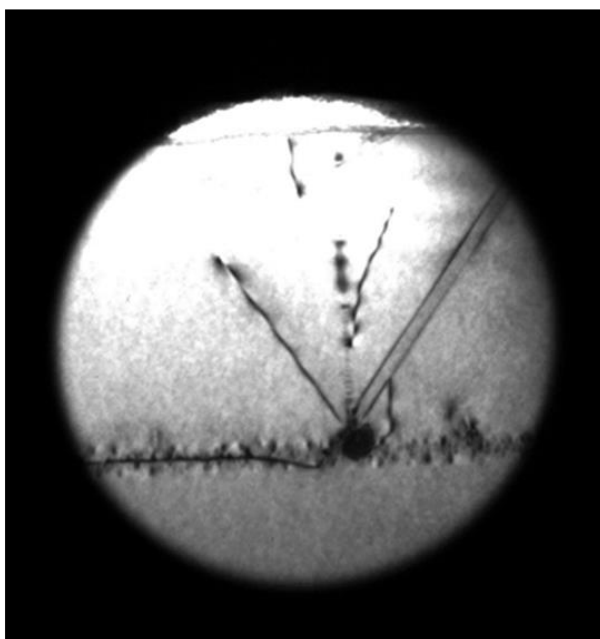
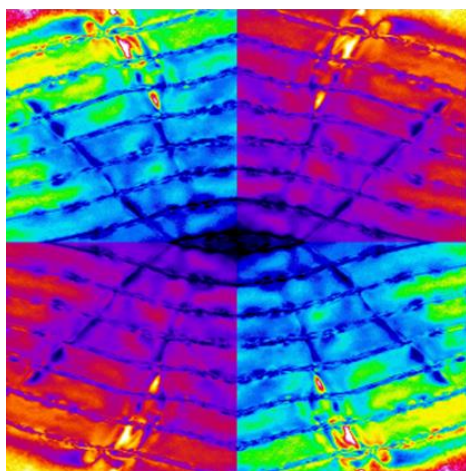
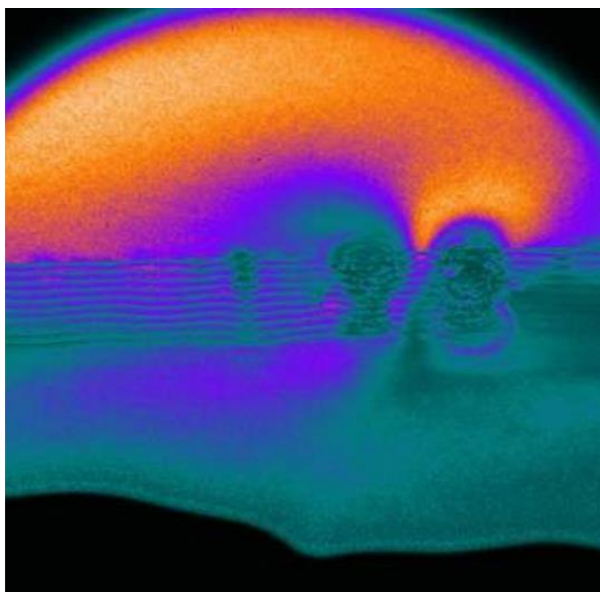
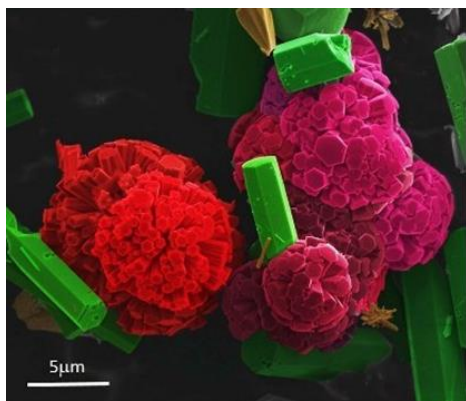


Material-ES

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MATERIALES

Número monográfico: Divulgación en Materiales

Editor Invitado: Jordi Díaz-Marcos



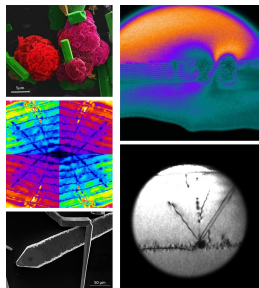


Imagen de Portada:

Fotos presentadas al Concurso de Fotografía en el Congreso Nacional de Materiales de Salamanca 2018.

(De arriba abajo) Izquierda: P. Almodóvar (Nanoblossom); N. Ruiz (La ciencia te observa); R. Ariza (Ice sword). Derecha: N. Ruiz (Amanecer de defectos); N. Ruiz (Mosquito estrellado en ojo de buey).

Editor Invitado

Jordi Díaz-Marcos, *Microscopista y comunicador científico (UB (CCiTUB/IN2UB). Miembro de SOCIEMAT*

Editor

Rodrigo Moreno. *Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Madrid. España.*

Secretaría

Anna Muesmann. *SOCIEMAT. Madrid. España.*

Junta Directiva de SOCIEMAT

Presidente:

Juan José de Damborenea González

Vicepresidente:

Rodrigo Moreno Botella

Secretaria:

Gloria Patricia Rodríguez Donoso

Tesorera:

Anna M^a Muesmann Torres

Presidente Saliente:

Paloma Fernández Sánchez

Vocales:

M^a Victoria Biezma Moraleda

Jose Ygnacio Pastor Caño

M^a Teresa Pérez Prado

José Luis Plaza Canga-Argüelles

Daniel Sola Martínez

URL: <http://sociemat.es>

Correo electrónico: info@sociemat.es / sociemat1996@gmail.com

Tel.: 618 170 493

Sociedad Española de Materiales SOCIEMAT

Entidad inscrita en el R^o Nacional de Asociaciones del

Ministerio del Interior, Grupo 1, Sección 1, Número Nacional 161428

ÍNDICE

ARTÍCULOS

Pasado, presente y futuro de la ciencia e ingeniería de materiales

T. Guraya 17

Talleres de divulgación científica, una herramienta para la comunicación de la ciencia e ingeniería de materiales

J.A. Padilla; J. Díaz-Marcos 20

Matheroes o cómo hacer atractiva la ciencia de materiales

A. May Masnou 24

3M en pantalla (mitos y mentiras sobre metales en pantalla)

N. Salán; F. Montalà; M. Sureda 28

EDITORIAL

El término “la ciencia como vocación” nació hace apenas un siglo en una charla del historiador y sociólogo Max Webber. La conferencia proporcionó una visión general de las condiciones externas del trabajo científico, seguridad y circunstancias laborales, remuneración, competencia, oportunidades de promoción y examinó la experiencia personal de la ciencia y sus significados humanos y sociales.

En los últimos años, esta “ciencia como vocación” se ha complementado con múltiples propuestas enfocadas a estimular la “vocación por la ciencia” orientadas a acercar la ciencia a la sociedad, con especial enfoque en los más jóvenes.

Y este es un hecho importante, porque tanto la ciencia como la tecnología son parte vital de nuestras vidas y su conocimiento se convierte en una necesidad apremiante. Así, el futuro nos está marcando una demanda creciente de carreras y puestos de trabajo tecno-científicos, con especial énfasis en los relacionados con las disciplinas STEM.

¿Por qué debemos fomentar las vocaciones científicas y el empoderamiento de la sociedad? En primer lugar, porque, generalmente, las sociedades más avanzadas son aquellas donde la ciencia es más reconocida e importante. En segundo lugar, porque se convierte en “una inversión a futuro” o, haciendo un símil, es como plantar una semilla que en el futuro se convertirá en un árbol.

A continuación, mostramos cuatro artículos que muestran cuatro enfoques complementarios para fomentar la ciencia en la sociedad y promover las vocaciones científicas con especial enfoque en el mundo de los materiales. La primera aproximación es un interesante recorrido a la ciencia e ingeniería de los materiales. A continuación, se muestra un ejemplo práctico de taller científico enfocado a la enseñanza del mundo de los materiales (Materialitza’t), profundizando en la potencialidad de los talleres científicos. A continuación, podremos ver una interesante exposición científica sobre el mundo de los materiales abordado desde el mundo de los superhéroes (MatHeroes) y sin salirnos de esta perspectiva, hablaremos de mitos y falsedades asociados con los materiales en el cine.

En resumen, cuatro ejemplos de comunicación científica de la Ingeniería y la Ciencia de los materiales, presentados y abordados con rigurosidad científica y lenguaje entendible que demuestran que la divulgación y la comunicación científica pueden convertirse en una potente herramienta complementaria a la investigación y la docencia de los materiales.

Jordi Díaz-Marcos

Microscopista y comunicador científico (UB (CCiTUB/IN2UB). Miembro de SOCIEMAT

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES

T. Guraya¹

¹Escuela de Ingeniería de Bilbao. UPV/EHU. Pº Rafael Moreno Pitxitxi,3. 48013 Bilbao.
teresa.guraya@ehu.eus

Resumen: En las últimas décadas, las principales asociaciones del ámbito de la Ciencia e Ingeniería de Materiales internacionales vienen haciendo hincapié en la necesidad de acelerar el descubrimiento y el desarrollo de materiales que permitan mantener la competitividad de la industria en mercados nuevos y existentes. Esta demanda está conectada con las necesidades que detectan otros sectores que transforman o diseñan con materiales. La idea de un nuevo sistema de innovación de materiales aparece como un nuevo marco de trabajo colaborativo entre los que generan datos fiables y las infraestructuras de análisis de datos para reducir costes de experimentalidad. Este nuevo sistema se sustenta sobre una estrategia interdisciplinar entre ciencias de análisis de datos, optimización de los diseños, escalado de fabricación y automatización, modelado multiescala y cuantificación de incertidumbre con verificación y validación. Y no debe olvidar hacer uso responsable de los materiales e integrar los retos de un desarrollo sostenible.

Palabras clave: innovación en ciencia e ingeniería de materiales, formación interdisciplinar, desarrollo sostenible.

1. INTRODUCCIÓN.

Históricamente, el azar unas veces y, mayormente, el empirismo han sido las rutas más empleadas para desarrollar materiales nuevos, que dieran respuesta a los requerimientos, cada vez más exigentes, para las diferentes aplicaciones. Desde el origen de la humanidad, los materiales han sido fundamentales en el desarrollo de la civilización contribuyendo a las transformaciones en las sociedades humanas y su entorno. Los antropólogos definen los periodos históricos por los materiales que dominaban la tecnología de cada época, Edad de Piedra, Edad de Cobre, Edad de Bronce o Edad de Hierro. Las diferencias en la velocidad de progreso hacia materiales más complejos y la disponibilidad de ellos en cada comunidad han condicionado la calidad de vida de las poblaciones. Y la falta de difusión de la información tecnológica ha generado diferencias entre culturas en todas las épocas históricas. El conocimiento se ha empleado como herramienta de confrontación ya que una sociedad es tan avanzada como lo sean los materiales que emplea [1].

El estudio de los materiales como disciplina para el progreso también ha ido adaptándose a las diferentes épocas. Los metales han tenido una posición dominante como materiales en ingeniería, siendo el acero, por mucho, el más importante en los siglos pasados. Sin embargo, este liderazgo está siendo contestado en muchos campos de aplicación por otros materiales, como los plásticos, cerámicos o materiales compuestos. El desarrollo, reciente en términos históricos, de la Ciencia e Ingeniería de Materiales surge como una mezcla de la metalurgia con la ciencia de polímeros, la física y química inorgánicas, la mineralogía, la tecnología del vidrio y la cerámica y la física del estado sólido, resultando en una de las disciplinas más amplias que incluye el estudio de materiales estructurales y funcionales. Su campo de actuación se define con la generación de conocimiento relativo a la composición,

estructura y procesamiento de materiales para aplicarlo al diseño de sus propiedades y extender su uso potencial [2].

2. PASADO.

La metalurgia, definida como la ciencia y el arte de procesar y adaptar metales ha sido el pilar básico del desarrollo durante más de 6000 años, desde que el hombre en el neolítico empezó a experimentar con los metales. En el periodo previo a la civilización romana ya se conocían y utilizaban procesos como el moldeo, la fluidificación de caldos metálicos por adición de otros metales o la importancia de controlar el contenido de carbono de los aceros durante el proceso de forja y posteriores tratamientos térmicos. Estos procesos tuvieron desarrollos notables en los periodos griego y romano, aunque el desarrollo de nuevas aleaciones permaneció estancado. Posteriormente, la alquimia experimentó el uso de metales y amalgamas con el objetivo de modificar y controlar propiedades, una forma de trabajar que perduró hasta el siglo XVII. Los siglos XVIII y XIX se caracterizaron por los grandes desarrollos en la industria del hierro y el acero, llegando a denominarse la Edad de la Metalurgia [3]. La metalurgia transformó la economía de las sociedades del modelo agrícola al industrial, con invenciones como la máquina de vapor liderando el cambio. Ya en el siglo XX, el progreso en el conocimiento y comprensión de la naturaleza de los materiales amplió de manera increíble el avance de nuevos materiales y tecnologías para su fabricación.

Sin descartar el enorme efecto con el que los conflictos bélicos o contextos como la “guerra fría” afectan al desarrollo de las sociedades, otros elementos clave como la universalización de la digitalización y su impacto en las tecnologías de obtención y transformación de materiales técnicas por un lado, y de caracterización y análisis de sus propiedades y potencial por otro, han sido los motores del enorme desarrollo de la Ciencia e

Ingeniería de Materiales desde la última mitad del siglo XX.



Figura 1. Forja tradicional para conformado artesanal de hierro.

3.- PRESENTE

En las últimas 4 décadas algunos términos se han convertido en el “must” que todo desarrollo del mundo de la Ciencia e Ingeniería de Materiales debe incluir. Fabricación sostenible, reciclado, recursos y uso de metales de tierras raras, materiales para la carrera espacial o cómo las fluctuaciones de los mercados pueden afectar al uso de materiales en proyectos de diseño, acompañan a los prefijos, “bio”, “eco” o “nano”, copando los recursos y los esfuerzos de los investigadores en los últimos años.

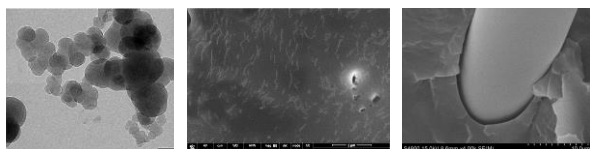


Figura 2. Matrices de bio-polímero reforzadas con micro y nano-partículas de diversa morfología.

Recientemente, el modelizado y la simulación están jugando un papel cada vez más importante; su carácter predictivo es creciente y mejora su fiabilidad; en consecuencia, su valor en la toma de decisiones es cada vez mayor. Ahora bien, para que los modelos tengan resultados se necesita disponer de datos, que no suelen estar disponibles para su uso por la comunidad investigadora. Es por todo ello que en los últimos años han surgido iniciativas para abrir los espacios de colaboración [4,5]. Disciplinas como la caracterización de la estructura de materiales desde la escala macroscópica a la atómica, la mejora de procesos de obtención y procesamiento de materiales, modelizado a diferentes escalas de las relaciones estructura-procesado-propiedades, modelizado de los procesos de transformación, la optimización de los diseños, el uso de estrategias fiables de validación de modelos y otras muchas, deben colaborar de forma interdisciplinar con disciplinas computacionales para el desarrollo de una estrategia avanzada en el desarrollo de nuevos materiales. Esa colaboración puede y debe ir más allá y abordar de forma transdisciplinar los nuevos retos de sostenibilidad que demanda el siglo XXI.

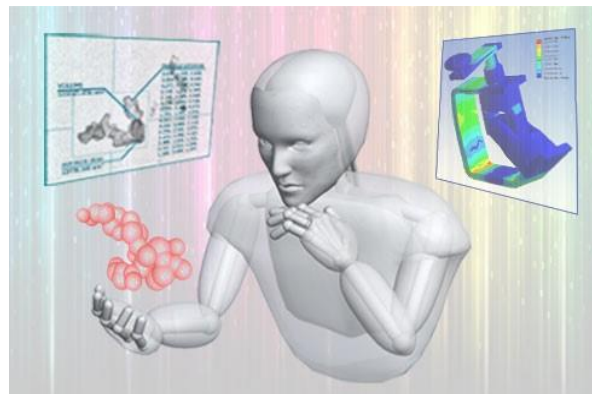


Figura 3. Técnicas de computación aplicadas a la Ciencia e Ingeniería de Materiales.

Esta visión de un sistema de innovación de materiales interconectado no corresponde a la organización tradicional de la investigación en el mundo académico. La desconfianza entre los defensores del empirismo como única forma de progreso consolidado y los defensores del valor de la aportación de otras disciplinas (principalmente derivadas de la computación y el procesamiento de grandes cantidades de información) sigue vigente y limita enormemente la colaboración. Entre sus principales consecuencias está la transmisión de este modelo de conocimiento compartimentado, que en algunas universidades es objeto de debate y en otras se mantiene vigente como criterio de diseño de los contenidos de los programas formativos de los futuros investigadores y profesionales de la Ciencia e Ingeniería de Materiales.

La dirección que debe seguir el desarrollo de la Ciencia e Ingeniería de Materiales debe acompañar a los desarrollos del conjunto de la tecnología. La industria 4.0 puede ser un punto de referencia para el impulso a la fabricación avanzada de materiales, diseñados por y para ello y que aporten mejores prestaciones para un mercado cada día más competitivo. Un avance y un progreso que debe ser coadyuvante del desarrollo sostenible de la sociedad global del siglo XXI.

La aplicación de la computación integrada con la Ciencia e Ingeniería de Materiales representa una visión a largo plazo de la industria, instituciones (entre ellas las universidades) y otros agentes económicos. Se trata de potenciar una cooperación fructífera y leal entre agentes que acelere el descubrimiento y desarrollo de nuevos materiales adaptados a las nuevas tecnologías de fabricación y con mejores propiedades.

4.- FUTURO

Que depara el futuro próximo es difícil de predecir. Más aun pensar a 20 o más años vista. Fabricar materiales en el espacio exterior en ausencia de gravedad, emular la capacidad regenerativa del cuerpo humano, controlar materiales y tecnologías a escala atómica producir y almacenar energía de forma limpia y sostenible en el tiempo, entre otros, aparecen como los próximos retos que otorguen un papel preponderante a la Ciencia e Ingeniería de Materiales en el futuro.

Desde cualquier sector industrial o tecnológico, la forma de enfocar los retos del futuro debería contemplar simultáneamente tres perspectivas; el estado de la tecnología, aspectos medioambientales y de sostenibilidad relacionados con su área de interés y disponibilidad de materiales críticos, materiales de conflicto y acceso limitado a energía. Por ejemplo, ¿es plausible pensar que la sustitución masiva del motor de combustión en automoción por el motor eléctrico es un reto asumible? ¿Hay recursos naturales para acometer ese cambio y cómo afecta las fluctuaciones de precios a la vida de las personas? ¿Existe infraestructura eléctrica para garantizar la recarga de baterías? ¿O se debe pensar en un cambio en el modelo de transporte basado, por ejemplo, en un transporte público de calidad? [6,7].

Todo enfoque para el progreso de la Ciencia e Ingeniería de Materiales debe ir acompañado con la colaboración entre agentes y un nuevo paradigma basado en la transdisciplinariedad que impregne el avance en cualquier disciplina. Y para que estos retos puedan abordarse con éxito la formación de los profesionales del futuro, con pensamiento crítico y conciencia de la responsabilidad social, tanto en la generación de conocimiento como en su aplicación a la industria es un elemento fundamental.

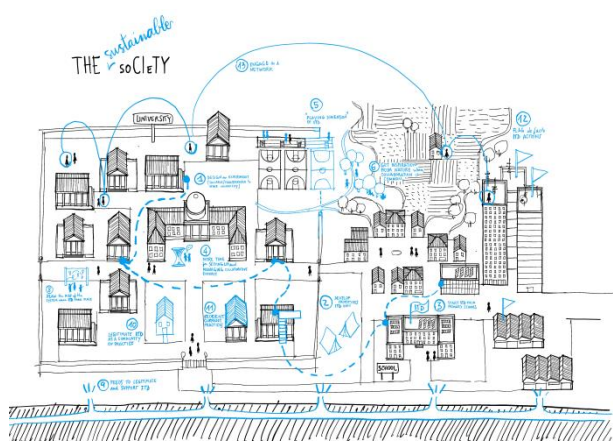


Figura 4. Hacia una sociedad sostenible a través de la colaboración inter y transdisciplinar (cortesía Caterina Barioglio, Politécnico de Turín).

5.- CONCLUSIONES.

Las nuevas tendencias en el descubrimiento y el desarrollo de materiales nuevos y mejorados requieren poner gran énfasis en el uso combinado de la computación de alto rendimiento y métodos experimentales, así como un enfoque moderno e interdisciplinar de la ciencia de datos.

Avanzar solo será posible si se aprovechan todas las oportunidades de colaboración y se abordan ciertas carencias en la cultura de trabajo. El impulso honesto, leal y comprometido de las instituciones y de la industria, así como la creación de redes de colaboración se revelan como elementos claves para que la Ciencia e Ingeniería de Materiales contribuya al éxito del desarrollo social ahora y para el futuro.

No podemos olvidar la importancia de los sistemas educativos. Adaptar los contenidos de los programas

formativos al tiempo que toca, potenciar la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en los estudios como nuevo paradigma de la educación para la sostenibilidad, debe estar en el eje de los sistemas educativos a todos los niveles incluido el profesional y el universitario. La importancia de la ingeniería y de la Ciencia e Ingeniería de Materiales en el progreso de las sociedades se ha descrito en los apartados previos. Y una mirada a la situación del sistema universitario español puede resultar esclarecedor. Según el ranking académico de universidades del mundo, conocido como ranking Shanghai [8], el sistema universitario español solo cuenta con 1 universidad entre los 200 primeros puestos; este número se amplía a 5 universidades en el campo de la Ingeniería y se limita a 3 para el área Ciencia e Ingeniería de Materiales (datos disponibles por campos son del año 2016). Estos datos tienen una tendencia muy diferente en países como EEUU, China o UK, que tienen respectivamente 16, 0 y 3 universidades entre las 20 mejores del mundo; 9, 5 y 2 si se mira al campo la de ingeniería y 10, 5 y 3 respectivamente en el campo Ciencia e Ingeniería de Materiales. Como dijo Loftas [1], ninguna economía industrial moderna es mejor que el mejor de sus materiales. Y por ello no deja de sorprender la menor atención que el sistema universitario español dedica a esta disciplina comparado con otras de la ingeniería.

6.- REFERENCIAS

- [1] Loftas, A.A.G., "Advances in Materials Science", London, Ed. Univeristy of London Press, 1966
- [2] Canh, R.W. "The Coming of Materials Science", Oxford, Ed. Pergamon, 2001.
- [3] Skrabec, Q.R.J. "The Metallurgic Age: The Victorian Flowering of Invention and Industrial Science", Jefferson, North Carolina, Ed. McFarland & Co. Inc. 2006.
- [4] Study on Access of SMEs to KETs technological centres (retrieved 20/02/20202 from https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/sites/default/files/library/grow_study_march_2_018-sme_access_to_ket_centres-final_report.pdf)
- [5] Materials Genome Initiative (retrieved 20/02/20202 from <https://www.mgi.gov/>)
- [6] Global EV Outlook 2019. Scaling up the transition to electric mobility. Technology report-May 2019. International Energy Agency (Retrieved 20/02/2020 from <https://www.iea.org/>).
- [7] Ortat N., Ryghaug M., Should All Cars Be Electric by 2025? The Electric Car Debate in Europe, Sustainability, 11, 1868, 2019
- [8] ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities 2019 (retrieved 20/02/2020 from <http://www.shanghairanking.com/index.html>)

TALLERES DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA, UNA HERRAMIENTA PARA LA COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES

J.A. Padilla^{1,2}, J. Díaz-Marcos^{1,3}

¹Departamento de Ciencia de los Materiales y Química Física, Facultad de Química, Universitat de Barcelona, C/Martí i Franquès, 1, 7^a, 08028 – Barcelona, japadilla@ub.edu

²Grupo de Innovación Docente Consolidado en la mejora de la docencia en Estructura, Propiedades y Procesado de los Materiales (GIDC-ePPM), Departamento de Ciencia de los Materiales y Química Física, Facultad de Química, Universitat de Barcelona, C/Martí i Franquès 1, 7^a, 08028, Barcelona

³Centros Científicos y tecnológicos de la Universidad de Barcelona (CCiTUB), C/Lluís Solé i Sabaris 1, 08035, Barcelona

Resumen: Los talleres de divulgación científica son excelentes escaparates para comunicar ciencia de una manera entretenida sin perder el rigor científico. En las edades educativas de primaria y secundaria se fomentan las vocaciones científicas y en edades preuniversitarias se promueven futuras carreras científicas en ciencia e ingeniería de materiales. Se presenta en este trabajo un breve resumen de un taller que intenta cumplir estos dos objetivos.

Palabras clave: Divulgación científica, Comunicación científica, Talleres científicos, Ciencia e Ingeniería de Materiales.

1. LA DIVULGACIÓN EN CIENCIA E INGENIERÍA DE MATERIALES.

Tal cómo expone José Manuel López Nicolás, “una de las labores profesionales que debe desarrollar un científico es la de divulgar la ciencia. ¿Significa eso que todos los científicos estamos obligados a divulgar? No, hay otras labores también importantes...”. [1] Cabe preguntarse entonces porque es importante la divulgación científica. Esta es una herramienta muy potente para fomentar las vocaciones científicas y transmitir de una forma rigurosa y atractiva la ciencia y la tecnología a la sociedad. ¿Por qué es interesante entonces fomentar las vocaciones científicas? En primer lugar, porque generalmente las sociedades más avanzadas, son aquellas donde la ciencia es más reconocida e importante. En segundo lugar, porque se convierte en “una inversión de futuro” o, haciendo un símil, es como plantar una semilla que en el futuro se convertirá en un árbol. Algunos estudios [2] marcan la primaria como la mejor época para alimentar las vocaciones científicas. Conseguir que esas vocaciones científicas acaben en una ingeniería de materiales hoy en día es un reto ya que existe una gran diversidad de carreras científicas existentes además de que en el futuro tendremos una demanda creciente de carreras y puestos de trabajo tecno-científicos, con especial énfasis a los relacionados con las disciplinas STEM. [3] Es imprescindible por lo tanto influir también en el rango de edad de elección de carrera.

Cabe preguntarse entonces: ¿Qué vía seleccionaremos para comunicar la ciencia? y ¿Con qué recursos podremos trabajar? Las universidades van invirtiendo cada vez más en divulgación creando sus unidades de cultura científica y de la innovación, pero el pequeño peso de las actividades de divulgación en el C.V. y los concursos de plazas de un investigador siguen frenando la participación de éstos en este tipo de actividades.

Hoy en día, además, estamos viviendo una revolución en la comunicación científica de masas, con herramientas 2.0 como Youtube, con grandes ejemplos como Edu Saiz de Cabezón (Derivando) o José Luis Crespo (Quantum Fracture) con millones de visualizaciones; blogs de divulgación científica como SCIENTIA, Naukas, grandes eventos de divulgación como Naukas, Desgranando Ciencia, o el Festival 10almenos9, programas televisivos de divulgación como Orbits Laika, e incluso libros de divulgación. Una de las principales fuentes de financiación de estas herramientas, y muchas más, es la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología en el ámbito del fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación. [4]

Otra herramienta eficiente y cercana para la divulgación científica, mucho menos masiva, son los talleres de recreación científica. Según un estudio de García-Guerrero, [5] el objetivo principal de estos talleres es construir comunidades que crean experiencias significativas, para que los participantes se involucren con la ciencia de manera práctica. Esto desencadena procesos en los que actuar y conocer van de la mano para involucrar a cada persona como un todo. El taller científico es una herramienta que permite introducir la ciencia de forma experimental, directa, personal, abierta, dinámica y que automáticamente despierta el interés de los asistentes por la ciencia y la investigación, mediante la realización de actividades prácticas y participativas. Siempre acompañados de rigurosidad científica y lenguaje entendible. En este artículo, explicamos un caso de éxito, el taller *Materialitza't* que sirve como ejemplo de taller científico con el que, además de despertar vocaciones científicas, se intenta dar a conocer a la ciencia e ingeniería de materiales de una forma clara, entretenida y rigurosa.

3. EL TALLER MATERIALITZA'T.

Este taller se creó para poder realizar actividades de divulgación científica sobre ciencia e ingeniería de materiales desde la sección departamental de Ciencia e Ingeniería de Materiales de la Universitat de Barcelona (UB).

La primera vez que se presentó fue en el 2016, en el marco del I Festival 10alamenos9.[6] Desde entonces se ha presentado en más de 20 eventos diferentes de divulgación científica, ya sea a nivel local (*Festa de la Ciència, Festa de la Ciència* de la UB, etc.) nacional (Festival 10alamenos9) como internacional (*Pint of Science, Research Night* y *YOMO: The Youth Mobile Festival*).

El nombre del taller es un elemento clave de cara a hacer visible el taller dentro de la oferta disponible en un evento de divulgación científica. Los diferentes nombres usados han sido: *Keep Calm, become a material engineer and use nanomaterials, Keep Calm, and Materialize yourself, Materialitza't com a jove enginyer o enginyera de materials* o *Materialitza't*.

Desde 2016, han pasado por el taller entre 1500 y 2000 personas con edades comprendidas entre los 5 hasta más de 70 años. El rango de edad predominante se sitúa entre los 10 y los 18 años siendo el rango de edad objetivo que más nos interesa de los 16 a los 18, en el cual el alumno escoge la carrera universitaria a cursar.

La coordinación, desarrollo y guionización del taller es otro de los elementos claves. El amplio abanico de perfiles desde estudiantes del grado de Ingeniería de Materiales hasta profesores catedráticos aporta diferentes puntos de vista con los que trabajar.

El taller en su totalidad es una suma de módulos experimentales independientes centrados en ciencia e ingeniería de materiales, todos ellos acompañados de diferentes pósteres plastificados tamaño A3, didácticos y divulgativos.

3.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS.

3.1.1 SUPERCONDUCTIVIDAD.

La superconductividad es un fenómeno en el cual, por debajo de una cierta temperatura denominada "crítica", los materiales experimentan una transición al estado superconductor. Esta se caracteriza por dos fenómenos: en primer lugar, no ofrecen resistencia al paso de la corriente eléctrica y, en segundo lugar, los campos magnéticos no penetran en el superconductor, siempre que esos campos sean lo suficientemente débiles, permaneciendo estos campos en su superficie.

El material de este módulo consta de: vasos de cartón, un Dewar para nitrógeno líquido, guantes criogénicos, un kit de superconductividad, un kit sobre diamagnetismo, diversos imanes de Nd, un tubo de cobre, un soporte universal de laboratorio, pinza y nuez. Este es sin duda el módulo con un coste más elevado. El kit de superconductividad ronda los 200 € [7] al igual que el Dewar, un KGW Isotherm 1211 de 1 L de capacidad y

los guantes para líquidos criogénicos. El kit sobre diamagnetismo tiene un coste de unos 15 €.[8]

En este módulo se dan a conocer las propiedades magnéticas y eléctricas de los materiales superconductores y las principales aplicaciones derivadas. Se introducen conceptos relacionados con el magnetismo, los materiales y su relevancia en el sector de la energía, así como conceptos relacionados con los materiales funcionales.

3.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FRÍO.

La temperatura es un factor que puede modificar en gran medida el comportamiento mecánico de los materiales. Los dos ejemplos más claros, la temperatura de transición vítrea en polímeros amorfos o la temperatura dúctil/frágil que presentan, por ejemplo, metales con estructura cúbica centrada en el cuerpo.

El material de este módulo consta de gomas de borrar marca Milan tipo 430 y gomas elásticas. Este módulo comparte el Dewar, los guantes criogénicos y el nitrógeno líquido del módulo anterior. Es el módulo con el coste más bajo.

La idea principal de este módulo es poner de relieve, en paralelo a las propiedades mecánicas de los materiales, la importancia de las condiciones de trabajo a las que un material se ve sometido.

3.1.3. HIDROFOBICIDAD.

La superficie de un material es la zona que interacciona con el exterior y tiene una importancia capital en los biomateriales y en un amplísimo número de aplicaciones de muchos materiales y procesos de fabricación.

El material de este módulo está formado por baldosas cerámicas blancas de 20x20x0,5 cm, láminas de cobre y acero de 4x8x0,3 cm con y sin recubrimiento superhidrofóbico, un vaso de precipitados de 250 ml, pipetas Pasteur de 10 ml, indicador de pH (Azul de Bromotimol) y una pletina de cloruro de polivinilo de 60x10x0,3 cm. Algunas muestras son de investigación proporcionadas por los grupos CPT y CPCM y las baldosas son una donación de la empresa Reformas Padijovi S.L. Las piezas de cobre y acero son material de docencia dentro del grado de Ingeniería de Materiales. Un ejemplo de sinergias con el sector privado y con los propios grupos de investigación de la sección departamental. El producto utilizado para obtener el recubrimiento superhidrofóbico, el Ultra Ever Dry distribuido en España por Tap-Iberica S.L.[9], tiene un coste aproximado de unos 200 €. A pesar de su precio, la cantidad de producto necesaria para obtener las superficies recubiertas es muy baja y su durabilidad muy alta.

Este módulo permite poner de relieve la importancia de la superficie en el mundo de los materiales. También permite explicar conceptos como la mojabilidad, la biomimética, la oxidación, el ángulo de contacto y qué es y cómo funcionan los recubrimientos o las pinturas.

3.1.4. CEMENTOS BIOSOSTENIBLES.

Dentro de los materiales empleados para la construcción, el cemento Portland destaca a nivel de impacto en la sostenibilidad por ser el origen de casi el 10% de todo el CO₂ que se genera a nivel mundial. Este problema es una de las razones del desarrollo de materiales de construcción más biosostenibles.

El material de este módulo consta de: pequeños botes de plástico de 25 ml de volumen con una mezcla ya preparada (10 g) de MgO/KH₂PO₄ al 60/40 %w, una botella de agua oxigenada del 33% w/v, pipetas Pasteur de 10 ml y palitos de madera para mezclar. Se disponen de diversas muestras de 20x20x3 cm de diferente grado de porosidad proporcionadas por el grupo DIOPMA. El óxido de magnesio usado es un subproducto generado y donado por la empresa Magnesitas Navarras S.L. y que se usa como material de investigación en el grupo DIOPMA. Otro ejemplo de colaboración con el sector privado.

Que el ~10% de todo el CO₂ que se genera en el mundo es debido a la producción del cemento Portland es un dato que desconocen la mayoría de las personas que asisten al módulo. Además de poner en contexto este dato, este módulo (**Figura 1**) permite explicar que son los materiales de construcción. A su vez, ponemos de relieve el interés por la fabricación de nuevos cementos que no generen CO₂ y que presenten nuevas propiedades aislantes, termorreguladoras, etc.



Figura 1. Módulo de Cementos Biosostenibles.

3.1.5. BIOMATERIALES.

Los biomateriales tienen que actuar interfacialmente con sistemas biológicos con el fin de evaluar, tratar, aumentar o substituir algún tejido, órgano o función del organismo. Pueden ser tanto cerámicos, metálicos, o poliméricos como compuestos, de origen natural o sintético.

El material de este módulo está formado por una fuente de alimentación KKmoon 0-60V 0.5A, un vaso de precipitados de 250 ml de plástico, 1/2 L de una disolución de ácido fosfórico al 40%, 1/2 L de una disolución de H₂O/HNO₃/HF al 50/45/5 en volumen, una barra de titanio de 7 cm de largo, implantes dentales de titanio cortesía de Phibo Dental Solutions S.L. usados para el anodizado y una caja a modo de muestrario con implantes dentales de diferentes colores obtenidos por anodizado. También utilizamos muestras de diferentes biomateriales usados en docencia dentro del grado de

Ingeniería de Materiales (**Figura 2**). Respecto al coste del taller, la inversión más elevada, unos 90 €, corresponde a la fuente de alimentación. Los implantes dentales, una vez usados, se pueden reusar una y otra vez limpiándolos con la disolución de H₂O/HNO₃/HF al 50/45/5 en volumen. El poco uso que se hace de las disoluciones permite una durabilidad elevada.



Figura 2. Módulo de Biomateriales y anodizado electroquímico.

Además de explicar qué es y qué características presenta un biomaterial, se pone de relieve la relación entre el aumento de nuestra esperanza de vida y el uso de los biomateriales. Se introduce también el concepto de proceso electroquímico, además de explicar la relación entre el color obtenido en el implante y la nanociencia ya que, según la diferencia de potencial aplicada durante el anodizado, se consigue un espesor específico de TiO₂ de escala nanométrica que determina el color final.

3.1.6 MANUFACTURA ADITIVA.

La fabricación aditiva se puede definir como el proceso de unión de materiales para construir objetos a partir de un modelo tridimensional, el cual se divide en capas que serán impresas una a una.[10] Existe un gran número de técnicas distintas que permiten obtener piezas de todos los tipos de materiales posibles.

El material de este módulo se compone de una impresora i3 marca Anycubic tipo *Fused Deposition Modeling* (FDM), diferentes hilos de ácido poliláctico (PLA) y una serie de muestras tanto metálicas, cerámicas como poliméricas impresas mediante FDM y otras técnicas a modo de muestrario (**Figura 3**). Tanto la impresora como muchas de las muestras son usadas dentro del propio grado de Ingeniería de Materiales. Lo más caro de este módulo (aprox. 200 €) es la impresora [11] y los hilos de PLA, unos 30 € cada uno.

El objetivo principal en este módulo es dar a conocer la fabricación aditiva, la gran variedad de técnicas disponibles, la capacidad de obtener piezas tanto metálicas, cerámicas como poliméricas y a su vez, poner en contexto la gran revolución que va a implicar su uso.

3.2. ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA APLICADOS EN EL TALLER.

Hay tres elementos a considerar de cara a despertar vocaciones científicas, dar a conocer la ciencia y la ingeniería de materiales y promover el grado de Ingeniería de Materiales

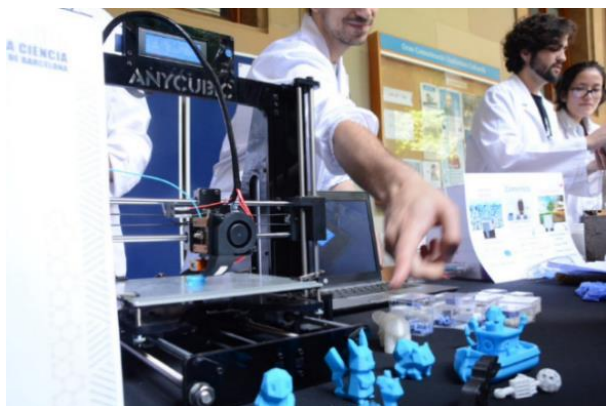


Figura 3. Módulo de fabricación aditiva.

El primer elemento lo resume de manera clara José Manuel López Nicolás en su último libro “Un científico en el supermercado: “Si un divulgador no se emociona con lo que cuenta, jamás llegará al corazón de sus lectores. El éxito de la divulgación científica depende mucho de la razón, pero también del corazón”. El tallerista se tiene que convertir en un motivador, pero ha de compartir protagonismo con los asistentes para que estos se sientan involucrados en el desarrollo científico del taller.

El segundo elemento tiene que ver con el hecho de que, para conectar con la gente joven (nuestro público objetivo), es preferible que los talleristas sean gente joven. Los estudiantes de máster y doctorado son el perfil que mejor encaja.

El tercer elemento lo resume de manera brillante la frase *Il messaggero non è importante* de la película *Stigmata* (1999). Tan importante es la persona como la manera de explicar las cosas, es decir, usar herramientas comunicativas que faciliten la comunicación del taller, por ejemplo, una historia, una anécdota, etc. Una buena manera de abordar este tema es aplicar el concepto de las 3C que se recomienda a todo participante del concurso FAMELAB de monólogos científicos.[12] La primera C, el contenido. Hemos de dar un contenido acompañado de rigurosidad científica, pero de lenguaje entendible. La segunda C, el carisma. Es muy importante desarrollar la capacidad comunicativa del tallerista, la capacidad de entretener y de captar la atención del oyente. La tercera y última C, la claridad.

La duración de cada uno de los módulos depende siempre del número de participantes, del tipo de evento, público, etc. Siempre bajo la premisa de que tiene que ser corto, para no entrar en la zona en la que la atención disminuye.

4. IDEA DE FUTURO

Una de las ideas a corto plazo es seguir implementando el taller, tanto a nivel de materiales usados como de nuevas propuestas.

Hay muchos otros ejemplos de talleres de divulgación sobre ciencia e ingeniería de materiales como por ejemplo, el que realizan por parte de la Universitat Politècnica de Catalunya y a cargo del profesor Emilio Jiménez-Piqué titulado “una maleta llena de materiales”. Este taller permite trabajar sobre el concepto de que los

materiales pueden y deben ser tocados y manipulados, presentando diversos casos prácticos de manera que los asistentes pueden tocar dichos materiales. Reciclaje, biomateriales, materiales para automoción, envases, así como nuevos materiales. Y de nuevo, al poder interactuar con el público se mejora la percepción de la importancia de los materiales que, al fin y al cabo, forman parte de todos los objetos cotidianos.

Quizás uno de los hándicaps de los talleres es que sólo influyen durante cortos períodos de tiempo. Una posibilidad es transformar el taller en un producto que pudieran usar los profesores en los institutos, como la maleta sobre nanociencia que se usa en el proyecto NanoEduca.[13]

No obstante, los talleres de divulgación científica seguirán siendo una excelente herramienta para despertar vocaciones científicas, dar a conocer la ciencia e ingeniería de materiales a los alumnos y a la sociedad y promover el grado de Ingeniería de Materiales.

6.- REFERENCIAS.

- [1] “El Blog de Next Door Publishers.” [Online]. Available: <https://bit.ly/3cGW8xt>. [Accessed: 04-Jan-2020].
- [2] F. E. para la C. y la Tecnología, “¿Cómo podemos estimular una mente científica?” [Online]. Available: <https://bit.ly/3eHj1Sc>. [Accessed: 17-Mar-2020].
- [3] Y. Xie, M. Fang, and K. Shauman, “STEM Education,” *Annu. Rev. Sociol.*, vol. 41, no. 1, pp. 331–357, 2015.
- [4] “Convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación.” [Online]. Available: <https://bit.ly/2VW4db1>. [Accessed: 23-Mar-2020].
- [5] M. García-Guerrero and B. V. Lewenstein, “Science recreation workshops groups in Mexico: a study on an emergent community,” *Int. J. Sci. Educ. Part B Commun. Public Engagem.*, vol. 10, no. 2, pp. 133–148, 2020.
- [6] “Festival de Nanociencia y Nanotecnología.” [Online]. Available: <https://bit.ly/3ar470q>. [Accessed: 25-Jan-2020].
- [7] “Can Superconductors.” [Online]. Available: <https://bit.ly/3eCLppX>. [Accessed: 26-Feb-2020].
- [8] “American Science & Surplus.” [Online]. Available: <https://bit.ly/2RZ7uFj>. [Accessed: 03-Feb-2020].
- [9] “Tap Iberica.” [Online]. Available: <https://bit.ly/3aviksW>. [Accessed: 10-Feb-2020].
- [10] “Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies F2792-12a.” [Online]. Available: <https://bit.ly/2VMllQu>. [Accessed: 03-Mar-2020].
- [11] “Anycubic.” [Online]. Available: <https://bit.ly/2yCmdPu>. [Accessed: 07-Mar-2020].
- [12] “FameLab.” [Online]. Available: <https://bit.ly/2zfwNRL>. [Accessed: 31-Jan-2020].
- [13] “NanoEduca.” [Online]. Available: <https://bit.ly/34TA409>. [Accessed: 07-Mar-2020].

MATHEROES O CÓMO HACER ATRACTIVA LA CIENCIA DE MATERIALES

Anna May Masnou

Institut de Ciència de Materials de Barcelona (ICMAB-CSIC)
Carrer dels Til·lers s/n, Campus UAB, Bellaterra (Barcelona); amay@icmab.cat

Resumen: Explicar los avances en ciencia de materiales al público joven es todo un reto. Hay muchos conceptos que todavía no han estudiado en clase y les pueden resultar muy lejanos. Desde el Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC) hemos creado el proyecto “Matheroes: Supermateriales, los héroes del futuro” para explicar de una manera atractiva y cercana la investigación en materiales para la energía, la electrónica y la nanomedicina a los adolescentes de secundaria y universitarios.

“Matheroes” son cinco nuevos superhéroes que representan las principales líneas de investigación del ICMAB en materiales avanzados. Las propiedades extraordinarias de los nanomateriales inteligentes y funcionales son, en este caso, los superpoderes que presentan los diferentes superhéroes. Los Matheroes son: Fotoenergía (materiales para energía), Magnon (óxidos y materiales magnéticos), Superconductor (materiales superconductores), Electrowoman (electrónica molecular) y Bionanocápsula (materiales para biomedicina). ¡Descubre aquí los detalles del proyecto!

Palabras clave: ciencia de materiales, nanomateriales, divulgación, energía, superconductividad, electrónica, magnetismo, biomateriales, materiales del futuro, nanotecnología, educación, superhéroes

1. INTRODUCCIÓN.

El proyecto “Matheroes” está diseñado para acercar la investigación realizada por los grupos de investigación del ICMAB en el área de ciencia de materiales, de una forma atractiva, cercana y lúdica, gracias a la personificación de la investigación en forma de superhéroes animados tipo cómic. El objetivo es transmitir el conocimiento generado por el centro en el ámbito de la investigación puntera en ciencia de materiales entre el público general, sobre todo entre los jóvenes adolescentes. Además, el proyecto también quiere promover la comprensión de los conceptos relacionados con la innovación en este campo a través de un formato novedoso y más amable gracias a los cinco Matheroes.

Los cinco Matheroes representan a cinco supermateriales con propiedades extraordinarias: Fotoenergía (materiales para energía), Magnon (óxidos y materiales magnéticos), Superconductor (materiales superconductores), Electrowoman (electrónica molecular) y Bionanocápsula (materiales para biomedicina). El proyecto tiene la forma de una exposición interactiva, con una estética muy atractiva, con representaciones en tamaño real de los superhéroes, materiales de muestra para poder observar algunos de ellos, y una explicación de las aplicaciones que tienen.

Cada uno de los Matheroes se ha trabajado desde dos perspectivas: por un lado, teniendo en cuenta los conceptos científicos que representa y, por otro lado, desde una perspectiva educativa y didáctica, haciendo que sean amables y próximos para todos los públicos objetivos. La aproximación metafórica de la personificación de los materiales nos ha permitido llegar a colectivos educativos de otras líneas que no son las estrictamente científicas y tecnológicas. El proyecto

funciona muy bien cuando hay actividades alrededor de la exposición, como visitas guiadas, experimentos relacionados con la temática, o charlas científicas de los diferentes temas. “Matheroes”, como se especifica más adelante, ha ido a bibliotecas, centros comerciales, a la Noche de los Investigadores, a museos, a ferias de la ciencia, y al mismo ICMAB, recibiendo la visita de escolares de primaria, secundaria y estudiantes universitarios. El proyecto dispone de una página web (projects.icmab.es/matheroes) con toda la información de los personajes, las visitas, una galería fotográfica y los impactos recogidos.



Figura 1. Los Matheroes en su inauguración en el Centro Comercial Artear, en Leioa, Bilbao (julio 2018).

“Matheroes” ha sido coordinado por el Departamento de Comunicación del ICMAB, aunque en él han colaborado numerosos investigadores e investigadoras de las diferentes líneas de investigación y otro personal del centro. Además, el proyecto ha contado con la

experiencia en proyectos de divulgación de la empresa Esciencia, que se ha encargado de coordinar la exposición.

El primer año “Matheroes” recibió la financiación de la FECYT, y ahora continua su camino con nuevos retos: la construcción de materiales en 3D y la preparación de material didáctico para escuelas. ¡Vamos a ver hasta dónde llegan los superpoderes de los Matheroes!

2. RESULTADOS.

Exposición

El proyecto permitió realizar una exposición interactiva con cinco superhéroes como elementos de transmisión de la información científica y del campo de la ciencia de materiales. La exposición cuenta con muestras de los nuevos materiales y con una explicación de sus aplicaciones reales, que ya podemos empezar a ver a nuestro alrededor (celdas fotovoltaicas, cintas superconductoras, nanopartículas de oro, chips electrónicos...). La exposición se puede transportar y presentar en diferentes eventos y localizaciones, y utilizarla como elemento de difusión y divulgación del conocimiento generado en este campo a la sociedad. La exposición es muy flexible y se puede adaptar fácilmente a cualquier espacio.

Página Web

Otra de las acciones que el proyecto ha generado y que ha permitido que la exposición tuviera una continuidad online ha sido la página web bilingüe (castellano/catalán) [1]. En esta web se encuentra toda la información detallada sobre los cinco Matheroes para su trabajo en el aula, anterior o posterior a la visita de la exposición, así como entradas en el blog con información de las presentaciones realizadas, una galería de fotografías, noticias y apariciones en prensa, y una agenda con los eventos en los que participa el proyecto. Es una página que ha ido creciendo con la publicación de contenidos digitales de todas las acciones realizadas.

Presentaciones realizadas

El principal objetivo de “Matheroes” es presentar la exposición en espacios públicos para acercar los materiales del futuro a diferentes tipos de público. Los Matheroes han estado en bibliotecas del área metropolitana de Barcelona (Barcelona y Sabadell), en colaboración con la Red de Bibliotecas, para llegar a públicos escolares y universitarios del entorno del centro. También ha estado en entornos más alejados y masivos, como presentaciones en Centros Comerciales y Centros Culturales de otras áreas geográficas. Además, se realizaron también presentaciones oficiales del proyecto en foros divulgativos específicos de especial relevancia. A continuación, se detallan las presentaciones realizadas:

Presentaciones del proyecto en:

- IV Encuentro nacional de Nanodivulgación (Centro Cívico Vil·la Urània, Barcelona, 13 de abril de 2018)
- Jornada de socios de la Asociación Catalana de Comunicació Científica 2018 (Centro Cívico Vil·la Urània, Barcelona, 14 de junio de 2018).
- V Encuentro de Nanodivulgación en Madrid (Instituto de Química Física Rocasolano (IQFR-CSIC), 26 de abril de 2019)
- Congreso de Comunicación Social de la Ciencia (CCSC) 2019 (Burgos, 9-11 de octubre de 2019)



Figura 2. Los Matheroes en ExpoMiner (noviembre 2018) con experimentos para los estudiantes que nos visitaban.

Exposición del proyecto en:

- Centro Comercial Artea (Leioa, Bilbao, del 4 al 21 de julio de 2018) [Figura 1]
- La Noche de los investigadores en CaixaForum Zaragoza (28 de septiembre de 2018)
- ExpoMiner, Feria de Minerales, Fósiles y Joyas (Fira Barcelona, del 9 al 11 noviembre de 2018) [Figura 2]
- Exposición en el ICMAB (del 22 octubre al 30 noviembre de 2018) con visitas guiadas dirigidas al personal de administración, técnico, informático y de mantenimiento del ICMAB, y a estudiantes de centros escolares y de la Universidad Autònoma de Barcelona (UAB)
- Exposición en la Biblioteca Sagrada Família (Barcelona, del 1 diciembre de 2018 al 8 de enero de 2019)
- Exposición en la Biblioteca Ponent (Sabadell, del 30 de enero al 29 de marzo de 2019)
- Festival de Nanociencia y Nanotecnología 10almenos9, #ChallengeNano (CosmoCaixa de Barcelona, del 8 al 10 de abril de 2019)

- Exposición en la Biblioteca Vapor Badia (Sabadell, del 7 de octubre al 22 de noviembre de 2019)
- La Noche de los Investigadores en CosmoCaixa Barcelona (27 de septiembre de 2019)

Además de las presentaciones en eventos de divulgación de la ciencia y de las presentaciones expositivas anteriormente señaladas, los Matheroes aparecieron en el programa informativo “InfoK” del canal Super3 de TV3 (8 de noviembre de 2018), para hacer promoción de la feria ExpoMiner, y en el programa de La2 de TVE: ¡Qué Animal! (en emisión el 5 de octubre 2019; grabación el 2 de abril de 2019) en un programa donde se hablaba de los superpoderes de los animales.

Tuvimos la suerte que la YouTuber de nanociencia y nanotecnología SizeMatters (aka Anna Morales) se interesó por nuestro proyecto, y explicó cuatro de los cinco Matheroes en el vídeo “Nanotecnología en el Universo Marvel”, donde habla de los superhéroes de Marvel, y de nuestros Matheroes [2]. Incluso hizo una representación con pixel art de los superhéroes y de sus principales aplicaciones [Figura 2]. El vídeo ya lleva más de 11.000 visualizaciones (SizeMatters tiene más de 17.000 seguidores en YouTube).

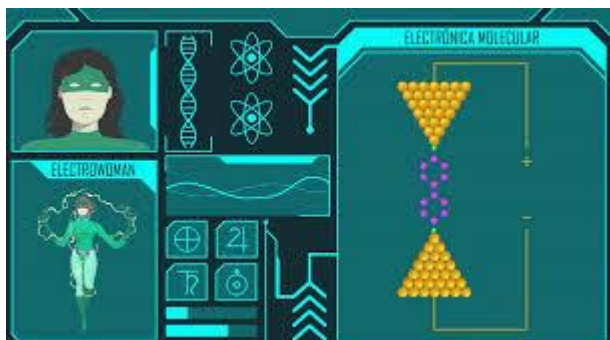


Figura 2. Captura de pantalla del vídeo de SizeMatters “Nanotecnología en el Universo Marvel” donde se puede observar a ElectroWoman en pixel art.

En total, llevamos ya más de 18.000 personas, entre visitas y participantes al proyecto, ¡sin contar la audiencia de los programas de televisión (La2, Super3) ni de YouTube! Es un proyecto in crescendo.

3. PLAN DE COMUNICACIÓN.

El plan de comunicación llevado a cabo se diseñó inicialmente como una estrategia para conseguir la mayor difusión posible del proyecto, ya que este es el objetivo principal del proyecto: acercar la ciencia y la innovación a la sociedad. En el desarrollo del plan de comunicación realizado se han seguido los siguientes mecanismos para dar a difundir el proyecto:

Acciones digitales

Página Web: la web propia del proyecto (projects.icmab.es/matheroes) [1] se ha usado como canal y medio de comunicación donde se ha ido

alojando toda la información del proyecto: eventos realizados, materiales generados, imágenes y publicaciones en el blog. Además, se han realizado acciones de comunicación a través de la página web propia del ICMAB (icmab.es) [3]. Aquí se han ido generando noticias de cada una de las presentaciones realizadas para dar a conocer el proyecto. Las noticias se dirigían a la web del proyecto.

Redes sociales: Se han realizado acciones de comunicación a través de los perfiles propios del ICMAB en las principales redes sociales [Figura 3]: Facebook, en la que hay más de 1.700 seguidores, Twitter (con más de 3.000 seguidores) e Instagram con más de 800 seguidores. También se puede ver histórico de tuits en el momento creado para la ocasión (<https://twitter.com/i/moments/989039055592722433>).



Figura 3. Banner para anunciar la exposición de Matheroes en el ICMAB, para utilizar en la web, redes sociales, y en las pantallas del propio centro.

Acciones y presentaciones públicas

Como ya se ha comentado, el contenido principal del proyecto han sido las acciones públicas donde se ha presentado el proyecto Matheroes. En cada una de las presentaciones se han realizado actividades específicas en diferentes formatos: charlas, talleres, demostraciones, etc.

De este modo hemos llegado a diferentes entornos de influencia del ICMAB, desde entornos locales con presentaciones en el propio ICMAB y centros de proximidad, como bibliotecas, hasta entornos más alejados como Euskadi o Aragón. Los experimentos relacionados con la ciencia de materiales y sus propiedades (levitación, conductividad, magnetismo, fluorescencia...) han tenido mucho éxito entre los más jóvenes.

Colaboración con medios de comunicación tradicionales

El ICMAB desarrolla acciones de comunicación en colaboración con los medios de comunicación tradicionales con el fin de garantizar la difusión y divulgación del proyecto, esto es conseguir de una manera eficaz el objetivo principal: difundir la actividad investigadora entre la sociedad. A través de la presencia gratuita en los medios de comunicación (prensa escrita y radio) gracias a las notas de prensa o intervenciones en programas de radio, se puede llegar a nuevos públicos

de carácter generalista que normalmente no tienen acceso a este tipo de contenidos de carácter divulgativo.

En cada una de las ubicaciones en las que se ha mostrado el proyecto, se ha colaborado con el centro que la acogía en la difusión a través de sus propios canales de información, por ejemplo, en la página web de las bibliotecas. Gracias a nuestra colaboración con el Salón Expominer en Fira de Barcelona, el proyecto Matheroes apareció en el programa informativo “InfoK” del canal Super3 de TV3.

Mailing a centros educativos y otros colectivos sociales

También hemos realizado acciones de comunicación directa a nuestros públicos objetivos para dar la máxima difusión al proyecto como en el caso del público educativo, a través de los propios contactos del ICMAB, a través de ESCOLAB (coordina actividades escolares a través del Ayuntamiento de Barcelona) [4], y a través de las propias visitas de las escuelas.

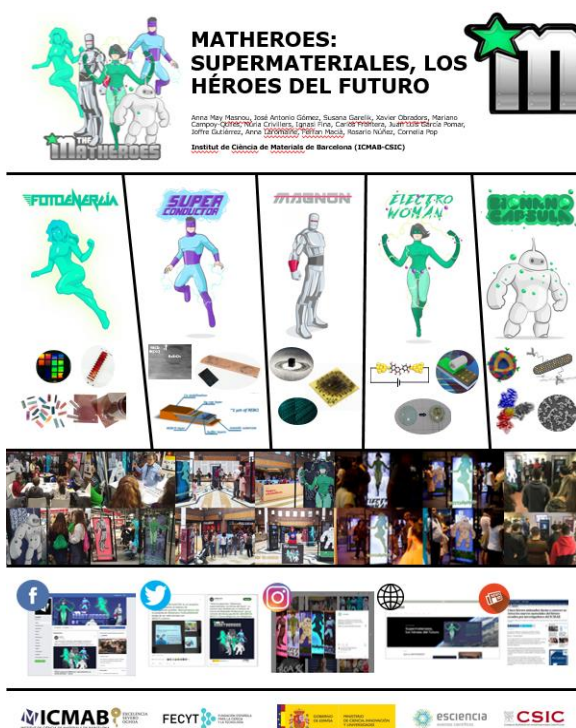


Figura 4. Póster del proyecto “Matheroes: Supermateriales, los héroes del futuro”, presentado en el CCSC2019 en Burgos.

Material promocional

Para su distribución durante la exposición, se diseñó un roll-up, y dípticos impresos que se repartían al público asistente. También se creó un póster [Figura 4], para su presentación en congresos de comunicación y divulgación, y múltiples presentaciones en powerpoint, para dar las charlas científicas y de presentación del proyecto.

4. EVALUACIÓN DEL PROYECTO.

Para la correcta evaluación del proyecto se pusieron en marcha una serie de herramientas para medir el impacto

cuantitativo (número de visitantes y visitas a la página web) y cualitativo (grado de participación en las presentaciones, encuestas de valoración) del proyecto. Las respuestas indican que la sociedad valora la investigación en el campo de ciencia de materiales como necesaria y muy útil para su vida diaria a través de las aplicaciones realizadas y valoran como positiva la divulgación científica.

El proyecto ha sido muy bien valorado, tanto por los participantes, como por el personal investigador del centro, y ha recibido buenas críticas, sobre todo cuando en las presentaciones había investigadores explicando su investigación y los avances en el campo de los materiales del futuro, y talleres con experimentos para los más pequeños. Desde el centro, este proyecto se ve como estratégico para acercar las principales líneas de investigación del Instituto a la sociedad.

Además, el personal investigador implicado en el proyecto (tanto en la preparación de los contenidos y el material al inicio, como en las charlas posteriores acompañando a la exposición) siente como suyo este proyecto de divulgación y el cada superhéroe asociado a su línea de investigación. ¡Los Matheroes han cruzado las fronteras del proyecto!

5. CONCLUSIONES.

Con los Matheroes, hemos podido ver que el formato tipo “superhéroe” nos permite llegar a un tipo de público que sería inaccesible o difícil de acceder de otra forma. Hemos comprobado que las metáforas entre los superpoderes de los superhéroes y las sorprendentes propiedades de los materiales funcionan de manera excelente y ayudan a la comprensión de la ciencia de materiales. En conclusión, estamos muy contentos de haber puesto nuestro grano de arena para explicar la ciencia de materiales y sus avances a la sociedad.

6. AGRADECIMIENTOS.

El proyecto presentado en este trabajo ha sido financiado por el proyecto de Excelencia Científica Severo Ochoa del ICMAB-CSIC, y con la colaboración de la Fundación Española de la Ciencia y la Tecnología (FECYT). Queremos agradecer a Esciencia [5] su valioso trabajo en este proyecto, al personal investigador del ICMAB y a todo el personal que se ha involucrado en este proyecto, especialmente a José Antonio Gómez por la creación de la página web y material de difusión.

7. REFERENCIAS

- [1] Página Web del Proyecto: <https://projects.icmab.es/matheroes/>
- [2] Vídeo “NANOTECNOLOGÍA en el Universo MARVEL *SizeMatters* de SizeMatters: <https://youtu.be/mL RppF-tKF4>
- [3] Página Web del ICMAB: <http://icmab.es/>
- [4] <http://escolab.bcn.cat/ca/home>
- [5] <http://esciencia.es/>

3M EN PANTALLA (MITOS Y MENTIRAS SOBRE METALES EN PANTALLA)

N. Salán^{1,2,3}, F. Montalà^{1,2}, M. Sureda^{1,3}

¹ESEIAAT (Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa, UPC),
C/ Colom, 1-11, 08222-Terrassa (www.eseiaat.upc.edu)

²ASAMMET (Asociación Técnica de Metalurgia), www.asammet.com

³SCT-IEC (Societat Catalana de Tecnologia, IEC), www.sct-iec.cat
nuria.salan@upc.edu

Resumen: Los metales han formado parte de la evolución de la humanidad desde la antigüedad. Han sido objeto de culto, por escasos y exclusivos, y han sido la clave del desarrollo de armas, para, progresivamente, formar parte de los elementos cotidianos. En la actualidad los metales suponen un 30% de los materiales de aplicación industrial [1] y son temas de estudio básicos en contenidos de ciencia y tecnología. Sin embargo, este conocimiento general, por parte de la sociedad, es muy superficial y suele limitarse a su aspecto brillante, o su capacidad de deformarse ante un esfuerzo, o a su facilidad para oxidarse, conducir calor o conducir electricidad. Pero no se conocen en detalle, por lo cual a menudo se muestran en pantalla con propiedades desafortunadas, en ocasiones imposibles. Se recogen aquí algunos tópicos tratados erróneamente en el celuloide, sin que se perciba esta inexactitud, en general, por parte del gran público.

Palabras clave: Divulgación, Metales y cine, Ciencia Ficción.

1. INTRODUCCIÓN

Los metales son materiales formados por elementos de la parte central de la tabla periódica, unidos mediante un enlace metálico que se caracteriza por la disposición de los núcleos positivos de manera ordenada (lo que se conoce como “estructura cristalina”) con los electrones dispuestos en una nube deslocalizada que posibilita la conductividad eléctrica y térmica [2]. Esta configuración de núcleos y electrones posibilitan que, bajo la acción de una carga aplicada externa (tensión o esfuerzo) los núcleos se desplacen de sus posiciones, pudiendo regresar a ellas si cesa el esfuerzo (deformación elástica) [2]. También, bajo la acción de esfuerzos mayores, el enlace permite el desplazamiento de planos atómicos, por deslizamiento, y así los metales muestran deformación plástica, con mayor facilidad si el metal se encuentra por encima de su temperatura de recristalización [3]. Generalmente, el tamaño y masa de los núcleos de los elementos que pueden formar parte de estos materiales, es variable, si bien los átomos metálicos más comunes suelen ser “pesados” (si se comparan con los átomos habituales en polímeros o cerámicos). Si a esto se suma que los empaquetamientos metálicos (estructuras cristalinas) se caracterizan por su eficacia, nos encontramos con materiales de densidad considerable, en su gran mayoría [3]. Además, una gran mayoría de metales pueden presentar un cambio de fase a líquido (fusión) a temperaturas elevadas, pero energéticamente asequibles, con lo cual se pueden conformar por fusión y moldeo. De todas estas características se puede intuir que son materiales excepcionales, en cuanto a propiedades, y también únicos en aspecto, ya que si se pue-

adecuadamente pueden presentar un aspecto brillante muy agradable y valorado [3].

Así, por la combinación única de propiedades y características externas, históricamente los metales han sido objeto de admiración y se han asociado a riqueza (oro, plata), a poder y fuerza (armas, espadas, armaduras) y también a propiedades místicas (piedra filosofal, mercurio) o a su origen “celestial” (acero meteórico al cual se atribuían propiedades mágicas)¹. Los metales valen para todo (o casi), y el desarrollo de la sociedad “civilizada” y de la industria han ido de la mano de la industria metalúrgica.

Y el cine ha sucumbido a su encanto...

El enfoque “fantástico” de los metales en la pantalla ha promovido que, reiteradamente, se reproduzcan situaciones que se alejan mucho de la realidad de los metales, hasta el punto que han arraigado “mitos” (por no decir mentiras) como, por ejemplo, que el plomo se pueda confundir con oro, que un lingote de oro se pueda lanzar “cómodamente” por el aire, que la forja de una espada se resuelve en un “pim-pam”, etc.

En los puntos siguientes se plantean algunos de los tópicos más habituales, indicando los errores más comunes y por qué no pueden ser ciertos.

2. LA PIEDRA FILOSOFAL

La piedra filosofal ha estado presente (y buscada), desde la edad media, en multitud de historias y leyendas. Era el símbolo principal de la terminología en Alquimia y convertía cualquier metal en oro o plata (Fig.1) [4]. Pero

¹<https://www.lavanguardia.com/cultura/20171205/433439495625/tutankamon-daga-meteorito.html>

esta “conversión” es absolutamente imposible, en tanto que un átomo de oro o plata tiene un número determinado de neutrones, protones y electrones, muy superior a los que tiene un átomo de plomo o de hierro, y en tanto que no es posible crear materia de la nada, se descarta del todo la más remota posibilidad de convertir un átomo “pequeño” en un átomo “grande” [3]. Buscando un símil cinematográfico, esta conversión sería como pretender que, por contacto con una “piedra”, Tom Cruise se convirtiese en Arnold Schwarzenegger. Y va a ser que no.

3. EL ORO, EL METAL PROTAGONISTA

Con una densidad próxima a 20 kg/litro, un lingote de oro pesa 24 kg (que es el peso de 3 garrafas de agua de las grandes). Pero viendo cómo se manejan los lingotes en la pantalla, nadie lo diría. Así, siendo un metal “protagonista” en películas del oeste, de piratas, medievales y modernas, se han manejado grandes cantidades (en volumen) de oro que ha sido ensacado y metido en maletines y cajas, de manera que ha sido habitual ver que alguien sale corriendo con un saco de varios litros lleno de monedas de oro. Esto implicaría, con algún peso extra algún centenar de quilos, y pese a ello, no obstaculizan la capacidad atlética del actor o actriz de turno. También se ha podido ver, en innumerables ocasiones, cómo una caja con docenas de lingotes se carga con apenas dificultad, entre una o dos personas, en una diligencia o carruaje, sin que el eje del vehículo se inmute (pese a que se está sobrecargando con centenares de quilos), y una vez finalizada la carga, el vehículo, arrastrado por un caballo (sólo uno), sale corriendo sin que las ruedas se hundan en el suelo por efecto de un peso que el guion ha descuidado...



Figura 1. Piedra Filosofal de la película “Harry Potter y la Piedra Filosofal”.

En una escena de la 3ª temporada de la serie “La casa de papel”² se puede ver a una de las protagonistas agitando dos lingotes de oro (ambos a la vez) a la altura de las orejas, sin que sus músculos sufran lo más mínimo (Fig. 2). En otra escena de la última temporada de la serie

“Lucifer”³, el protagonista (Lucifer) obsequia a un “bienhechor” con media docena de lingotes de oro, poniéndolos entre sus brazos, sin que éstos se quiebren.

Y ya, como el colmo de la “fantasía metalúrgica”, una escena de la 1ª temporada de “Juego de Tronos”⁴, Khal Drogo vacía el caldero de la sopa para introducir en su interior una serie de objetos de oro que se hallan “casualmente” en la tienda de campaña; el caldero, sobre el fuego que hace un momento hacía humear un guiso, pero que ahora, sin más, alcanza una temperatura suficiente como para fundir oro (que, por cierto, funde sin alcanzar el característico aspecto ígneo de cualquier metal durante su fusión). Así, en pocos segundos, en el caldero burbujea un fluido dorado y el protagonista, sin necesidad de protección alguna, vierte su contenido sobre la cabeza de un personaje que finaliza su periplo en la serie en ese momento (Fig. 3). Lo único cierto de toda esta secuencia, es que el personaje “coronado” con el oro líquido, muere. Y que al caer al suelo (tras una solidificación inmediata e impecable del “casco” dorado), hace un ruido metálico (“¡clone!”) característico. ¡Por favor, que nadie pruebe a hacer esto en su casa!



Figura 2. Escena de la Temporada 3 de “La Casa de Papel” (NETFLIX).



Figura 3. Escena de la Temporada 1 de “Juego de Tronos” (HBO).

4. LAS ESPADAS FORJADAS, ARTISTAS INVITADAS

El mayor conocimiento sobre espadas que tiene la sociedad se debe, sin duda, a que son artistas invitadas en

² <https://www.netflix.com/es/title/80192098>

³ <https://www.netflix.com/es/title/80057918>

⁴ <https://es.hboespana.com/series/juego-de-tronos/e9279ec7-dde3-4aef-b4fb-fc2c7f5f3b19>

gran número de géneros cinematográficos y televisivos. Hemos visto cómo se fabrican (“Águila Roja”), cómo se templan (“Forjado a fuego”), cómo se blanden artísticamente (“El Zorro”) o con una sola mano (“Conan”) y cómo rebanan miembros, cortando hueso como si fuese mantequilla (“Kill Bill”). Pero, en general, las imágenes a que se hace referencia en estas series/películas, están lejos de la realidad. Algunos de los aspectos que se enfocan erróneamente podrían ser:

- **Peso:** una escena épica en la que Ned Stark (Juego de Tronos) levanta una espada que tiene una longitud similar a la del personaje, con lo cual se estima dicha herramienta pueda pesar 20 o 25 kg, aunque en pantalla se levante y se maneje sin apenas esfuerzo (Fig. 4).
- **Corte:** sin insistir mucho en la necesidad de afilar el borde de un arma blanca, por desgaste de uso, las espadas “de cine” suelen mostrar un nivel de afilado permanentemente impecable. El temple induce una transformación en la microestructura, apareciendo la martensita [3], que es un constituyente que permite que una espada se torne en más dura y frágil. Sin embargo, el rozamiento asociado al uso, enrostraría el borde, haciendo necesario un nuevo afilado. Y eso, sin contar con que un golpe seco, con brío, provocaría un corte en una extremidad, pero difícilmente rebanaría un miembro ni cortaría un hueso (y menos uno “estructural” como fémur o ‘húmero), como irónicamente se detalla en la conocida escena de “El Caballero Negro” en “Los caballeros de la mesa cuadrada y sus locos seguidores”⁵, en la que se seccionan, con facilidad, los brazos y las piernas del caballero (Fig.5).



Figura 4. Escena de la Temporada 1 de “Juego de Tronos” (HBO).

- **Aspecto:** las espadas “de cine” siempre están perfectas, sin manchas de herrumbre ni melladuras en

el borde, y exhiben una superficie impecablemente pulida... que no se mantendría en la realidad, ya que un acero de medio carbono suele mostrar indicios de oxidación y presentaría muescas tras un uso prolongado.

- **Fabricación:** es habitual mostrar procesos de forja en los que el artesano no utiliza ni gafas ni guantes ni delantal, ausencias que en un proceso real provocarían quemaduras y lesiones diversas. Sin contar con los tiempos de forjado, que en el cine suelen ser irrealmente breves [5]



Figura 5. “El caballero negro”, escena de Monty Python en “Los Caballeros de la Mesa Cuadrada y sus Locos Seguidores”.

5.- METALES UNOBTANIUM

Por si los metales “naturales” no fuesen ya suficientemente atractivos y seductores, en el mundo del cine se inventan nuevos metales que se destinan a aplicaciones fantásticas (Fig. 5). Así, el término “unobtainium” se utiliza para describir cualquier material que posee propiedades extraordinarias, únicas e imposibles de obtener en el mundo real, de ahí que su nombre indique que son “inobtenibles” [6.7]. Suelen ser “utilizados” en películas de ciencia ficción, como por ejemplo en “Star Trek”, donde la nave Enterprise está elaborada de un material de aspecto metálico que soporta temperaturas del orden de millones de grados, sin desintegrarse. El acero valyrio (“Juego de Tronos”), resistente y ligero, constituye un oxímoron por sí mismo, y el acero estelar (“El Señor de los Anillos”) es un acero

⁵https://inciclopedia.org/wiki/Los_caballeros_de_la_mesa_cuadrada_y_sus_locos_seguidores

élfico que tiene la propiedad de avisar de la proximidad de un orco, brillando a modo de alarma.

El universo Marvel recurre a los metales de esta “familia” unobtainium de manera habitual [8], a saber:

- Adamantium: el metal de las cuchillas que se insertan en las extremidades de Lobezno (Fig. 6), que no puede ser destruido una vez solidificado.
- Vibranium: del escudo indeformable y ligero del Capitán América, o del traje indestructible de Black Panther (Fig. 6), que además, absorbe la energía cinética y la reparte por toda su estructura (¡uf!).
- Carbonadium: metal más resistente que el acero y más maleable (y barato) que el adamantium.
- Adamantine: de color dorado, que es el metal del mazo de héroes (ahora lo entiendo todo...).
- Uru: supermetal duro y resistente, que soporta bien los hechizos (sin comentarios).

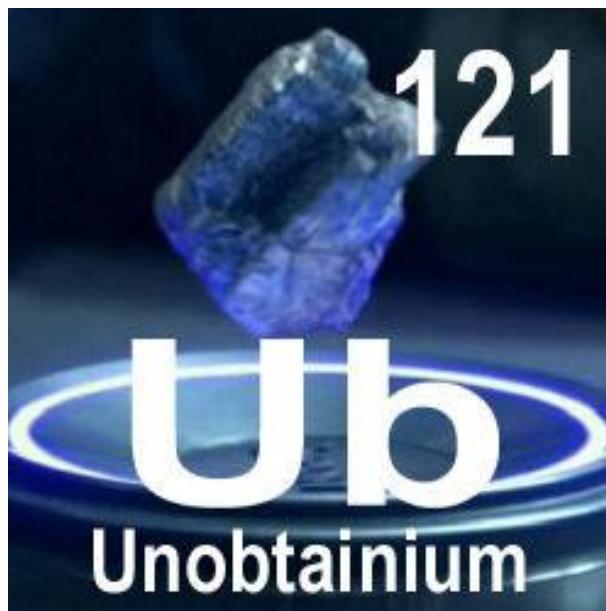


Figura 5. Metal “unobtainium”.



Figura 6. Vibranium de la armadura de Black Panther (izquierda) y Adamantium de las garras de Lobezno (derecha)⁶.

⁶ <https://m.culturaocio.com/cine/noticia-mas-fuerte-marvel-adamantium-lobezno-vibranium-black-panther-20190630160535.html>

6.- CONCLUSIONES

Los metales, desde la antigüedad, han seducido y seducen, por su aspecto y sus características únicas de comportamiento, pero pese a las propiedades “mágicas” que se les han atribuido históricamente, la realidad es bastante más corriente, y las “limitaciones” que presentan los metales en aplicaciones reales, se obvian intencionadamente, mostrando una imagen idílica irreal.

Por otro lado, en tanto que la ciencia y la realidad no era posible que diese respuestas a necesidades inventadas por guionistas, la industria de cine y televisión apuestan por “crear” metales, con el mismo aspecto que los “normales” pero con propiedades fantásticas.

Y, lo peor de todo esto, es que una parte del público, nada desdeñable, nos creemos lo que se proyecta en pantalla...

8.- REFERENCIAS

- [1] W.D.Callister, D.G.Rethwisch: “Ciencia e Ingeniería de Materiales”, 2ª. Ed (2016), Cap. 1. ISBN 978-84-291-7251-5.
- [2] W.D.Callister, D.G.Rethwisch: “Ciencia e Ingeniería de Materiales”, 2 Ed. Reverté (2016, 2ª Edición), Cap. 2. ISBN 978-84-291-7251-5.
- [3] W.D.Callister, D.G.Rethwisch: “Ciencia e Ingeniería de Materiales”, Ed. Reverté (2016, 2ª Edición), Cap. 13. ISBN 978-84-291-7251-5.
- [4] J.M.Montes Martos, F.Ternero Fernández: “Ciencia de los Materiales Fantásticos”, Ed. Paraninfo (2017). Cap. 12. ISBN: 978-84-283-4275-9.
- [5] “The blacksmith scene”, <https://www.youtube.com/watch?v=cm5g7CfXYE>
- [6] “List of fictional elements”, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_fictional_elements,_materials,_isotopes_and_subatomic_particles
- [7] Thaddeus Howze: “Marvel's canon Earth-616 is rife with imaginary metals and metallic alloys”, <https://scifi.stackexchange.com/questions/39685/what-are-the-various-fictional-metals-in-the-marvel-universe/39689#39689>
- [8] Quora: “What are the strongest metals in the Marvel Universe”, <https://www.quora.com/What-are-the-strongest-metals-in-the-Marvel-universe>

NORMAS DE PRESENTACION DE LA REVISTA “MATERIAL-ES”

A. Pérez¹, M. Martínez¹, J. López²

¹Centro y dirección 1, antper@unizere.es

²Centro y dirección 2

Resumen: En el siguiente texto se presentan las normas para la presentación de los trabajos completos. (*El formato en el que se presenta el presente texto, sirve de orientación a la estructura del trabajo*). El no cumplimiento de estas directrices puede implicar la exclusión del trabajo en la revista.

Palabras clave: palabras clave que caractericen el contenido del artículo separadas por comas.

1. EXTENSIÓN.

Se admitirán trabajos completos de hasta 4 páginas (máximo) incluyendo todas las secciones, ajustándose al formato que se indica a continuación. Para su correcto procesamiento, el fichero resultante deberá tener un tamaño menor a 10 MB.

2. FORMATO GENERAL.

Los márgenes serán de 2 cm en todos los casos (superior, inferior, derecha e izquierda). El texto debe ajustarse a 2 columnas (Excepto el Título, Autores y Resumen), con espaciado entre columnas de 1cm. Se utilizará espaciado simple entre líneas de texto dejando una línea en blanco entre párrafos (sin sangrado), así como entre el encabezado de cada apartado y el texto.

Tipo de letra para el texto principal: Times New Roman 10.

3. TÍTULO.

Centrado la parte superior de la primera hoja sin dejar espacio. Letra: Times New Roman 12, mayúsculas y **negrita**.

4.- AUTORES.

El nombre de los autores constará centrado debajo del título, dejando una línea en blanco. Tipo de letra: Times New Roman 11 **negrita cursiva** y en minúsculas. Deberá subrayarse el nombre del autor que presenta el trabajo y la pertenencia a distintos centros se indicará con un superíndice detrás del nombre.

Tras una línea en blanco, se indicará la filiación de los autores. Debe hacerse constar la dirección de correo electrónico del ponente. La dirección de cada centro, en su caso, se incluirá en una línea diferente. Times New Roman 11.

5.- RESUMEN.

No excederá las 150 palabras en la versión castellano. Se colocará debajo de los autores tras 4 líneas en blanco. El texto principal a doble columna comenzará tras dos líneas en blanco de las palabras clave.

6.- ENCABEZADOS.

Los encabezamientos de los distintos apartados se mecanografiarán en mayúsculas y en negrita y serán numerados correlativamente. Los subencabezados, en su caso, deberán ir en minúsculas y subrayados.

7.- ECUACIONES Y FÓRMULAS.

Se recomienda mecanografiar las fórmulas dejando una línea en blanco antes y después de las mismas y consignando su número de referencia entre paréntesis en el margen derecho.

8.- FIGURAS Y TABLAS.

Las figuras aparecerán insertadas en el lugar del texto que les corresponda.

Como norma general, las tablas y figuras deberán ocupar el ancho de columna, aunque en caso necesario pueden prepararse para abarcar el ancho de hoja. Las figuras, a las que se hará referencia en el texto, aparecerán numeradas correlativamente y con un pie de figura que tendrá la estructura que se muestra en el siguiente ejemplo:

Figura 1. Sección longitudinal del pliegue 2 A. Pliegue en la parte interna del codo. 2,4x.

Las tablas tendrán el mismo tipo de letra que el texto, anteponiendo a cada tabla el número y título correspondiente en la forma que se indica:

Tabla 1. Composición química de los aceros.

9.- REFERENCIAS.

Se citarán en el texto con el número correspondiente entre corchetes: [1]. Aparecerán agrupadas en la última sección. Las referencias se numerarán correlativamente en el orden que aparecen en el texto, con la forma siguiente:

[1] Kamdar, M. H., “Embrittlement by Liquid and Solid Metals”, Ed. The Metallurgical Society, 1984.

SCIENTIFIC JOURNAL "MATERIAL-ES" GUIDELINES FOR PRESENTATION

A. Pérez¹, M. Martínez¹, J. López²

1 Group and address 1, antper@unizere.es

2 Group and address 2

Summary: In the following text are described the guidelines for presenting complete works. (*The format in which this text is presented, serves as an orientation of the work structure*). Failure to comply these guidelines may involve the exclusion of the work from the magazine.

Keywords: keywords that characterize the article content separated by commas.

1. EXTENSION.

Full papers of up to 4 pages (maximum) including all sections will be accepted, according format to these rules. For a correct processing, the resulting file size must be less than 10 MB.

2. GENERAL FORMAT.

The margins will be 2 cm in all cases (upper, lower, right and left). The text must be adjusted to 2 columns (except the Title, Authors and Summary), with 1 cm. spacing between columns. Simple spacing will be used between lines of text leaving a blank line between paragraphs (without bleed), as well as between the heading of each section and the text.

Main text formatted in Times New Roman font size 10.

3. TITLE.

At the top of the first sheet, centered without leaving space. Times New Roman font size 12, caps and **bold**.

4. AUTHORS.

The name of the authors will be centered below the title, leaving a blank line. Times New Roman font size 11 **bold, italics and lowercase**. The name of the author presenting the work should be underlined, and membership in different groups will be indicated by a superscript after the name.

After a blank line, the authors affiliation will be indicated. The rapporteur's e-mail address must be included. Each center's address, if so, will be included in a different line, Times New Roman font size 11.

5. SUMMARY.

It will not exceed 150 words in the English version. It will be placed below the authors after 4 blank lines. The main text in double column will begin after the keywords and two blank lines.

6. HEADINGS.

Different sections headings will be typed in **CAPITAL LETTERS, BOLD** and will be numbered correlatively. Subheadings, if applicable, should be lowercase and underlined.

7. EQUATIONS AND FORMULAS.

It is recommended to type the formulas leaving a blank line before and after them and entering their reference number in parentheses in the right margin.

8. FIGURES AND TABLES.

The figures will appear inserted in the corresponding place of the text.

As a general rule, tables and figures should occupy the column width, although if necessary they can be prepared to cover all the sheet width. The figures, to which reference will be made in the text, will appear numbered correlatively and with a figure foot that will have the structure shown in the following example:

Figure 1. Longitudinal section of the fold 2 A. Fold in the inner elbow side. 2,4x.

The tables will have the same format as the text, placing the corresponding number and title before each table as shown:

Table 1. Chemical composition of steels.

9. REFERENCES.

They will be cited in the text with the corresponding number in brackets: [1]. They will be presented grouped in the last section. The references will be numbered correlatively in the order they appear in the text, with the following form:

[1] Kamdar, M. H., "Embrittlement by Liquid and Solid Metals", Ed. The Metallurgical Society, 1984.