

Artículo de revisión

El desarrollo sostenible en la Educación Superior de la disciplina Embriología
Sustainable development in higher education of the discipline of Embryology.

Hernández Navarro Elena Vicenta*, Negrete Gordón Kevin Fabián**

*Facultad Ciencias de la Salud. Universidad Técnica de Ambato. ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8258-944X>

** Facultad Ciencias de la Salud. Universidad Técnica de Ambato. ORCID iD: 0009-0008-7629-7345;

knegrete3300@uta.edu.ec

Recibido: 10 de octubre del 2024

Revisado: 14 de noviembre del 2024

Aceptado: 23 de diciembre del 2024

Resumen.

Introducción: En la actualidad, el desarrollo sostenible es una iniciativa que se ha implementado en la mayoría de los aspectos sociales. La embriología es fundamental dentro de las ciencias de la salud, pero su enseñanza tradicional puede no ser sostenible. Este estudio aborda la integración del desarrollo sostenible en la educación superior de embriología, además de analizar las implicaciones y beneficios a largo plazo en la formación médica. Objetivo: Se analizaron y se propusieron estrategias para incorporar el desarrollo sostenible en la educación superior de embriología, enfocándose en la revisión curricular, prácticas de laboratorio, uso de las nuevas tecnologías y formación docente. Materiales y métodos: Se realizó una revisión sistemática con literatura científica de los últimos cinco años, considerando artículos publicados en bases de datos científicas como Medline, Pubmed, Elsevier, Scielo, Scopus, New England Journal of Medicine, páginas oficiales de Organizaciones Internacionales y Nacionales. Resultados: Se identificó la necesidad de integrar temas de sostenibilidad en el currículo, implementar prácticas de laboratorio sostenibles, capacitar a los docentes, fomentar la investigación orientada a la sostenibilidad y promover el uso de las nuevas tecnologías. Conclusión: La incorporación del desarrollo sostenible en la enseñanza de la embriología representa un desafío indispensable que puede elevar notablemente la calidad educativa. La implementación de diversos métodos y el aprovechamiento de nuevas tecnologías ofrecen vías prometedoras para optimizar el aprendizaje estudiantil, promoviendo un uso más eficiente y responsable de los recursos de laboratorio, en línea con el desarrollo sostenible.

Palabras clave: Embriología, desarrollo sostenible, educación superior, currículo.

Abstract

Introduction: Nowadays, sustainable development is an initiative that has been implemented in most social aspects. Embryology is fundamental within health sciences, but its traditional teaching may not be sustainable. This study addresses the integration of sustainable development in embryology higher education, as well as analyzing the long-term implications and benefits in medical training. Objective: Strategies were analyzed and proposed to incorporate sustainable development in higher education in embryology, focusing on curricular review, laboratory practices, use of new technologies and teacher training. Materials and methods: A systematic review was carried out with scientific literature from the last five years, considering articles published in scientific databases such as Medline, Pubmed, Elsevier, Scielo, Scopus, New England Journal of Medicine, official pages of International and National Organizations. Results: The need was identified to integrate sustainability issues into the curriculum, implement sustainable laboratory practices, train teachers, encourage sustainability-oriented research and promote the use of new technologies. Conclusion: Incorporating sustainable development into embryology education represents an essential challenge that can significantly improve

educational quality. The implementation of various methods and the use of new technologies offer promising avenues to optimize student learning, promoting a more efficient and responsible use of laboratory resources, in line with sustainable development.

Keywords: Embryology, sustainable development, higher education, curriculum.

Introducción.

El desarrollo sostenible se ha transformado en una iniciativa de importancia global, la cual busca incluirse en todos los aspectos de la sociedad, en la cual se incluye la Educación Superior (1). Según la UNESCO, la Educación para el Desarrollo Sostenible fomenta decisiones responsables que contribuyen a un futuro mejor, enfatizando la interconexión entre el medio ambiente, la economía y la sociedad (2). En la cátedra de Embriología, una disciplina fundamental en las ciencias de la salud y biológicas, la integración de principios de sostenibilidad presenta desafíos y oportunidades únicas, con la posibilidad de incorporarse al nivel universitario (3). Sin embargo, la enseñanza tradicional de esta materia a menudo implica prácticas que pueden no ser sostenibles desde el punto de vista ambiental y ético (4). El concepto de desarrollo sostenible, definido por las Naciones Unidas como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, se ha vuelto cada vez más relevante en todos los ámbitos de la educación superior (5). La investigación tiene extraordinaria importancia, en la disciplina embriología ya que puede contribuir a la comprensión de cómo las prácticas sostenibles impactan el desarrollo humano y la salud. Esto es crucial para formar profesionales que sean conscientes de las implicaciones ambientales y éticas de su trabajo.

Un programa de capacitación puede analizar el nivel de conocimiento y compromiso del docente a través de diversas estrategias y herramientas. Evaluaciones Diagnósticas: Cuestionarios y Pruebas : Se pueden aplicar cuestionarios antes del inicio del programa para evaluar el conocimiento previo de los docentes sobre el tema específico de capacitación. Autoevaluaciones : Permitir que los docentes realicen autoevaluaciones sobre su comprensión y habilidades en áreas relevantes del desarrollo sostenible en el contexto educativo. Observación directa: Clases y Talleres : Observar a los docentes en acción durante sus clases o talleres

para evaluar su aplicación de las técnicas aprendidas y su interacción con los estudiantes. Feedback Inmediato: Proporcionar retroalimentación constructiva después de las observaciones para fomentar el desarrollo profesional en el área sostenible de la Educación Superior.

La integración del desarrollo sostenible en la Educación Superior ha tomado impulso en los últimos años, con un énfasis creciente en la formación de profesionales capaces de abordar los desafíos globales del siglo XXI (6). En el contexto de la disciplina Embriológica, esto implica no solo la adquisición de conocimientos técnicos, sino también la comprensión de las implicaciones éticas, ambientales y sociales de las prácticas embriológicas (7). La embriología, al ser una disciplina que estudia el desarrollo de los organismos, puede integrarse con temas de sostenibilidad, como la conservación de especies y la biotecnología. Esto permite a los estudiantes ver la interconexión entre la biología y los desafíos ambientales, la investigación sobre métodos innovadores en la enseñanza de la embriología puede llevar a la implementación de enfoques pedagógicos que fomentan el aprendizaje activo y crítico, preparando a los estudiantes para abordar problemas complejos relacionados con la sostenibilidad.

La Embriología, que es la encargada del estudio del desarrollo de los organismos desde la concepción hasta el nacimiento, ofrece una amplia gama de oportunidades para explorar temas de sostenibilidad (8). Desde el uso responsable de los recursos presentes en los laboratorios hasta la consideración de implicaciones éticas en la investigación embrionaria, existen varios puntos en común entre esta disciplina y los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por las Naciones Unidas (9).

Este estudio analiza las estrategias actuales y potenciales para integrar la sostenibilidad en los planes de estudio de embriología, las prácticas de laboratorio, y los enfoques de investigación. Además, se exploran las implicaciones a largo

plazo de este enfoque en la formación de futuros profesionales de la salud y científicos, así como su impacto en el avance de la disciplina hacia un futuro más sostenible. La investigación tiene importancia científica en el ámbito educativo, la investigación ayuda a identificar las mejores prácticas de enseñanza y aprendizaje, lo que contribuye a la mejora continua de los métodos pedagógicos y la formación de docentes, impulsa la innovación al proporcionar datos y evidencias que pueden ser utilizados para desarrollar nuevas tecnologías, tratamientos médicos o estrategias de sostenibilidad.

Los resultados de investigaciones científicas son fundamentales para la formulación de políticas públicas y decisiones en diferentes sectores, asegurando que estas se basan en evidencias sólidas. La investigación aborda problemas sociales complejos, de la salud pública y el cambio climático, proporcionando soluciones basadas en datos que pueden mejorar la calidad de vida, en coherencia con los pasos estratégicos establecidos. El presente estudio tiene como objetivo analizar y proponer estrategias para la incorporación efectiva del desarrollo sostenible en la Educación Superior de Embriología, centrándose en tres ejes fundamentales, como la revisión y adaptación curricular, la optimización de prácticas de laboratorio y el fortalecimiento de la formación docente. Se llevará a cabo un análisis de los métodos actuales bajo criterios de sostenibilidad, proponiendo técnicas para la reducción del impacto ambiental y explorando alternativas innovadoras, como el uso de simulaciones digitales. En cuanto a la formación docente, se analizará el nivel de conocimiento y compromiso de los educadores con los principios de desarrollo sostenible, diseñando programas de capacitación específicos y fomentando la colaboración interdisciplinaria. Adicionalmente, se evaluará el impacto potencial de estas estrategias en la formación de futuros profesionales y en el avance de la disciplina hacia prácticas más sostenibles en investigación y aplicación clínica. Este enfoque integral busca contribuir significativamente a la transformación de la enseñanza de la embriología hacia un modelo más alineado con los principios del desarrollo sostenible.

Materiales y metodos

Se llevó a cabo una revisión sistemática de carácter analítico y crítico fundamentada en literatura científica publicada durante los últimos cinco años. La selección y análisis de los estudios se realizaron conforme a las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), garantizando así rigor metodológico y transparencia en el proceso.

Para delimitar los estudios incluidos en esta revisión, se establecieron los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión:

Estudios publicados en inglés o español entre 2019 y 2024.

Investigaciones que exploraran la integración del desarrollo sostenible en la educación de embriología o disciplinas relacionadas.

Artículos que evaluaran estrategias aplicadas a la cátedra de embriología orientadas a la formación de estudiantes de medicina.

Estudios con metodologías robustas, tales como revisiones sistemáticas, ensayos experimentales o diseños cuasi-experimentales.

- Criterios de exclusión:

Estudios duplicados o aquellos que no abordaran de manera específica el desarrollo sostenible en embriología.

Artículos sin acceso completo al texto.

Investigaciones con diseños metodológicos ambiguos o sin rigor científico suficiente.

Se consultaron diversas bases de datos científicas reconocidas por su alta calidad y rigor académico, entre ellas: Medline, PubMed, Elsevier, Scielo, Scopus, New England Journal of Medicine y páginas oficiales de organizaciones internacionales y nacionales relacionadas con la educación superior y el desarrollo sostenible.

La búsqueda de información se realizó mediante la aplicación de palabras clave seleccionadas estratégicamente, combinadas con operadores booleanos (AND, OR, NOT). Entre las palabras clave utilizadas destacan: "embryology", "sustainable development", "higher education", "curriculum". Además, se implementaron filtros específicos de tiempo (2019-2024), idioma (inglés y español) y tipo de estudio (artículos revisados por pares).

El proceso de selección de los estudios incluyó las siguientes etapas:

1. Identificación: Se recopilaron inicialmente 150 estudios potencialmente relevantes.

2. Eliminación de duplicados: Se identificaron y descartaron 50 artículos duplicados.

3. Evaluación del título y resumen: Se examinaron 100 artículos con base en los criterios de inclusión y exclusión, seleccionándose 60 para una evaluación exhaustiva.

4. Evaluación completa: Tras una revisión detallada del contenido, 20 estudios cumplieron con los criterios establecidos y fueron incluidos en la síntesis final.

La extracción de información se realizó utilizando una plantilla estandarizada diseñada para sistematizar los datos obtenidos. Los elementos considerados incluyeron:

- Datos generales del estudio (autores, año de publicación, país de realización).
- Diseño metodológico y objetivos principales.
- Principales resultados y conclusiones.
- Relevancia del estudio en relación con la integración del desarrollo sostenible en embriología.

Los datos recopilados fueron analizados mediante un enfoque temático que permitió identificar tendencias, categorías y patrones vinculados a la sostenibilidad en la educación superior de embriología.

Resultados

Como resultado de la búsqueda sistemática y el análisis de la información se identificó la necesidad de integrar temas de sostenibilidad en el plan de estudios de embriología. Esto incluye la incorporación de contenidos sobre el impacto ambiental de las técnicas de reproducción asistida, la reutilización de materiales de laboratorio y las implicaciones éticas de las nuevas tecnologías en embriología. Adicionalmente se recomienda cambiar la enseñanza lineal de la embriología, debido a cambios permanentes que se producen en el embrión, provocando una dificultad en los educadores y estudiantes (9). Se propone el uso de herramientas tecnológicas para optimizar recursos y mejorar el aprendizaje dentro de las ciencias biomédicas, complementando con el planteamiento de casos clínicos para reforzar el aprendizaje estudiantil, generando una mayor interacción entre docentes y estudiantes (10).

Además, las prácticas de laboratorio tradicionales en embriología a menudo implican el uso de especímenes embriológicos humanos y productos químicos tóxicos. Se proponen alternativas más sostenibles, como el uso de modelos 3D, simulaciones por computadora y técnicas de microscopía virtual (11). Se demostró que el uso de modelos 3D impresos en la enseñanza de embriología puede ser tan efectivo como las prácticas tradicionales, al tiempo que reducen la dependencia de modelos animales y minimizan el impacto ambiental (12).

También se destaca la importancia de capacitar a los profesores en temas de sostenibilidad y en el uso de tecnologías educativas que apoyen prácticas más sostenibles (13). Estudios realizados la Universidad Médica de Jining en China, tanto con docentes y estudiantes con el método "Design Thinking" el cual consiste en cinco etapas que son: empatizar, definir, idear, prototipar y probar. (14). En el método Design Thinking, tanto el docente como el alumno desempeñan funciones específicas que son cruciales para el éxito del proceso de aprendizaje. Funciones del Docente: Facilitador: El docente actúa como guía, facilitando el proceso de Design Thinking y ayudando a los estudiantes a navegar por las diferentes etapas, como la empatía, definición, ideación, prototipado y prueba. Mentor: Proporciona apoyo y orientación a los estudiantes, fomentando un ambiente de confianza donde se sientan cómodos para experimentar y compartir ideas. Evaluador: Observa y evalúa el progreso de los estudiantes, ofreciendo retroalimentación constructiva que les permita mejorar sus propuestas y enfoques. Conector: Facilita la conexión entre los estudiantes y recursos externos, como expertos en el tema o materiales que puedan enriquecer el proceso de diseño. Promotor del Pensamiento Crítico: Estimula la reflexión crítica sobre las ideas generadas, alentando a los estudiantes a cuestionar suposiciones y considerar diferentes perspectivas. Funciones del Alumno: Investigador: Los alumnos asumen la responsabilidad de investigar y recopilar información relevante sobre el problema que están abordando, utilizando métodos de investigación cualitativa y cuantitativa. Colaborador: Trabajan en equipo para generar ideas y soluciones, fomentando la colaboración y el intercambio de perspectivas diversas. Creativo: Participa activamente en la fase de ideación, generando múltiples soluciones creativas y originales para el

problema identificado. Prototipador : Desarrollan prototipos de sus ideas, ya sean físicos o digitales, para visualizar y probar sus conceptos en un entorno realista. Evaluador Crítico : Analizan y evalúan las soluciones propuestas, utilizando la retroalimentación recibida para realizar mejoras continuas en sus diseños.

Se propone el uso de este método para mejorar la comprensión de la cátedra, ya que se ha demostrado una mayor comprensión, así como una mayor puntuación en las calificaciones. El proceso comienza con la empatía, donde los docentes investigadores se sumergen en el entorno de laboratorios y clínicas para comprender las necesidades de embriólogos, pacientes y especialistas en sostenibilidad. Luego, se definen problemas específicos como el alto consumo energético de equipos, la generación excesiva de residuos y el uso intensivo de recursos hídricos (15). En la fase de ideación, se generan soluciones creativas, como incubadoras de bajo consumo, medios de cultivo biodegradables y sistemas de reciclaje integrados. Las etapas de prototipado y prueba los investigadores en conjunto con los docentes crean y evalúan versiones iniciales de estas soluciones en entornos controlados. Se desarrollan modelos 3D de equipos rediseñados, se formulan nuevos medios de cultivo y se implementan sistemas piloto de gestión de recursos. Estas soluciones se prueban rigurosamente, evaluando su eficacia clínica y su impacto ambiental (14)(16).

Adicionalmente se sugiere fomentar proyectos de investigación estudiantil que aborden desafíos de sostenibilidad relacionados con la embriología. Se destaca la necesidad de desarrollar técnicas de cultivo embrionario más eficientes energéticamente. Estas técnicas deberían enfocarse en reducir el consumo de recursos sin comprometer la viabilidad de los embriones, lo que podría llevar a prácticas más sostenibles en laboratorios de reproducción asistida (17).

Otro hallazgo significativo es la importancia de investigar métodos innovadores para la preservación de gametos y embriones con menor impacto ambiental. Esto implica explorar alternativas a los crioprotectores tradicionales, buscando opciones que sean tanto efectivas como ecológicamente responsables (17).

El estudio también resalta la relevancia de evaluar el ciclo de vida de los materiales utilizados en los

laboratorios de embriología. Esta evaluación permitiría identificar y promover el uso de opciones más sostenibles, reduciendo así la huella ecológica de la investigación y práctica embriológica (15)(17).

Los referentes teóricos analizados permitieron establecer las etapas de una estrategia didáctica, desde la disciplina Embriológica.

Estrategia para la enseñanza de la Embriología basada en el desarrollo sostenible

La integración del desarrollo sostenible en la educación superior de Embriología puede seguir una serie de estrategias que involucran diversas etapas, tanto el currículo como las prácticas docentes y de laboratorio. En este estudio, se ha propuesto cinco etapas para implementar el desarrollo sostenible en el estudio de la Embriología, que no solo contribuirá a la formación de profesionales de la salud que sean conscientes del impacto ambiental y ético de sus prácticas, sino que también promoverá la innovación en la enseñanza de la embriología, mejorando la calidad educativa y alineándola con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Etapa N°1: Revisión y adaptación curricular

Formar comités multidisciplinarios que revisen y analicen el contenido de la malla curricular y el plan de estudios para identificar falencias e incorporar la enseñanza de conceptos sobre el impacto ambiental y ético en el estudio de la embriología. Se debe incluir temas sobre la eficiencia de recursos, reducción y manejo de desechos biológicos y tóxicos. Los estudiantes necesitan comprender cómo las decisiones que toman como profesionales de la salud afectan al medio ambiente (18).

Etapa N°2: Optimización de las prácticas de laboratorio.

Realizar un estudio sobre el tiempo de vida útil de los equipos de laboratorio, para evitar el consumo ineficiente de energía (19).

Optimizar el consumo energético, por medio de equipos modernos ahorradores de energía, como sistemas de iluminación LED, además de la reutilización de recursos de laboratorio, como medios de cultivo, pipetas y equipos de bajo costo. Esto ayudará a disminuir los residuos y reducir el impacto ambiental de las prácticas cotidianas (20). Incorporar el uso de tecnologías emergentes, tanto de forma teórica y práctica, enfocadas en el desarrollo sostenible, como modelos 3D,

simulaciones de microscopía virtual y plataformas de aprendizaje interactivo, disminuyendo el consumo de recursos no renovables y de embriones biológicos. Estas herramientas permiten a los estudiantes interactuar con entornos embriológicos simulados sin depender de materiales físicos, lo que además reduce el impacto ambiental (14).

Etapa N°3: Capacitación técnica de docentes y personal

Desarrollar programas de formación continua que traten temas como sostenibilidad en ciencias de la salud, específicamente en embriología. Deben estar preparados para enseñar estos conceptos a los estudiantes, así como para adaptar sus prácticas educativas a modelos más sostenibles (13).

Implementación del método “Design Thinking” aplicado a entornos técnicos de laboratorios, con cinco fases: empatía, definición, ideación, prototipado y pruebas, enfocadas en la resolución de problemas de sostenibilidad específicos en la embriología (14).

Diseñar un sistema de evaluación docente, con parámetros en donde se mida la capacidad para implementar principios sostenibles, tanto en la enseñanza teórica y práctica (13).

Elaboración de pruebas piloto en los laboratorios, para probar las nuevas tecnologías y metodologías,

analizando las falencias y fortalezas, antes de implementarlas de forma definitiva (13).

Etapa N°4: Fomentar la Investigación Orientada a la Sostenibilidad

Incentivar la investigación en técnicas de cultivo embrionario que reduzcan el consumo de recursos sin comprometer la viabilidad de los embriones (7). Evaluar el ciclo de vida de los materiales utilizados en la investigación y práctica embriológica para identificar alternativas más sostenibles (4).

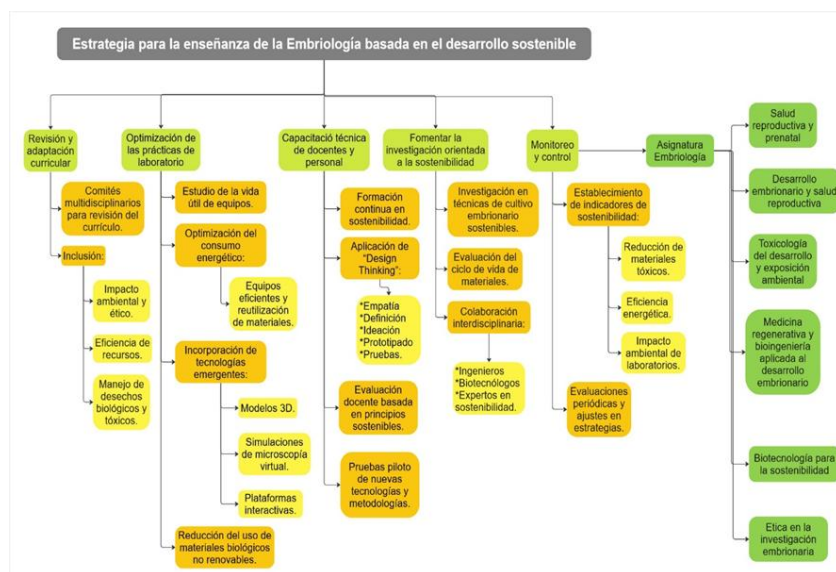
Colaboración interdisciplinaria con ingenieros, biotecnólogos y expertos en sostenibilidad para diseñar soluciones innovadoras, como el uso de energías renovables (7).

Etapa N°5: Monitoreo y control

Establecer puntuaciones que muestren resultados claros de sostenibilidad, que puedan monitorearse en el tiempo, como la reducción del uso de materiales tóxicos, la eficiencia energética y el impacto ambiental de los laboratorios. Adicionalmente, se plantea realizar evaluaciones periódicas de los avances y ajustar las estrategias según los resultados obtenidos. Finalmente, se puede crear comités de evaluación que revisen los resultados y propongan mejoras continuas para las prácticas educativas y de investigación en embriología (14).

Figura 1.

Estrategias recomendadas para implementar el desarrollo sostenible en la enseñanza de la cátedra de Embriología.



Fuente: Elaboración propia de los autores, donde se diseñan clúster que integran la capacitación, las modificaciones curriculares, la investigación, monitoreo y control

Tabla 1.

Comparativa del enfoque tradicional y la estrategia con enfoque sostenible propuesto para la integración del desarrollo sostenible en la educación superior en la cátedra de embriología.

Integración del desarrollo sostenible en la educación superior en la cátedra de Embriología:		
Aspecto	Enseñanza Tradicional	Estrategia propuesta con enfoque sostenible
Currículo	Contenidos enfocados en técnicas y conocimientos técnicos.	Inclusión de temas de sostenibilidad, impacto ambiental y ética en el currículo.
Prácticas de Laboratorio	Uso de especímenes embriológicos humanos y productos químicos tóxicos.	Implementación de modelos 3D, simulaciones por computadora, y microscopía virtual.
Uso de Recursos	Alta dependencia de materiales de laboratorio convencionales y energía.	Reutilización de materiales, reducción de residuos, y adopción de tecnologías ecológicas y eficientes.
Formación Docente	Enfoque limitado en sostenibilidad y uso de nuevas tecnologías.	Capacitación en sostenibilidad, uso de herramientas tecnológicas y metodologías innovadoras como "Design Thinking".
Investigación	Menor enfoque en la sostenibilidad de las técnicas de laboratorio.	Fomento de investigación en técnicas de cultivo más eficientes y evaluación del ciclo de vida de materiales.
Impacto Educativo	Formación técnica sin considerar las implicaciones ambientales y éticas.	Educación integral que promueve la conciencia sobre sostenibilidad y responsabilidad social en los futuros profesionales.

Fuente: Elaboración propia de los autores, mediante el desarrollo de habilidades de comparación entre lo tradicional y lo sustentable en la Educación Superior.

Discusion:

La incorporación del desarrollo sostenible en la enseñanza de la embriología en la educación superior representa una tendencia creciente que responde a la necesidad de adaptar las prácticas educativas a los desafíos ambientales, éticos y sociales del siglo XXI. Este estudio revela que la inclusión de la sostenibilidad en el currículo de embriología no solo es viable, sino necesaria para formar profesionales de la salud que estén

preparados para abordar estos desafíos de manera holística (1)(6).

Uno de los aspectos más destacados es la necesidad de revisar y adaptar los planes de estudio para incluir temas relacionados con el impacto ambiental de las prácticas embriológicas, así como la reutilización de materiales y las implicaciones éticas derivadas del uso de nuevas tecnologías. Estos cambios no solo mejoran la calidad educativa, sino que también fomentan una conciencia crítica en los estudiantes sobre la importancia de prácticas más sostenibles (3)(9).

Asimismo, la implementación de tecnologías educativas, como modelos 3D y simulaciones por computadora, se presenta como una alternativa eficaz a las prácticas tradicionales que suelen depender de especímenes animales y productos químicos. Estas innovaciones permiten reducir el impacto ambiental sin sacrificar la calidad del aprendizaje, lo que es coherente con los principios del desarrollo sostenible (10)(12).

La capacitación docente es otro eje crucial identificado en este estudio. Es fundamental que los educadores no solo estén informados sobre las mejores prácticas sostenibles, sino que también estén comprometidos con la integración de estos principios en su enseñanza. El enfoque de "Design Thinking" ejemplifica una metodología prometedora que no solo mejora la comprensión de los conceptos embriológicos, sino que también fomenta un entorno de aprendizaje más creativo y orientado a la solución de problemas (14).

Además, el estudio subraya la importancia de promover la investigación orientada a la sostenibilidad dentro del ámbito de la Embriología. El desarrollo de técnicas de cultivo embrionario más eficientes y la evaluación del ciclo de vida de los materiales utilizados en los laboratorios son áreas clave donde la investigación puede tener un impacto significativo. Estas iniciativas no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también potencian la innovación dentro de la disciplina (17).

La integración del desarrollo sostenible en la Educación Superior de Embriología es un desafío imprescindible que ofrece múltiples beneficios, tanto en la formación de profesionales de la salud como en la evolución de la disciplina. Las estrategias propuestas en este estudio no solo promueven una educación más consciente y responsable, sino que también posicionan a la embriología en un camino hacia prácticas más sostenibles y éticamente informadas (4)(8).

Conclusiones:

La integración del desarrollo sostenible en la educación superior de embriología representa un cambio paradigmático que aborda de manera directa los desafíos éticos, ambientales y sociales del siglo XXI. Este estudio evidencia que incorporar principios de sostenibilidad en el currículo académico no solo es factible, sino también fundamental para formar profesionales

más conscientes y preparados para enfrentar las complejidades del entorno global.

En primer lugar, las estrategias educativas basadas en el desarrollo sostenible permiten una formación integral, al vincular el aprendizaje técnico con una comprensión profunda de las implicaciones éticas y ambientales de las prácticas embriológicas. La adaptación curricular, el uso de tecnologías emergentes y las metodologías innovadoras, como el "Design Thinking", han demostrado ser herramientas efectivas para optimizar el aprendizaje y minimizar el impacto ambiental de las actividades educativas.

En segundo lugar, el fortalecimiento de la formación docente emerge como un pilar fundamental para garantizar la implementación exitosa de estas estrategias. La capacitación continua y la adopción de enfoques interdisciplinarios son esenciales para equipar a los educadores con las competencias necesarias para liderar este proceso de transformación.

Asimismo, la promoción de la investigación orientada a la sostenibilidad representa una oportunidad para desarrollar soluciones innovadoras en el ámbito de la embriología. El diseño de técnicas de laboratorio más eficientes y la evaluación del ciclo de vida de los materiales utilizados son áreas clave que pueden generar un impacto significativo tanto en el ámbito académico como en el profesional.

Finalmente, la incorporación del desarrollo sostenible en la embriología contribuye no solo a la formación de profesionales técnicamente competentes, sino también a la creación de un entorno académico comprometido con la responsabilidad social y ambiental. Este enfoque integral posiciona a la embriología como una disciplina clave para abordar los retos globales y promover un futuro más equitativo y sostenible.

Referencias

1. Organización de las Naciones Unidas O, Programa Ampliado de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas P. Objetivos de Desarrollo Sostenible - Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. 2023 [citado el 27 de agosto de 2024]; Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

2. Object] authorCorporate:[object. Educación para el desarrollo sostenible: hoja de ruta [Internet]. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2020. 64 p. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374896>
3. Libin L, Xueping Y, Mingguo H, Shengbin B. A Fresh Perspective on Histology and Embryology-A Lens on Aesthetics. *Int J Morphol*. 2022;40(5):1400–3.
4. Velin L, Svensson P, Alfvén T, Agardh A. What is the role of global health and sustainable development in Swedish medical education? A qualitative study of key stakeholders' perspectives. *BMC Med Educ*. julio de 2023;23(1):511.
5. Kioupi V, Voulvoulis N. Education for Sustainable Development as the Catalyst for Local Transitions Toward the Sustainable Development Goals. *Front Sustain*. 2022;3(July):1–18.
6. Núñez Paula I. Educación para el desarrollo sostenible: hacia una visión sociopedagógica. Artículo [Internet]. 2019 [citado el 27 de agosto de 2024];11:291–314. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5886/588661549016/html/>
7. Sanger TJ. Integrative developmental biology in the age of anthropogenic change [Internet]. Vol. 23, Evolution and Development. *Evol Dev*; 2021 [citado el 8 de diciembre de 2024]. p. 320–32. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33848387/>
8. Pérez I. Embriología. La formación de un nuevo ser humano y los riesgos dentro del útero materno - Ciencia UNAM [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de México. 2020 [citado el 28 de agosto de 2024]. p. 1–11. Disponible en: <https://ciencia.unam.mx/leer/1062/embriologia-la-formacion-de-un-nuevo-ser-humano-y-los-riesgos-dentro-del-utero-materno>
9. Abdel Meguid EM, Holland JC, Keenan ID, Mishall P. Exploring Visualisation for Embryology Education: A Twenty-First-Century Perspective. *Adv Exp Med Biol*. 2022;1356:173–93.
10. Luengo MR, Camacho JÁ, Torres LP, Cárdenas NP, Mai DL, Ebensperger SN, et al. Perception of the Virtualization of the Subject of Normal Human Anatomy and Embriology in a Pandemic. *Int J Morphol*. 2023;41(3):863–72.
11. Tait K, Poyade M, Clancy JA. eLearning and Embryology: Designing an Application to Improve 3D Comprehension of Embryological Structures. En: *Advances in Experimental Medicine and Biology* [Internet]. *Adv Exp Med Biol*; 2020 [citado el 8 de diciembre de 2024]. p. 19–38. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32613578/>
12. Xiang L, Yin Y, Zheng Y, Ma Y, Li Y, Zhao Z, et al. A developmental landscape of 3D-cultured human pre-gastrulation embryos. *Nature*. enero de 2020;577(7791):537–42.
13. Ray H, Klymkowsky M. Approaching ethical issues in the developmental biology classroom. *Dev Biol* [Internet]. el 1 de febrero de 2024 [citado el 8 de diciembre de 2024];518:48–52. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39557150/>
14. Guo Y, Wang X, Gao Y, Yin H, Ma Q, Chen T. Flipped online teaching of histology and embryology with design thinking: design, practice and reflection. *BMC Med Educ*. abril de 2024;24(1):388.
15. Mauludin MS, Khairudin M, Asnawi R, Mustafa WA, Fauziah TS. The Advancement of Artificial Intelligence's Application in Hybrid Solar and Wind Power Plant Optimization: A Study of the Literature. *J Adv Res Appl Sci Eng Technol*. 2025;50(2):279–93.
16. Titmus M, de Oliveira BIR, Ellery P, Whittaker G, Radley H, Radunski M, et al. Using design thinking to create and implement a 3D digital library of anatomical specimens. *Clin Anat* [Internet]. 2024 [citado el 8 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38938222/>
17. Mundo EL, Moliner V, Velasco O. *Revista de Embriología Clínica y Biología de la Reproducción*. 2022;
18. McLean M, Phelps C, Moro C. Medical students as advocates for a healthy planet and healthy people: Designing an assessment that prepares learners to take action on the United Nations Sustainable Development Goals. *Med Teach* [Internet]. 2023 [citado el 8 de diciembre de 2024];45(10):1183–7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37389846/>
19. Leak LB, Tamborski J, Commissaris A, Brophy JAN. Forging a path toward a more sustainable laboratory [Internet]. Vol. 48, *Trends in Biochemical Sciences*. *Trends Biochem Sci*; 2023

[citado el 8 de diciembre de 2024]. p. 5–8.

Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36563657/>

20. Clancy M, Wade IS, Young JJ. Facile methods for reusing laboratory plastic in developmental biology experiments.

Differentiation [Internet]. el 1 de marzo de 2023 [citado el 8 de diciembre de 2024];130:1–6.

Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36434825/>