

**Desarrollo e implementación de laboratorios STEM mediante impresión 3D aplicados a la enseñanza de la biología.**

**Development and implementation of STEM laboratories through 3D printing applied to the teaching of biology.**

**Desenvolvimento e implementação de laboratórios STEM aplicados no ensino da biologia através de impressão 3D.**

Miguel Angel Vergara Castro<sup>1</sup>  
Alba Cecilia Osorio Ocampo<sup>2</sup>

**Resumen**

La implementación de la impresión 3D facilita a los docentes el acceso a material didáctico para su uso en aula, sin embargo, el desarrollo de una práctica experimental en el contexto STEM, va más allá de la construcción de los modelos físicos y debe ser planificada considerando aspectos como la transdisciplinariedad.

La propuesta relaciona los procesos de creación de simuladores 3D STEM y material concreto (EXP) diseñados por Innovares y su prueba de campo en un colegio privado de Itagüí, Colombia.

La creación del material didáctico se enfocó a las temáticas de aprendizaje que, por las limitantes actuales relacionadas con las prácticas experimentales escolares, tienden a ser trabajadas en aula principalmente como componentes teóricos, como son la ecología de poblaciones, la evolución o la genética.

El desarrollo de estas prácticas en niveles de básica primaria y secundaria, han generado resultados preliminares luego de la pandemia y el retorno a clases presenciales, mejorando el aprendizaje significativo de los estudiantes y un aumento en el trabajo colaborativo de los mismos, al tiempo que han permitido disminuir el tiempo teórico de trabajo y aumentar el número de prácticas experimentales en estos temas.

**Palabras clave:** impresión 3D, STEM, simuladores, prácticas experimentales

---

<sup>1</sup> Magister en Gestión e Innovación de Instituciones Educativas. Licenciado en Biología y Ciencias Naturales. Director Académico Innovares

<sup>2</sup> Magister en Gestión e Innovación de Instituciones Educativas. Bióloga. CEO Innovares



### Abstract

The implementation of 3D printing facilitates teachers access to didactic material for classroom use; however, the development of an experimental practice in the STEM context goes beyond the construction of physical models and must be planned considering aspects such as transdisciplinarity.

The proposal relates the processes of creation of 3D STEM simulators and concrete material (EXP) designed by Innovares and its field test in a private school in Itagüí, Colombia.

The creation of the didactic material was focused on learning topics that, due to current limitations related to school experimental practices, tend to be worked on in the classroom mainly as theoretical components, such as population ecology, evolution or genetics.

The development of these practices at primary and secondary school levels, have generated preliminary results after the pandemic and the return to face-to-face classes, improving the significant learning of the students and an increase in their collaborative work, at the same time that they have allowed to reduce the theoretical work time and increase the number of experimental practices in these topics.

**Keywords:** 3D printing, STEM, simulators, experimental practices.

### Resumo

A implementação da impressão 3D facilita aos docentes o acesso ao material didático para uso em sala de aula, porém, o desenvolvimento de uma prática experimental no contexto STEM, vai além da construção dos modelos físicos e deve ser planejada considerando aspectos como a transdisciplinaridade.

A proposta relaciona os processos de criação de simuladores 3D STEM e material concreto (EXP) desenhados por Innovares e com teste de campo num colégio particular do Município de Itagüí, Colômbia.

A criação do material didático foi focada nos tópicos de aprendizado que, pelas limitantes atuais relativas às práticas experimentais escolares, tendem a ser trabalhadas em sala de aula, principalmente como componentes teóricas, como a ecologia de populações, a evolução ou a genética.

O desenvolvimento dessas práticas nos níveis do ensino fundamental e médio, tem gerado resultados preliminares logo após a pandemia e do retorno às aulas presenciais, melhorando significativamente o aprendizado dos alunos e aumentando o trabalho em colaboração,



além de diminuir o tempo teórico do trabalho e aumentar o número de práticas experimentais nesses assuntos.

**Palavras chave:** Impressão 3D, STEM, simuladores, práticas experimentais

### Introducción

En la enseñanza tradicional de la biología se mezclan los aportes teóricos recibidos en el aula de clases, con la práctica experimental que entrega el laboratorio, sin embargo, los cambios asociados a la incorporación de medidas ligadas al campo bioético y la reglamentación sobre bioseguridad en los establecimientos educativos han restringido el acceso directo al trabajo experimental escolar, por lo han surgido sustitutos tanto físicos como virtuales que facilitan el acercamiento de los estudiantes a estos conocimientos y prácticas.

Desde hace aproximadamente 10 años, desde Innovares se inició la creación de simuladores físicos aplicados a la enseñanza de la ecología de poblaciones y la evolución, dado la complejidad del desarrollo de estos temas en el formato experimental, por la necesidad asociada al uso de organismos o por los tiempos requeridos en la evaluación de cambios sufridos por las poblaciones, por lo que se transforman en componentes netamente teóricos del pensum escolar. En estos primeros intentos, los prototipos, aunque se realizaron con materiales sencillos (MDF, Laminas PVC), dado su costo y complejidad, dificultaron su replicación, generando solo unos cuantos ejemplares para uso práctico escolar.

El Covid19 modificó el sistema educativo tradicional, con un paso obligatorio al modelo virtual, implicando en el caso específico de las Ciencias Naturales, el uso de simuladores virtuales disponibles en internet, sin embargo, su aplicación no fue del todo efectiva, debido a que los softwares disponibles no necesariamente se adecuaron a un desarrollo pedagógico participativo de los estudiantes.

En Colombia, el retorno a las aulas inicio de manera alternada a mediados del 2021, dificultando la problemática experimental, dadas las restricciones sanitarias, obligando a repetir experiencias o tenerlas en formato bimodal alternado (práctica presencial y virtual), por lo que los resultados académicos no fueron los esperados afectando al desarrollo de las competencias, lo que se vio reflejado en el desempeño de estudiantes a fines del 2021.

Esto facilitó poner a prueba elementos desarrollados por el equipo de investigadores, desde antes de la pandemia, representados por simuladores físicos (no virtuales), esta vez, creados mediante la tecnología de impresión 3D, enfocados en la confección de material concreto diseñado específicamente para la enseñanza de la biología en los niveles de básica primaria y secundaria, niveles donde el acercamiento a las temáticas durante la pandemia se realizó



principalmente con material 2D, como video, simuladores virtuales o proyecciones de imágenes, recursos que,

“en ocasiones pueden ser insuficientes en materias en las que se necesita la visualización tridimensional para la comprensión espacial y manipulación del objeto por parte del alumnado. por ello se suele hacer uso de materiales tangibles como maquetas, la cuestión es que estas generalmente tienen un alto coste y suelen sufrir roturas, pérdidas, dificultad de almacenamiento” (Gómez Ruiz, 2018)

Los materiales se dividieron en dos grupos: laboratorios STEM, transdisciplinarios y laboratorios experimentales EXP, centrados en una sola asignatura. Además, pedagógicamente los equipos pueden ser utilizados en un formato espiral y utilizando como base la metodología de Bloom, ya que pueden ser complejizados de acuerdo con las necesidades de los grupos de estudiantes y sirven como elementos de apoyo (Scaffolding) en el desarrollo de habilidades y competencias propias de las ciencias.

### **Desarrollo de prácticas STEM**

En Colombia la enseñanza STEM es de reciente origen, experiencias como las desarrolladas por la Universidad de Texas junto con la Secretaría de Educación de Medellín en 2013, fueron precursoras de este modelo entre el profesorado, pero su adaptación ha sido lenta por múltiples factores que han impedido la masificación de estas prácticas.

El objetivo de esta propuesta fue desarrollar prácticas experimentales presenciales innovadoras para el fortalecimiento de habilidades y competencias en estudiantes de primaria y secundaria, en el contexto biológico, incorporando la tecnología de impresión 3D al modelo STEM. Este enfoque “aboga por la enseñanza de estas disciplinas de manera integrada en lugar de áreas de conocimiento compartimentadas, (...) busca dar a los estudiantes la oportunidad de experimentar diferentes formas de aprender y resolver problemas interdisciplinarios con una clara aplicación práctica” (Nolla et al, 2021).

Las prácticas propuestas debían facilitar el aprendizaje de temáticas teóricas, poco amigables con el desarrollo experimental escolar y responder a las problemáticas de tiempo de trabajo, limitantes bioéticas o de bioseguridad, además de incorporar la metodología STEM, para permitir la colecta de datos, y la familiarización de los estudiantes con una comprensión matemático – estadística de los resultados experimentales.

La solución se enfocó en la creación de simuladores aplicados a las temáticas de Evolución, Ecología y Genética, realizados mediante impresión 3D, dado que este tipo de materiales,



”generan en los alumnos, la posibilidad de formar parte activa del proceso de aprendizaje, la adquisición de competencias y no solo de contenido, la accesibilidad, que favorecen el trabajo en grupo para la solución de un problema o la posibilidad de simular elementos en 3D con los que el alumno pueda interactuar y muchas otras ventajas, (aumentar) su motivación y, por tanto, de su aprendizaje, como por ejemplo la capacidad de autoevaluarse o de tener un feedback casi instantáneo de sus errores permitiéndole corregirlos y aprender de ellos”. (Blánquez et al, 2018).

Los modelos tridimensionales fueron creados mediante los programas de diseño Rhino y Fusión, e impresos en PLA (ácido poliláctico), un poliéster de origen vegetal, mediante una impresora Anycubic. En algunos casos se utilizaron y adaptaron modelos prediseñados con licencia libre (CC) obtenidos de la página thingiverse.

## **Metodología**

### **Desarrollo de las prácticas y simuladores.**

Las prácticas educativas propuestas debían permitir el acercamiento de la realidad de las investigaciones biológicas de campo al aula, en un contexto que se adaptara a los tiempos de clase, seguridad y economía, permitiendo el trabajo individual o grupal, facilitando el desarrollo de habilidades y competencias en los estudiantes.

Dado el formato espiral de la ciencia, las prácticas debían ser diseñadas para ser modificadas y aplicadas en diversos niveles, (por ejemplo, aplicar el mismo simulador en dos grados diferentes, pero con distintos niveles de profundidad y complejidad).

Para alcanzar estas metas, se inició la planeación de actividades por niveles, para luego realizar una búsqueda materiales o imágenes que puedan ser aplicados a las prácticas, estos luego fueron modelados en 3D, o se adaptaron modelos existentes, descargados desde paginas especializadas.

Una vez impresos los prototipos de prueba, se evaluaron de acuerdo con su nivel de complejidad, aplicación y resistencia mecánica, si se rechazaban, se reiniciaba el proceso de modelado, hasta que cumplieran con las condiciones de uso para las que fueron diseñados.

Junto con los materiales 3D, se desarrollaron las guías de trabajo docente y del estudiante, las primeras permiten el manejo de los equipos a los profesores, incorporan las instrucciones, planeación temática, tiempos sugeridos y anexos (planillas, videos de apoyo) material que es entregado a través de la plataforma virtual (<http://innovares.edu20.org>).



Las guías del estudiante fueron creadas para permitir el desarrollo experimental, obtención de datos, y cuentan con información temática que los ayuda a comprender el contexto biológico. Integran además links de acceso a planillas para la aplicación de factores estadísticos que enriquecen las prácticas.

### Laboratorios STEM desarrollados

- *Ecología poblaciones*: Tablero que simula las dinámicas poblacionales asociadas a la distribución de recursos, estrategias y modelos reproductivos e incorpora variantes mutagénicas y su impacto en los grupos poblacionales.
- *Evolución 1 Cráneos homínidos*: Juego comparativo de cráneos de primates fósiles y modernos que mediante análisis estadístico permite la creación de clados evolutivos.
- *Evolución 2 Selección natural*: simulador de depredación en anfibios que permite analizar el proceso de selección natural en las poblaciones.
- *Evolución 3 Adaptaciones*: simulador de adaptaciones competitivas en dos especies de pinzones (*Geospiza grandirostris* y *G. fortis*). recrea los experimentos realizados en Isla Daphne Mayor en las Galápagos.
- *Genética 1 Mendeliana*: Simulador de los experimentos mendelianos con arvejas, permite cálculo de cruces mono y dihíbridos.
- *Genética Avanzada*: Simulador de los experimentos realizados por JJ Morgan en *Drosophila melanogaster*, permite la identificación de las variaciones fenotípicas asociadas a su morfología, aplicadas desde las perspectivas de la genética Mendeliana y Molecular,

### Laboratorios EXP desarrollados

Los simuladores que no incorporan la experiencia STEM son los siguientes:

- *Átomos*: enfocado al reconocimiento estructural de átomos y su interacción mediante el modelo propuesto por Bohr.
- *Bioquímica*: diseñado para reconocimiento de carbohidratos en formato Haworth.
- *Botánica*: modelos tridimensionales de corte de hoja y estructuras celulares como cloroplastos.
- *Biología celular*: set de identificación de virus y células procariotas y eucariotas en 4 reinos taxonómicos.
- *Sistema inmune*: identificación de antígenos e inmunoglobulinas.
- *Síntesis proteica*: evaluación del efecto mutacional por sustracción, adición o reemplazo de nucleótidos.



### **Implementación en Aula**

Las pruebas de campo se realizaron con estudiantes de un colegio privado de la ciudad de Itagüí en los niveles de primaria y secundaria. (grado 7 a 11) en la asignatura de biología.

Por su diseño portátil, los equipos se utilizaron tanto en los salones de clase como en el laboratorio, y fueron empleados por equipos de estudiantes (de 2 a 4 individuos).

Los experimentos tuvieron una duración variada, pero tradicionalmente se realizó en cuatro etapas:

1. Fase experimental: los estudiantes interactúan con los equipos, obtienen datos que son registrados en la guía de trabajo. (2 a 3 horas de clase)
2. Fase de análisis: revisión de los datos obtenidos, uso de software para análisis estadísticos básicos o complejos (dependiendo del nivel se utilizan desde cálculos promedio, desviación estándar y el uso de barras de error para el análisis de datos, hasta la aplicación de pruebas estadísticas más complejas). (2 a 4 horas)
3. Fase de Investigación teórica: los estudiantes realizan una búsqueda bibliográfica que permita determinar la validez de las hipótesis planteadas durante la fase experimental, dando origen a un marco teórico de apoyo. (2 a 4 horas)
4. Fase de comunicación: Los estudiantes confeccionan un informe técnico, bajo el formato de monografía, incluyendo normativas APA. (4 horas)

Este formato integra además la evaluación mediante el contexto formativo, permitiendo la integración de la co, auto y heteroevaluación.

### **Resultados**

Los resultados corresponden a datos preliminares obtenidos durante el periodo de retorno a las clases presenciales (2022) y contrastados con los valores durante la pandemia (virtual 2020-2021) así como un promedio del periodo prepandemia (presencial antes del 2020).



**Tabla 1:**

*Número comparativo de prácticas experimentales desarrolladas en las temáticas donde se aplicaron laboratorios 3D*

Temática	Laboratorio	presencial antes de 2020	virtual 2020	bimodal 2021	presencial 2022
Biología celular	Microscopia	1	0	1	1
	modelos y maquetas celulas 3D EXP	0	0	0	1
Ecología	Juego de roles Lab. crecimiento poblacional	1	0	0	0
	Laboratorio crecimiento poblacional 3D STEM	1	0	1	1
	Laboratorio virtual	0	1	0	0
Evolución	Cráneos hominidos 3D STEM	1	0	1	1
	Simulador adaptación pinzones 3D STEM	0	0	1	1
	Juego de roles selección natural	1	0	0	0
	Selección Natural 3D STEM	0	0	0	1
Genética	Ejercicios tradicionales genética	1	1	1	1
	Cromosomas 3D EXP (Mitosis - Meiosis)	0	0	1	1
	Genetica Mendeliana 3D STEM	0	0	1	1
	Genetica Avanzada 3D STEM	0	0	0	1
Química / Bioquímica	Atomos 3D EXP	0	0	1	1
	Carbohidratos 3D EXP	0	0	1	1
Biología	Cortes de hojas y revisión estereoscopica	1	0	1	1
	Cortes de hojas 3D EXP	0	0	0	1
	Sistema inmunitario 3D EXP	0	0	0	1
	Síntesis proteica 3D EXP	0	0	0	1
Total de prácticas asociadas a estas temáticas		7	2	10	16

*Nota:* Aunque el modelo virtual es posible mantenerlo en el contexto bimodal y presencial, por recomendación del propio establecimiento educativo, se limitó este tipo de prácticas y se fomentó el desarrollo de actividades presenciales físicas a partir de mediados del 2021.

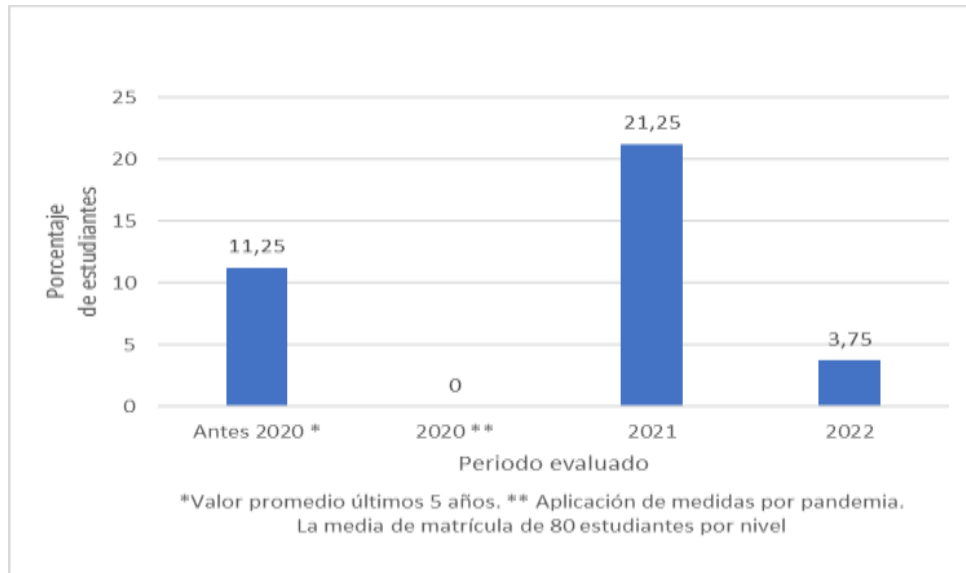
El Pensum escolar no sufrió cambios en los periodos analizados, pero los tiempos de trabajo se han ajustado durante el periodo de virtualidad.





**Figura 1**

*Efectos en el aprendizaje de las temáticas: porcentaje de estudiantes que presentaron dificultades en la comprensión de temáticas experimentales (grados 7 y 8)*



*Nota: (\*\*)* Se debe considerar que en el periodo 2020, el Ministerio de educación decreto una serie de medidas temporales que flexibilizaron los modelos evaluativos, contemplando el formato virtual y sus limitantes, lo que impidió realizar un registro adecuado de las reales dificultades presentadas por los estudiantes en esta etapa.



**Figura 2** Modelos 3d utilizados en los laboratorios STEM y EXP

### **Análisis y Conclusiones**

La incorporación de la tecnología 3D facilitó el incremento del número de equipos y el desarrollo de prácticas grupales o por parejas de los estudiantes. Disminuyendo el peso en el contexto teórico y aumentando el tiempo de las fases experimentales para los mismos.

La presencia de materiales 3D simulados, ayudó a la interacción de los estudiantes con estos modelos, también habilitó un proceso de acercamiento a un aprendizaje significativo, al permitir comparar sus resultados con experimentos reales de campo.

El mayor grado de interacción con estos recursos ha permitido aumentar el número de estudiantes con mejor comprensión y relación de las temáticas biológicas teóricas desarrolladas.

El recurso 3D es funcional como material de apoyo (Scaffolding), permitiendo servir como soporte para la transición del paso del trabajo con material concreto al desarrollo de procesos cognitivos abstractos.

La impresión 3D por su bajo costo y flexibilidad permite el desarrollo de prototipos rápidos, su puesta a prueba y su posterior replicación masiva, facilitando el paso de prácticas demostrativas docentes a experimentales realizadas por los escolares.

### **Referencias**

- Blánquez, P., Orcos, L., Mainz, J., & Saéz, D. (2018). Propuesta metodológica para e mejora del aprendizaje de los alumnos a travpes de la utilización de las impresoras 3D como recurso educativo en ek aprendizaje basado en proyectos. *Psicología, Conocimientos y Sociedad*, 162-193.
- Gómez Ruiz, E. (2018). Tesis de grado: Aplicaciones de la impresión 3d como experiencia motivadora en alumnos de primaria. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Nolla, Á., Benito, A., Maddona, C., & Suk Park, S. (2021). Impresión 3D como un recurso para desarrollar el potencial matemático. *Contextos educativos*, 87-102.

