

INFORME FINAL

PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE ID2023/113 “EXPLORANDO LA HISTORIA CLIMÁTICA DE LA TIERRA: RÉPLICAS SEDIMENTARIAS Y MICROFÓSILES 3D PARA EL AULA”

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

TÍTULO: EXPLORANDO LA HISTORIA CLIMÁTICA DE LA TIERRA: RÉPLICAS SEDIMENTARIAS Y MICROFÓSILES 3D PARA EL AULA

REFERENCIA: ID2023/113

PDI RESPONSABLE: José Abel Flores Villarejo

COORDINADORA: Diana Ochoa

MIEMBROS DEL EQUIPO: María Ángeles Bárcena y Montserrat Alonso

CENTROS EN LOS QUE SE HA LLEVADO A CABO EL PROYECTO: Facultad de Ciencias, Departamento de Geología y Laboratorio de Rocas

COLABORADORES: Eva Manchado (Laboratorio de Rocas) y Jesús Roncero (Departamento de Geología)

DURACIÓN: Curso Académico 2023-2024

SUBVENCIÓN CONCEDIDA: 750 €

2. OBJETIVOS

- Desarrollar un recurso didáctico para estudiar el registro sedimentario y micropaleontológico de cinco eventos climáticos pasados de la historia de la Tierra con el fin de proporcionar a los estudiantes acceso a material sedimentario similar al utilizado en la investigación para reconstruir la historia de la Tierra, que permita mejorar la comprensión de la relación clima-océano y los posibles efectos del actual cambio global.

Objetivos Específicos

- Recrear de manera didáctica la expresión sedimentaria y las principales propiedades físico-químicas de cinco eventos climáticos utilizando técnicas realistas, que permitan poner en perspectiva los efectos de un calentamiento global sobre los procesos oceánicos (acidificación, estratificación oceánica).

- Construir modelos 3D detallados de microfósiles, que permitan a los estudiantes identificar las características morfológicas de los principales grupos usados en paleoceanografía, y explorar su uso como herramientas geoquímicas, en bioestratigrafía, evolución y biogeografía en eventos climáticos pasados o en situaciones hipotéticas.

- Desarrollar una guía de prácticas autónoma que acompañe las réplicas y modelos 3D, con ejercicios y situaciones hipotéticas que desafíen a los estudiantes a interpretar y proponer procesos climáticos en función de parámetros físico-químicos y biológicos seleccionados.

3. ACTUACIONES REALIZADAS

Microfósiles. La primera acción del proyecto se centró en la elaboración de réplicas 3D de microfósiles representativos de los eventos climáticos en la historia de la Tierra. Para ello la primera tarea consistió en poner a punto la impresora 3D del área de Paleontología (Departamento de Geología). Se realizaron consultas con especialistas de micropaleontología del área de paleontología para validar la selección de los microfósiles, asegurar que fueran representativos de los eventos terrestres, y sus morfologías correspondieran con la realidad.

A continuación, se hizo la selección de los modelos a imprimir, incluyendo representantes de los principales grupos de microfósiles marinos (foraminíferos, cocolitóforos, radiolarios y diatomeas) y continentales (polen y esporas).

Véase figura 1.

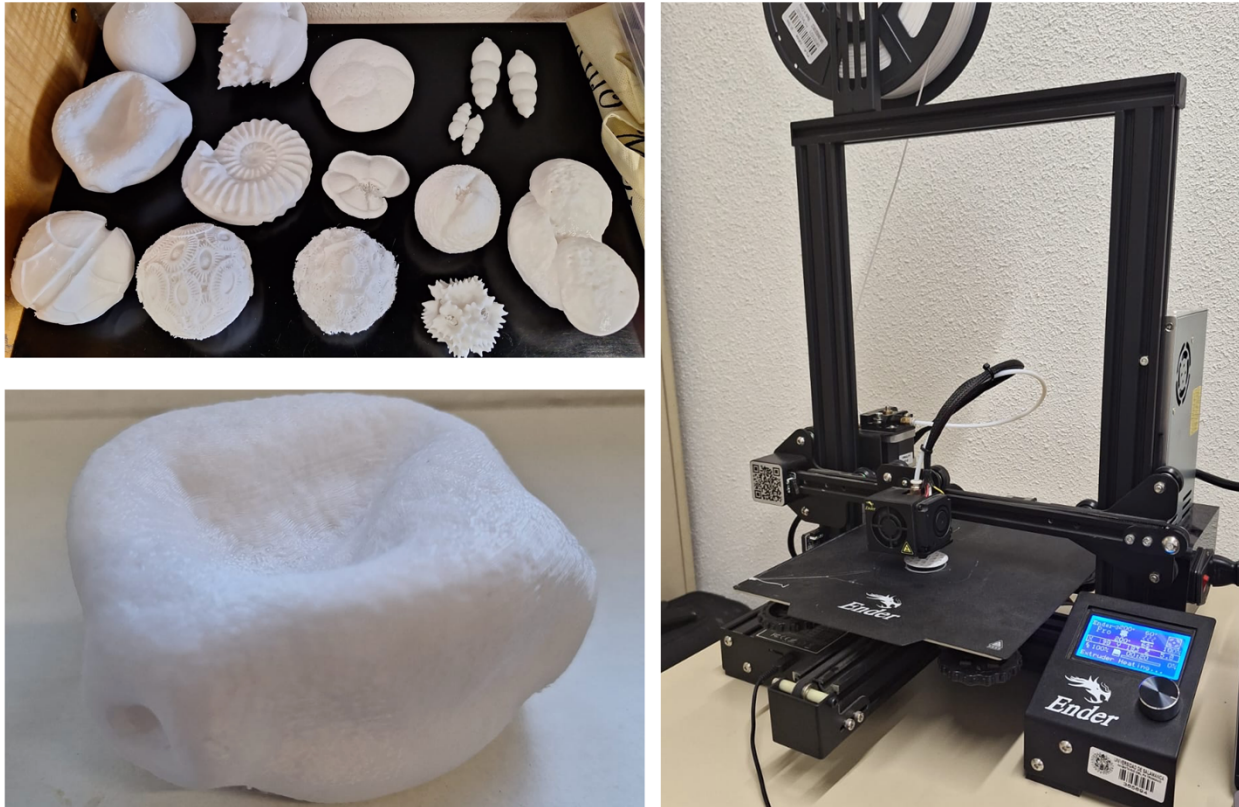


Fig. 1. Impresión de modelos 3D de microfósiles. Izq. Arriba: Mosaico de algunos microfósiles realizados. Izq. Abajo: Modelo de un grano de polen. Derecha: Impresora 3D del área de Paleontología.

Registros sedimentarios

La segunda acción consistió en la elaboración de réplicas sedimentarias que representen diversos medios y procesos sedimentarios. Véase figura 2.



Fig. 2. Proceso de elaboración de réplicas sedimentarias

Estas réplicas incluyen propiedades físico-químicas realistas y detalles sedimentarios, como la composición mineralógica, la granulometría, y la química de los sedimentos, que permiten a los estudiantes y visitantes de la exhibición comprender mejor los procesos oceánicos y los efectos del cambio climático. La recreación de estas condiciones pasadas es crucial para poner en perspectiva los posibles efectos del actual calentamiento global sobre los ecosistemas marinos.

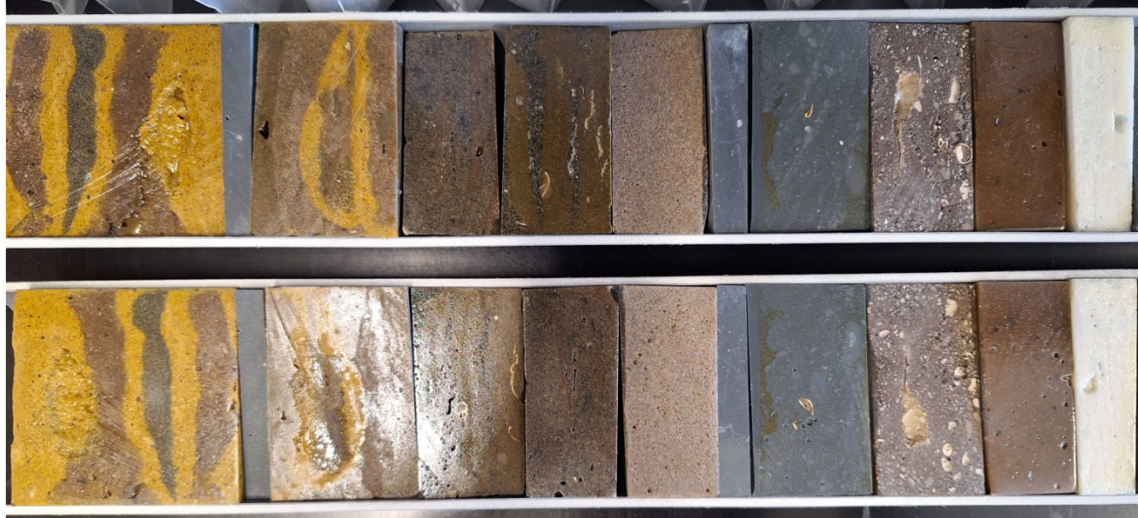


Fig. 3. Recreación didáctica de registros sedimentarios, resaltando diversas propiedades físico-químicas utilizando técnicas realistas para ver propiedades físico-químicas (composición mineralógica, la granulometría) y el contenido micropaleontológico.

Desarrollo de Guías y actividades dirigidas de aprendizaje

Con esta acción se busca crear una guía que permita al estudiante realizar descripciones e interpretaciones detalladas de eventos climáticos, enfocándose en sus características sedimentarias y microfósiles. Estas guías permitirán la comprensión de procesos terrestres, a través de la resolución de ejercicios prácticos y situaciones hipotéticas que desafían a los estudiantes a interpretar los datos y proponer procesos y mecanismos terrestres de manera comprensiva.

- **Ejercicio 1: Caracterización de la Secuencia del Límite K-Pg (Cretácico-Paleógeno)**

Objetivo: Analizar una secuencia sedimentaria correspondiente al límite K-Pg y determinar la edad y las características ambientales del entorno en el que se depositaron los sedimentos.

Materiales:

- Réplicas sedimentarias del límite K-Pg
- Modelos 3D de microfósiles (coccolitóforos, foraminíferos, diatomeas, polen)
- Microscopía (óptica y electrónica -SEM)
- Guía de identificación de microfósiles

Procedimiento

Complete la información de la tabla 1, con la información observada y interpretaciones hechas a partir de las siguientes preguntas.

1. Observación macroscópica:

- Examina las réplicas sedimentarias y describe las litologías presentes en la secuencia.
- Identifica y anota las estructuras sedimentarias visibles, tamaños de granos, y explica posibles litologías que pueden ser evidencias de impactos.

2. Análisis del tamaño de grano, forma, sorteo y composición de la roca:

- Utiliza una lupa o microscopio óptico para observar y clasificar el tamaño de grano de las diferentes capas de sedimento, así como la forma, sorteo y composición mineral de la roca, registrando cualquier variación a lo largo de la secuencia.

3. Identificación de Microfósiles:

- Utiliza el microscopio y/o la lupa para observar los microfósiles presentes en las réplicas y compara con los modelos 3D de microfósiles.
- Identifica los microfósiles utilizando la guía de identificación y anota sus características morfológicas.

4. Interpretación Ambiental

- Basándose en las litologías, estructuras sedimentarias y microfósiles identificados, el estudiante interpreta las condiciones ambientales del entorno en el que se depositaron los sedimentos, y compara patrones en relación con la cercanía del cráter de impacto.
- Considera aspectos como la profundidad del agua, la temperatura, y la productividad biológica.

5. Determinación de la Edad:

- Utiliza los microfósiles identificados para datar la secuencia, prestando especial atención a los microfósiles indicadores del límite K-Pg.
- Presenta una edad estimada y justifica la respuesta con base en la evidencia encontrada.

Consideraciones adicionales (*reflexión*)

1. ¿Qué evidencias sirven para indicar un evento de impacto en el límite K-Pg?
2. ¿Cómo variaron las condiciones ambientales antes y después del límite K-Pg?
3. ¿Qué microfósiles fueron más útiles para determinar la edad de la secuencia y por qué?

Core	Replica	Litología:	Fósiles	Estructuras sedimentarias	Adicional	Conceptos
ODP Leg 171B		Arcilla blanca	<i>Eudiscoaster</i>			Extinción rápida.
Topo: 65.9 Ma		Capa verdosa, grano decreciente, haciendo transición a colores amarillos-marrones.	Después: sólo foraminíferos diminutos y menos ornamentados	Granoselección positiva	Amarillo: Iridio	Productividad. Acidificación de los océanos (SO ₂).
Base: 66.1 Ma		Hacia la base del verde, tamaños de granos mezclados	Extinción de los Amonites		Tectitas	Impactos extraterrestres Órbita terrestre
		Arcilla blanca	<i>Heliodiscoaster</i>	Inconformidad erosiva		Cambio de vegetación
			(Daniense temprano)			

Tabla 1. Guía práctica: Caracterización general de Secuencias Sedimentarias y Microfósiles durante el límite K-Pg

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos han sido altamente satisfactorios. Aunque el material no pudo ser validado mediante pruebas piloto con estudiantes debido a su exhibición en "Una Mirada Polar", la preparación y desarrollo de las réplicas sedimentarias y los modelos 3D de microfósiles han demostrado ser valiosos recursos docentes. Dado que la obtención de muestras del fondo marino requiere tecnología avanzada y costosa, como buques de investigación especializados, vehículos submarinos y equipos de perforación capaces de operar en condiciones extremas. Estas limitaciones logísticas y financieras hacen que cada expedición sea una inversión significativa, reservada para proyectos de investigación de gran envergadura. Esta dificultad hace que el uso de réplicas que simulen fielmente estos sedimentos sea una estrategia de bajo costo y efectiva, que permite a estudiantes, científicos y público general entender mejor los procesos sedimentarios y tafonómicos que influyen en la preservación del registro sedimentario y fósil.

El estudio de los sedimentos marinos y sus réplicas no solo nos permite reconstruir el pasado, sino también comprender mejor los mecanismos que controlan el clima, la dinámica de los continentes y la evolución de la vida en la Tierra. Este conocimiento es fundamental para enfrentar los desafíos ambientales actuales y futuros, demostrando la importancia de la ciencia y la tecnología en la exploración de nuestro planeta. En el futuro, planeamos validar la guía de prácticas con estudiantes y ajustar el material en función de su retroalimentación para seguir mejorando la calidad del aprendizaje.

5. DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

EXPOSICIÓN "UNA MIRADA POLAR"

Algunas de las impresiones 3D de microfósiles como las réplicas sedimentarias fueron seleccionadas para ser presentadas en la exhibición "Una Mirada Polar", que se lleva a cabo del 14 de mayo al 21 de Julio de 2024 en la Sala B de la Hospedería Fonseca, y que se desarrolló en el marco del X Simposio de Estudios Polares, organizado por la Universidad de Salamanca (USAL), y que acompaña la exposición fotográfica "En Torno al Blanco" (Sala de Exposiciones del Patio de Escuelas).



La exposición "Una Mirada Polar" ofrece una oportunidad única para presentar nuestros trabajos a un público más amplio y fomentar el interés en la investigación polar y climática. El XX Simposio Polar, reconocido por reunir a expertos y académicos del campo de las ciencias polares, proporciona el contexto ideal para mostrar al público general la relevancia de las investigaciones polares usando materiales didácticos. Link de la exposición: <https://sac.usal.es/role-member/una-mirada-polar/>. Véase figura 4.

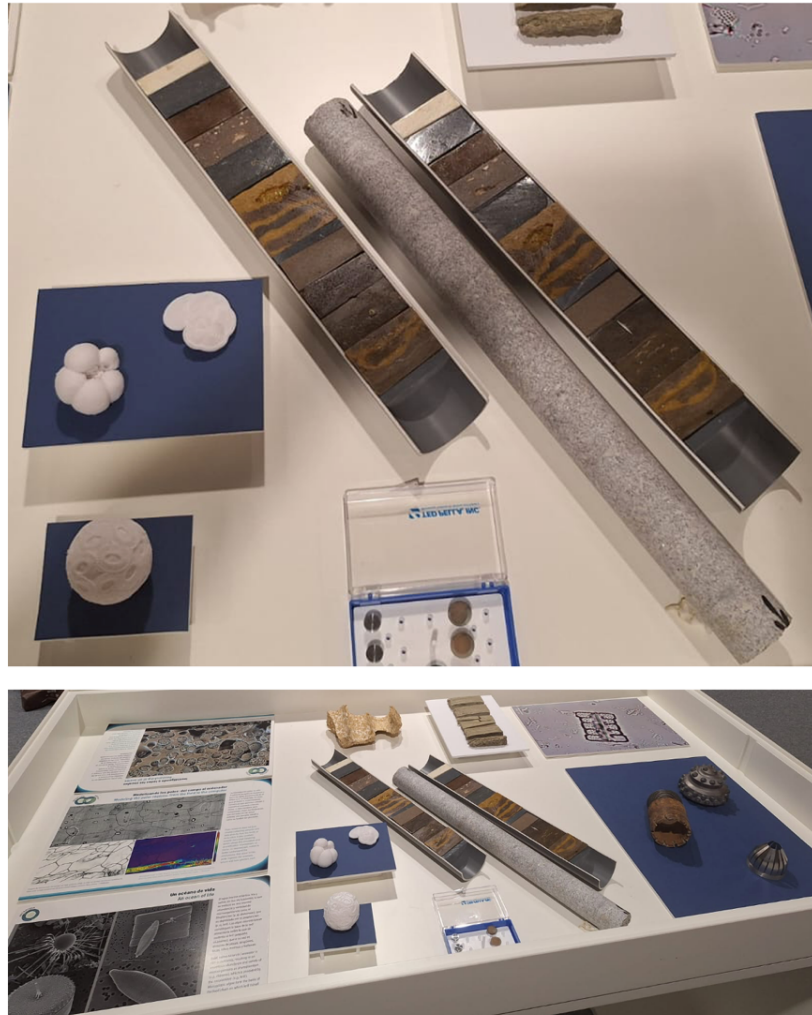


Fig. 4. Piezas utilizadas para el montaje de la exhibición "Una Mirada Polar".

Sala B de la Hospedería Fonseca (14 de Mayo - 21 de Julio de 2024).

XXII SIMPOSIO DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA



XXII simposio sobre la enseñanza de la geología

COUREL 2024

Además de la aplicación académica a nivel universitario (grado y máster), los materiales creados son de evidente utilidad en actividades diseñadas para enseñanza/divulgación de colectivos interesados en las Ciencias de la Tierra y Ambientales. Un primer uso práctico se realizará durante el XXII Simposio sobre la enseñanza de la Geología en Courel, Galicia (del 8 al 14 de julio, 2024). Se trata de la reunión regular más relevante del estado español. El material será presentado por miembros del equipo.

6. JUSTIFICACION ECONÓMICA

La subvención concedida para el presente proyecto de innovación se ha empleado íntegramente para la compra de materiales necesarios para la impresión 3D y elaboración de modelos, incluyendo resinas, tubos PVC, sellantes, pinturas, lacas, madera y cortes de carpintería para elaborar las bases destinadas al manejo y transporte del material.

El material elegido asegura la calidad y durabilidad de las réplicas sedimentarias y las impresiones 3D de microfósiles.

PRESUPUESTO		
Concepto	Presupuestado	Ejecutado*
Obtención del material litológico (acceso a canteras empleando vehículos de la USAL)	150 €	120 €
Material de fijación, resinas y otros consumibles	200 €	150 €
Procesado de material	-	200 €
PVC y material de procesado	100 €	75 €
Material para impresión 3D	300 €	220€
SUMA TOTAL	750 €	765*€

* En total, se han utilizado, o en el momento de emisión de este informe están comprometidos o pendiente de tramitación, 750 euros para cubrir estos costes. El total ejecutado es aproximado.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

- Las impresiones 3D de microfósiles representan un avance significativo en la enseñanza y comprensión de la Micropaleontología y de la Estratigrafía, en general. Utilizando técnicas avanzadas de modelado y microscopía electrónica, hemos recreado modelos tridimensionales detallados de microfósiles representativos de eventos climáticos pasados. Estas impresiones no solo permiten una visualización clara de las estructuras morfológicas, sino que también facilitan el estudio de su uso en paleoceanografía, bioestratigrafía, evolución y biogeografía.
- Este recurso didáctico en su conjunto ha demostrado ser efectivo en mejorar la educación en Micropaleontología, Paleoclimatología y Paleoceanografía, proporcionando a los estudiantes una experiencia práctica y realista que los prepara mejor para comprender los complejos procesos climáticos del pasado y sus implicaciones para el futuro, añadiendo una base de actualidad, al inspirarse en las técnicas de recuperación más modernas y sofisticadas de perforación oceánica.
- La validación e implementación de actividades integrando procesos sedimentarios y parámetros físico-químicos y biológicos con grupos de estudiantes y los ajustes basados en la retroalimentación se realizarán en una etapa futura. Este proceso no ha sido llevado a cabo aún debido a que el material, incluyendo las réplicas sedimentarias y las impresiones 3D de microfósiles, está actualmente en exposición en "Una Mirada Polar". Una vez concluida la exhibición, procederemos a implementar las pruebas piloto para evaluar la efectividad del material y realizar las mejoras necesarias basadas en los comentarios de los estudiantes.
- El proyecto se ha llevado a cabo cumpliendo con todos los objetivos planteados de manera satisfactoria. A la vista de los resultados obtenidos, planeamos continuar y expandir este enfoque en futuros cursos. Esto incluye la validación de la guía de prácticas a través de pruebas piloto, una vez que el material regrese de la exhibición "Una Mirada Polar". Además, buscaremos mejorar continuamente los recursos didácticos basados en la retroalimentación de los estudiantes. También procuraremos difundir los resultados de este proyecto en congresos de innovación educativa y a través de publicaciones académicas -una de ellas en curso para Enseñanza de las Ciencias de la Tierra que es una revista editada por la Asociación Española Para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (AEPECT)-, convencidos de que esta iniciativa ofrece un valioso aporte a la enseñanza de la Paleontología y la Estratigrafía.

8. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Universidad de Salamanca por la oportunidad de desarrollar este proyecto de Innovación docente, así como de participar en la exposición "Una Mirada Polar". Consideramos que hemos podido contribuir al entendimiento y difusión del conocimiento sobre los microfósiles, los cambios climáticos y su impacto en la Tierra, en particular en el medio ambiente polar. Así mismo, extendemos nuestro agradecimiento a Eva Manchado del Laboratorio de Rocas, quien fue importante para la realización de las réplicas sedimentarias, así como al técnico Jesús Roncero por su ayuda en el tratamiento de materiales y elaboración de material complementario.