

DISEÑO UNIVERSAL PARA EL APRENDIZAJE

Aplicación de metodologías de diseño para la inclusión de personas con discapacidad en la educación superior

Griselda Esthela Oyervides Ramírez

gris.oyervides@tec.mx

Lilia Gómez Flores

liliagomezflores@tec.mx

Cristina Gehibie Reynaga Peña

cristina.reynaga@tec.mx

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

RESUMEN

Brindar espacios inclusivos en la educación superior a través del uso de materiales que permitan que todos los estudiantes tengan acceso a la información, es posible gracias a la traducción de temas complejos a formas sencillas, utilizando representaciones 3D. Tal es el caso del estudio de temas de ciencias de la salud, por ejemplo, embriología. En temas que refieren a estructuras y procesos biológicos, el uso de recursos visuales representa una barrera de acceso a la información para las personas con discapacidad visual, por lo que, este trabajo tuvo como objetivo crear materiales didácticos accesibles e incluyentes. En el proceso de diseño intervinieron estudiantes de diferentes carreras en ingeniería, diseño, arte y medicina; observando que una de las mayores dificultades fue la interpretación de las imágenes presentadas en los libros, paso fundamental para el entendimiento de conceptos complejos por parte de cualquier estudiante. El diseño debe asegurar que la información sea presentada de manera clara y accesible a todos los alumnos para poder comprenderla y estudiarla. De ahí, la necesidad de materializar las imágenes en modelos 3D que puedan ser percibidos a través del tacto, permitiendo a los estudiantes con discapacidad visual interactuar con ellos. La interpretación de la información contenida en imágenes clínicas y secciones de tejidos representó un gran reto y fue crucial para elegir el método de representación más adecuado para comunicar fielmente la información, manteniendo el rigor científico en los nuevos materiales didácticos. Se concluye que la interacción y el aporte de todas las disciplinas permitió crear, además de materiales más inclusivos, una metodología de diseño considerando la perspectiva de los usuarios finales y sus necesidades particulares.

PALABRAS CLAVE: Material didáctico, ciencias, discapacidad visual, desarrollo de competencias.

INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, en el que los conocimientos y la tecnología evolucionan con gran rapidez, se necesitan personas con capacidad para resolver problemas y tomar decisiones basadas en la ciencia y la tecnología en todos los campos. Por lo tanto, la educación científica es esencial para todos los estudiantes. En este sentido, es necesario proporcionar a todos ellos los conocimientos, actitudes o aptitudes que requieren; tengan o no alguna discapacidad. (Karakoç y Aslan, 2022).

El objetivo de las clases de ciencias es formar personas capaces de producir conocimientos, utilizarlos en la vida diaria, pensar de forma crítica, resolver problemas, ser emprendedores, desarrollar habilidades de comunicación y contribuir a la sociedad y la cultura (Karakoç y Aslan, 2022). Sin embargo, en la educación superior en México, el diseño de materiales didácticos inclusivos presenta una gran área de oportunidad, especialmente para la educación en ciencias. Es indispensable que los conceptos de biología y salud sean accesibles para todos los estudiantes. Con el avance de la tecnología y, por ende, la disponibilidad de recursos digitales, la educación en estas disciplinas frecuentemente hace uso de videos como material didáctico complementario a los libros de texto. Los videos son altamente ilustrativos para mostrar procesos biológicos complejos; sin embargo, la inclinación por el uso de recursos visuales representa una barrera importante de acceso a la información para personas con discapacidad visual. Es por ello, que este trabajo busca contribuir a la representación de conceptos en una forma accesible e incluyente para todos los alumnos.

La creación de materiales didácticos incluyentes estuvo basada en el marco conceptual del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA o UDL por sus siglas en inglés), que tiene como meta el que los productos sean utilizables por todos. Este trabajo es pionero en el uso de DUA para Educación Superior en México, ya que actualmente no existen materiales didácticos inclusivos en temas de embriología.

Dada la complejidad de los procesos, los videos y animaciones tridimensionales que muestran el proceso de las etapas de desarrollo embrionario son un valioso recurso didáctico altamente utilizado por los profesores. Sin embargo, es aquí donde se dificulta la inclusión de las personas con discapacidad visual, quienes se ven limitados por la falta de acceso a la información que es mayormente visual y no brinda los recursos necesarios para su correcta comprensión. Es por esto, que el principal reto del proyecto fue el desarrollo de materiales didácticos innovadores que lograran traducir temas complejos de la materia de embriología a formas sencillas y fáciles de comprender, utilizando representaciones tridimensionales, descripciones en audio y nuevas tecnologías para facilitar la interacción de diversos grupos de estudiantes, así como brindar

la posibilidad de uso compartido en el aula, guiado por el profesor y facilitando el estudio independiente fuera de ella.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el desarrollo del proyecto intervinieron en el proceso de diseño y manufactura estudiantes de diferentes carreras en ingeniería, diseño de producto, arte digital, medicina e innovación educativa; a través de un proyecto de servicio social llamado EduMakers del Tecnológico de Monterrey, en el que colaboran las autoras del presente trabajo.

Se utilizaron, además, diversas metodologías de diseño para el desarrollo y la fabricación de los materiales y productos, como el Diseño Centrado en las personas (HCD por sus siglas en inglés) que busca identificar de manera clara las necesidades de los diversos grupos de población o usuarios, con la finalidad de satisfacerlas de la mejor manera posible (Norman, 1986) y la propuesta Rip + Mix de Bruce et al. en el 2011.

Los procesos de diseño utilizados para el desarrollo de los materiales deben asegurar que la misma información sea presentada de manera clara y accesible para que todos los estudiantes puedan comprenderla y estudiarla.

Norman y Klemmer en su texto “Cómo debe cambiar la enseñanza del diseño” (2015) mencionan que el diseño es transformador debido a cuatro características principales:

- El pensamiento de diseño (Design Thinking): asegurando que el problema correcto sea solucionado.
- El pensamiento sistémico (System Thinking): atravesando y abarcando todas las disciplinas.
- Integración: uniendo práctica y teoría.
- Centrado en el ser humano: asegurando que las personas y la tecnología trabajen armoniosamente de forma colaborativa.

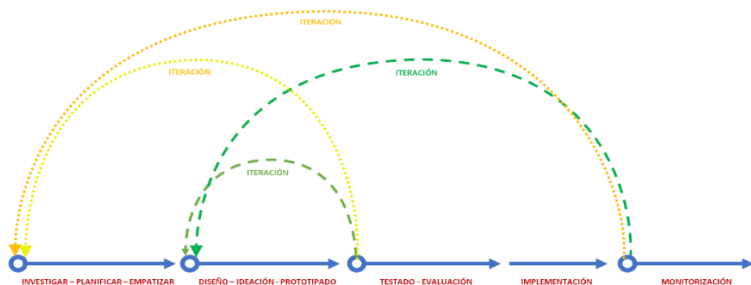
El presente trabajo se basó en los principios que Norman y Klemmer (2015) plantean, por lo que, se identificó una problemática anteriormente abordada en el objetivo y el pensamiento de diseño fue enfocado a resolver dicha problemática. El pensamiento sistémico se utilizó al convocar estudiantes y docentes de diferentes disciplinas para dar solución a la problemática. La integración se generó a partir de unir la teoría concretando en objetos tangibles a partir de la práctica y, por último, aunque no menos importante, fue centrado en el usuario, asegurando que los materiales generados trabajen de forma amigable e intuitiva con alumnos con discapacidad visual.

Se utilizó también la metodología Rip+Mix desarrollada por Bruce, Chow y White (2011), la cual permite traducir los diseños en objetos usables y tangibles, y que ha demostrado ser altamente productiva en términos de

generar ideas, ya que, complementa al diseño centrado en el ser humano porque ofrece la posibilidad de que personas que no son diseñadoras participen en el proceso de diseño, debido a que las diferentes etapas de la metodología no requieren de conocimientos previos de diseño y enfatiza el uso de herramientas convencionales en las etapas iniciales de generación de ideas tales como grabaciones de audio a manera de metodología de reflexión y de “aterrizaje” de ideas, bocetos de baja fidelidad y trabajo colaborativo, apartando a los diseñadores y participantes del uso de software especializado en las etapas iniciales del proceso y permitiendo el flujo libre y natural de las ideas.

La metodología Rip+Mix propone la mezcla de varias metodologías que, aunque sean de diferentes disciplinas se complementen y permitan la realización exitosa del proyecto de diseño. La siguiente imagen muestra el proceso metodológico de diseño utilizado para este proyecto:

Figura 1. Metodología de Diseño creada con base en Rip+Mix



Investigar – Planificar – Empatizar: Esta fase tiene como objetivo conocer a profundidad las necesidades, obstáculos y deseos del usuario, así como sus motivaciones y temores; y empezar a planear en consecuencia. Se selecciona aquello que aporta valor y puede llevar a alcanzar nuevas perspectivas y resultados innovadores. También se empiezan a identificar posibles problemas. Para el presente proyecto, este paso involucra el conocer y entender los temas de embriología a tratar, para lo que se contó con asesoría de alumnos de medicina y expertos en el área, se procedió a investigar imágenes y videos que ilustran el proceso y posteriormente a generar dinámicas con los alumnos en que se simulaba la pérdida de la vista para que ellos mismos pudieran experimentar de primera mano la pérdida de la visión y entender desde una perspectiva más cercana el cómo afecta el no tener ese sentido disponible para el proceso de aprendizaje.

Diseño – Ideación - Prototipado: Fase que lleva a considerar los diferentes enfoques de los equipos multidisciplinarios para encontrar la idea que se llevará a la práctica fomentando la participación de todos los estudiantes sin descartar nada a priori, porque a veces las ideas menos convencionales pueden acabar siendo disruptivas. En este caso, los alumnos propusieron,

en una etapa inicial, ideas, diseños y prototipos desde sus propias disciplinas para en una etapa subsecuente, empezar a combinarlas y enriquecer sus propuestas.

Testado - Evaluación: Fase en que el usuario implicado en todo el proceso interactúa con el prototipo, y con su retroalimentación ayudará a identificar fallos y carencias para hacer las mejoras o correcciones necesarias que den con el producto o servicio final. Para esta etapa, profesionistas expertos en la materia, personas normo visuales y personas con discapacidad visual, así como alumnos para quienes está siendo diseñado el material, retroalimentaron los prototipos que se generaron en la fase anterior. De igual forma, se realizó una evaluación sobre la factibilidad de producción y manufactura de los materiales, así como su durabilidad, resistencia, seguridad para el usuario y la secuencia didáctica ligada a los prototipos.

Implementación: Una vez que el diseño ha alcanzado el nivel de calidad requerido, se procede a su implementación o puesta en producción. Esta etapa y la siguiente (monitorización) siguen estando en desarrollo al ser éste un reporte parcial de resultados.

Monitorización: Una vez lanzado el producto, se estudia el uso que le dan los diversos grupos de usuarios, con el fin de identificar oportunidades de mejora. Se pueden clasificar a los usuarios en dos categorías: docentes, quienes usan el material para facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje en sus clases; y estudiantes, quienes usan el material para dar seguimiento a las explicaciones brindadas por el profesor o para estudiar y repasar el contenido del curso de manera independiente. Los estudiantes pueden ser o no, personas con algún tipo de discapacidad.

Retomado de la metodología de diseño basada en el usuario o en el ser humano, hay etapas en que se itera el proceso, éstas son el testado-evaluación y la monitorización. De ser necesario, el proceso regresa a las fases de diseño-ideación-prototipado, o incluso, a la de investigar-planificar-empatizar, en caso de haber necesidad de revisar tecnologías emergentes o nuevos materiales.

Los materiales que se usaron para la fabricación de prototipos abarcan desde papel, cartón corrugado, gris pardo (papel batería) y pinturas acrílicas comunes hasta el uso de materiales especializados y de alta tecnología como, resinas y plásticos para impresión 3D, MDF y acrílico para corte láser, además de estireno y pinturas y texturizadores en aerosol para dar acabados específicos a cada una de las piezas. Las tecnologías que se utilizaron para la manufactura de los prototipos funcionales fueron impresión 3D, corte láser y maquinado CNC. Todo el proceso se llevó a cabo en las instalaciones del *Innovation Gym*, un espacio maker académico de la Escuela de Ingeniería y Ciencias del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey, Campus Monterrey.

RESULTADOS

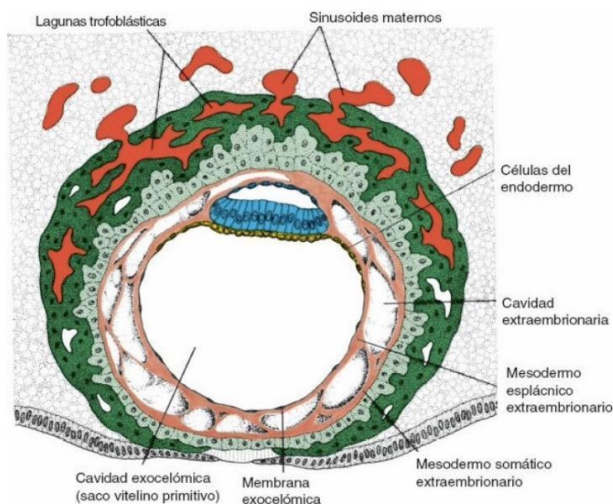
Durante el proceso de diseño realizado por estudiantes participantes de servicio social, se observó que una de las mayores dificultades para la etapa de ideación es precisamente la lectura de las imágenes bidimensionales presentadas en los libros, las cuales, son un recurso fundamental para el entendimiento de las ideas, conceptos y procesos complejos por parte de cualquier estudiante. Estas imágenes brindan la información básica sobre las partes, formas, proporciones y espacios donde se llevan a cabo los procesos y muestran de manera progresiva en series de imágenes y gráficos los cambios más significativos del desarrollo embrionario. Sin embargo, su interpretación representó un gran reto para los estudiantes que trabajaron en la creación de los nuevos materiales y fue crucial elegir el método de representación más adecuado para comunicar fielmente la información y mantener el rigor científico. Para este fin, los estudiantes buscaron una variedad de fuentes, referencias y libros de autores como Sadler (2019) y Moore (2020), que les sirvieran para validar distintas caras y perspectivas del mismo objeto, utilizando cortes para mostrar partes internas e imágenes de microscopio para asegurar la correcta lectura de las ilustraciones.

Utilizar las metodologías de diseño arriba descritas llevó a los estudiantes de las diversas disciplinas a volcar su creatividad con el fin de reinterpretar y materializar las imágenes de los libros y videos en modelos con relieves que pudieran ser percibidos a través del tacto, agregando diversas texturas a las superficies y proporcionando nuevos datos sobre la clasificación de las partes y piezas que dan correspondencia a los procesos del desarrollo embrionario; por otra parte, se diseñaron modelos completamente tridimensionales, que permiten a los estudiantes interactuar con ellos por completo permitiéndoles generar una imagen mental clara y detallada de la etapa de desarrollo y su correspondencia con otras etapas, tocando cada una de las partes y teniendo la oportunidad de recorrer estas imágenes de una forma distinta, con una escala clara y una proporción específica. Para reforzar aún más el conocimiento y facilitar el acceso a la información a una mayor variedad de estudiantes con distintas necesidades, todos estos modelos con relieves y tridimensionales fueron acompañados de tecnología y explicaciones en audio, que guían al usuario en su interacción con los materiales, permitiendo profundizar los conceptos explicados por el profesor y brindando la oportunidad del estudio independiente fuera del aula.

A continuación, se ilustra la secuencia creativa de diseño que llevó a la generación de materiales didácticos incluyentes. Se partió de información gráfica, completamente visual, en dos dimensiones; por ejemplo, la imagen original de uno de los libros de embriología consultados (Sadler, 2019), en la que se puede apreciar la gran “carga” visual y saturación de elementos gráficos (Figura 2). La selección de esta imagen corresponde, desde el

punto de vista gráfico, a la primera etapa de la metodología utilizada, que es la investigación. Debe tomarse en consideración que esta imagen es una interpretación del autor, posiblemente a partir de una micrografía (fotografía tomada con un microscopio), para explicar un objeto de dimensiones microscópicas, que está reducido a sus partes más básicas en este esquema.

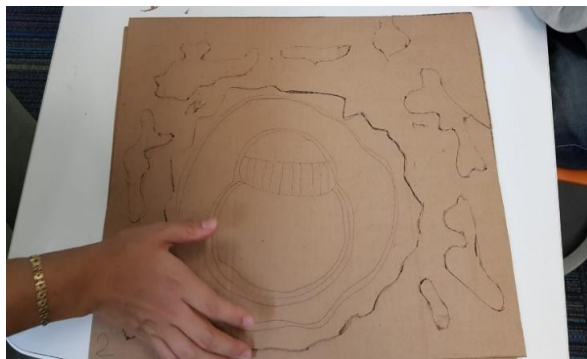
Figura 2. Etapa del desarrollo embrionario en la que se forma el blastocisto.



Fuente: Sadler, 2019

Una vez contando con la selección del tema y la representación bidimensional, se continuó con la fase de ideación, en donde se empieza a trasladar la imagen bidimensional a materiales didácticos que puedan después ir evolucionando a objetos hápticos, susceptibles de ser manipulados por los estudiantes para una mejor comprensión del tema. La figura 3, ilustra la etapa de ideación y de prototipado rápido en cartón, con el fin de definir las dimensiones que podría tener el material didáctico y, además, proponer cómo trasladar la información de un esquema bidimensional a una representación táctil, accesible para personas con discapacidad, que a la vez pueda ser atractiva para cualquier alumno.

Figura 3. Proceso de ideación y logro de primer prototipo rápido en cartón



Fuente: elaboración propia

Posteriormente, se llevó a cabo la fase de digitalización (Figura 4a) y prototipado avanzado para testeo (Figura 4b); en las cuales, se prueban las decisiones de diseño previamente tomadas concernientes a la selección de colores, la abstracción de formas y las partes de la estructura de células y tejidos que serían resaltadas. Estas decisiones fueron tomadas en conjunto con el equipo de expertos en áreas de la salud, quienes explicaron los elementos clave dentro de las ilustraciones que dan lugar a los procesos embrionarios y que son importantes que los estudiantes comprendan. Como resultado, el prototipo avanzado resalta partes importantes por medio de color y cambios de altura para enfatizar los procesos.

Figura 4. Ejemplo de la fase de digitalización y prototipado. A) Digitalización del modelo utilizando el software de diseño AutoCad. B) Desarrollo del segundo prototipo para la primera etapa de validación.

A



B

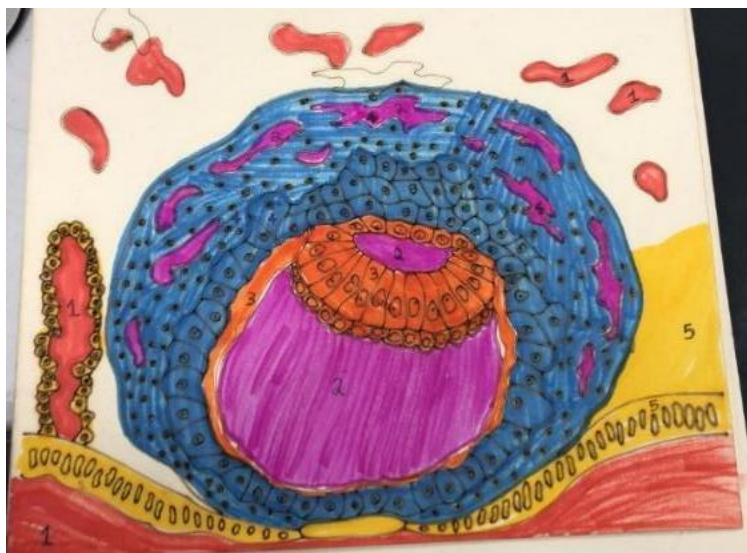


Fuente: elaboración propia

Como paso siguiente, se obtuvieron iteraciones del prototipo realizadas en corte láser, en donde se explora la jerarquía de los componentes a través de colores y relieves dependiendo de su relevancia. La figura 5, muestra una de estas iteraciones, donde se puede ver también una síntesis de la

información en relación con la imagen del libro de Sadler (2019), en donde la ilustración original se “limpió” en términos de elementos gráficos para evitar una saturación táctil.

Figura 5. Tercer prototipo resultado de la primera exploración en corte láser jerarquizando colores y relieves



Fuente: elaboración propia

En un segundo ciclo iterativo (figura 6) se probaron espaciados entre las formas y las opciones de realce táctil de los elementos a través de capas. El corte láser fue la técnica utilizada debido a la precisión de la herramienta y a la variedad de materiales que se pueden cortar.

Figura 6. Cuarto prototipo obtenido por corte láser en material de gris pardo con el objetivo de probar texturas, cantidad de capas y espaciado de los elementos



Fuente: elaboración propia

El cuarto prototipo (figura 6), a pesar de ser monocromático, resulta visualmente atractivo por los relieves, ya que, los elementos del objeto pueden resaltarse en láser. Sin embargo, el material utilizado tiene la desventaja de que no es durable, no es posible limpiarlo y, por lo tanto, su funcionalidad es reducida. Por ello, se realizaron nuevas pruebas en un material distinto. Así, la figura 7, muestra el prototipo final en acrílico, material de fabricación que tiene mayor resistencia, durabilidad y ofrece una gran variedad de colores. Puede notarse que en esta imagen se redujo la cantidad de elementos a resaltar, como resultado de la retroalimentación de profesores que enseñan el tema; estos elementos son los que pueden observarse en colores intensos (azul y amarillo), con texturas que son fácilmente identificables del resto de los elementos y, además, entre sí; ya que, son distintas para resaltar los objetos. Cabe hacer notar, que el prototipo tiene espaciado entre sus elementos, ya que, se utilizará sobre un equipo de cómputo especializado cuya tecnología permitirá proveer de información sonora sobre cada uno de ellos cuando se presione la superficie de las piezas correspondientes. Sin embargo, el objeto/prototipo generado, también puede utilizarse sin el instrumento tecnológico, ya que, cuenta con las características táctiles y visuales para ser utilizado en un aula incluyente en lugar de imágenes bidimensionales.

Figura 7. Quinto prototipo funcional con texturas, acabados y relieves



Fuente: elaboración propia

En el ejemplo descrito, resalta el valor del trabajo multidisciplinar. La interacción de los artistas y diseñadores poniendo sus habilidades a prueba para crear de la mejor manera los nuevos materiales didácticos con la mayor precisión posible fue fundamental, debido a sus conocimientos sobre forma, función y manufactura; ellos fueron los indicados para proponer nuevas maneras de comunicar los conceptos. Sin embargo, recurrieron siempre al apoyo de los estudiantes de medicina, quienes mostraban un mayor conocimiento y experiencia al interpretar los modelos y al leer las imágenes de microscopio, permitiendo una sinergia que dio lugar al desarrollo de materiales con un mayor grado de realidad y fidelidad científica. Por su parte, los ingenieros aportaron sus habilidades técnicas, conocimiento de software y estructura de trabajo metódico, mientras que los estudiantes de innovación educativa trabajaron en el desarrollo de guiones y técnicas didácticas. En conjunto, durante el proyecto se fueron generando dinámicas interdisciplinarias de gran valor y desarrollando en todos los estudiantes nuevas competencias que no habían desarrollado en sus propias disciplinas.

A través de las distintas etapas del proceso de diseño y desarrollo, se contó también con la visita de diversos expertos, quienes enriquecieron las propuestas de los materiales con su experiencia y conocimiento, llevando a los estudiantes a iterar sus ideas para complementarlas y hacerlas más claras y precisas. Además, los prototipos pasaron por un proceso de validación inicial con usuarios potenciales, quienes aportaron una importante perspectiva sobre la usabilidad y la secuencia didáctica, así como una mayor definición enfocada en los detalles finos como texturas, acabados y dimensiones debido a su alta sensibilidad táctil, esta retroalimentación ayudó a brindar mayor claridad en la lectura e interpretación de las formas, permitiendo la jerarquización de la

información, no solo por el color o la posición, sino también por las alturas, profundidades, distanciamiento y proporciones de los elementos, así como la continuidad y la coherencia en materiales consecutivos que buscan comunicar partes del mismo proceso. Este proceso de validación también favoreció el desarrollo de los guiones, mejorando la secuencia lógica y la organización de los contenidos, los cuales, posteriormente fueron grabados en audio para complementar los materiales y aportar una perspectiva más independiente a los estudiantes, quienes pueden utilizarlos fuera del aula para repasar los contenidos de clase.

Hasta el momento, los resultados son parciales, ya que, se continúa trabajando en la mejora de los productos después de pruebas con usuarios. Sin embargo, se destacan los siguientes logros:

- Se logró el diseño de materiales que permitan el uso de diversos sentidos para generar nuevas experiencias de aprendizaje en el aula que favorezcan el estudio independiente de las personas con discapacidad visual, así como de otros estudiantes con diversos estilos de aprendizaje.
- Tomó lugar un proceso de autoaprendizaje de software para el mejor desarrollo de los materiales por parte de los estudiantes participantes en el proyecto de servicio social EduMakers. De igual manera, avanzaron en el uso independiente de maquinaria especializada y se observó el desarrollo de nuevas habilidades técnicas.
- Como parte del proceso, hubo un desarrollo de competencias transversales como autoconocimiento y gestión, inteligencia social, ética y ciudadanía, comunicación, y razonamiento para la complejidad; entre otras, en los estudiantes de diversas carreras que participan en el servicio social EduMakers, ya que, el proceso requirió la colaboración de equipos multidisciplinarios de estudiantes y docentes de distintas disciplinas, como por ejemplo Medicina, Diseño, Ingeniería y Educación.

DISCUSIÓN

Los alumnos con discapacidad visual necesitan aprender, principalmente, a través de medios táctiles y auditivos (Lowenfeld, 1974). En otras palabras, necesitan materiales táctiles y auditivos que sustituyan a los materiales visuales para poder participar eficazmente en las actividades educativas (Yalcin, 2020).

Los materiales realizados para este proyecto, si bien presentan una innovación y brindan acceso a la información a las personas con discapacidad visual; también permiten a estudiantes con diferentes necesidades de aprendizaje, comprender los conceptos y mejorar su

experiencia al cursar la materia de embriología, debido a la sencillez con la que presentan la información y a que incorporan series de imágenes progresivas en modelos tridimensionales o modelos con relieves y texturas que permiten una exploración más profunda, y un mayor entendimiento.

A lo largo de los proyectos realizados como parte del servicio social del grupo de trabajo de EduMakers, se ha podido apreciar que los materiales que se diseñan y prototipan tienen un alcance educativo que va más allá del beneficio de apoyar a estudiantes con discapacidad visual, ya que, se hace extensivo a quienes, sin tener discapacidades aparentes, utilizan también los materiales para complementar lo aprendido. Los estudiantes que participan en el diseño y elaboración de los materiales, quienes como se mencionó anteriormente, provienen de distintas disciplinas, aprenden también a desarrollar habilidades de empatía, sentimientos de solidaridad, trabajo en equipo, sentido de pertenencia y de comunidad. Como lo señala Rosenheck (2020):

...en muchos espacios *maker* se llevan a cabo actividades alineadas con las Prácticas de Ciencia e Ingeniería de NGSS (Estándares de ciencia de próxima generación), como son la definición de problemas y el diseño de soluciones. También existe una alineación con las habilidades de comunicación y colaboración del siglo XXI, debido a que prevalecen los proyectos grupales en espacios de creación.

CONCLUSIONES

En 2011, Bruce et. al propusieron la metodología de diseño a la que llamaron Rip+Mix, la cual, es una analogía en donde el individuo, independientemente del área a la que pertenezca, funciona como diseñador y como DJ (Disc Jockey), “desmenuzando” y probando tecnologías, conceptos y contextos, y remezclándolos en formas nuevas para prototipar materiales didácticos en áreas de ciencias de la salud que puedan ser reproducibles y utilizados ampliamente en otros espacios educativos y no educativos.

Durante las etapas del proyecto, los estudiantes de las diversas áreas compartieron sus ideas, desarrollaron el pensamiento crítico a través del discernimiento de diversas fuentes, consultaron con expertos para asegurar el rigor científico de los materiales desarrollados, exploraron nuevos temas de ciencias e identificaron sus principales fortalezas y habilidades. Además, fueron capaces de ponerlas al servicio de otros estudiantes para generar productos de mayor calidad, valorando las aportaciones de otras disciplinas en sus compañeros de equipo y en los docentes que los acompañaron durante el proceso de creación.

A lo largo del proceso de desarrollo, se trabajaron prototipos de diversos materiales, comenzando con bocetos y diagramas de las ideas iniciales, que

buscaban esbozar los temas y la forma en que cada estudiante pretendía plasmarlos con la mayor sencillez posible, enfocándose en el concepto a desarrollar y el proceso que se debía comunicar, se realizaron iteraciones en cartón con ideas burdas que fueron tomando forma y cobrando coherencia al ser presentadas y discutidas con expertos de diversas áreas como medicina, ingeniería y diseño. Posteriormente, estas mismas ideas fueron creciendo y evolucionando a modelos más refinados y sofisticados, generados con mayor detalle y sensibilidad y, sobre todo, contemplando la perspectiva de los usuarios finales y sus necesidades al incorporar relieves, texturas y materiales amigables con el tacto, que fueran resistentes, duraderos y fáciles de limpiar para garantizar su uso seguro por parte de todos los usuarios potenciales.

A diferencia de los proyectos en los que se trabaja en las clases regulares de las disciplinas de los estudiantes que participaron en el proyecto, los estudiantes de EduMakers tuvieron la oportunidad de validar sus diseños y prototipos con expertos y usuarios reales, experimentando de primera mano la importancia de la iteración como parte valiosa del proceso, se entendió la iteración como el elemento de la metodología en el que se presentan las oportunidades de mejora a partir de la retroalimentación recibida. En lugar de ver la iteración como un proceso de corrección nacido del error, se vio como parte fundamental para la mejora del producto final y para la satisfacción de las necesidades del usuario.

A través del trabajo multidisciplinario, se logró trasladar imágenes visuales complejas y llenas de elementos gráficos, a materiales educativos táctiles que ayuden a todos los estudiantes a un mejor entendimiento de los temas de embriología abordados.

Smith (2017) establece los *makerspace* como espacios que ayudan a democratizar el uso de herramientas, el desarrollo de nuevas habilidades y a fortalecer el sentimiento de comunidad a partir de la reflexión y resolución de problemas. El *makerspace* que se utiliza para la experimentación y elaboración de prototipos en este proyecto es el *Innovation Gym*, ubicado en la Escuela de Ingeniería y Ciencias del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey. A través de las diferentes fases de EduMakers, lo anterior ha podido ser comprobado, los estudiantes desarrollan autoaprendizaje de software y manejo de maquinarias CNC para la elaboración de prototipos, materiales y acabados. Al ser este un *makerspace* académico, los estudiantes que participan en el proyecto pueden experimentar las bondades de trabajar en un espacio universitario diseñado expreso para este tipo de proyectos.

A futuro, se busca generar materiales accesibles de uso abierto que permitan el aprendizaje de diversas áreas de ciencias y que puedan ser reproducidos en otros espacios *maker* alrededor del mundo. Por otro lado, se pretende capacitar a los profesores en el uso de los materiales inclusivos

con la finalidad de enriquecer la experiencia de aprendizaje de todos los estudiantes en educación superior, mientras se facilita el acceso a quienes encuentran barreras para su participación plena en las actividades educativas universitarias.

REFERENCIAS

- Karakoç, T., y Aslan, C. (2022). Teaching Experiences of Science Teachers Working in Schools for the Visually Impaired. *International Journal of Progressive Education*, 18(1), 128-146. 10.29329/ijpe.2022.426.8
- Lowenfeld, B. (1974). *History of the education of visually handicapped children*. En B. Lowenfeld (Ed.), *The visually handicapped child in school*. (1-25). John Day.
- Moore, K., Persaud, T. V. N., y Torchia, M. (2020). *Embriología clínica*. Elsevier.
- Norman, D. A. (1986). *Cognitive Engineering. User Centered System Design*. LawrenceEribaum Associates
- Norman, D. A., y Klemmer, S. (2015). Cómo debe cambiar la enseñanza del diseño. *infofolio*, 3. <https://acortar.link/qsyd4T>
- Press, M. Bruce, F., Chow, R., y White, H. (2011, mayo). RIP+MIX: Developing and evaluating a new design method in which the designer becomes a DJ. En *The Endless End - The 9th International European Academy of Design Conference*. (pp. 4 -7).
- Rosenheck, L. (2020, 8 septiembre). *Espacios maker para hacer visible el aprendizaje de los alumnos*. Observatorio Instituto para el Futuro de la Educación. <https://bit.ly/3TZXoVj>
- Sadler, T. W. (2019). *Embriología médica* Langman. Wolters Kluwer.
- Smith, A. (2017). *Social innovation, democracy and makerspaces*. SPRU Working Paper Series. <https://bit.ly/3TQ9HDh>
- Yalcin, G. (2020). Görme yetersizliği olan öğrencilere yönelik ortam, materyal ve program/öğretimsel düzenlemeler [Environment, material and program/educational arrangements for visually impaired students]. En P. P. Akmeşe y B. Altunay (Eds.), *İşitme yetersizliği ve görme yetersizliği olan çocuklar ve eğitimleri* [Hearing and visually impaired children and their education] (pp. 271-294). Ankara: Nobel.