



Federación Española de Sociedades de
Profesores de Matemáticas



Sociedad Castellano Manchega de
Profesores de Matemáticas

ACTAS DEL CONGRESO DE MATEMÁTICAS XII JAEM

CONFERENCIA

CLAUDI ALSINA

ISLA INNOVACIÓN EL CRUCERO MATEMÁTICO DE NUESTRA VIDA

Resumen: Tras presentar el Buque Queen Hipatia 2 se describirá con detalle el itinerario propuesto para la visita a Isla Innovación y sus más entrañables rincones, desde Puerto Esperanza al Faro de Referentes, pasando por Technoland, Curriculum Park, Salto del Atrevido, Parque de los Descubridores, Río Nuevo, Mirador de Torre Marfil, El Valle del Suspenso, etc. La naviera Costa Matemática les desea que disfruten cada día y les agradece de antemano que hayan optado por este viaje.

Esta conferencia, dedicada al sentido de la innovación en la enseñanza de las matemáticas, tiene como origen las conclusiones que Anne Watson (Universidad de Oxford, UK) y este conferenciante sacamos en ICME-10 como organizadores del TSG14 “Innovative approach to the teaching of mathematics”. Pero en lugar de una exposición académica

convencional, y por aquello de predicar con el ejemplo la conferencia tendrá formato de crucero. ¡Buen viaje!...

En nombre de la naviera Costa Matemática es un placer darles la bienvenida a esta presentación orientativa sobre el crucero a Isla Innovación que se realiza anualmente en el Buque Queen Hipatia 2.

El Buque Queen Hipatia 2

La siguiente ficha les da los detalles de este gran buque:

[FICHA TÉCNICA]	Buque Queen Hipatia 2
CATEGORIA	*****
AÑO DE BOTADURA	1988
REGISTRO BRUTO	Preparado para pesadas cargas
ESLORA / MANGA	Infinita / ancha
TRIPULACIÓN	FESPM
PASAJEROS	Estudiantes de 0 a 18 años
RATIO DE TRIPULACIÓN POR PASAJERO	1 tripulante por cada 25
CORRIENTE ELÉCTRICA	220 voltios
IDIOMA A BORDO	Español / Inglés
MONEDA	Euro

La tripulación será alojada en la Cubierta Puig Adam en camarotes-suites para grupos y desarrollará sus actividades en el resto de cubiertas de pasajeros y puente de mando. Los pasajeros se distribuirán en la Cubierta Montessori los de Infantil, en las seis Cubiertas Z.P. Dienes los de Primaria y en las seis Cubiertas José Estalella los de Secundaria. Noten que en el buque no están los de universidad por estar estos, como veremos, navegando a la deriva.

El Buque Queen Hipatia 2 dispone, además de los convencionales bares, restaurantes y piscinas, de las siguientes facilidades

- Problemería de lujo
- Zona de belleza y Spa
- Sala de juegos y talleres
- Zona de vida cotidiana
- Biblioteca, sala informática y Internet café
- Observatorios de la Naturaleza
- Discotecas matemáticas
- Salas de recuperación
- Teatro, cine y varietés

Durante el primer día de navegación se informará a los pasajeros como deben actuar en caso de emergencia y cuales serán las características del viaje y los objetivos durante la travesía y durante las visitas a efectuar.

Viaje a Isla Innovación

Isla Innovación está situada en dirección Norte, en el Mar de las Ilusiones, un mar movido pero siembre bello y cuyas aguas acarician las bonitas playas de la isla.

El Buque Queen Hipatia 2 se destinará exclusivamente al crucero de Isla Innovación por tanto las fechas previstas de llegada y salida son:

Fecha de salida: 15 de setiembre	Fecha de llegada: 22 de junio
Hora de salida: 9:00	Hora de llegada: 16:30/18:00

Durante los días de navegación todas las actividades se realizarán a bordo. Durante las escalas tripulación y pasajeros tendrán oportunidades de conocer nuevos horizontes.

Las únicas recomendaciones que deben hacerse para el viaje es que vayan ligeros de equipaje. *Innovar no es añadir cosas sino probar recursos nuevos.* Una mochila para las nuevas iniciativas, unas zapatillas cómodas para poder visitar muchas cosas y, muy importante, unas gafas de sol para no deslumbrarse.

Puerto Esperanza

Llegar a Puerto Esperanza es siempre un placer, pues justo al descender del buque nos hallaremos en la zona Futuro. *El futuro está en la innovación.* Todos ustedes como capitanes y tripulantes de la travesía hacen siempre lo mejor para tener una feliz travesía pero al final de trayecto está el futuro esperando a los pasajeros. Y este futuro, que como dijo Paul Valery: “*ya no es el que acostumbraba a ser*”, exigirá una inequívoca preparación para abordar cambios continuos. El mundo de hoy ya es otro mundo, un mundo que añora la máquina de vapor y se asombra con la cibernética. Pero la máquina de vapor no volverá. Y lo que está por venir tampoco es la cibernética de hoy. *La innovación no es solo una renovación de repertorios docentes sino una forma de abrir las mentes a actitudes inteligentes ante los cambios.*

Currículum Park

En este gran parque temático tendremos que elegir entre algunas de sus ofertas pues las limitaciones horarias y organizativas no permiten verlo todo a la vez.

En el acantilado que delimita el parque antes había un castillo y ahora hay un santuario, pero sigue existiendo la Atalaya Curricular instalada en el Monte de la Desconfianza desde donde se dan señales, no siempre visibles, de por donde debería ir la cosa fijando los sorprendentes “mínimos”. Como dijo Barry McGhan “*los estudiantes son pasajeros, los profesores son la tripulación y la administración la que pone los radares*”.

Los innovadores/innovadoras siempre han tenido en cuenta las indicaciones de la Atalaya Curricular pero siempre han confiado como Quique Neiras en *poder ir más allá*, o como dice el rector de la UOC, Gabriel Ferraté: “*todo lo que no está expresamente prohibido, se puede hacer*”.

Podrán observar que a los innovadores, les delata el hecho de que cuando leen los decretos de la Atalaya curricular inmediatamente hablan de *como aprovechar al máximo el margen de interpretación que tienen* estos decretos. No obstante, en Currículo Park existe una abundante fauna salvaje de loros y dinosaurios.

En el Pabellón del Olvido regalan canapés cada vez que alguien les entrega “algo obsoleto dejado de explicar” y en el Pabellón del Cambio regalan cava a los que “proponen novedades”. Por todo ello *si dejamos de explicar lo anticuado e introducimos novedades* obtendremos una combinación perfecta. Desde la Atalaya deben entender que para hacer esto posible necesitamos *Centros de Innovación* que no solo son programas experimentales y centros de recursos sino también centros donde un profesorado inquieto e innovador pueda desarrollar sus actividades como centro. La innovación aislada pierde eficacia y los innovadores, vista la fauna salvaje, deben ser una especie protegida.

Es tiempo de escribir una primera postal:

INNOVACIÓN TEMÁTICA	· Nuevos conceptos y temas · Nuevas estrategias · Nuevas competencias
---------------------	---

En la Expo de Currículum Park pueden contemplar bonitos ejemplos de Currícula interesantes: el danés, el holandés y el americano de la NCTM, por ejemplo. Y también se exhiben nuevas ideas de programas editoriales que van mucho más allá de textos, con más complejidad. *La innovación a este nivel pasa hoy por combinar papel con webs, materiales con visitas... y formación al profesorado.*

Pero dado que aun son muchos los que insisten en “los textos” alegando una presión insólita de los padres por gastarse 18 euros anuales en “un libro”, les daré un ejemplo de libro. Es de cuentos y se denomina “*El cuento de las cien hormigas hambrientas*”. Plásticamente bonito tiene el interés extra de estar en inglés. Y pueden leerlo con fondo musical si quieren. Su argumento resumido es el siguiente:

“Érase una vez una hilera de 100 hormigas que andaban en fila india por el campo y se dirigían a un lugar donde unas personas estaban celebrando un picnic. Pero la fila iba avanzando lentamente. Entonces a una se le ocurrió que irían más aprisa formando 2 filas paralelas de 50 hormigas. Perdieron un poco el tiempo pero se colocaron así. Como el ritmo seguía siendo lento la misma hormiga de antes sugirió hacer 4 filas de 25. Y así lo hicieron. Pero empezaron ya a cruzarse con animales del bosque que regresaban triunfales de su visita al picnic, con sabrosos resultados. Y se formaron 10 filas de 10 hormigas cada una... y al fin llegaron todas las 100 a los bordes del mantel (a cuadros rojos y blancos) que estaba en el suelo para facilitar el picnic... pero allí ya no quedaba nada. Y todas se enfadaron mucho con la hormiga que había organizado filas por haberse perdido un tiempo precioso”.

Mirador de Torre Marfil

Desde el Mirador tendremos la oportunidad de ver a Torre Marfil, un edificio singular en la cercana Isla Nicolás. En realidad cuando sus primeros descubridores H. Cartan, C. Chevalley, J. Coulomb, J. Delsarte, J. Dieudonné, Ch. Ehresmann, R. de Porrel, S. Mandelbrojt y A. Weil se instalaron en el verano de 1935 en el lugar, éste no era una isla sino una tierra conectada con muchos lugares. Pero poco a poco, y aun no se sabe bien como ocurrió, los enlaces terráqueos con Isla Industria, con Isla Computación y con Isla Innovación fueron desapareciendo... naciendo entonces Isla Nicolás. Lo peor de todo fue que, a pesar de los sólidos fundamentos aportados por sus descubridores, la tierra en Isla Nicolás fue siendo absorbida por el mar. En 1968 la superficie se redujo a la mitad y hoy en 2005 prácticamente el mar casi ha inundado la isla, dejando a sus isleños con muy poco margen de maniobra. Suerte que la sólida Torre Marfil la dejaron bien anclada.

Pero no deja de ser inconveniente que los isleños de Isla Nicolás cada vez tengan que ir a más altura para sobrevivir. Algunos, muy pocos, nativos de Isla Nicolás se han atrevido a pasar a nado a Isla Innovación. Pero la mayoría de los isleños de la Torre, al no caber en ella, se ven obligados por rigurosos turnos, a navegar a la deriva en el King Calculus 2 durante muchos meses al año.

Hay algunos innovadores perspicaces que aseguran que de hecho Torre Marfil es un espejismo, un San Borondon imaginario, pues podría tratarse de la proyección en el espacio vulgar de una Torre en un espacio de dimensión 4. Como dice Ian Stewart:

“A lo largo de los siglos, el colectivo mental de los matemáticos ha creado su propio universo. No sé donde está situado –no creo que exista un “donde” en ningún sentido de la palabra- pero les aseguro que este universo matemático parece suficientemente real cuando estás en él.”

Technoland

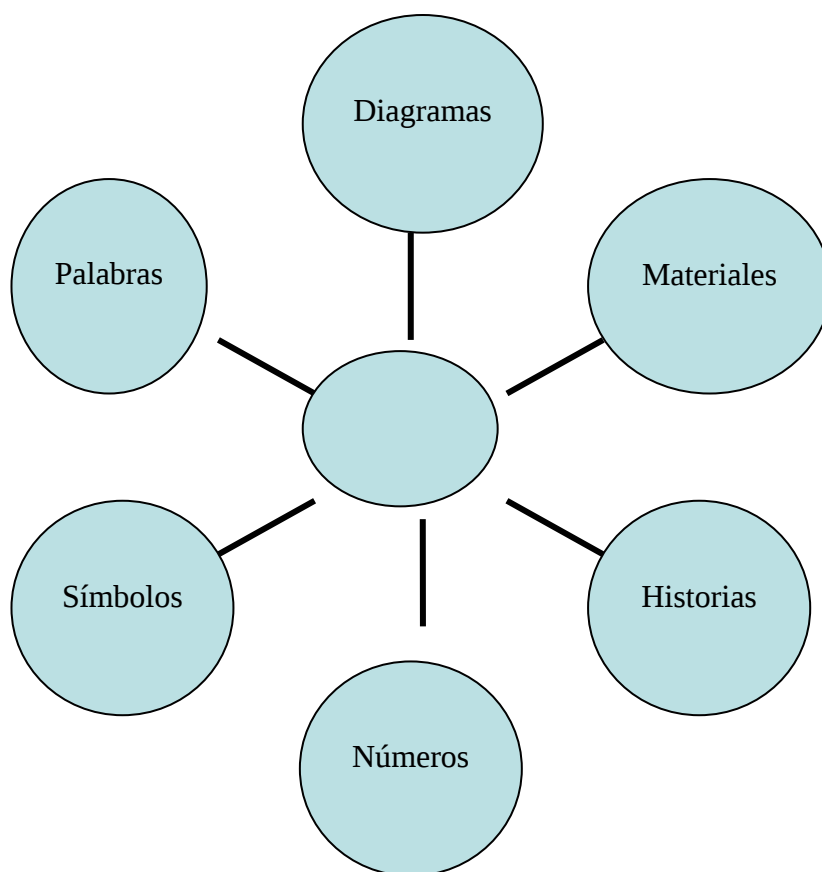
Este es un singular parque temático de la isla que ofrece lo último en tecnología al servicio de la innovación. Allí están las versiones más avanzadas de Cinderella, Geup, Geometer's Sketchpad, Cabri, Derive, Cassio, Texas Instruments, Maple, Matemática... al servicio del cálculo, la representación, la interactividad... una oportunidad de oro para

desarrollar el *sentido numérico*, la *habilidad de dibujar* y las *posibilidades de descubrir cosas nuevas*. *El nuevo programa de Cabri 3D para explorar el espacio* (Fondo musical recomendado “2001, una odisea del espacio”).

Y en pleno centro de Technoland descubrirán el Internet Center con acceso a la información y conexiones a todo el mundo, con lo último en transmisión de imágenes es directo, videoconferencias y recursos multimedia,...

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	· Internet · Representación · Búsqueda información	· Comunicación · Interactividad · Cálculo
------------------------	--	---

Son muchos los lenguajes que podemos, y debemos, facilitar. Hoy, (K.Y. Wong, 2004) podemos vislumbrar un modelo multimodal de comunicación matemática basada en seis componentes: diagramas para visualizar, palabras para comunicar, materiales para intuir, símbolos para manipular, números para calcular... y historias, muchas historias, para establecer metáforas y analogías. Las ideas son lo importante. Y estas pueden entenderse mejor usando buenas *analogías* o a través de *metáforas* diversas. Las metáforas no deben enmascarar los pensamientos sino abrir camino a los significados.



La metonimia surge al generalizar o especializar, al analizar casos más generales o subcasos particulares pero la metáfora surge cuando se traduce de un área a otra, la substitución de un concepto por otro similar.

A todo esto la tecnología puede contribuir decididamente. Los programas de Square TV, por ejemplo, han sido, durante décadas, paradigmáticos de lo que es divulgación multimedia.

Faro de Referentes

En un bonito entorno encontraremos el Faro. Su iluminación permite el acceso a Isla Innovación en cualquier momento. Pero el Faro esconde un misterio: mientras algunos solo perciben la luz otros perciben sonido e imágenes de los referentes. Curiosamente, cada observador puede percibir mensajes distintos.

Hay quien visualiza a don Pedro Puig Adam colgando el icosaedro gigante en el Instituto de San Isidro. Otros ven a Z.P. Dienes con bloques lógicos, a George Cuisenaire con sus reglitas o Maria Montessori con materiales aritméticos, a Caleb Gattegno con sus películas y tablas, a Hans Freudenthal modelizando; a George Pólya “resolviendo”; a Gonzalo Sánchez Vázquez con sus gafas oscuras y su sonrisa recitando versos sobre matemática y poesía; a Lluís A. Santaló dibujando rectas al azar o a Miguel de Guzmán con una sonrisa explicando la estrategia ganadora de “una rana saltarina”.

Son visiones fugaces pero alentadoras que nos permiten unir a la emoción de nuestros recuerdos personales la sensación de formar parte de un colectivo con historia. *La innovación no es flor de un día. La innovación es el resultado de una actitud ante la enseñanza de la matemática, que tiene en cada generación unos determinados referentes.*

Parque de los Descubridores

Al entrar a este parque se repartirán sombreros de explorador y una brújula.

El aventurero que descubrió estos parajes fue George Pólya para el cual

“Enseñar matemáticas es facilitar que los alumnos las descubran por sí mismos”

Fue el que en otra ocasión afirmó:

“Resolver problemas es un arte práctico, como nadar o esquiar, o tocar el piano: solo se puede aprender por imitación y práctica... si se desea aprender a nadar se ha de ir al agua, y si se desea resolver problemas hay que resolverlos”.

En el parque se encuentra una sabia combinación de *objetos naturales, materiales y situaciones* para dar pie a resolver problemas y descubrir. Lo dice muy claro el cartel de la entrada

INNOVACIÓN EN LAS FORMAS DE APRENDER	· Investigar	· Comunicar
	· Descubrir	· Cooperar
	· Resolver	· Modelizar
	· Manipular	· Hacer proyectos

El magnifico proyecto de Thomas Romberg y Jan de Lange “Mathematics in context” es un bonito ejemplo de cómo guiar un descubrimiento.

En este Parque de los Descubridores también se encuentran los investigadores en Didáctica de la Matemática de los cuales hemos de esperar grandes aportaciones que deseamos conocer. Nadie es más consciente que nosotros de nuestros propios errores y limitaciones. Por esto no esperamos sus aportaciones “a lo mal lo que estamos” sino sus descubrimientos sobre “que podría hacerse”. Un resultado de estas investigaciones positivas ha sido por ejemplo la prueba de que

“los estudiantes aprenden mejor en contexto”.

Esto nos obliga pues a superar el enfoque tradicional abstracto y hacer aproximaciones a través del realismo.

El Valle de Suspense

Como en muchas islas los cambios de paisaje pueden ser asombrosos. Así podemos contrastar el carácter selvático del Parque de los Descubridores con la zona, desértica y agreste,

del llamado Valle del Suspenso. Esta zona tiene una leyenda. Dicen las crónicas que cuando en la Isla aún no había llegado la tendencia que hoy le da nombre, los chicos y chicas que suspendían las matemáticas eran enviados a pasar unos días a este valle: tantos días como décimas les faltaban para sacar un cinco. Los de 4,9 pasaban 1 día y los de 3,7 pasaban 13 días, etc. Decían entonces que era bueno hacer más ejercicios rutinarios para superar sus evaluaciones pendientes y así poder reinsertarse. Pero la leyenda también afirma que muy pocos regresaban del valle pues huían por el mar hacia otras islas.

Hoy en este valle todo ha empezado a florecer pues se ha instalado encima de él el Anticiclón de la Evaluación abierta.

Siguiendo a Pólya y Mason, interesa desarrollar en los alumnos las capacidades de:

- Imaginar y expresar lo imaginado
- Particularizar y generalizar
- Conjeturar y argumentar
- Organizar y caracterizar
- Enfocar y desenfocar

Son capacidades mucho más elevadas que las que normalmente son sometidas a evaluación.

INNOVACIÓN EVALUADORA	· Actividades formativas · Portafolios · Problemas abiertos · Proyectos
-----------------------	--

Aunque no siempre los resultados de Isla Innovación pueden resultar brillantes. Recientemente el estudio internacional Project Island Scientific Assessment (PISA) ha puesto en evidencia que incluso en Isla Innovación pueden haber cuestiones de sentido común, interpretación de gráficos, intuición espacial, etc., que merecen más atención. Pero las cuestiones de PISA son innovadoras en sí mismas. Estos resultados permitirán seguro a los innovadores mejorar. Algo muy distinto de Isla Nicolás donde lo único que les ha preocupado ha sido ver si en el estudio de PISA había algún fallo técnico.

Río Nuevo

Con piraguas navegaremos por las aguas movidas del Río Nuevo el cual nos permitirá bajar por diferentes contextos. Hans Freudenthal fue el primero en navegar por esta agua:

INNOVACIÓN DE CONTEXTOS	· Visitas exteriores · Museos · Matematización · Realismo
-------------------------	--

Siguiendo a (Barbeau y Taylor, 2005) cabe explorar las posibilidades de las competiciones, los clubs matemáticos, los centros de ciencia, los webs, las exposiciones, los festivales matemáticos, los campamentos matemáticos... además de las actividades tradicionales. Con ello se da oportunidad de relacionar las matemáticas con otras materias, conectar mejor con la realidad, manipular, etc.

El siguiente ejemplo es un bonito caso para plantear actividades que requieren una interacción en espacios exteriores: si uno mira la torre de telecomunicación de Santiago Calatrava en Montjuic (Barcelona) y el Jardín de Arquímedes de Cosmocaixa, el nuevo Museo de la Ciencia, en el Tibidabo, se descubre que la torre de Calatrava y la pirámide de Cosmocaixa son... ¡dos relojes de sol!.

Salto del Atrevido

Y por Río Nuevo llegaremos al último rincón de Isla Innovación: el Salto del Atrevido, cuyo nombre es suficientemente explícito sobre el origen del lugar. De nada habrá servido la

visita si al llegar a este punto no se dá el salto para innovar, también, en los aspectos vivenciales de la Matemática:

INNOVACIÓN AFECTIVA	· Implicación social · Poesía · Canciones	· Teatro · Concursos · Diálogo
---------------------	---	--

Todas las estrategias que sirvan para “querer” a las matemáticas deben ponerse en juego. También tienen aquí unos versos de una letra para cantar la bonita canción “We use numbers everyday”

We use numbers every day,
 In our work and in our play,
 What’s the number on your telephone?
 How much was that ice cream cone?
 At the ball game, what’s the score?
 See all the price tags in the store!
 How much? How many? How long? How far?
 We use numbers where ever we are!
 We use numbers every day,
 In our work and in our play,
 What’s your favorite channel on T.V.?
 How many in your family?
 What size sneakers do you wear?
 How many socks are in a pair?
 How much? How many? How long? How far?
 We use numbers where ever we are!
 We use numbers every day,
 In our work and in our play,
 When you write a letter, what’s the zip?
 How many milers were on that trip?
 What’s the time? and what’s the date?
 Step on a scale and what’s your weight?
 How much? How many? How long? How far?
 We use numbers where ever we are!

Y sin llegar a estos extremos del disfraz y la canción, podemos innovar en afecto con el diálogo, la comprensión y la emoción. Como recalcó Elaine Simmt en el 2002:

“El profesorado debe proveer a los estudiantes no enunciados de problemas a resolver sino actividades que provoquen actividades matemática”

La naturaleza de las actividades ha demostrado ser menos importante que la calidad e la interacción que las acompaña.

Necesitamos sorpresas para cada tema, para cada clase. Sorpresas que provoquen, que alteren el ánimo, que capten la atención. “Empecemos cada clase con una pregunta” decía Paul Halmos, “necesitamos rompecabezas y perplejidades” reclamaban Hindegger y Dewey. Las sorpresas pueden ser cognitivas o afectivas pero deben causar interés provocando, como dice John Mason, “tomar iniciativas, comprometiéndose plenamente con las ideas matemáticas, pensar matemáticamente y encontrando significados, sentido, a las matemáticas”.

... y de nuevo, Puerto Esperanza

Y acabado el recorrido volveremos a estar en Puerto Esperanza, para partir de nuevo. En la playa hay una palmera y en ella una postal:

***** INNOVACIÓN *****		
+ TECNOLOGÍA	+ METÁFORAS	+ LENGUAJES
+ SIGNIFICADOS	+ NOVEDADES	+ CONTEXTO
+ REALISMO	+ SEDUCCIÓN	+ EMOCIONES

Nuestra labor es un viaje que debe llevar a cada cual al mejor puerto final posible. Hay mucho profesorado en Isla Innovación pero en ella caben muchos más. Aún hay grandes cosas para hacer.

Al final del verano el Buque Queen Hipatia 2 estará a punto para un nuevo crucero. Nuevos pasajeros aguardan subir al barco. Nueva tripulación debe incorporarse. Nuevos retos surgirán durante la travesía. Hemos de repostar nuevas ideas para que el próximo viaje sea mejor que el anterior. Y todos sabemos que esto no es fácil. La innovación no es una colección estrafalaria de alterar el orden establecido. Nuestra innovación más profunda es tener cada día esperanza en el futuro, desde la conciencia de los grandes problemas pero sin dar paso a la resignación del “no podemos hacer nada”. ¡Con esperanza y al barco!.

Que los vientos del mar de la ilusión no nos abandonen nunca. Que siempre podamos mirar atrás al final de una conferencia, de un curso o de una etapa profesional y podamos pronunciar aquella bella frase de “misión cumplida”. La gran misión de nuestra vida profesional es seducir matemáticamente desde nuestra propia entrega personal, desde nuestro compromiso con la ciencia y con la vida.

Y como siempre:

*“La matemática rigurosa se hace con la mente,
la matemática hermosa se enseña con el corazón”.*

¡Que sean felices!...

Claudi Alsina

REFERENCIAS

- Alsina, C., 1995, *Una matemática feliz y otras conferencias* Buenos Aires, OMA.
- Alsina, C., 2000, *La matemática hermosa se enseña con el corazón*, OMA, Buenos Aires.
- Alsina, C., 2005, *Geometría cotidiana. Placeres y sorpresas del diseño*, Barcelona, Ed. Rubes.
- Alsina, C.; Burgués, C.; Fortuny, J.M.; Giménez, J.; Torra, M., 1996, *Enseñar Matemáticas*, Graó, Barcelona.
- Alsina, C. y Watson, A. TSG14: Innovative approaches to the teaching of mathematics, ICME10 (2004).
- Artzt, A.F. y Newman, C.M., 1997, *How to use cooperative learning in the mathematics class (2nd. Ed.)*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Barbeau, E.J., Taylor, P.J., 2005, ICMI Study 16: Challenging Mathematics in and Beyond the classroom.
- Blum, W.; Niss, M., 1991, Applied mathematical problem solving, modeling, applications and links to other subjects- State, trends and issues in mathematics instruction. In W. Blum, M. Niss & I. Huntley, Eds., *Modeling, applications and applied problem solving-Teaching mathematics in a real context*. Chichester: Ellis Horwood, 1989, 1-21.
- Clements, D.H. y McMillen, S., 1999, Rethinking « concrete » manipulatives. In A.R. Teppo (Ed.), *Reflecting on practice in elementary school mathematics: Readings from NCTM's school-based journals and other publications* (pp. 140-149), Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

- Davis, P.J.; Hersh, R., 1981, *The Mathematical Experience*, Boston, Birkhauser.
- Dawe, L., 1993, Visual imagery and communication in the mathematics classroom. In M. Stephen, A. Waywood, D. Clarke, and J. Izard (Eds.), *Communicating mathematics: Perspectives from classroom practice and current research* (pp. 60-76), Hawthorn: Australian Council for Educational Research.
- De Lange, J., 1996, Real problems with real world mathematics, *Proc. ICME-8*, Sevilla.
- De Lange, J.; Keitel, C.; Huntley, I.; Niss, M. ed., 1993, *Innovation in Maths Education by Modelling and Applications*, Chichester, Ellis Horwood Limited.
- Ernest, P., Conversation as metaphor for mathematics and learning. (<http://www.ex.ac.uk/~PErnest/pome17/metaphor.htm>).
- Ernest, P. (1991), *The Philosophy of Mathematics Education*, London: Falmer.
- Ernest, P. (1993), *Metaphors for Mind and World*", *Chreods* 6, 3-10.
- Flewelling, G. y Higginson, W. (2003), *Teaching with rich learning tasks: a handbook*. The Australian Association of Mathematics Teachers Inc., <http://www.aamt.edu.au>
- Flewelling, G., Comparing the games we play in the classroom, TSG14/ICME10 (2004).
- Freudenthal, H., 1983. Major Problems in Mathematics Education in: Zweng, M. and Green, T. ; Kiplatrick, J. ; Pollak, H. ; Suydam M. ed. *Proceedings of the Fourth International Congress on Mathematical Education*, Boston, Birkhauser.
- Freudenthal, H., 1983, *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*, Dordrecht, Reidel.
- Garfunkel, S. et al., 1998-2000, Modeling Our World (Arise Project) Lexington, COMAP.
- Haylock, D.W., 1984, A mathematical think board, *Mathematics frameworks: 8-13*, London: Routledge.
- Lakoff, G., Johnson, M., *Metaphors we live by*, Univ. of Chicago Press, 1980.
- Mason, J., A phenomenal approach to mathematics, TG14, ICME-10, (2004).
- Nasar, S., 1988, *A Beautiful Mind*, Faber and Faber, London.
- National Council of Teachers of Mathematics 2000, *Principles and standards for school mathematics*, Reston, VA.
- Niss, M., 1989, Aims and scope of applications and modeling in mathematics curricula. In W. Blum et al. (Eds.), *Applications and modeling in learning and teaching mathematics* (22-31). Chichester: Ellis Horwood.
- Niss, M., 1992, Applications and modeling in school mathematics - Directions for future developments, en *Developments in School Mathematics around the world*, v. 3, NCTM, Reston, Virginia.
- Paulos, J.A., 1996, *El hombre anumérico*, Tusquets, Ed., Barcelona.
- Romberg, T.A.; de Lange J. ed., 1997, *Mathematics in Context*, Chicago, EBEC.
- Sims, R.R. y Sims, S.J. (Eds.), 1995, *The importance of learning styles: Understanding the implications for learning, course design and education*, Westport, CT: Greenwood Press.
- Steen, L.A., 1994, *For all practical purposes*, COMAP, Lexington. W.H. Freeman Co. New York. Versión española: *Matemáticas en la vida cotidiana*, Addison-Wesley, Madrid, 1999.
- Tan, S. y Goh C.B. (Eds.), *Securing our future: Sourcebook for infusing National Education into the primary school curriculum*, Singapore: Pearson Education Asia.
- Wong, K.Y., Using Multi-Modal Think-Board to teach mathematics, TSG14/ICME10 (2004).
- Whitehead, A.N. (1929), *The Aims of Education*, New York, NY: The Free Press.

Claudi Alsina
 Sec. Matemàtiques I Inf.
 ETSAB
 Univ. Politècnica de Catalunya
 Diagonal 649. 08028 Barcelona