



## EXPOSICIÓN DE AGAPEMA

Inés Ben González

Manuel Díaz Regueiro

Comité Organizador

### Resumo

Escribimos en ton coloquial estas liñas, a modo de presentación, de explicación, de historia, de cómo se fai, de que fixemos nestes últimos anos neste campo, de o porque o facemos, de para que, de como e incluso de cal é a mellor forma de recibila e aproveitala nun centro.

### Abstract

We write this paragraph to introduce and explain what we have been doing during these last yaers and are doing now. We also want to show why and what for we are working about and even our aim is to indicate the best way to put this into practice at school.

### INTRODUCCIÓN

Os obxectivos omnipresentes nas exposicións interactivas de *AGAPEMA* son os de promover a cultura científica na sociedade galega, atraer aos rapaces e rapazas cara ás carreiras científicas e mostrar que se pode gozar coa ciencia, ao mesmo tempo que se aprende, a través de actividades de carácter lúdico.

Ademais, en cada unha das edicións pretendemos contribuír, en algunha medida, á consecución de distintos obxectivos específicos.

A título indicativo, reflectimos aquele que nos guiaron na edición do 2008: *Escher e matemáticas*.

Fomentar na xente nova unha relación, distinta da habitual, co coñecemento, para propiciar o seu desenvolvemento harmonioso e integral. Romper os límites disciplinares e potenciar a integración da ciencia con outras áreas de coñecemento.

Analizar as semellanzas e diferenzas na construción do coñecemento nas artes e na ciencia. Explorar e visualizar conceptos matemáticos a través da arte. Recoñecer o papel das matemáticas, especialmente da xeometría, na base dalgunhas propostas artísticas e na arquitectura contemporáneas.

Aprender a gozar coa beleza da arte e da ciencia; aprender a mirar e interpretar a realidade a través da arte e da ciencia.

### EXPOSICIÓN COMO MEDIO DE PRESENTACIÓN DE CULTURA CIENTÍFICA

Se buscamos o significado de exposición atoparemos que, en primeiro lugar, ten unha connotación cultural. Polo xeral, asociamos este termo coa pintura, escultura ou outra manifestación da arte. Lembraremos, tamén, as exposicións que sobre os e as personaxes galegas que se conmemoran cada ano chegan aos centros educativos.

Despois de catro anos facendo das matemáticas o eixe de exposicións que visitan, solicitan e expoñen moitos dos centros educativos galegos, agora xa podemos considerar que as exposicións de *AGAPEMA* tamén acadaron a categoría de referente cultural.

Porén, contribuímos a facer culturalmente visible a nosa materia e tamén a acadar un dos obxectivos destas exposicións: mostrar as matemáticas como cultura.

### EXPOSICIÓN COMO ACTIVIDADES LÚDICAS

Outro dos sinais de identidade que apuntábamos é o aspecto lúdico, pois o sufrimento non é necesario para gozar das matemáticas.

Aínda que en todas estivo presente este aspecto, fíxose máis manifesto en *Matemáticas para disfrutar*. Esta foi a única exposición canónica, como debe ser, xa que nela, na súa elaboración, participaron cando menos máis dunha ducia de socios e socias de *AGAPEMA*. Neste caso resaltamos que tamén contou cun número especial de Lemniscata

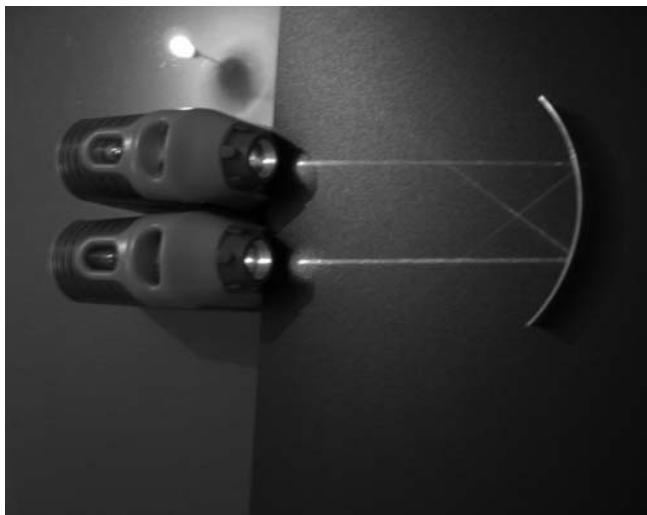
titulado precisamente así, *Matemáticas para disfrutar*, no que figuran os seus autores.

Esta exposición, en gran parte subvencionada polo Concello de Lugo –feito que agradecemos especialmente á súa concelleira de Educación, Loli Vieiro–, foi a base duns concursos de éxito titulados *Muralla Matemática* en Lugo, nos que destacamos a colaboración anual de máis de cincuenta estudantes da Escola de Formación do Profesorado.

Unha vez iniciada esta senda, e a pesar do cansazo dos colaboradores iniciais, en dúas persoas do grupo prendeu o interese e tomaron o relevo para seguir creando exposicións nos anos seguintes. Tratouse sempre de presentar unha temática matemática e/ou científica desde un punto de vista divulgativo, presentando aspectos pouco coñecidos, sorprendentes, lúdicos, amables ou curiosos.

### COMO SE FAN?

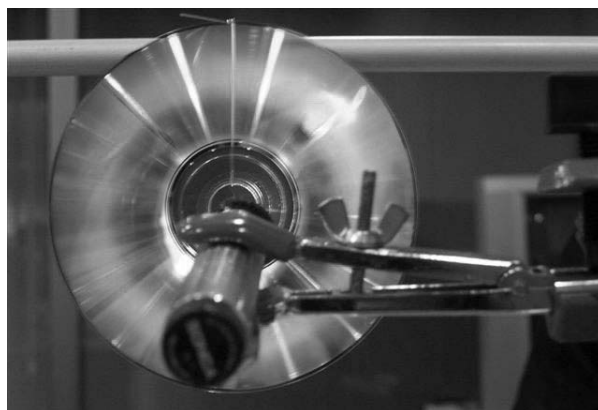
Máis dunha vez teñen preguntado onde mercamos as exposicións. Aínda que temos materiais adquiridos en Madrid, Porto, Toulouse, París ou Londres -cando non en centros de Vigo, A Coruña, Santiago ou Lugo-, para facer unha exposición *agapémica* intentamos conseguir aparellos ou materiais da vida cotiá que, en principio, non se pensa que poidan ser obxecto de presentación nunha exposición, mostrando o camiño para a reprodución dos experimentos e o uso de materiais sinxelos como base, tanto para as explicacións científicas no seno da exposición como para o seu emprego na aula.



Parábola-láser

Outros materiais foron deseñados por nós e encargados expresamente para as exposicións en carpinterías (así, por exemplo, o periscopio, certos caleidoscopios, o multiplicador de imaxes, a caixa do infinito), ou en empresas dedicadas a elaborar materiais didácticos, como a de Xulio Ferro, (icosaedro áureo, identidades notables) á que lle mercamos

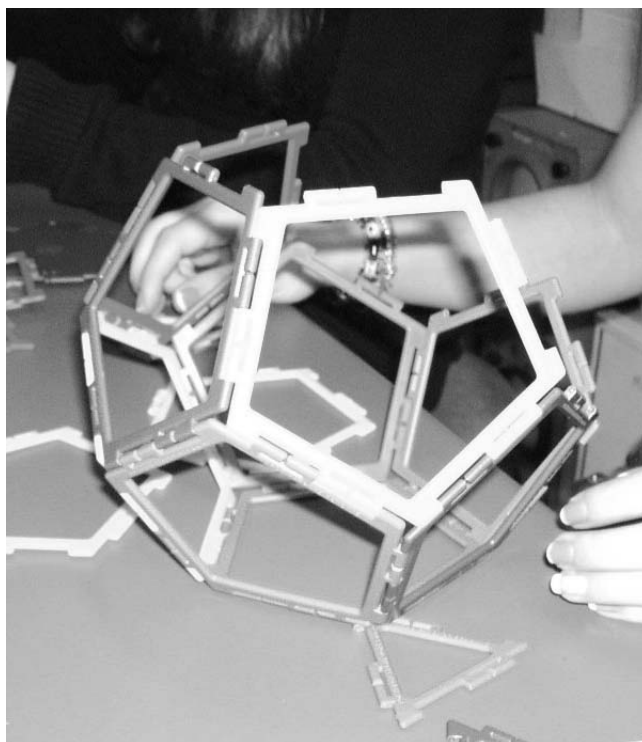
tamén crebacabezas matemáticos interesantes.



CD irisado

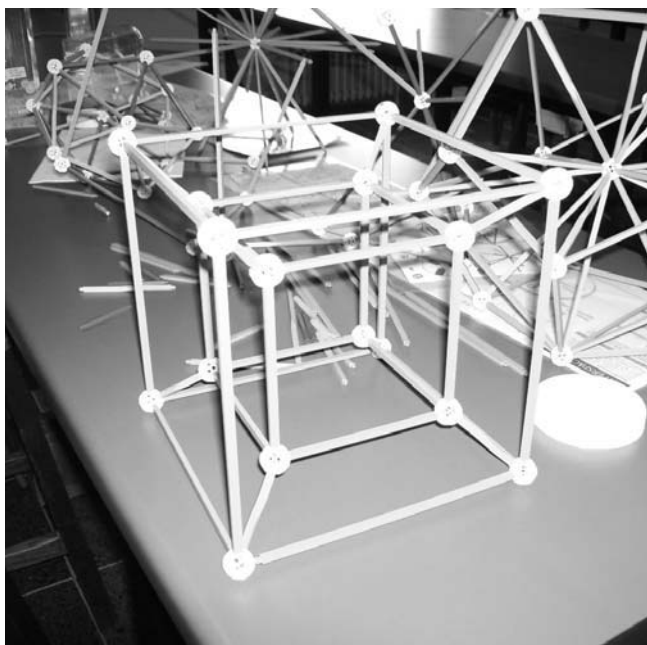
As casas especializadas en material de ciencias e matemáticas supoñen outra vía de información sobre modelos a usar nas exposicións. Así, na viaxe que fixo Manuel Díaz a Londres con motivo da Feira Bett (á que tamén asistiu o grupo *EDiga*), en xaneiro de 2008, tivo ocasión de recoller catálogos de aparatos de ciencias e matemáticas. Desta maneira nutrimos as exposicións.

Do material que difundimos, un dos máis exitosos é o polydrón, dunha marca inglesa pero que é posible mercar en Porto.



Montando o polydrón

O *Zome* é un interesante material 3D dunha casa americana.



Creación de figuras xeométricas con *Zome*

En resumo, nas exposicións hai material comprado que, fundamentalmente, introdúcese porque ten éxito noutros países como material educativo. Pero a idea, a realización, a recompilación de textos e, tamén, a creación doutros textos e materiais, son da autoría de só dúas persoas; unhas veces predomina a man dunha e outras doutra. A firma Ben predomina en *Explorando coa Luz. Xeometría 3D* ten a impronta de Manuel Díaz. *Escher e matemáticas* é de autoría compartida.

### O ÉXITO: ANÁLISE DOS MÓDULOS ACTUAIS

Sen dúbida o éxito teremos que medilo polas peticións e as visitas do alumnado e do profesorado. Se nos cinguimos aos dous últimos anos, as exposicións do ano 2006, *Explorando coa Luz* e *Xeometría 3D*, foron visitadas durante a semana da ciencia por máis de mil persoas, e despois percorreron diversos centros educativos acadando un total de 6000 visitantes.

Con todo, estas cifras son superadas no 2007 pois *Escher e matemáticas* tamén recibiu na semana da ciencia un número de visitas semellantes pero no percorrido polos centros, de xaneiro a xuño do 2008, achegáronse aos 12000 participantes. A relación de centros educativos e número de destinatarios está reflectida na web da asociación así como o tempo de permanencia que, como media, acostuma a ser de unha semana de duración.

Á luz das experiencias das tres edicións anteriores da semana da ciencia, cando menos podemos asegurar que o gozo e motivación do alumnado están asegurados en gran

medida. As análises sobre as exposicións que se recollen en *GAMMA 8* e os mesmos comentarios que, ás veces os profesores e profesoras nos fan chegar do seu paso polos centros, consolidan a idea destas exposicións como éxito de cara ao ensino galego. Tamén está no noso ánimo aportar novas ideas, recursos e estratexias ao profesorado.

### EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES INTERDISCIPLINARES

A realidade, ademais de testán é complexa. É moi difícil sacar á luz nunha exposición interactiva realidades matemáticas puras así que, tomando como referencia *Explorando coa Luz*, utilizamos a luz (o corpo de Deus para Pitágoras) como elemento aglutinante de fenómenos e descubrimentos matemáticos asociados a ela como códigos de barras lidos cun lector láser, a astronomía e descubrimentos astronómicos como o de Eratóstenes de Alexandría, o principio de Herón e de Fermat, toda a óptica xeométrica e innumerables aplicacións, ademais de aspectos da visión 3D, de aspectos físicos, incluso de percepción, como ilusións ópticas que a complementan.

Pensamos que estas ideas, ademais de ir na dirección das competencias básicas que promove a LOE ou a UE, tamén están en sintonía coa nova teoría da complexidade que mencionábamnos no número anterior de *GAMMA*, na que o total non é igual á suma das partes (se o fenómeno é linear, si, pero non ser igual é, xustamente, o criterio que distingue funcións lineares nas que  $f(a+b)=f(a)+f(b)$  das que non o son). Así, en situación de complexidade e de aprendizaxe complexo non vale a “teoría do reloxo”, segundo a cal unha persoa comprende como funciona se, unha vez desmontado, se lle mostra peza a peza pois, de modo natural, sería quen de facer que todo “encaixe”. Pola contra, a natureza do reloxo está nos mecanismos que relacionan as distintas pezas e este é incomprendible se non se estuda funcionando, de modo vivo e natural, e non só se se analizan as pezas de modo illado.

### EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES DE VISUALIZACIÓN

No artigo *Martingalas*, deste mesmo número de *GAMMA*, xa se incide na importancia da visualización como unha actividade necesaria na clase de matemáticas. Todo o que alí se expón é aplicable como fundamento das exposicións.

Varios autores resaltan o seu papel na construción do pensamento matemático:

*A énfase está en subministrar ao observador pistas visuais que estimulen o seu pensamento matemático.*  
(Roger B. Nilsen, *Proofs without words II*)

*As imaxes visuais son unha ferramenta vital para os profesores e os matemáticos. Penso que unha persoa*

*educada é aquela que pode pensar de modo independente e que moitos dos seus pensamentos matemáticos están soportados en imaxes visuais. Polo tanto eu considero que a tarefa dun profesor de matemáticas é pintar as imaxes que permitan aos estudantes pensar por eles mesmos.* (Steve Abbott)

Con ser este aspecto moi importante, tamén queremos resaltar que esa característica tamén cumpre outra función, a de converter as exposicións nun contorno que atrae, chama a atención, sorprende, abraia, etc... É dicir, un contorno distinto do habitual na clase de matemáticas ou de ciencias. Menos ríxido e máis amable, polo que o alumnado agrádece interesándose por el.

### **EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES CONSTRUTIVAS**

As actividades deseñadas na exposición queren ser un recurso que posibilite a adquisición por parte do alumnado de contidos conceptuais, procedimentais e actitudinais, que conecten co que el xa sabe e reduzan os erros conceptuais que son uns dos principais atrancos no proceso da súa aprendizaxe. Coa finalidade de salientar este aspecto, non dubidamos en engadir dúas citas ao respecto:

*Este alumnado –en referencia ao que visita museos interactivos– presenta en moitas ocasións erros conceptuais, interpretacións erróneas de conceptos ou procesos científicos. Neste contexto, a aprendizaxe comprende non só a adquisición de feitos e conceptos científicos, senón tamén aspectos como a aplicación das ideas aprendidas, o cambio dalgunhas actitudes, experiencias novidosas, conversacións e interaccións socialmente mediadas entre os grupos de alumnos... porque, sen dúbida, un efecto sociocultural agranda as vantaxes para a aprendizaxe e desenvolvemento das oportunidades educativas que ofrecen moitos escenarios non formais.* (Tuckey, 1992).

*Pero o termo aprendizaxe cando se asocia a unha actividade non regrada como esta, ten unha definición moi ampla. Non obstante podemos dicir que hai aprendizaxe significativo si o obxecto da aprendizaxe pode substancialmente relacionarse co que o alumnado xa sabe, ademais hai unha serie de posibles procesos considerados no deseño e filosofía destes módulos, que intencionalmente tratan de favorecer un proceso de aprendizaxe, aínda que non hai que esquecer que estes aprendizaxes teñen un carácter non institucional, xa que os visitantes deciden o que queren aprender e son libres de planificar incluso cómo.* (Lewin, 1993).

### **EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN DE COÑECEMENTOS CIENTÍFICOS ACTUAIS NO SEU CAMPO**

Non en todos os campos da ciencia estanse a producir

acumulación de coñecementos exponenciais. A xenética é un campo no que si se produce esa acumulación e, polo tanto, o profesor de bioloxía debe estar atento ás últimas novidades, porque poida ser que teña que cambiar o que está a dicir na clase de secundaria. En matemáticas isto non ocorre tanto, ou será quizais que o profesorado entende que os campos nos que se moven as novidades en matemáticas atenden a campos fóra do interese e da motivación do alumnado e del mesmo?, sen ter en conta que unha parte considerable de coñecementos matemáticos interesantes foron conseguidos a través das ideas e creacións de afeccionados. Poida que outros coñecementos formais, si presentes nas aulas, sexan tal vez interesantes para que os ordenadores os comprobren, pero non persoas vivas e interesadas na vida.

Todo este preludeo é para dicir que temas como a rixidez (cando unha estrutura é ríxida?), novos poliedros con propiedades curiosas, xeometría non euclídea e arte, por exemplo son temas que aínda que novidosos, admiten perfectamente a súa divulgación e polo mesmo están presentes nas exposicións.

En resumo, divulgar as matemáticas e os seus aspectos máis interesantes, a súa importancia en novas ideas e concepcións, tamén é un dos obxectivos destas exposicións.

### **EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES DE MANIPULACIÓN, AS EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES INTERACTIVAS E PARTICIPATIVAS**

*Se me falas, escoitarei. Se me amosas, mirarei. Se me deixas experimentalalo, aprenderei.* (Lao-Tse)

Os módulos están deseñados dunha forma sinxela de modo que, manipulando unha simple figura, ou colección de obxectos, obtense o efecto desexado, xa que, como todos sabemos, o que se fai retense máis e mellor que o que simplemente vemos. Prohibido non tocar, como dicíamos nos folletos das exposicións. Acentuamos o aspecto manipulativo aínda en exposicións que como Escher, préstanse mellor á contemplación e ao deleite dela.

Xa que logo, o importante non é só ver, a manipulación é un xeito de poñer os cinco sentidos na aprendizaxe e, di Lao-Tse, normalmente obteremos mellores resultados poñendo en xogo os cinco sentidos e con eles unha certa manipulación de obxectos na procura de entendemento.

Con todo, un dos riscos a evitar é que todo se quede na pura manipulación sen darlle o sentido do que queremos conseguir en cada actividade. Sabemos que non se le o texto do manual do teléfono, cámara de fotos, televisor nin impresora que desembalamos e empezamos a usar presumindo do sentido intuitivo que debe ter un aparato para que o aceptemos; o mesmo lle pasa as actividades da exposición, que deben ser tales que se poidan facer con pouca ou case ningunha lectura, aínda que recomendamos e fomentamos esa lectura, por riba da preferencia da manipulación pola mani-

pulación, sen reflexión.

Tratamos de reter a atención do visitante e o que ten que ver está relacionado co deseño, cunha presentación dinámica e orixinal, non esaxerando a abstracción, tendo un nivel accesible de abstracción e complexidade científica.

Así que manipular para poder entender determinados principios científicos e técnicos, é un dos principios que queremos manter nas exposicións.

### EXPOSICIÓNS COMO ACTIVIDADES QUE PRECISAN DUNHA AMPLÍSIMA BIBLIOGRAFÍA

Se falabamos antes da necesidade de estar atentos e cobizosos de exemplos, de exemplificacións dun concepto, da procura de material que sirva para a exposición, non é menos importante a procura de textos explicativos, de imaxes, de ideas. Un primeiro lugar para a busca é Internet, naturalmente. Pero ao final é preciso recorrer a toda bibliografía existente sobre o tema.

Así, tomando agora como exemplo a *Xeometría 3D*, fanse imprescindibles os libros sobre poliedros, a maioría dos consultados están en inglés e algún en castelán, aínda que moitos dos problemas son de *nrich* –un lugar en Internet da Royal Institution británica–, para dar a coñecer miles de problemas que poden enriquecer as clases de matemáticas de secundaria.

Claro que non sempre se atopa o que se pretende. Libros como *Three dimensional theorems for schools* de Christopher Zeeman, que promete ser unha fonte de ideas

para *Xeometría 3D*, sería un bo libro para explicar ese tema nas escolas, pero del realmente só hai ideas en un ou dous carteis de dita exposición.

### O USO DE PROGRAMAS DE ORDENADOR, DAS TIC NAS EXPOSICIÓNS

Procuramos que haxa programas informáticos como “Xerador dos 17 grupos de simetría planos” ou “Escher” –en Escher e matemáticas– que complementen as exposicións dando, neste caso, vida e lugar á idea bastante abstracta por si mesma, de que con só 17 grupos de simetría se pode xerar calquera tipo de recubrimento do plano ou imaxe plana, asentando conceptos como a figura base, que se escolle de cada vez ou o patrón. En óptica, menos en explorando coa luz.

### ANTES E DESPOIS DAS EXPOSICIÓNS

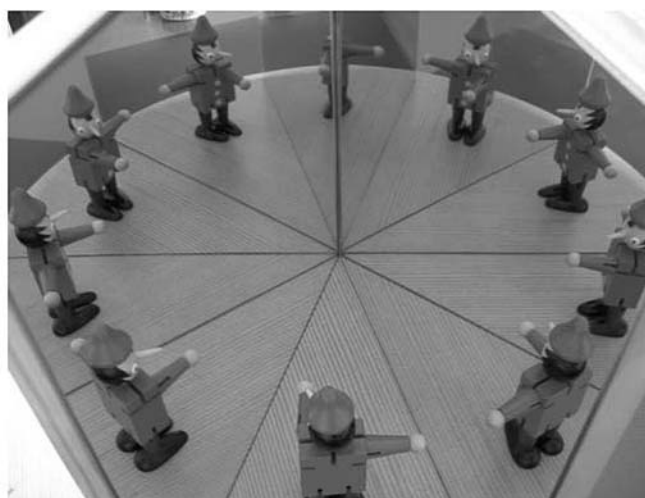
Ver o que saben, ler, buscar en Internet, en dicionarios, en libros, facer unha charla introdutoria, son actividades que recomendamos ao profesorado que fomenta e traballe co alumnado cando están a preparar a visita da exposición.

Así, na de Escher, o lóxico é que se recomende a lectura de libros sobre el, as súas amizades con matemáticos, as diversas relacións do seu arte coas matemáticas, etc...

Tamén cómpre reflexionar sobre o aprendido despois da visita, ben en espazos adecuados na propia exposición ou mediante postas en común das impresións recibidas nas aulas escolares ou traballos para afondar no tema aproveitando a motivación suscitada.



Exposición de Escher



Efectos visuais dos espellos

Estamos preparando cuestionarios que permitan determinar no futuro as melloras necesarias das distintas actividades. Con aqueles que estean dispostos a participar, formaremos pequenos grupos de traballo para analizar a información que se ofrece en cada módulo, adaptala a un nivel educativo concreto e para elaborar unha actividade para desenvolver posteriormente na clase con relación a dito módulo.

Todo este traballo realizado na aula poderíase converter, á súa vez, noutra exposición: expoñer na aula os resultados da visita será o mellor modo de reafirmar o aprendido.

## CONTRIBUCIÓN DAS MONITORAS E MONITORES

En todas as exposicións realizadas na semana da ciencia, en novembro, tivemos a oportunidade de contar coa colaboración de monitores e monitoras, alumnos e ex-alumnos e alumnas da Escola do Profesorado de Maxisterio de Lugo (coas que contactamos grazas á colaboración de Ángeles García Losada), que asumiron moi rapidamente o papel de intermediarios na exposición, de facilitadores do coñecemento ao alumnado.

Moita da ilusión e a sorpresa coas que son recibidas as exposicións polo alumnado é transmitida a través das inter-

pretacións destes monitores e monitoras. Non hai que dicir que no caso dos centros educativos o papel fundamental o teñen os profesores e profesoras que solicitan a exposición, atenden as explicacións da nosa monitora no 2008, M<sup>a</sup> del Camino Pereiro González, e, fundamentalmente transmiten a ilusión, o gozo e a sorpresa ao alumnado. A todos eles e a todas elas, o noso máis forte agradecemento pois son unhas das pezas fundamentais da exposición, pois sen eles e elas sería difícil levalas a cabo.

## AGRADECEMENTO Á CONSELLERÍA DE INNOVACIÓN

Queremos lembrar que non existirían as exposicións de AGAPEMA sen a posibilidade de realización que deron as sucesivas convocatorias de *Semana da Ciencia* da Dirección Xeral de I+D+i. As facilidades dadas por esta Dirección Xeral fixeron posible que timidamente nos meteramos en berenxenas burocráticas e de todo tipo sen os que sería imposible levar adiante o proxecto interior de dar a coñecer o lado máis amable da ciencia.

Unha serie de casualidades e o traballo dedicado dos asinantes fixo posible que as últimas exposicións de AGAPEMA fosen unha realidade.

## Bibliografía

---

ABBOTT, S. (2001): "Vision and Visualizations", *The mathematical Gazette. Journal of the mathematical association*, novembro, 504, London.

DÍAZ REGUEIRO, M. (2008): "Martingalas", *GAMMA* 8, 73-76.

VARELA CALVO, C.; STENGLER, E. (2004): "Los Museos interactivos como recurso didáctico: El Museo de las Ciencias y el Cosmos", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 3, 1.

ZEEMAN, C. (2005): "Three dimensional theorems for schools", *The mathematical association*, Leicester.

---