

Alcanzando la multimodal con menos clics: aplicación de nuevas herramientas digitales e inteligencia artificial en el desarrollo de material docente

Díaz-de-Alba, M.^a; García-Guzmán J.J.^b; Cubillana-Aguilera, L.^b; Palacios-Santander, J.M.^b

^aDepartamento de Química Analítica, Instituto de Biomoléculas (INBIO), Facultad de Ciencias, Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR), Universidad de Cádiz, Campus Río San Pedro, 11510 Puerto Real, Cádiz, España (margarita.diaz@uca.es)

^bInstituto de Investigación de Microscopía Electrónica y Materiales (IMEYMAT), Departamento de Química Analítica, Facultad de Ciencias, Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR), Universidad de Cádiz, Campus Universitario de Puerto Real, Polígono del Río San Pedro, 11510, Puerto Real, Cádiz, España

Palabras clave: Multimodalidad, Inteligencia Artificial, Aprendizaje Activo

La heterogeneidad en los perfiles de ingreso del alumnado universitario es una realidad creciente en los títulos científico-tecnológicos como el grado en Biotecnología. Los estudiantes de primer curso no solo difieren en su base de conocimientos previa, sino en sus estilos y estrategias preferentes de asimilación cognitiva. El modelo de enseñanza tradicional centrado en clases magistrales guiadas por diapositivas estáticas y apuntes en formato texto suele presentar limitaciones para abordar esta diversidad, provocando en ocasiones desmotivación y tasas de abandono tempranas en asignaturas troncales como Química II.

El principio de la multimodalidad en el aprendizaje postula que la representación de un mismo objeto de estudio a través de múltiples modos (visual, auditivo, textual y experimental-interactivo) favorece una comprensión conceptual significativamente más profunda. Al ofrecer al estudiante diferentes rutas de acceso al conocimiento, se promueve una comprensión más profunda del contenido, una mayor resiliencia en las conexiones neuronales a largo plazo y se refuerza la autoestima del discente al permitirle liderar su propio proceso formativo.

Sin embargo, para el docente, la generación manual de este sistema de recursos diversificados tradicionalmente ha supuesto una barrera casi insalvable debido a la excesiva carga de trabajo. El auge reciente de la Inteligencia Artificial Generativa y de plataformas digitales ágiles ofrece una solución sin precedentes a este conflicto metodológico [1]. El presente trabajo describe cómo se ha articulado esta innovación en el aula para la asignatura Química II, de segundo semestre, y la asignatura Biomarcadores y Biosensores, de octavo semestre, ambas del grado en Biotecnología permitiendo "alcanzar la multimodalidad con menos clics".

La estructura multimodal se desarrolló en tres fases:

Fase 1: Creación de texto clásico dónde se recogen en profundidad todos los contenidos a impartir, enriqueciendo el texto plano con infografías útiles generadas por IA o con figuras basadas en simulación construidas a través de Python o Matlab, empleando el correspondiente código de programación generado por una IA generativa (Gemini). Este texto se redactará en el entorno de Google Doc que permite hacer uso de la plataforma Gemini de IA para traducir el contenido al inglés con un alto grado de fiabilidad. Estos textos en castellano e inglés serán la materia prima para generar el contenido alternativo.

Fase 2: Creación de Podcasts Conversacional, mediante la herramienta Google Notebook: los textos enriquecidos y estructurados de la Fase 1 se transformaron de manera automática en audios con formato de podcast de discusión científica entre dos expertos virtuales. Este recurso sintetiza los hitos esenciales del tema de manera amena, cercana y en lenguaje natural, facilitando que el estudiante pueda asimilar los conceptos en tiempos de tránsito diario o actividades no lectivas.

Fase 3: Creación de presentaciones altamente interactivas: todos los elementos generados previamente (textos, gráficos, simulaciones en código y podcasts) fueron estructurados en una secuencia didáctica interactiva a través de la plataforma Genially. Este entorno actuó como el "centro de operaciones" del tema, donde el alumno decidía autónomamente el orden de su exploración. Con esta herramienta, se crean recorridos de aprendizaje personalizados donde el estudiantado elige qué información quiere explorar y en qué orden, permitiendo dar más opciones a los estudiantes. Se ha demostrado que esta poderosa herramienta permite alcanzar un mayor grado de motivación que las clásicas presentaciones y, además, se presenta como un marco ideal para la multimodalidad, al ser capaz de integrar casi cualquier tipo de contenido (texto, imágenes, audio, video, enlaces externos e incluso contenido incrustado de otras plataformas, como YouTube, Vimeo, Google Maps, etc.).

Para cuantificar el impacto del proyecto, se combinaron dos vías de análisis de datos: por un lado, el análisis de seguimiento de la plataforma Genially (rastreo del comportamiento y porcentaje de clics en cada tipo de recurso) y, por otro, un formulario de valoración final de la experiencia.

Los datos de acceso revelaron una alta interacción con el material interactivo, con valores promedios de todos los temas de 47800 visitas y 14000 interacciones. Un 77% de los estudiantes de la asignatura Química II manifestó estar muy o completamente de acuerdo en que los elementos de innovación facilitaron su comprensión y el desarrollo de competencias. Solo un 4% mostraron opiniones desfavorables de la innovación docente. Con respecto a la asignatura de Biomarcadores y Biosensores, el 100% del alumnado se mostró muy o completamente de acuerdo en que las mejoras docentes favorecieron la comprensión del temario.

Desde el punto de vista de la gestión docente, la integración de la IA ha supuesto una reducción de significativa en el tiempo estimado para la generación de todos los recursos complementarios frente al desarrollo manual clásico de estos elementos. Esto demuestra que la multimodalidad es sostenible y escalable en el marco universitario actual si se asiste con metodologías de inteligencia artificial.

Como conclusión, la aplicación sistemática de herramientas de inteligencia artificial y entornos interactivos ha demostrado ser una metodología sumamente eficaz para materializar los beneficios de la multimodalidad en la enseñanza de la Química en Biotecnología, potenciando la motivación del alumno y maximizando el rendimiento del tiempo dedicado tanto por alumnos como por docentes.

Bibliografía

[1] Istrate, O. (2026), Generative AI and multimodal pedagogy: implications for teaching, learning, and assessment, *Frontiers in Education* 11: 1-8, 1828953, doi: 10.3389/feduc.2026.1828953.

1. Introducción

Se propone una actualización de las prácticas tradicionales de análisis fotométrico de compuestos bioactivos mediante la incorporación de criterios de química analítica verde, miniaturización de procedimientos, reducción del consumo de reactivos y evaluación objetiva de la sostenibilidad mediante métricas específicas. El objetivo es que el alumnado no solo cuantifique polifenoles, flavonoides o carotenoides, sino que también aprenda a diseñar, comparar y justificar métodos analíticos más sostenibles, estableciendo una conexión directa entre la práctica de laboratorio, la valorización de subproductos agroalimentarios y los principios de la economía circular.

2. Diseño autónomo de la práctica guiado por criterios de sostenibilidad

El alumnado selecciona una matriz procedente de un residuo agroalimentario susceptible de valorización —por ejemplo, arándano, pimienta o jengibre— y compara distintos disolventes o mezclas de disolventes, incluyendo alternativas clasificadas como más verdes, para la extracción de compuestos bioactivos de biomasa vegetal. La práctica se plantea a microescala: se emplean únicamente 50 mg de muestra y una relación muestra:disolvente de 1:20 g:mL, equivalente a 1 mL de disolvente por extracción. Incluso realizando el procedimiento por triplicado y comparando dos disolventes, el volumen total de extracción se mantiene en torno a 6 mL, valor muy inferior al utilizado en protocolos convencionales de extracción sólido-líquido. Previamente, la muestra debe homogeneizarse mediante secado, trituración y tamizado, con el fin de mejorar la reproducibilidad del proceso extractivo. El análisis se lleva a cabo en microtubos Eppendorf de 2 mL, mediante etapas sencillas de agitación en vórtex y centrifugación. El empleo de materiales previamente caracterizados mediante un método convencional permite disponer de un valor de referencia para el contenido de compuestos bioactivos. Asimismo, la construcción de rectas de calibrado con patrones representativos, la expresión de los resultados en equivalentes del estándar por unidad de masa de muestra y la comparación estadística mediante test t y ANOVA garantizan el rigor analítico del procedimiento, aun trabajando a escala reducida.

Desde el punto de vista docente, la propuesta introduce una innovación relevante: el alumnado participa activamente en la toma de decisiones del método, seleccionando el residuo, justificando la elección de disolventes a partir de bibliografía científica y comparando su procedimiento con un protocolo convencional aportado por el profesorado. De este modo, la práctica deja de ser un protocolo cerrado y se transforma en una actividad basada en el diseño experimental, la interpretación crítica de resultados y la toma de decisiones fundamentadas.

La sostenibilidad se trabaja de forma explícita mediante la comparación de la eficiencia extractiva, la peligrosidad de los disolventes, el volumen consumido, los residuos generados, el consumo energético y la posible aplicabilidad industrial de los extractos obtenidos. Esta aproximación permite que el alumnado valore el método no solo por su capacidad para extraer los compuestos objetivo, sino también por el impacto ambiental asociado a la obtención del dato analítico.

3. Empleo de indicadores cuantitativos de sostenibilidad: métricas verdes

Un aspecto especialmente innovador es la incorporación de métricas verdes como indicadores cuantitativos de la sostenibilidad. En concreto, por su objetividad y sencillez en el cálculo y la disponibilidad de esta herramienta online gratuita, se ha aplicado el cálculo del pictograma **AGREEprep**, una métrica desarrollada específicamente para evaluar la sostenibilidad de la etapa de preparación de muestra [1]. AGREEprep transforma distintos criterios de impacto en subpuntuaciones normalizadas de 0 a 1 y genera una puntuación global acompañada de un pictograma visual. Entre los criterios considerados se incluyen el tipo y volumen de disolvente, el consumo de reactivos y materiales, la generación de residuos, la cantidad de muestra, el número de etapas, el consumo energético, la seguridad del procedimiento, la automatización y el rendimiento de procesamiento. Esta herramienta convierte la sostenibilidad en un resultado cuantificable y comparable, evitando que quede limitada a una valoración meramente cualitativa (ver Figura 1).

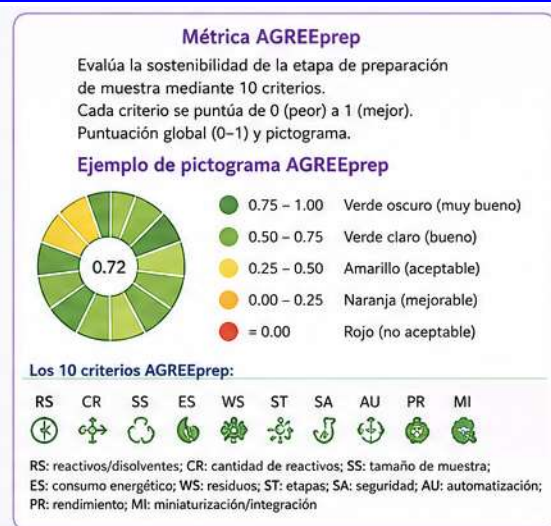


Figura 1. Métrica verde aplicable como indicador cuantitativo de sostenibilidad.

Además de AGREEprep, se pueden introducir métricas complementarias como AGREE, GAPI, Analytical Eco-Scale, AMVI o el enfoque RGB de la Química Analítica Blanca. Estas herramientas permiten que el alumnado evalúe la sostenibilidad desde distintas perspectivas: impacto ambiental, consumo de reactivos, generación de residuos, consumo energético, calidad analítica y aplicabilidad práctica del método.

Para la evaluación de la práctica se propone una presentación individual o en grupo, en la que el alumnado describirá el proceso analítico parcialmente diseñado durante la actividad. En dicho informe se deberá justificar, a partir de bibliografía científica, la elección de la matriz y los disolventes y las principales decisiones experimentales adoptadas. Además, el informe incluirá la discusión de los resultados analíticos obtenidos, así como la evaluación de la sostenibilidad del método mediante el cálculo del pictograma AGREEprep. De este modo, la evaluación integrará tanto el rigor analítico como la capacidad del estudiante para diseñar y justificar métodos más sostenibles.

Bibliografía

[1] Wojnowski, W.; Tobiszewski, M.; Pena-Pereira, F.; Psillakis, E. AGREEprep – Analytical greenness metric for sample preparation. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2022, 149, 116553. DOI: 10.1016/j.trac.2022.116553