren articular su respectivo campo de conocimiento –en este caso la biología- con el uso de las TICS, tanto para el uso de plataformas y programas que fueron utilizados en este trabajo de grado como para plataformas y programas más complejos, pues para su realización se utilizaron un total de 16 animaciones en 3D de elaboración propia y 12 videos con imágenes libres de copyright y audios de elaboración propia. Si bien los programas para realizar esto son gratuitos, algunos como Blender requieren de bastante tiempo, práctica y asesoría para obtener un buen diseño, esto se puede evidenciar en el tiempo que se invirtió en la elaboración de esta etapa del trabajo de grado.

Plataforma empleada para realizar el material didáctico:

Tabla 4.

Ventajas y desventajas que presentó la plataforma en la que se realizó la página web

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<ul style="list-style-type: none">• Amplio contenido de plantillas para el diseño de la página	<ul style="list-style-type: none">• Limitación en el número de páginas en su versión gratuita

<ul style="list-style-type: none"> • Presenta formularios que pueden ser utilizados para el formato de evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los formularios son limitados en su versión gratuita.
<ul style="list-style-type: none"> • La plataforma puede visualizarse desde computador y dispositivos móviles. 	<ul style="list-style-type: none"> • La plataforma tiene una mejor visualización desde el computador que desde dispositivos móviles
<ul style="list-style-type: none"> • Permite subir una amplia cantidad de imágenes y videos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los videos no se pueden ampliar para visualizarse en pantalla completa, tampoco se pueden atrasar o adelantar.

Contenido del material del didáctico

Se sugiere que antes de realizar el recorrido por la plataforma se tenga conocimiento de los siguientes conceptos: reproducción sexual tanto humana como en otros organismos, fecundación, tipo de huevo, tipo de segmentación, gastrulación, organogénesis y crecimiento puesto que en la plataforma se abordan los eventos que ocurren una vez realizada la fecundación.

También es importante resaltar que, el recorrido dentro de este material didáctico debe realizarse bajo el acompañamiento de un docente, pues este cumple la labor de facilitador para la enseñanza de los temas que se abordan en la plataforma y puede responder a las dudas que surjan durante el recorrido. Ahora bien, la embriología es un campo amplio de conocimiento, razón por la cual el docente puede ampliar la información que se proporciona en este material didáctico.

Retos y proyecciones:

Este trabajo de grado presenta los siguientes retos y proyecciones

- Implementación: si bien la intención que se tenía con este material didáctico era la implementación en estudiantes que cursaran la materia Organismos, esto no fue posible debido a las dinámicas tan complejas que atravesó el país -paro nacional-, pues se respetó la decisión de la comunidad estudiantil de

abrir espacios para el diálogo acerca de cómo afectaba a los ciudadanos la implementación de la reforma tributaria y reforma a la salud. Lo anterior, muestra que este trabajo queda abierto para realizar una fase de implementación en dos posibles escenarios: 1) Estudiantes que cursen la materia Organismos y tengan un recorrido por la plataforma guiado por un/a docente, 2) Estudiantes entre 3er a 8vo semestre que realicen el recorrido por la plataforma, tanto de forma guiada como autónoma.

- Evaluación del material por parte de estudiantes: esto con el fin de conocer las fortalezas y aspectos a mejorar de la plataforma desde la perspectiva de los estudiantes.

9. CONCLUSIONES

1. Se diseñó un material didáctico virtual sobre embriología dirigido a estudiantes de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Se seleccionó el curso de Organismos debido a que en su Syllabus se veían temáticas relacionadas con el desarrollo embrionario.
2. Se establecieron y elaboraron los contenidos teóricos que fueron incluidos en este material didáctico –deutérostomos, protóstomos, embriología humana, anomalías cromosómicas, agentes teratógenos en humanos-.
3. Los contenidos fueron mostrados por medio de las TICS, pues se creó un sitio web donde fueron organizados con el propósito de realizar un recorrido que muestre algunas formas de desarrollo embrionario, para brindarle tanto al docente como al estudiante un recurso para la enseñanza- aprendizaje de algunos aspectos fundamentales en la embriología

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., y Aragón-Méndez, M. M. (2018). *La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso*. Revista Científica, 32(2), 193-206.
- Arias Santos, I. A., y Sánchez Guerrero, F. M. (2016). La transversalidad de las temáticas de evolución biológica en el PCLB como posibilidad para la configuración del conocimiento profesional del profesor en Ciencias.
- Báez Báez, M. P. (2014). Diseño de una estrategia didáctica para la enseñanza de la fisiología humana centrada en los efectos del consumo de alcohol, dirigida a estudiantes de básica secundaria. *Facultad de Ciencias*.
- Bolaños, H. (2010). *Aplicación de base tecnológica como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de embriología*. Colombia. Revista avances en sistemas e informática. Vol. 7 No. 2.
- Castro, C. (2014). El Método de casos como estrategia de enseñanza-aprendizaje. Cada acto educativo es un acto ético. *Consultoría estratégica de Educación*.
- Cataldi, Z. (2000). *Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Cedeño, N. (2012). La investigación mixta, estrategia andragógica fundamental para fortalecer las capacidades intelectuales superiores. Revista Res Non Verba p. 17-36. Recuperado de http://biblio.ecotec.edu.ec/revista/edicion2/revista_completa.pdf#page=18
- CEPAL, N. (2020). La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19.
- Ferreira, A. S. S. B. S. (2011). *Elaboração e avaliação de um ambiente virtual para o ensino/aprendizagem de Embriologia*.

- Fiad, S.B., y Galarza, O.D. (2015). El laboratorio virtual como estrategia para el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. *Formación universitaria*, 8(4), 03-14
- Figueroa, C., Díaz, E., Bosco, C., Rojas, R., Grabe, N., Gutiérrez, S., y Hartel, S. (2015). Microscopía Virtual: Tecnología al Servicio de la Enseñanza de la Histología/Embriología en Cursos de Ciencias de la Salud.
- Franco, F.L.F y Solis, M.M.S. (2013) Materiales didácticos innovadores estrategia lúdica en el aprendizaje. *Revista Ciencia UNEMI*, 6 (10), 25-34.
- Gamboa, L. (2015). *Elaboración de material histológico didáctico en embriología con embriones de rata*. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- García Mendieta, L y Palencia Palacios, M. (2018). *Elaboración de material didáctico para el estudio de la embriología*.
- Gilbert, S. F. (2005). *Biología del desarrollo*. Ed. Médica Panamericana.
- Heinsen, M. (2009). Técnicas Didácticas: métodos de casos. *Statistician*, 52(4), 330-337.
- Hernández Valdivieso, Alher Mauricio, Salazar Sánchez, María Bernarda, Urrego Higueta, David Alexander, Costa-Castelló, Ramon, y Mañanas Villanueva, Miguel Ángel (2011). *Laboratorio virtual de simulación y aprendizaje del sistema cardiovascular en estudios de BME*. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, (60), 194-201. ISSN: 0120-6230.
- Hickman, C.P., Roberts, L.S., Keen, S.L., Larson, A.; L'Anson, H. y Eisenhour, D.J. 2009. Principios Integrales de Zoología. 14ª edición. McGraw-Hill. Interamericana. 917 PP.

- Layton, M.P. (2017). *Anatomía y fisiología desde un ambiente virtual de aprendizaje en la Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO Virtual y a Distancia*. *Inclusión y Desarrollo* 4(2), 58-69.
- López García, M. (2009). *Los laboratorios virtuales aplicados a la biología en la enseñanza secundaria: una evaluación basada en el modelo CIPP*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- López, S. M. D. (2014). Los métodos mixtos de investigación: presupuestos generales y aportes a la evaluación educativa. *Revista portuguesa de pedagogía*, 7-23.
- Martínez, S. M. A., & Peláez, M. I. G. (2017). *Embriología humana y biología del desarrollo*. Editorial Médica Panamericana.
- Orozco, A. M. M., y Henao, A. M. G. (2013). El material didáctico para la construcción de aprendizajes significativos. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 4(1), 101-108.
- Pacherras Muñoz, L. R. (2018). Páginas web Introducción, conceptos, creación de sitios Web, diseño de páginas WEB, herramientas para generar páginas WEB, tipos, principales funciones, aplicaciones.
- Pontes-Pedrajas, Alfonso (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (1), 2-18. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92020102>.
- Quijano Blanco, Y. (2010). Impacto del uso de entornos virtuales de aprendizaje para la enseñanza de neuroanatomía en estudiantes de medicina.
- Reyes, RB y Carrocera, LF (2015). *Programación metabólica fetal*. *Perinatología y reproducción humana*, 29 (3), 99-105.

- Reyes Lazalde, A., Reyes Monreal, M., & Pérez Bonilla, M. E. (2016). Experimentación virtual con el simulador dosis-respuesta como herramienta docente en biología. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 8(2), 22-37.
- Ríos, G. V. & Urdaneta, H.C. (2015). Actual vigencia de los modelos pedagógicos en el contexto educativo. *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, (6), 914 -934
- Sadler, T. W., y Langman, J. (2007). *Embriología medica/Medical Embryology: Con orientacion clinica/With Clinical Orientation*. Ed. Médica Panamericana.
- Sánchez, M. G. B., Moreno, A. R. M., y Torres, R. H. (2014). *El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC's) para mejorar el alcance académico*. *Ciencia y tecnología*.
- Syllabus programa Organismos. Universidad Pedagógica Nacional.
- Tortora, G.J., Derrickson, B., Tzal, K., de los Ángeles, M., y Klajn (2002). *Principios de anatomía y fisiología* (Vol. 7). OXFORD University press.
- Viñolo Locubiche, J. S. (2017). *El modelo de producción industrial de animación 3D estadounidense*.

11. ANEXOS

11.1 ANEXO 1.

Evaluación de instrumento realizada por la docente Silvia Gómez

Las preguntas presentadas a continuas serán utilizadas para evaluar el material didáctico mediado por las TICS denominado Embriología. Marque con una X su valoración, siendo uno (1) la calificación más baja y cinco (5) para la calificación más alta. Si lo considera necesario, comente sus respectivas observaciones en la casilla.

1. ¿El contenido es pertinente y apropiado para los estudiantes que cursan la materia Organismos?			x		El contenido se presenta de manera fragmentada. Si el estudiante no conoce el proceso general se pierde, así como se presenta es para profundizar los temas mas no para presentarlos por primera vez. Sería importante primero mostrar de manera general como ocurre el proceso desde fecundación hasta el crecimiento de un organismo y luego irse a ejemplos porque en humanos muestras desde la primera semana hasta la formación de los diferentes sistemas faltando el resto, pero en erizo de mar solo muestras una parte y esto confunde pues en ellos también se da el proceso completo. Por cuestiones de tiempo recomiendo incluir un apartado donde muestres todo de manera general y dices que eso ocurre en todos los animales, podrías mostrar diferencias de la segmentación dependiendo del tipo de huevo para luego así ir a ejemplos particulares. En resumen , debes hablar de fecundación, tipo de huevo, tipo de segmentación, gastrulación, organogénesis y crecimiento. O simplemente cambiar el nombre del material educativo y decir desarrollo embrionario de los sistemas en
---	--	--	---	--	--

					los animales que va más acorde a lo que presentan. Lo que se presenta de los síndromes está muy pobre.
2. ¿El contenido se muestra de forma organizada y es de fácil acceso?			x		No tiene un botón que permita regresar fácilmente y el internauta se pierde.
3. ¿El contenido se explica de forma clara tanto para un estudiante que curse la materia de Organismos como un docente hagan uso de esta plataforma?			x		Así como se presenta el estudiante necesita del apoyo del maestro pues el contenido está fragmentado e incompleto para algunos ejemplos. Pero para el docente que tiene la idea clara le permite profundizar temas y mostrarlos de manera diferente.
4. ¿El contenido cumple o podría cumplir con los objetivos mostrados en cada sección?			X		Los objetivos se limitan a dar a conocer datos deberían ser más amplios para que no se quede en el dato.
5. ¿El contenido cumple con una metodología de evaluación innovadora que va más allá de preguntar conceptos?			x		Innovación no hay. El solo mostrar videos no es innovar. Además los videos no tienen una barra que me permita adelantar o retroceder, allí solo toca esperar que termine para comenzar nuevamente
6. ¿El contenido muestra fuentes de información fidedignas y actualizadas?			x		No se dicen todas las fuentes utilizadas , se asume que está actualizada.
USO DE LAS TICS					
1. ¿La página web cuenta con un formato innovador que puede ser utilizado teniendo en cuenta el contexto de la pandemia de COVID – 19?			x		
2. ¿La página web puede ser utilizada de forma autónoma por un estudiante que curse la materia		x			Así como se presenta el estudiante necesita del apoyo del maestro pues el

Organismos, pues su contenido y organización lo permiten?					contenido está fragmentado e incompleto para algunos ejemplos
3. ¿La página web puede ser utilizada de forma autónoma por un estudiante de la Licenciatura en Biología que se encuentre entre segundo y octavo semestre, pues su contenido y organización lo permiten?			x		Para octavo semestre de pronto sí, pero no para segundo; porque como se presenta el estudiante de segundo necesita del apoyo del maestro pues el contenido está fragmentado e incompleto para algunos ejemplos provocando confusión.
4. ¿La página web puede ser usada por el docente tanto en un contexto virtual como presencial?				x	
5. ¿La página web es un excelente recurso para el docente y permite complementar algunos conceptos fundamentales vistos en el curso de Organismos?				x	
6. ¿Las animaciones mostradas en la página web permiten complementar la información proporcionada en los libros de embriología y biología del desarrollo, pues muestran la simulación de algunos fenómenos explicados en estos?				x	Aunque no permite ni adelantar ni retroceder, además algunos nos tienen sonido al menos una música de fondo.

11.2 ANEXO 2.

Evaluación de instrumento realizada por la docente Carolina Vargas.

Las preguntas presentadas a continuas serán utilizadas para evaluar el material didáctico mediado por las TICS denominado Embriología. Marque con una X su valoración, siendo uno (1) la calificación más baja y cinco (5) para la calificación más alta. Si lo considera necesario, comente sus respectivas observaciones en la casilla.

<i>ASPECTO A EVALUAR Y PREGUNTAS</i>	1	2	3	4	5	Observaciones.
CONTENIDO						
1. ¿El contenido es pertinente y apropiado para los estudiantes que cursan la materia Organismos?					x	
2. ¿El contenido se muestra de forma organizada y es de fácil acceso?				x		Hay secciones de glosario y estudios de caso que no logré desplegar información.
3. ¿El contenido se explica de forma clara tanto para un estudiante que curse la materia de Organismos como un docente hagan uso de esta plataforma?					x	
4. ¿El contenido cumple o podría cumplir con los objetivos mostrados en cada sección?					x	
5. ¿El contenido cumple con una metodología de evaluación innovadora que va más allá de preguntar conceptos?					x	

6. ¿El contenido muestra fuentes de información fidedignas y actualizadas?					X	
USO DE LAS TICS						
1. ¿La plataforma cuenta con un formato innovador que puede ser utilizado teniendo en cuenta el contexto de la pandemia de COVID – 19?					X	
2. ¿La plataforma puede ser utilizada de forma autónoma por un estudiante que curse la materia Organismos, pues su contenido y organización lo permiten?					X	
3. ¿La plataforma puede ser utilizada de forma autónoma por un estudiante de la Licenciatura en Biología que se encuentre entre segundo y octavo semestre, pues su contenido y organización lo permiten?					X	
4. ¿La plataforma puede ser usada por el docente tanto en un contexto virtual como presencial?					X	
5. ¿La plataforma es un excelente recurso para el docente y permite complementar algunos conceptos fundamentales vistos en el curso de Organismos?					X	
6. ¿Las animaciones mostradas en la plataforma permiten complementar la información proporcionada en los libros de embriología y biología del desarrollo, pues muestran la					X	

simulación de algunos fenómenos explicados en estos?						
--	--	--	--	--	--	--