

1 *Marzo, mes de las Matemáticas: La apuesta por la divulgación matemática cooperativa*

Pedro Alegría Ezquierro¹, Raúl Ibáñez Torres¹,
Edith Padrón Fernández², Antonio Pérez Sanz³,
Juan Miguel Ribera Puchades⁴, José Ignacio Royo Prieto¹ y
María Elena Vázquez Abal⁵

¹Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,

²Universidad de La Laguna,

³Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemática,

⁴Universidad de La Rioja,

⁵Universidad de Santiago de Compostela

*A las personas e instituciones que
hicieron posible este precioso proyecto*

Este año y medio de pandemia nos ha puesto a prueba a muchas personas, y aunque a veces solo señalamos lo malo, innumerables han sido las respuestas colectivas en positivo que hemos desplegado. Porque colaborar no solo supone sumar sino que multiplica y a veces consigues un crecimiento exponencial. Esto lo sabemos gran parte de los divulgadores y divulgadoras de las matemáticas de este país y eso fue lo que motivó la creación de la Red *DiMa* en el año 2018. En ese momento comenzamos a andar con unas jornadas fundacionales y posteriormente con una primera escuela de formación en Castro Urdiales.

A finales de 2019, casi de sopetón, nos llegó la información de la celebración del primer *Día Internacional de las Matemáticas*: en su 40.^a Conferencia General, la UNESCO proclamó el 14 de marzo (antiguo día de Pi) como el *Día Internacional de las Matemáticas*, a propuesta de la Unión Matemática Internacional (IMU). Casi sin tiempo para reaccionar, pensamos en incorporar las actividades que teníamos programadas para el día de Pi. Pero como si el destino nos estuviera diciendo que no era suficiente, llegó el confinamiento y la mayoría de ellas se tuvieron que cancelar. La celebración se posponía para 2021.

Unos meses antes habíamos pensado que debíamos organizar «una buena» para esta celebración, capaz de llegar a todos los medios, sin circunscribirlo sólo a ese día y realizar actividades durante todo el mes de marzo. Para ello necesitábamos tiempo. Era necesario contar con la complicidad de muchas personas. Solo así podríamos dar un gran impulso a esta festividad en beneficio de futuras celebraciones. Montamos un proyecto que titulamos *Marzo, mes de las matemáticas* (#marzomates) pensado para la celebración de 2021. Pedimos cofinanciación a la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y a las principales sociedades matemáticas de nuestro país, entre ellas SeMA. Una y otras acogieron muy favorablemente la propuesta y allí estábamos, a finales de 2019, casi un centenar de divulgadores y divulgadoras preparados para hacer una buena propuesta para el mes de marzo de 2021. Y de repente llegó la pandemia. Quedamos paralizados, sin saber qué hacer,... pero solo un instante. Las personas que trabajamos en el ámbito de la divulgación estamos acostumbradas a ser eficientes y muy operativas. Así que empezamos a reunirnos de forma online y a organizarnos en red: elegimos algunas personas para

coordinar parcelas del trabajo con el fin de generar material y diseñar actividades que facilitaran la celebración de las *Matemáticas para un mundo mejor* (ese era el lema del *Día Internacional de las Matemáticas* 2021). Todo el material elaborado iba a estar disponible para descargar libremente desde inicios del mes de marzo de 2021, pero el despliegue de actividades se desarrollaría entre diciembre de 2020 y septiembre de 2021. Esta ampliación de plazo está justificada por dos razones: durante el mes de marzo nos íbamos a encontrar con la imposibilidad de organizar eventos presenciales en algunas comunidades por razones de seguridad sanitaria y, por otra parte, los tiempos en actividades online no son los mismos que en presenciales.

A mí me ha tocado coordinar el proyecto y he de reconocer que ha sido un trabajo agotador, con momentos de no saber si seríamos capaces de desarrollar todas nuestras expectativas. Pero ahora que estamos terminándolo en este mes de septiembre, al mirar hacia atrás, me doy cuenta del empeño, cariño y profesionalidad que ha puesto cada persona de las que han participado en el proyecto, que no son pocas. Hemos construido mucho material e ideado diversas actividades en menos de un año, materiales que han sido compartidos por muchas instituciones en nuestro país, poniendo en valor las matemáticas en la búsqueda de un mundo mejor.

A continuación cada uno de los responsables de materiales y actividades del proyecto detallarán los logros conseguidos en el desarrollo del mismo. Juzguen ustedes si no es increíble todo lo que hemos conseguido en este año tan peculiar.

*Edith Padrón Fernández
Coordinadora del proyecto*

1.1 Exposición «Matemáticas para un mundo mejor»



Figura 1: Cartel de la exposición

Desde Galileo, y mucho antes también, las matemáticas sirven para entender el mundo que nos rodea, el mundo físico, pero también el económico, el social, el sanitario, el de las comunicaciones, el artístico, el de la información... Pero también son una herramienta imprescindible para transformar y mejorar nuestra realidad, para hacer de nuestro mundo un mundo mejor. Y como decía Felipe Mellizo, un mundo feliz. De ahí el título de la exposición que coincide con el lema del *Día Internacional de las Matemáticas*.

1.2 ¿Una exposición de Matemáticas?

Las exposiciones de Madrid del ICM-2006 demostraron ser una forma atractiva de divulgación matemática dirigida a un público de todas las edades y sin conocimientos profundos de esta ciencia. La belleza de las imágenes, el atractivo de las actividades para interactuar y los textos sugerentes y sorpresivos por su contenido, además de captar la atención de un público

muy amplio permiten hacer aflorar los contenidos matemáticos que hay detrás.

Cuando la Red DiMa decidió acometer el proyecto *Marzo, mes de las Matemáticas*, una de las propuestas centrales fue la de crear una exposición de carácter divulgativo que se pudiese visitar de forma presencial en una decena de ciudades españolas simultáneamente a lo largo del mes de marzo de 2021. Pensábamos que el covid habría remitido para entonces y que sería posible la afluencia de un numeroso público en locales cerrados.

Y ese fue el planteamiento inicial de esta exposición. Otro objetivo era dotar a los contenidos de la exposición de un alto nivel de interactividad mediante actividades informáticas, manipulativas, juegos, retos, etc. Otra vez la pandemia nos hizo reducir las actividades a aplicaciones digitales en línea accesibles mediante códigos QR y ejecutables desde cualquier soporte informático.

1.3 PÚBLICO AL QUE SE DIRIGE

Es una exposición para todos los públicos. Está dirigida a un público muy amplio, no hay que ser un especialista en matemáticas para disfrutar de su contenido. Sus destinatarios: jóvenes y menos jóvenes, estudiantes, familias completas, profesionales y aficionados a las matemáticas. En su origen nuestro proyecto incluía organizar visitas de grupos de estudiantes de secundaria acompañados por sus respectivos profesores en las distintas sedes físicas, por desgracia la pandemia lo ha impedido. De cualquier forma, desde marzo hasta julio la exposición ha visitado 7 ciudades: Valladolid, Ponferrada, Logroño, Zaragoza, Huesca, La Laguna y Madrid. En el mes de septiembre se expondrá en Santiago de Compostela, Sevilla y Barcelona.



Figura 2: Exposición en el Museo de la Ciencia de Valladolid

En todas ellas hemos querido atraer a los que aman las matemáticas y también a los que las odian. Todos, incluidos estos últimos, han tenido ocasión de descubrir el rostro sorprendente, atractivo y amable de las matemáticas en nuestra vida.

1.4 Contenidos

La exposición consta de diez núcleos temáticos que abarcan los campos más dispares. Se presenta en dos formatos, presencial y virtual a través de internet. No es una exposición pasiva, es para ver las matemáticas a nuestro alrededor, pero también para sentir las, tocarlas, jugar y disfrutar con ellas y sobre todo... para sorprendernos.

Cada núcleo consta tres paneles. En cada núcleo se exponen ideas matemáticas relacionadas con él y un poco de su historia pero también las aplicaciones a la vida real inmediata de esas ideas. El visitante, físico o virtual, puede acercarse a los contenidos y profundizar en ellos de forma interactiva a través de aplicaciones digitales.

En cada panel se incluyen **aplicaciones informáticas interactivas**, 140 en total, realizadas con *GeoGebra*, a las que se puede acceder desde el mismo panel a través de códigos QR y que funcionan en los distintos soportes informáticos: teléfonos móviles, tabletas y ordenadores y que pueden ser proyectados en pantallas o pizarras digitales.

1.5 Una exposición virtual

Como los matemáticos somos previsores, por si el covid nos lo ponía difícil para poder disfrutar la exposición de forma presencial, además de ampliar el periodo de las exposiciones hasta septiembre, hemos creado una versión digital, accesible a través de internet, ampliada tanto en los contenidos como en las aplicaciones informáticas. Esta exposición digital incluye los PDF de los paneles de la exposición presencial, lo que facilita que se pueda reproducir en distintos centros educativos o culturales.

En la exposición en internet el público puede disfrutar desde su propio domicilio de los mismos contenidos, los profesores podrán utilizarla en el aula con sus alumnos y los amantes de las matemáticas podrán reafirmarse en la belleza y armonía del universo matemático. De forma presencial o a través de la red nadie tendrá ningún pretexto para dejar de disfrutar y sorprenderse con las matemáticas. Además, hemos incorporado audios con los contenidos de los paneles para las personas invidentes.

1.6 Los autores

Cuando Edith Padrón y Raúl Ibáñez me propusieron coordinar la exposición, tuve claro que esta debería ser una tarea colectiva que implicase a matemáticos, matemáticas, divulgadores y divulgadoras de distintos perfiles académicos y de investigación. Me lancé a lo que pensaba sería un trabajo complejo, coordinar y poner de acuerdo a un equipo de elaboración de contenidos de unas 10 o 12 personas, más otro equipo de expertos en *GeoGebra*, otras 10 personas, para realizar las aplicaciones informáticas asociadas a los distintos contenidos. Pero todas las personas contactadas me brindaron su apoyo, sus ideas y su tiempo con una generosidad digna de aplauso. Desde la selección de los núcleos temáticos hasta la estructura de la exposición, el formato de los paneles y las aplicaciones asociadas, todo fue consensuado de una forma rápida y operativa. Los plazos eran muy cortos, teníamos tres meses, y el trabajo bastante amplio. Las reuniones virtuales y las plataformas de comunicación e intercambio de materiales obraron el milagro. Milagro que se vio rematado por el excelente trabajo del equipo de maquetación y diseño de La Laguna, supervisado muy de cerca por Edith Padrón. Los autores de los distintos murales se detallan en el cuadro que figura a continuación.

De forma presencial o a través de la red nadie tendrá ningún pretexto para dejar de disfrutar y sorprenderse con el maravilloso universo de las matemáticas.

*Antonio Pérez Sanz
Comisario-coordinador de la exposición*

Números naturales: de contar a encriptar información



Texto:

Manuel de León

Aplicaciones interactivas:

José Luis Álvarez García,
Javier Cayetano Rodríguez

Viajando sobre curvas y superficies



Texto:

Daniel Ramos

Aplicaciones interactivas:

Bernat Ancochea,
José Manuel Arranz, José Muñoz,
Débora Pereiro, José Luis Muñoz

Fractales, la geometría del Caos



Texto:

Antonio Pérez Sanz

Aplicaciones interactivas:

Manuel Sada Allo,
Rafael Losada Liste

Estadística y mucho más: Matemáticas frente al Covid-19



Texto:

Fernando Corbalán, Gerardo Sanz
Santiago García Cremades

Aplicaciones interactivas:

Manuel Sada

Redes y grafos: las comunicaciones y la logística



Texto:

Rafael Losada Liste

Aplicaciones interactivas:

Rafael Losada Liste,
José Antonio Mora Sánchez

Matemáticas y belleza



Texto:

Antonio J. Durán

Aplicaciones interactivas:

José Antonio Mora, Débora Pereiro,
Rafael Losada, Luis Muñoz,
José Manuel Arranz

Matemáticas de las ciudades



Texto:

Agustín Carrillo de Albornoz,
Onofre Monzó, José María Sorando

Aplicaciones interactivas:

José Luis Muñoz Casado

Matemáticas y juegos



Texto:

Guido Ramellini

Aplicaciones interactivas:

Rafael Losada Liste,
José Muñoz Santonja

Arte y matemáticas



Texto:

José Antonio Mora Sánchez

Aplicaciones interactivas:

Bernat Ancochea,
José Muñoz, José Luis Muñoz,
José Aurelio Pina, José Antonio Mora

Big data e Inteligencia Artificial: el poder de los algoritmos



Texto:

David Ríos

Selección de aplicaciones:

Daniel Ramos

1.7 Tarjetas matemáticas

La actividad que denominamos *tarjetas matemáticas* cuando se diseñó el proyecto *Marzo, Mes de las Matemáticas* tenía como objetivo la creación de una serie de materiales que podrían utilizarse como tarjetas para repartir, carteles para colocar en paredes o transporte público, paneles expositivos o material digital para compartir en redes sociales u otros destinos, todo ello en función de las ideas que se desarrollasen en cada nodo del proyecto, además de incluir copias en formato pdf en la página web del proyecto para que fuese, y sea, utilizado por quien lo deseé.

Con el objetivo de desarrollar el material base de esta actividad se creó una comisión formada por miembros de los diferentes nodos del proyecto. En esta comisión estábamos las siguientes personas: Marithania Silvero (Andalucía), José Muñoz Santoja (Andalucía), Julio Bernués (Aragón), Ignacio García (Canarias), Diego Alonso Santamaría (Castilla y León), Claudi Alsina (Cataluña), Dolores Gómez (Galicia), Pedro Alegría (responsable, País Vasco), Raúl Ibáñez (responsable, País Vasco), Alberto Magreñán (Rioja), Lara Orcos (Rioja), Manuel de León (Madrid), Alejandro Miralles (Valencia). A todas ellas queremos agradecerles su colaboración y el magnífico trabajo que han realizado.

Desde el momento inicial se pensó en tres tipos de tarjetas para esta actividad, unas relacionadas con la literatura, otras con los problemas de ingenio y otras que incluyesen aplicaciones actuales de las matemáticas. Y cada tipo debía contar con al menos 15 diseños diferentes. La diseñadora canaria Carla Garrido se encargó del diseño de las tarjetas. Se realizaron versiones en castellano, euskera y gallego.

1.8 Tarjetas Matemáticas + Literatura

En el primer tipo de tarjetas matemáticas, que decidimos denominar *Matemáticas + Literatura*, se trataba de incluir en cada tarjeta una cita de una novela contemporánea en la que aparecieran reflejadas, de alguna forma, las matemáticas. Por ejemplo, en la siguiente imagen se muestra la tarjeta que lleva el título *Las matemáticas ¿se inventan o se descubren?* cuyo texto hemos extraído de la novela *La fórmula preferida del profesor*, de la escritora japonesa Yoko Ogawa. La cita es la siguiente:

—¿Qué especialidad de las matemáticas investigó usted en la universidad? —le pregunté, con la intención de hablar sobre algo relacionado con las matemáticas, en señal de agradecimiento por haber atendido a mi ruego y salido a la calle.

—Es un campo que suele llamarse la reina de las matemáticas —me comentó, después de un ruidoso trago de café—. Es tan hermoso como una reina, noble y al mismo tiempo cruel como un demonio. Es fácil de explicar en pocas palabras, pues son los números enteros que todo el mundo conoce. Estaba investigando la relación de los números 1, 2, 3, 4, 5, 6...

No esperaba que el profesor utilizara una palabra como «reina», que parecía salida de un cuento. Se oía el ruido de una pelota de tenis botando a lo lejos [...].

—¿Así que está usted descubriendo esa relación?

—Efectivamente, es un descubrimiento. No es una invención. Es como excavar y sacar de debajo de la tierra teoremas que ya existían mucho antes de que naciera, sin que nadie haya detectado su existencia. Es como transcribir línea tras línea una verdad que sólo está escrita en el cuaderno de Dios. Nadie sabe dónde está ese cuaderno ni cuándo se abre.

Al decir «teoremas que ya existían...», señaló el punto en el espacio que siempre fijaba cuando estaba «pensando».



Figura 3: Matemáticas + Literatura. Tarjeta *Las matemáticas ¿se inventan o se descubren?*

Además, en la otra cara de la tarjeta se incluía una sencilla caricatura, y una breve reseña, sobre el escritor o escritora.

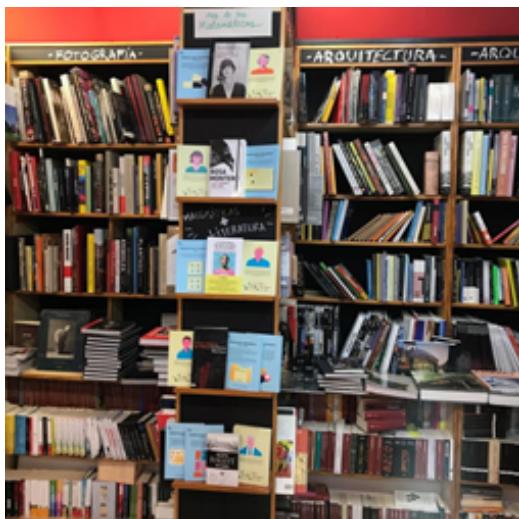


Figura 4: Librería en Bilbao con las tarjetas

bibliotecas públicas y centros culturales (se repartieron tarjetas en distintas bibliotecas de España, en algunas de las cuales se colocaron además carteles expositivos). Otra de las ideas a la hora de crear este material es que fuesen utilizadas como carteles que se

Se diseñaron veinte tarjetas que incluían citas de novelas de Haruki Murakami, Jacqueline Kelly, Guillermo Martínez, Yannick Grannec, Umberto Eco, Rosa Montero, Jonas Jonasson, Hanya Yanagihara, Ken Follett, Mateldi Asensi o Amin Maalouf, entre otros. Todas estas tarjetas pueden encontrarse, y descargarse si así se desea, en la [página del proyecto Marzo, Mes de las Matemáticas](#).

Este es un material, al igual que los otros dos que comentaremos a continuación, creado para utilizar en diferentes formatos y lugares. Como tarjetas se repartieron en librerías (por ejemplo, en algunas librerías de Bilbao, como la Librería Cámara, la Librería Louise Michel o la Librería Anti, entre otras) y en tiendas (como en la tienda de ropa Serie B de Bilbao), en

podían colocar en medios de transporte, ya fuese en el propio medio de transporte, en las instalaciones relacionadas o en las pantallas informativas en versión digital; y son ideales como pósteres para una exposición, ya sea en un centro escolar o un centro cultural; o para todo lo que se nos pueda ocurrir, el límite es nuestra imaginación.

1.9 Tarjetas Pasatiempos matemáticos

En el segundo tipo de tarjetas matemáticas, que denominados *Pasatiempos matemáticos*, se trataba de incluir problemas de ingenio de diferentes dificultades. En una de las caras de la tarjeta se incluía el enunciado del pasatiempo matemático, acompañado de una ilustración, mientras que en la otra cara se añadía información relacionada con el mismo. Por ejemplo, en las siguientes imágenes vemos un problema de ingenio cuyo título es *Aquí hay gato encerrado*.



Figura 5: Pasatiempos matemáticos. Tarjeta *Aquí hay gato encerrado*

El enunciado del problema *Aquí hay gato encerrado*, es el siguiente:

Hay 5 cajas numeradas del 1 al 5. Cada noche el gato duerme en una caja adyacente a la de la noche anterior. Cada mañana puedes abrir una caja y mirar si el gato está dentro. ¿Cuántos días necesitas para asegurarte de encontrar al gato?

Y el comentario que aparece en la otra cara es:

Este pasatiempo pertenece a la familia de problemas de tipo persecución-evasión (como el juego policías y ladrones), que son aquellos en los cuales un grupo –en este caso quien juega– intenta localizar a los miembros de otro grupo –el gato– en un entorno cerrado –las cinco cajas–. El rompecabezas fue presentado en 1999 por dos matemáticos rusos en el entorno de las olimpiadas matemáticas, aunque el estudio matemático de los problemas persecución-evasión se remonta a la década de 1970. En 2014 este pasatiempo se hizo famoso a raíz de su aparición, en una versión más general, en el periódico New York Times.



Figura 6: Pasatiempos matemáticos en las pantallas del transporte público de Tenerife.

Las diecinueve tarjetas pertenecientes a la clase *Pasatiempos matemáticos* (figura 6) pueden encontrarse también en la [página del proyecto Marzo, Mes de las Matemáticas](#), así como las soluciones a los diferentes pasatiempos.

De nuevo, este material se puede utilizar en diferentes formatos. Por ejemplo, en Bilbao las repartimos en algunos bares, librerías y comercios, en Tenerife se estuvieron mostrando en las pantallas del transporte público, o en La Rioja se hicieron cuadernillos y carteles expositivos para centros escolares y bibliotecas....

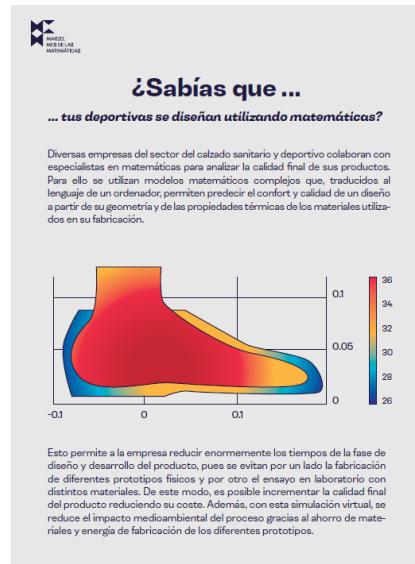
1.10 Tarjetas ¿Sabías que?

El tercer tipo de tarjetas es el denominado *¿Sabías que?*, que recogía aplicaciones de las matemáticas. Por ejemplo, en la siguiente imagen nos preguntamos *¿Sabías que ... tus deportivas se diseñan utilizando matemáticas?*

El texto de esta tarjeta es el siguiente:

Diversas empresas del sector del calzado sanitario y deportivo colaboran con especialistas en matemáticas para analizar la calidad final de sus productos. Para ello se utilizan modelos matemáticos complejos que, traducidos al lenguaje de un ordenador, permiten predecir el confort y calidad de un diseño a partir de su geometría y de las propiedades térmicas de los materiales utilizados en su fabricación.

Esto permite a la empresa reducir enormemente los tiempos de la fase de diseño y desarrollo del producto, pues se evitan por un lado la fabricación de diferentes prototipos físicos y por otro el ensayo en laboratorio con distintos materiales. De este modo es posible incrementar la calidad final del producto reduciendo su coste. Además, con esta simulación virtual, se reduce el impacto medioambiental del proceso gracias al ahorro de materiales y energía de fabricación de los diferentes prototipos.



la calidad final del producto reduciendo su coste. Además, con esta simulación virtual, se reduce el impacto medioambiental del proceso gracias al ahorro de materiales y energía de fabricación de los diferentes prototipos.

El contenido de esta tarjeta está basado en una investigación de los profesores J. Durany, L. Poceiro de la Universidad de Vigo y F. Varas de la UPM. Otras tarjetas también recogían aplicaciones actuales, como *¿Sabías que ... se puede cambiar la válvula aórtica usando matemáticas?* cortesía de Marcos Loureiro (UVigo), *¿Sabías que... las matemáticas permiten caracterizar una población?*, cortesía de María José Ginzo-Villamayor (USC), *¿Sabías que ... las matemáticas pueden ayudarte a salvar tus inversiones?*, cortesía de Carlos Vázquez Cendón (UDC), *¿Sabías que ... se utilizan matemáticas para diseñar los «brackets»?*, cortesía de Juan Viaño (USC), *¿Sabías que ... Suiza ganó la Copa América de vela gracias al uso de las matemáticas?*, cortesía de Alfio Quarteroni (Politecnico di Milano y EPFL) y *¿Sabías que ... las matemáticas son fundamentales en la predicción de tsunamis?*, cortesía del Grupo EDANYA(UMA). A todas estas personas queremos agradecerles su generosidad.

Las dieciocho tarjetas pertenecientes a la clase *¿Sabías que?* pueden encontrarse en la [página del proyecto](#). Y una vez más, este es un material que se podía utilizar en diferentes formatos y lugares. Un ejemplo ha sido la exposición, que se denominó también (en alusión al lema del *Día Internacional de las Matemáticas*) *Matemáticas para un mundo mejor* y que se organizó, junto a la exposición de fotografía matemática, del grupo Enfoque geométrico, *Geometría Natural*, en diferentes estaciones del Metro de Bilbao desde marzo hasta septiembre de 2021. Estas dos exposiciones han recorrido también diferentes ciudades de España: Logroño, Barcelona, La Laguna,

*Pedro Alegría Ezquerra y Raúl Ibáñez Torres
Coordinadores de tarjetas del proyecto*

1.11 Papiroflexia

La papiroflexia u origami (en japonés, oru=doblar y kami=papel), el antiguo arte de plegar papel, no sólo usa las matemáticas, sino que constituye un divertido recurso para visualizarlas y transmitirlas.

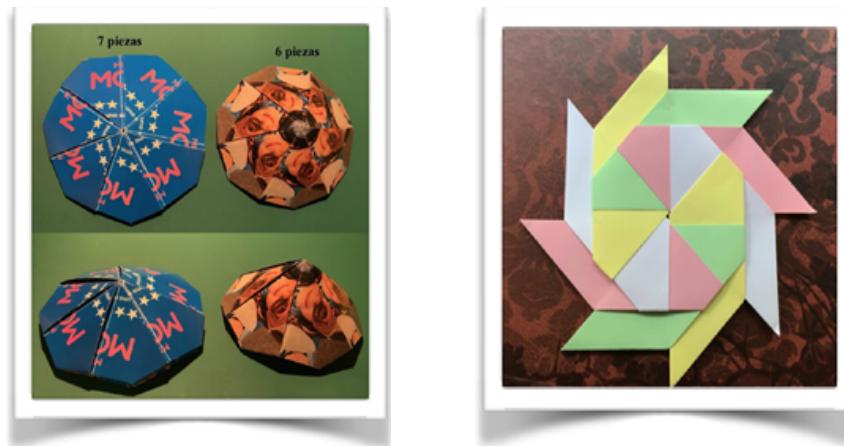
La relación entre ambas disciplinas es bidireccional. Por un lado, artistas de origami de todo el mundo utilizan métodos matemáticos para diseñar sus figuras de papel, y no solamente para diseñar objetos matemáticos tales como poliedros y teselaciones, sino que también se aplican para diseñar todo tipo de mamíferos, objetos, dragones, insectos, vehículos, etcétera. La explosión de creatividad que ha experimentado la papiroflexia en las últimas décadas se debe, entre otras cosas, a la aplicación de métodos matemáticos de diseño.

Por otro lado, la papiroflexia también ha sido fuente de inspiración para las matemáticas y para la ingeniería. Hoy en día las técnicas de origami se aplican con éxito al diseño de estructuras que se pliegan y despliegan de forma eficiente, tales como airbags de coches, paneles solares de telescopios (deben viajar plegados para después desplegarse de manera segura y eficiente en el espacio), e incluso stents (microtubos que se introducen en arterias u otros conductos obstruidos del cuerpo humano para después ensancharse).

Desde el proyecto *Marzo, mes de las matemáticas* hemos desarrollado dos tipos de materiales educativos relacionados con la papiroflexia: talleres y papiroproblemas . Ambos pueden visitarse en la [página web del proyecto](#).

1.12 Talleres de papiroflexia matemática

El equipo formado por Sandra Camiña Codesido, Maite Castro Bustelo, María Teresa Otero Suárez, María Trinidad Pérez López y José Ignacio Royo Prieto preparó la serie de talleres de actividades entorno a doce figuras de papiroflexia relativamente sencillas (una caja, un sobre en forma de barco, un octaedro, un dodecaedro rómbico, un cubilete para bolígrafos, un posavasos, un rosetón, una casa, una flor, teselaciones, y un marcapáginas). Cada taller va acompañado de una guía didáctica y un vídeo en el que se enseña cómo doblar la figura propuesta. Se trata de figuras diseñadas por auténticas primeras espadas del mundo del origami: Gay Merrill Gross, Robert Neale, Alfredo Giunta, Yuri Shumakov, Alice Gray, Nick Robinson, Michael Lafosse, Friedrich Fröbel y Mette Pederson, los cuales dieron amablemente su permiso para utilizarlas.



Cada taller consta, además, de varias actividades para realizar en el aula a propósito de cada figura, en forma de guía didáctica descargable en formato PDF. Las actividades de cada ficha se encuentran graduadas por su dificultad, desde un nivel inicial hasta un nivel mayor, de modo que cualquiera encuentre algo realizable sea cual sea su edad y nivel. Las guías se encuentran disponibles en varios idiomas (catalán, euskera y castellano).

Con motivo de la celebración del *Día Internacional de las Matemáticas* (14 de marzo), realicé una breve demostración de la 2-coloreabilidad del grafo de las figuras de papiroflexia planas ilustrándolo con el ejemplo de la pajarita de papel. La puedes encontrar en [este vídeo](#).

1.13 Papiroproblemas



Por otro lado, a lo largo del mes de marzo se ofreció una serie de papiroproblemas diseñados por Antonio Ledesma López. Los papiroproblemas son pequeños retos que persiguen ejercitar la visión geométrica, tanto plana como espacial, y la capacidad para realizar construcciones geométricas sólo doblando papel. Para resolverlos hay que aplicar buenas dosis de ingenio, pensamiento lateral y todo ello

sin perder el contacto físico con el papel, que permite la experimentación sensorial directa. Es esta una de las grandes capacidades pedagógicas de la papiroflexia. Se ofrecieron un total de 16 papiroproblemas (uno por cada día impar del mes de marzo), más otro especial el día del número Pi. Algunos de los papiroproblemas van acompañados de un vídeo donde se presenta el reto.

*José Ignacio Royo Prieto
Coordinador de materiales de papiroflexia del proyecto*

1.14 Material 3D y MathCityMap

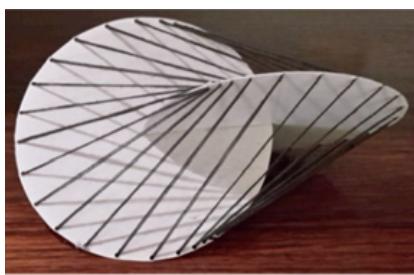


Figura 7: Oloid creado como envolvente convexa de una estructura de cartulina con hilos. Fuente: Wikipedia

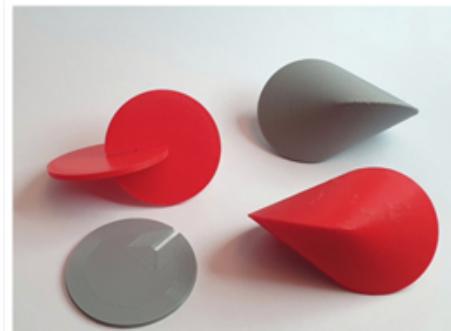
En algo tan sencillo como una rueda, inventada hace demasiado tiempo, se pueden encontrar muchas matemáticas. La circunferencia, el círculo o el cilindro nos aportan sus propiedades geométricas para facilitar el avance del mundo, con menos esfuerzo, mayor eficiencia y unos resultados increíbles. En #MarzoMates hemos divulgado las características de un objeto geométrico que puede también ayudar al mundo, el oloid.

Este objeto fue inventado por el matemático y escultor alemán, Paul Schatz (1898-1979) en su patente Tumbling Apparatus (aparato giratorio). Se define como oloid la figura geométrica generada

por la envolvente convexa de la figura formada por dos círculos de igual radio y encajados uno dentro de otro de forma que, la distancia entre los centros de las dos circunferencias sea exactamente el radio. Se puede visualizar un oloid en el siguiente [enlace de Geogebra](#) o en la construcción manual con cartulina y cuerdas de la figura anterior.

Con esta figura geométrica, hemos mostrando que un objeto que, aparentemente no tenía la posibilidad de girar, era capaz de desplazarse y de crear trayectorias en forma de doble infinito. Usando matemáticas hemos tratado de analizar sus dimensiones, sus relaciones numéricas y lo hemos representado mediante programas de modelado 3D y Realidad Aumentada. Con estos programas, hemos usado los dispositivos digitales para poder transformar las características geométricas de estos objetos. Mientras que, con la Realidad Aumentada, hemos podido visualizar las tres dimensiones de estos objetos sin la necesidad de disponer de su representación física.

Con el interés de manipular el objeto y facilitar el análisis de sus características geométricas, hemos puesto a disposición de todos aquellos interesados una colección de archivos para la impresión del oloid y de su esqueleto mediante impresoras 3D y una guía para iniciar su estudio. Así mismo, se han generado plantillas para replicar la construcción de la figura del inicio de esta sección y enlaces a Geogebra 3D para su visualización.



Pero esto no ha acabado con el oloide. Otras figuras geométricas como el Esfericón, el Tetraedro de Reuleaux o el Sólido de Steinmetz se pueden construir con esta capacidad de girar y desplazarse, aunque aparentemente no parezca posible y, ¿quién sabe?, alguno de los estudiantes puede utilizarla en sus futuros diseños para usar las matemáticas para un mundo mejor. Todo este material ha sido elaborado por Luisa Cuadrado Sáez, Tania Giraldo Sastre, Nelo Alberto Maestre Blanco, José Luis Muñoz Casado, Rafael Ramírez Uclés, Juan Miguel Ribera Puchades y Lucía Rotger García.

Por otra parte, desde el proyecto hemos colaborado con la creación de algunas visitas guiadas matemáticas con la aplicación **MathCityMap**. Esta es una aplicación para crear y experimentar paseos matemáticos a través de dispositivos móviles. Se puede instalar en iOS y Android y genera mapas con actividades. MathCityMap es la herramienta principal del proyecto europeo Mobile Math Trails in Europe, un proyecto Erasmus+, coordinado por la Universidad Goethe-Frankfurt (www.momatre.eu).

Desde el proyecto *Marzo, mes de las matemáticas* hemos ayudado a generar las rutas de Alcobendas, Málaga Alcazaba (Primaria), Málaga Alcazaba (ESO), Málaga Parque (Primaria), Málaga Parque (ESO), Jaén Primaria y Jaén (ESO). La comisión que ha preparado una guía para generar los contenidos de las rutas está formada por Ana García Lema, Julio Rodríguez Taboada (coordinador), Claudia Lázaro, María Consuelo Monterrubio, Pilar García.

Juan Miguel Ribera Puchades

Coordinador de material 3D y MathCityMap del proyecto

1.15 Escape Rooms

Como diría Miguel de Guzmán, «*la matemática ha sido y es arte y juego*». Y es que un juego matemático bien escogido puede conducir a la juventud, independientemente del nivel, a mejorar sus habilidades de aprendizaje debido a la motivación, el interés, el entusiasmo o la diversión.

Con esta finalidad, surge la idea de generar Escape Rooms virtuales para todos los niveles. En concreto, hemos generado las Escape Rooms virtuales para alumnado de primaria y secundaria *El Lado oscuro de π (secundaria)*, *El Lado oscuro de π (primaria)* y para el público en general *Una noche en el museo matemático*. Algunos de estos Escape Rooms están en varios idiomas de nuestro país.



En la primera de ellas, los más jóvenes pueden sumergirse en un viaje matemático por España con el interés de detener a un villano interesado en eliminar las herramientas tecnológicas a nivel mundial. Para ello, en cada una de las paradas distribuidas en el mapa español, se podrán encontrar diferentes retos que se deben responder matemáticamente con la finalidad de juntar las piezas del puzzle que llevan a derrotar al villano. En los retos, además, se puede disfrutar de elementos arquitectónicos representativos de la geografía española sobre los que se deben responder a las preguntas de

matemáticas formuladas. Además, las Escape se pueden encontrar también en Catalán, Euskera y Gallego.

En la segunda de las Escape Room, los participantes podrán acceder a un museo con salas dedicadas a diferentes referentes matemáticos como Sophie Germain o Alan Turing. La visita a cada una de las salas se debe realizar con mucho detenimiento porque esconde retos matemáticos y acertijos que, posteriormente, serán vitales para poder responder al reto final. Muy recomendable para jugar en grupo y descubrir todos los elementos escondidos sobre la aplicación web.

Para ambas opciones, se recomienda disponer de un ordenador con sonido sobre el que disfrutar de los vídeos y la música que se incluye. Todo ello, para poder pasar un rato entretenido con familia o amistades usando matemáticas para tratar de resolver los acertijos escondidos en la web.

*Juan Miguel Ribera Puchades y María Elena Vázquez Abal
Coordinadores de Escape Rooms del proyecto*



1.16 Sostenibilidad y matemáticas

Siguiendo la temática elegida para la celebración del *Día Internacional de las Matemáticas* del 14 de marzo de 2021, *Matemáticas para un mundo mejor*, en este proyecto hemos elaborado varias actividades didácticas, en diferentes formatos, cuya temática es la sostenibilidad. Las áreas elegidas han sido, el consumo de agua y el reciclado de residuos. Estas actividades están orientadas para la educación infantil y para el alumnado de educación secundaria.

1.17 Consumo de agua

1.17.1 Dimalitros: audiolibro ¿Pueden las matemáticas alertarnos del consumo de agua?

*Autoría: Mercedes Conde Amboage, Laura Calaza Díaz, Cristina Vilas Taboada
Ilustradora: Carla Garrido Puerta*

Se trata de un libro audiolibro (en formato online) con actividades para que niñas y niños se conciencien sobre el consumo del agua a través de las Matemáticas. Contiene dos documentos descargables: una plantilla para hacer cálculos sobre el consumo de agua y una hoja tipo póster para poder compartir sus reflexiones a través de las redes sociales con los hashtags #marzomates y #DiMaLitros. También es posible obtener de la página web el libro completo en formato pdf y hemos realizado una tirada de libros impresos para ser distribuidos. Este audiolibro es recomendable para niñas y niños a partir de 8 años.



1.17.2 Sostenibilidad y agua

Autoría: María Cristina Vilas Taboada

Esta actividad es una experiencia online creada y diseñada por María Cristina Vilas Taboada bajo la propuesta de la comisión de matemáticas del proyecto MARCO MÉS DE LAS MATEMÁTICAS. Con la colaboración de FECYT, Fundación BBVA, Fundación Mapfre y el Ayuntamiento de Vigo.

Esta actividad consiste en la realización de un estudio sobre el embalse de Zamáns (Vigo) a través del diseño de experimentos y recogida de datos. En su análisis, el alumnado trabaja el campo de las matemáticas, combinando la geometría y la estadística desde la perspectiva de resolución de problemas. Es una actividad online, cuenta con una guía didáctica y va dirigida al alumnado de educación secundario.

1.18 Tratamiento de residuos

Autoría: Israel García Alonso, Clara Jiménez Gestal y José Luis Ríos Calle

En el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas adopta la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En el centro de dicha agenda se encuentran los Diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que recopilan los principales desafíos de desarrollo para la humanidad y buscan garantizar una vida sostenible, pacífica, próspera y justa en la tierra para todas las personas, ahora y en el futuro. La educación tiene una gran responsabilidad ante los ODS, no en vano, prepara la sociedad del futuro y desde esa perspectiva es responsable de construir una sociedad consciente con los retos que los ODS nos ponen en nuestro camino.

En estas actividades se ofrecen propuestas de trabajo sobre los ODS en el aula, a través de la indagación y el uso de las matemáticas para explicar la realidad que nos rodea.

Se pretende, entre otras cosas, desarrollar los siguientes aspectos:

- Sensibilizar sobre el tratamiento de residuos.
- Indagar acerca de cómo estamos enfrentando y desarrollando el trabajo de los ODS en el entorno en el que nos encontramos.
- Hacer propuestas concretas que persigan acciones de concienciación, o bien de modificación de conductas, fundamentadas en el análisis realizado.

Estas propuestas se pueden descargar de la web del proyecto *Marzo Mes de las Matemáticas* en formato pdf y en los idiomas: castellano, euskera y gallego.

De forma más precisa, se han generado **situaciones de aprendizaje y talleres para Primaria y Secundaria**:

- Matemáticas y Sostenibilidad Primaria
- Matemáticas y Sostenibilidad Secundaria
- Matemáticas y Sostenibilidad Taller: Investigadores privados sobre la sostenibilidad
- Matemáticas y Sostenibilidad Taller: ¿Cuántos envases puedo meter en este contenedor de basura?

*Maria Elena Vázquez Abal
Coordinadora de sostenibilidad del proyecto*

1.19 Exposición de fotografía y concurso escolar

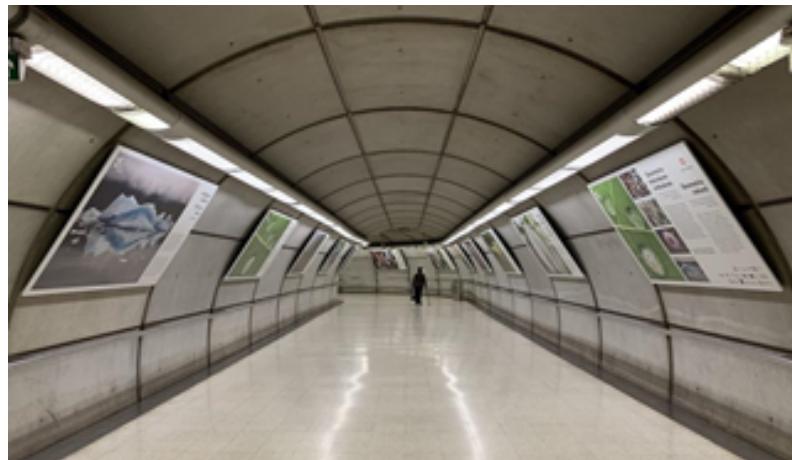


Figura 8: Exposición «Geometría Natural» en el metro de Bilbao

El grupo *Enfoque geométrico*, nos ha cedido la exposición de fotografía matemática titulada **Geometría Natural** para este proyecto. Inmaculada Gutiérrez, Pilar Moreno, Leopoldo Martínez y Lucía Morales han fotografiado estas preciosas imágenes y Pedro Alegria, Raúl Ibáñez y Marta Macho han redactado los textos que las acompañan.

El propio cartel de presentación de la exposición constituye una declaración de intenciones:

Dirige tu mirada a una flor, una planta, un animal o un paisaje, y sorpréndete con la geometría presente en la naturaleza. Las matemáticas nos ayudan a comprender el mundo

en que vivimos, pero también a crear un mundo mejor. Ojalá esta exposición provoque tu deseo de saber más, de conocer, de investigar y de descubrir las respuestas a los enigmas que la naturaleza nos propone.



La exposición va acompañada de **audios** que reproducen los textos que incluyen cada una de las láminas. Esta exposición ha sido exhibida en diferentes estaciones del Metro de Bilbao desde marzo hasta septiembre de 2021 o en la Biblioteca Rafael Azcona y el complejo científico de Logroño.

Junto con la exposición, se lanzó el concurso escolar **Matemáticas con un clic** en el que se ha premiado a 15 fotografías de entre unas aproximadamente 1200 que optaron a este concurso.

En Caldas de Reis (Pontevedra), localidad del alumno que recibió el premio especial del concurso, se ha realizado una exposición al aire libre durante los meses de julio y agosto de 2021 de las fotografías de los ganadores del concurso.

*Raúl Ibáñez Torres y Edith Padrón Fernández
Coordinadores de materiales asociados a fotografía matemática*

1.20 Conferencias, monólogos y talleres

Desde diciembre de 2020 hasta principios de junio de 2021 hemos organizado diferentes conferencias y talleres online: **24 conferencias, 11 talleres y 17 monólogos**. Se han abordado en los mismos temáticas tan diversas como el uso de las matemáticas en la arquitectura, poesía visual y matemáticas, la geometría del sistema solar, el origen del calendario, una versión matemática del Mago de Oz y los secretos geométricos del diseño y de la moda. Se han presentado algunos pasatiempos matemáticos del gran divulgador Martin Gardner y las aportaciones de los matemáticos y matemáticas que recientemente han sido galardonados con el premio Princesa de Asturias. También se ha analizado cómo las matemáticas ayudan a entender el funcionamiento del corazón y cómo pueden convertirse en una herramienta artística. La matemática del COVID19 o la que se esconde en algunos deportes como el fútbol o el baloncesto han sido, como el resto, conferencias muy aplaudidas por el público. Se han impartido talleres orientados al mundo infantil tales como cuentos y juegos matemáticos. Hemos aprendido cómo optimizar la cata de alimentos y nuevas herramientas educativas relacionadas con las matemáticas. Todos ellos y algunos otros se pueden encontrar grabados en nuestro **canal de Youtube** en donde tenemos casi un millar de suscriptores, con algo más de 32.000 visualizaciones. Estas actividades fueron retransmitidas en directo por zoom con una media de 70 asistentes por conferencia. En nuestro formulario de inscripción para recibir información de la programación de estas charlas se apuntaron 1.170 personas.

El 14 de marzo de 2021 hicimos una gala especial de 3 horas que tiene en la actualidad

casi 7.800 visualizaciones con la participación de muchos divulgadores y divulgadoras de nuestro país. Con esta actividad celebramos conjuntamente este día tan especial.



*Edith Padrón Fernández
Coordinadora de conferencias, monólogos y talleres*
