

ISSN 2174-9027

10. zenbakia
2014ko urtarrila/2014ko ekaina

Número 10
Enero 2014/Junio 2014

Año Internacional de la Cristalografía



Aurkibidea Índice

	<i>Autorea Autor</i>	<i>O. Pág.</i>
Portada	Imanol Pérez	1
Anuncios y Noticias	Antonio Gallastegui, Ricardo Grande, Imanol Pérez, Manuel Santos y Josué Tonelli-Cueto	3
The Imitation Game	Irene Llana	6
Al acabar la carrera, ¿qué?	Sheila Carreño y Víctor Manero	7
Interview with Ronald de Vore	Josué Tonelli-Cueto y Ricardo Grande	9
Fantasiazko Eraikinak (II)	Amaiur Holgado eta Nahia Agirrekoika	14
El Café Escocés	Aitziber Ibañez	17
Henri Poincaré: Matemático y filósofo	Manuel Santos	19

Zenbaki honen kolaboratzaileak *Las y los colaboradores de este número*

Nahia Agirrekoika	Antonio Gallastegui	Irene Llana
Maitane Amor	Amaiur Holgado	
Sheila Carreño	Aitziber Ibañez	

Haien laguntza eta lana gabe, ez zen posible izango zenbaki hau.
Sin su ayuda y trabajo, este número no hubiera sido posible.

Batzorde Editoriala Comité Editorial

Imanol Pérez Manuel Santos

Ricardo Grande Josué Tonelli-Cueto

Aholkulari Batzordea Comité Asesor

Julio García Marta Macho-Stadler Víctor Manero

Agradecimientos a Ronald de Vore por la concesión de la entrevista.

πkasle aldizkariaren eduki bakoitzaren erantzukizuna eduki horren egilearena izango da, eta ez besterena.

πkasle aldizkariak ez du bere gain hartuko eduki horietatik sor daitezkeen arazoen ardura.

Los contenidos de la revista *πkasle* son responsabilidad individual de sus respectivas autoras y/o autores, *πkasle* no se responsabiliza de ningún problema que se origine de ellos.

Bilbon editatuta eta argitaratua. *Editado y publicado en Bilbao.*

This magazine is really thankful to every person who has contributed to L^AT_EX

Con el apoyo y la financiación de:



ZTF-FCT
 Zientzia eta Teknologia Fakultatea
 Facultad de Ciencia y Tecnología

UFI 11/52
Matemáticas y Aplicaciones

-ren sostengurekin eta finantziatzioarekin.



PIkasle by www.pikasle.com is licensed under a
 Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Unported License.

π kasle se renueva

Queridas y queridos lectores,

como dijo una vez el expresidente americano John Fitzgerald Kennedy, *El cambio es ley de vida. Cualquiera que sólo mire al pasado o al presente, se perderá el futuro.* Y π kasle no es menos. A partir del mes de septiembre, π kasle se convertirá en un blog y todos sus artículos se publicarán en su página web, <http://www.pikasle.com>. El blog tendrá unas secciones fijas destacadas donde se realizarán publicaciones semanales que serán anunciadas a través de las redes sociales. Además, la revista no morirá, pues en ella se recopilarán las mejores entradas del blog para difundirlas entre las y los estudiantes de matemáticas y toda aquella persona que esté interesada.

Son varios los motivos por los que se ha tomado esta decisión. Muchos integrantes de la revista, incluyendo los responsables de la misma, terminan sus estudios en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU, dejando muchos puestos vacantes en algunas secciones de la revista. Además, la corta duración de los estudios de Grado en comparación con los estudios de Licenciatura, junto a algunos retrasos indeseados en los números debido a la complejidad del proceso editorial y la falta de tiempo de los integrantes de la revista, dificultan suplir estas vacantes.

Sin embargo, este cambio traerá consigo varias ventajas, como el aumento de la frecuencia en la que se publicarán los artículos, la mejora del alcance de los mismos y, lo más importante, el mayor acercamiento a las y los lectores de π kasle. Además, el Comité Editorial se renueva al sustituir Imanol Pérez y Manuel Santos a Ricardo Grande y Josué Tonelli-Cueto en sus labores editoriales, aunque estos seguirán colaborando a distancia en la medida de lo posible.

Antes de terminar, querríamos agradecer el trabajo de los integrantes de la revista que dejan el equipo de π kasle debido a que han finalizado sus estudios en la UPV/EHU, Antonio Gallastegui, Irene Llana, Josué Tonelli-Cueto, Maitane Amor, Ricardo Grande y Víctor Manero. Les deseamos lo mejor allá donde vayan.

Por último, no olvidéis seguir colaborando con π kasle enviando artículos, como se hacía hasta ahora, usando el correo electrónico pikasle@gmail.com. Y os animamos de corazón a seguir el blog de π kasle, que contará con el mismo espíritu divulgativo con el que ha contado desde sus inicios y que es la razón fundamental por la que sigue existiendo π kasle.

Atentamente,

Comité Editorial de π kasle

Sobre la portada

Tal y como sugiere la portada de este número, el año 2014 fue declarado como el Año Internacional de la Cristalográfía por la UNESCO. Muchos minerales forman estructuras cristalinas bajo ciertas condiciones, y es el estudio de la forma, geometría y crecimiento de estas configuraciones en lo que se centra la cristalográfía.

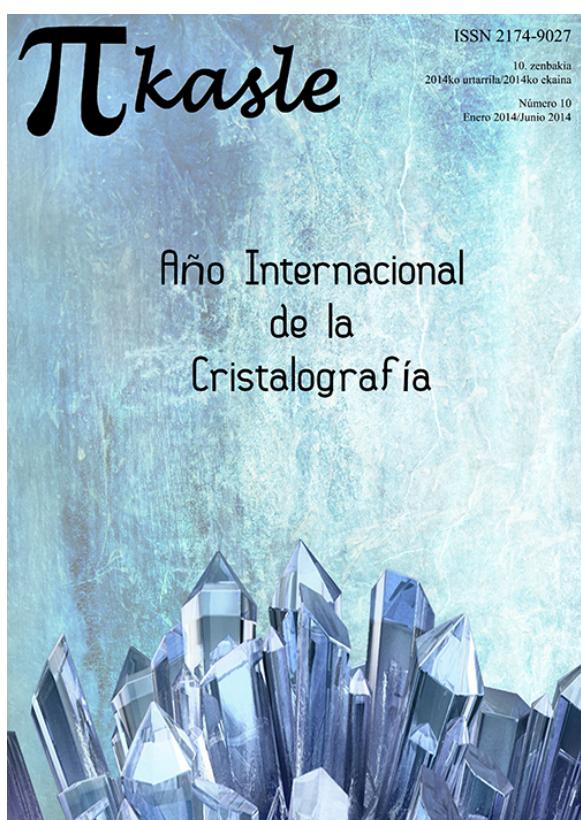


Figura 1: Portada del número 10 de Pikasle

Las matemáticas también tienen un vínculo con la cristalográfía, ya que estas juegan un papel fundamental en el estudio de las características de los cristales a partir del estudio de su geometría y simetrías. De hecho, el matemático Herbert A. Hauptman obtuvo el Nobel de química por su trabajo en cristalográfía.

Con motivo de este año tan especial para la cristalográfía, se han organizado diversas actividades, como concursos para centros escolares, eventos y exhibiciones, a lo largo de todo el mundo con el objetivo de promover esta especialidad.

Podéis acceder a la página web oficial del Año Internacional de la Cristalográfía en www.iycr2014.org (en inglés) o www.iycr2014.info (en español).

π kasle's Mathematics, Magic and Mystery Workshop

Los pasados 9 y 30 de abril, aprovechando que el Mathematics Awareness Month de 2014 se dedicaba al tema Mathematics, Magic and Mystery con motivo del centenario de nacimiento de Martin Gardner este año, celebramos desde π kasle el taller de magia titulado π kasle's Mathematics, Magic and Mystery Workshop.

En este taller, los matemágos Juan Carlos Ruiz de Arcaute y Pedro Alegría Ezquerra nos mostraron y explicaron varios trucos de magia basados en las matemáticas. Los asistentes, principalmente alumnado y profesorado de la UPV/EHU, pudieron practicar y aprender varios de los trucos gracias a las barajas de cartas individuales que se repartieron.

Para aquellos que no pudieron asistir, los materiales y trucos que se trajeron en el taller están disponibles en la página web de Pedro y Juan Carlos: <http://www.automagia.com/taller.html>

Además pueden consultarse reseñas del primer y segundo taller, respectivamente, en las entradas “La magia de los números” y “¡Es magia! ¡Traed matemáticas!” del blog de divulgación científica Activa tu Neurona.

Martin Gardner's Global Celebration of Mind

Con motivo del centenario del nacimiento del divulgador científico Martin Gardner, la Facultad de Ciencia y Tecnología organizará en su honor los próximos 22 y 23 de octubre el evento *Martin Gardner's Global Celebration of Mind*. En éste se realizarán diversas actividades íntimamente relacionadas con las aficiones de Gardner, como los puzzles, la matemática recreativa y la magia, entre otros tantos. De esta forma, se da continuación al *Mathematics, Magic and Mystery Workshop* organizado el pasado mes de abril; el arte de la magia seguirá muy presente en los pasillos de la Facultad de Ciencia y Tecnología.



Figura 2: Última edición de *Celebration of Mind* en la FCT-ZTF.

Para animar la participación de los estudiantes en el evento y dar a conocer a Martin Gardner, π kasle ha organizado un concurso de ideas sobre Martin Gardner. Los trabajos, que tendrán que estar claramente relacionados con el tema *Mathematics, Magic, and Mystery*, deberán entregarse hasta el 21 de octubre. Se pueden consultar las bases del concurso.

Premio Severo Ochoa para el BCAM

El BCAM ha sido galardonado con la distinción a la excelencia “Severo Ochoa” en la convocatoria de 2013 como uno de los cinco centros de investigación españoles que están entre los mejores del mundo en sus respectivas áreas.

Esta distinción le otorga 4 millones de euros para los siguientes 4 años, de los cuales el 56% se destinará a la contratación de nuevos investigadores. La acreditación de “Centro de Excelencia Severo Ochoa” es un

subprograma de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación del Ministerio de Economía y Competitividad cuyo objetivo es fomentar la investigación realizada en España en los campos de la ciencia.



Finalmente, destacar que BCAM ha sido elegido entre más de 70 centros españoles y que junto con ICMAT es el segundo centro de matemáticas que recibe dicha distinción.

**π kaslen parte hartu eta artikulu bat
zure izenean argitaratu nahi duzu?**

Animatu zaitez!
Bidal iezaguzu zure artikulua pikasle@gmail.com
helbidera!

Informazio gehiago www.pikasle.com webgunean.

**¿Quieres colaborar con π kasle
y publicar un artículo a tu nombre?**

¡Anímate!
Mándanos tu artículo a pikasle@gmail.com!

Más información en www.pikasle.com.

The Imitation Game

Irene Llana

The Imitation Game es una película históricodramática basada en la biografía del conocido matemático inglés Alan Turing. El film, producido por Black Bear Pictures y dirigido por Morten Tyldum, ha contado con un presupuesto de quince millones de dólares, así como con un reconocido reparto, entre los que se encuentran Benedict Cumberbatch (encarnando al matemático), Keira Knightley, Matthew Goode, Mark Strong y Charles Dance.



Alan Turing (al que desde la revista Pikasle le dedicamos la portada y un artículo en el tercer y sexto números respectivamente), fue el inventor de un dispositivo capaz de descifrar el código de Enigma, máquina que usaron los alemanes para cifrar mensajes durante la segunda Guerra Mundial. De este modo, se convirtió en uno de los científicos más importantes del siglo XX y en el padre de la computación. Debido a su homosexualidad, Turing fue perseguido por el Gobierno Británico y obligado a seguir un doloroso tratamiento químico para “poner remedio a su enfermedad”, tras el que decidió finalmente poner fin a su vida.

Después del “Real Perdón” que el Reino Unido concedió a Alan Turing el 24 de diciembre de 2013, los productores de la película aprovecharon para estrenar ese mismo día la primera foto promocional oficial de Benedict Cumberbatch interpretando al matemático al lado de la máquina que Turing inventó.

“La única persona que debería perdonar a alguien es él (Turing). Afortunadamente, la película pondrá en primer plano la extraordinaria persona que fue y lo horrible que fue su trato por parte del gobierno. Es una

bochornosa parte de nuestra historia,” dijo Benedict en una entrevista para el “USA today” sobre el “Real Perdón” de Turing.

Antes de que Cumberbatch se sumara al proyecto, Warner Bros. compró el guión debido al interés de Leonardo DiCaprio en encarnar a Turing. Al final, DiCaprio no aceptó el papel y todos los derechos fueron para Black Bear Pictures. Así, comenzaron a grabar en septiembre de 2013 en Inglaterra, siendo algunos de los escenarios la antigua escuela de Turing y “Bletchley Park”, donde el matemático y sus compañeros trabajaron durante la guerra.

La sinopsis de la película describe muchos de los logros más importantes de Turing, conviviendo con la controversia en torno a su orientación sexual. *The Imitation Game* está actualmente en posproducción y se estrenará en noviembre de 2014 en Estados Unidos y Reino Unido. StudioCanal se encargará de distribuir la película en el Reino Unido, The Weinstein Company en EEUU y FilmNation en demás territorios.

Referencias

- [1] *The Imitation Game*. **Wikipedia**. http://en.wikipedia.org/wiki/The_Imitation_Game
- [2] *Trailer de The Imitation Game*. **YouTube**. <https://www.youtube.com/watch?v=S5CjKEFb-sM>
- [3] *Alan Turing: The codebreaker who saved 'millions of lives'*. **BBC**. <http://www.bbc.com/news/technology-18419691>
- [4] *Gay British codebreaker Alan Turing given royal pardon*. **Los Angeles Times**. <http://www.latimes.com/entertainment/movies/moviesnow/la-et-mn-royal-pardon-british-codebreaker-turing-20131224,0,7253815.story#axzz2oS7QWnAZ>

Irene Llana

Licenciada en Matemáticas
UPV/EHU

Al acabar la carrera, ¿qué?

Entrevista a Sheila Carreño

Sheila Carreño y Víctor Manero

En esta ocasión me reúno en Vitoria-Gasteiz con Sheila Carreño, licenciada en matemáticas en la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU. Sheila nos cuenta cuál ha sido su experiencia laboral desde que empezó a hacer prácticas durante la carrera hasta el trabajo que actualmente desarrolla en Tecnalía.

Gracias Sheila por compartir tu experiencia con PI-kasle.

R: De nada, me alegra mucho de que contactarais conmigo.

¿Cómo empezó tu recorrido laboral?

R: Cuando estaba en cuarto curso de la licenciatura, me interesé en hacer prácticas en empresa. Me puse en contacto con el coordinador de la licenciatura, en aquel momento Gustavo Fernández, y empezamos a buscar. Como no sabíamos por dónde empezar se nos ocurrió enviar el currículum a la empresa donde trabaja mi padre, Mercedes-Benz España, que se encuentra aquí en Vitoria. De primeras, me dijeron que no hacía falta ninguna matemática, pero tiempo después se pusieron en contacto conmigo para proponerme realizar prácticas durante ese verano en el departamento de geometría.

las unidades. Se trata de un control de calidad muy fino y exigente.

La experiencia en Mercedes fue muy interesante, pero no necesitaban contratar a un matemático a jornada completa.

Actualmente trabajas en Tecnalía, ¿no es así?

R: Sí, trabajo en Tecnalía y el trabajo que aquí realicé poco o nada tiene que ver con las prácticas que realicé en Mercedes-Benz, son campos totalmente diferentes.

¿Podrías explicarnos qué es Tecnalía?

R: Tecnalía es una fundación privada que se dedica a la investigación aplicada a múltiples campos (medio ambiente, salud, industria, transportes) en particular, yo pertenezco al área de Meteorología de la división de Energía y Medio ambiente.

¿Cómo descubriste Tecnalía?

R: De nuevo, a través de las prácticas. El verano siguiente volví a comentar con Gustavo la posibilidad de realizar prácticas en empresa y ver cómo trabajaban en otro sitio. Así, nos pusimos manos a la obra para buscar un sitio para hacer prácticas, y justo llegó una petición de esta empresa. Esta vez nos aseguramos de que en el área de meteorología trabajara al menos otro matemático.

¿Necesitaban muchos matemáticos?

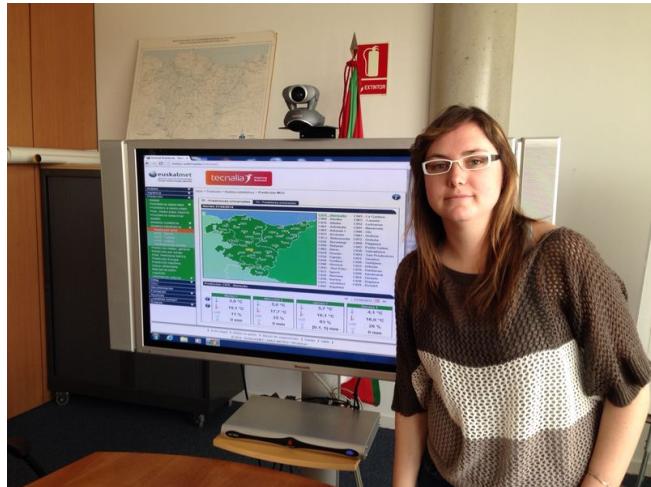
R: Seguro que Tecnalía necesita muchos matemáticos. No conozco las necesidades de otras áreas, pero en nuestro departamento contamos con tres matemáticos de un total de veinticinco personas.

¿Siguen contratando gente?

R: Desgraciadamente, ahora mismo en Tecnalía las contrataciones están cerradas. Es una pena que los nuevos investigadores no puedan acceder a empresas como esta. Espero que esta situación cambie muy pronto.

¿Llevas mucho tiempo allí?

R: En febrero hice cinco años, después de las prácticas y al acabar la carrera me contrataron porque necesitaban a alguien para los proyectos de investigación y todavía sigo aquí. Ya cinco años... al acabar la carrera el



¿Tienen un departamento de geometría en Mercedes-Benz?

R: Sí, pero no tiene nada que ver con la geometría de las matemáticas. Se llama así porque al final de la línea de montaje hay un robot que mide diferentes puntos de la geometría de las furgonetas. En realidad se trata de un departamento de calidad, controlan la posición de los puntos y si no están donde deberían, se desechan

tiempo pasa volando...

¿Cuál es tu labor en Tecnalía?

R: Trabajo en la parte de investigación, y me dedico sobre todo a la predicción estadística meteorológica. La técnica en la cual más he profundizado es la de *downscaling* estadístico.

¿En qué consiste el *downscaling* estadístico?

R: Con el *downscaling* se obtiene una previsión de una o varias variables meteorológicas con una resolución temporal o espacial más alta que la de la previsión inicial. Es decir, creamos un modelo de predicción a escala local a partir de un modelo a escala global, y lo ajustamos con los datos registrados a escala local.

Cuando te refieres a escala local, ¿quieres decir a nivel del País Vasco?

R: No, escala local quiere decir que el modelo tiene en cuenta las características del lugar específico donde se realiza la predicción. Aunque es verdad que sobre todo realizamos predicciones para el País Vasco.

Las predicciones que hacéis en Tecnalía, ¿a quién se las enviáis?

R: Muchas de las predicciones meteorológicas que hacemos en Tecnalía son para Euskalmet, pero también se

realizan predicciones para empresas y otros proyectos.

¿Puede venir cualquier empresa y encargaros predicciones para una cierta zona?

R: Sí, claro, si conoces alguna en Zaragoza, estamos muy interesados. (Reímos)

¿Qué le recomendarías al alumnado que no sepa qué hacer al acabar la carrera?

R: Por mi experiencia, a los alumnos que quieran trabajar en empresas les animo a que hagan prácticas. Es una forma de ver de primera mano cómo aplican las matemáticas, y quién sabe, quizás te quedes por un tiempo.
Muchísimas gracias Sheila.

Referencias

[1] Página web de *Tecnalía*. www.tecnalia.com

Sheila Carreño

Licenciada en Matemáticas.

Tecnalía

Interview with Ronald de Vore

Por Josué Tonelli-Cueto y Ricardo Grande

Aprovechando su visita al Basque Center of Applied Mathematics (BCAM), hemos entrevistado al matemático Ronald de Vore. El que es profesor de la Texas A&M University y fue antiguo director y fundador del Industrial Mathematics Institute comparte con nosotros su privilegiada visión sobre la relación entre las matemáticas y la industria.



Figure 1: Ronald de Vore (R) in the blackboard.

What does your mathematical activity consist of?

R: I started out in a field called approximation theory, in which you have a function that you want to capture in some way, a complicated function like the solution of a differential equation, and you decide that you will use simpler objects to capture it, like polynomials, trigonometric polynomials, rational functions or more exotic things like wavelets. And then the problem is what determines how well you are approximating. In the case of polynomials, how many terms will you need to take, which translates into how much computation you will have to do.

I started out when I was a student, just like you. When I was 23 years old, I took a course on approximation theory and I liked it, so I began to do some research in the field exclusively. But somewhere along the line, I began to become interested in applied problems and people came to me and asked questions about how to solve this or that problem. So I moved more into numerical analysis, which is more the computational part of approximation.

So it has been a transition over many years from very theoretical work in the beginning to somewhat applied. Not as applied as some people that only want to compute, I want to understand what is the best way to do it and that requires mathematical theory to describe what the optimal algorithm to do a certain job is. So

most of my work is dealing with theoretical aspects of computation.

Now, I am interested in what is called high-dimensional problems: these are problems in which the number of variables the function tries to capture is very big, like in climate change, where you have lots of variables: how many different chemicals there are, cloud cover, pressure, temperature... These are very high-dimensional, very complicated problems and we can't really solve them very accurately because of the high-dimensionality. So we must do more clever things than we usually do since what we normally do in two or three dimensions for physical problems will not work well for high-dimensional problems. We look for different avenues, different ways to solve these problems.

How did you become interested in mathematics?

R: I don't know... When I was going through elementary school, I liked to do logical problems at the level of my age. I always liked that and when I was in High School, various teachers noticed that I had ability in mathematics. So they'd challenge me by giving me special problems to see if I could solve them. I enjoyed the challenge but, in reality, I was interested in sports at that time and I thought I would become a coach or player for some team.

But when I went to the university, professors there said to me: "Hey, you have a lot of ability at mathematics. You're crazy to go onto sports, you can make a big career in math". They used to ask questions and plant problems to me. It was stimulating and it made me decide at some point, when I was an undergraduate, that I wanted to do mathematics.

When I was a graduate student, I became interested in research very early. Usually, people go to graduate school for several years; I only went three years to graduate school. In the first year I was already doing some sort of research, writing some papers. So I became fully embedded in mathematics.

I like that expression “fully embedded”, very mathematical.

R: Well, you know. It's very enjoyable, because it's something you know you can always have pleasure with. The world may be bad around you or you may not feel well, but you can still think about mathematics. And if you get some idea, it's very stimulating, you get very emotional about understanding something.

You were director of the Industrial Mathematics Institute, what is the relationship between mathematics and industry? Can you give us some examples?

At the time we started that institute, there was not a good bridge between mathematics and industry. The typical thing that happened was that you had graduate students in mathematics who took a job in industry and they used low level tools to solve problems. But the really talented mathematicians very seldom talk to somebody in industry and spend two to five hours to calmly and fearlessly talk and understand the problem industry had. And the reason was that it wasn't valued in their profession. Fifty years ago, you were judged as a mathematician by the theorems you proved, how elegant they were, how important they were, how beautiful they were... That's what was mathematics. Nobody said that you could apply this for some problem that was important to the world like creating methods for interviewing at low cost, handling pollution... Mathematicians didn't do that, so the type of mathematics that were being infused into industry was, I would say, outdated and its level was not very high. We felt it would be very useful if industry could keep abreast of the most recent developments in mathematics. So that was the concept behind the Industrial Mathematics Institute.

At some degree, you have to realize that there is definitely a different style between what a mathematician does and what someone in industry does. Somebody in industry is interested in money, their primary goal is to make money and they don't care if you have a beautiful solution if it can't be used to make money. That would be useless to them. On the other hand, mathematicians are driven by wanting to pose the problems in the right way and to formulate the most elegant solution to this problem. So there are two different environments and the mathematician doesn't feel the burn of real pressure to do it within a finite amount of time that industry does.

In the automobile industry may have to produce a new model of a car every year and they cannot wait

five years to do it. So they have to have the tools to design a prototype of the vehicle before it is produced, but they need to do it within a very finite time frame. So a mathematician may say “wait a minute! I'm not sure you're doing that correctly. Let's think about it”. Well, they don't have six months to think about it, so there is sort of a conflict between industry and mathematics. And it still exists, but it's getting bridged more and more, because now a larger segment of the mathematical community is interested in applied problems that could have an impact in the world we live in.

You have this famous Hardy's apology, where he says that if it's applied he is not interested, that mathematics is a purely esoteric field, a way of thinking and that mathematicians are not interested in applications. That hindered the development of applied mathematics. For a long time, applied mathematics was considered to be below pure mathematics, but not too much anymore. Nowadays, you can work in applied mathematics and prove just as beautiful a theorem as somebody in pure mathematics. The difference is that you are usually motivated by a potential application, you want the problems you solve to be useful.

For example, ten years ago in medical imaging, concretely in magnetic resonance imaging, the time needed was about twenty minutes. So the problem was: can we shorten this time and still get the same quality? If that was possible, it opens the big door, because there are several patients who could not sit there twenty minutes. So the field of compressed sensing emerged motivated by this particular application, which is a sort of industrial application.

Anyway, those stories of mathematics are more frequent today. Stories where mathematicians are motivated by some application like oil exploration, ground water modeling, fracking, aerodynamics... There is a lot of mathematics in these areas that require the same amount of talent needed in these applied matters as in pure mathematics.

Do you think that a mathematician's education has changed to adapt to what the industry needs over the years?

R: Yeah, because we have programs where you can get a degree in applied mathematics. Maybe there were few programs like that fifty years ago, but not many. Now, every university has a program like that and every mathematics student is required to take one or two courses in one application area like partial dif-

ferential equations, numerical analysis, numerical linear algebra... So they can at least get a sampling about what applied mathematics is and make a decision about whether it's interesting to them or not. So that has changed.

When I was a student, I didn't take any applied mathematics courses. I wasn't motivated at that time, my biggest motivation was to get my degree as fast as I could, get a job and make money because I was married with children and so I wanted to provide for my family. I didn't want to live like a poor person for the rest of my life so I went through graduate school very fast without being exposed to applied math. This is something I learned afterwards on my own, working with other people. So I think that has changed a lot.

Now, in every mathematics department applied mathematics is viewed as important as pure mathematics. So this idea that Hardy had, that applied is bad, has vanished more or less... There are always individuals who want to elevate themselves and say "I work in pure mathematics, so I'm better than these working in applied". Now, the only difference is the problems you decide to work on. Applied mathematics is seen as equal to pure mathematics.



Figure 2: Ronald de Vore writing in a blackboard, in BCAM

Applied problems usually require working with people outside mathematics, what are the main difficulties that arise when working with these people?

R: They have a different type of intuition. For example, when I was an undergraduate student I won the best math and best physics student at university but I never felt I really understood physics. I understood mathematics, what a proof is, what convergence means... but in physics I could imitate what there was in the book

and solve the problems, but I could never feel the intuition of how these physics laws come to be.

In the past there were people like Newton or others that were prominent in both fields, but in the 1950s science evolved so much that even inside mathematics we are specialized. Somebody working in number theory has difficulty talking to someone working in analysis. It's not easy. They have a different culture and a different way of thinking. That's an unfortunate thing, because the real world problems need merging ideas from different areas. So we need to bring this together.

Certainly, I collaborate with engineers, sometimes with physicists, where the people at those fields are very strong in mathematics. They are trained outside mathematics, but they can work like mathematicians. It's easy to collaborate with those areas, but it's harder to collaborate with people in chemistry, biology and other areas where they are not as mathematically trained as in physics or engineering.

When you talk with these specialists, you have a communication problem because you have to explain them mathematics at a lower level and they try to explain you their model at a lower lever so inconsistencies arise. And mathematicians are very quick at picking something that is wrong. "That can't be right, because it gives a contradiction". Many people don't like to hear that and they think mathematicians are arrogant, but it's the way we are trained. We are trained to be very critical in our thinking.

What career would you advise a young student to take: physics, mathematics, engineering?

R: First, you have to take something you like and for which you have some intuition. Beyond that, you have to ask yourself what you want out of your career. There are some areas where the reward of being very good at those fields is a very strong monetary reward, you can make a lot of money, and other areas where the reward is not monetary.

I have a colleague at Texas, who was a student of mine in South Carolina, whose son graduated from MIT at mathematics and decided to go into the financial world. His son made all kinds of money and he said to his father "Come to the financial world! You will make millions!", but my colleague declined the offer. He doesn't make millions, he has a reasonable salary, but by no means rich, but this is what he decided: "I like mathematics. I don't want to make all this other stuff". When you advise somebody, what to do depends on the

individual. The important thing is to enjoy what you do and see where your enjoyment comes from.

Going through the process of mathematics, sitting around with other mathematicians, people who think at a very high level, arguing out how something should be done, being illuminated by hearing how this or that person thinks - “It’s really a smart idea, he thinks in a way I would have never thought”;- it can please you, but you won’t get money for it. So you have to judge if you enjoy what you are doing or if you enjoy the money.

And then where do you have your intuition? In my case, I couldn’t have gone into physics because I didn’t feel the intuition as much into things as I did in mathematics. I chose mathematics because I knew the right thing to do, what a mathematical good result was, what a proof was, what a bad argument was, what was elegant... Paul Halmos, who was a well-known Hungarian mathematician, wrote a famous book “I want to be a mathematician” in which he gives an example of mathematical thinking.

You have a tennis tournament with 64 players where if you lose you are out, how many matches will we need? The usual calculation is to add up the number of matches: 32 against 32, then 16 against 16, then 8 against 8... Another solution is that at the end of the day, 63 people must have one lost, so since every match has one loser you have 63 matches. Two ways of looking at the same problem, but the second way is the one a mathematician would say is the way of solving the problem, that’s the elegant solution. If you have this feeling of elegance, then you have to do mathematics.

I don’t know if I answer your question, it is very individual because even in mathematics someone working in number theory doesn’t think the same way as someone in analysis. Or even more, measure theory and probability theory are not far away, but they often have a completely different intuition.

Speaking about the future, what do you think will be the future development of mathematics?

R: Professors at a university tell the general community that it is important to have intelligent people thinking at a high level, but if they knew what really people do in pure mathematics, they might say “why am I spending my money for this person to think about problems I don’t even understand?”. They may be very critical.

So we are dependent on governments and economies to support us. And what’s the difference between an electrical engineer and a mathematician?

An electrical engineer can demonstrate immediately its importance, they can talk about computers, navigation systems, mobile phones... Everything you want! And the world likes their computers, their navigation systems, their mobile phones and all that, so they say “Yeah! Give those guys our money. Produce something more for us”. You go to a mathematician and ask why I should give him money; it’s not so easy. In reality, we can show that a lot of mathematics has importance in solving real world problems and therefore is useful. And the electrical engineering community will say “yes, these guys are important. We verify that we use their ideas and they are important”, but for us to explain to the average public where mathematics have made their life better is not so easy, right?

And we have that job to do. This will determine to a large extent the type of mathematics we’re going to do. Fifty or a hundred years ago, math was like art, like writing poetry and I completely agree that it had some importance in the real world, but not as much as today. Nowadays, the reason the government gives a lot of money to mathematics is because they think that mathematics will be useful. Now, we need to show that this is indeed the case, that mathematics has an impact.

Mathematicians now realize that and they choose to work on applied problems so that they can say “yes, by solving these problems I’ve improved people’s lives”, that they can make a connection to the real world, that they can show that what has been done is important. So I think that is going to drive the direction of mathematics and we have to start to look at what are the problems in the real world that are more urgent to be solved and in which mathematics can play a role. And this kind of mathematics will be the most prominent and the one attracting most of the funding.

Of course, there will still be the mathematics that we consider beautiful and that has been historically challenging to us where there are lots of open questions. And a lot of new areas of mathematics of this kind will emerge and, I think, most if not all will be driven by applications. My feeling is that applied areas won’t be the only ones in the future of mathematics, but they will be a great part of it.

People often say, and it’s true, that when certain areas of mathematics were developed, they had no noticeable application and seemed just some abstract thinking, and then, thirty years later, they turned out to be important in applications. And this is the argument

mathematicians use to say “don’t restrict us only to applied problems”. We know from history that solving some rather abstract number theory problems has been useful thirty years later in cryptography and coding messages, but we all know that when number theory was developed, it wasn’t for encoding with it. It was done because it was an intellectual challenge to understand. My guess is that mathematics would be going more in this direction if there wasn’t an issue with the funding.

Every mathematician would like to be left alone and do whatever he wants to do, and even applied mathematics people would say to pure: “That’s fine. Let them do whatever they want to do”. That’s the right attitude. But the general public, I think, would say “That is a luxury we cannot afford, to pay money to people to just do whatever they like to do”. It’s not like we are paying money and getting a road, railroads, planes ...
Thank you very much.

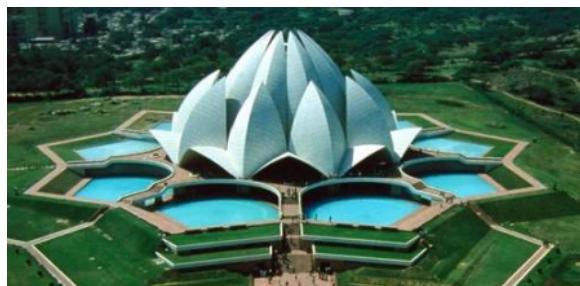
Fantasiazko Eraikinak (II)

Amaiur Holgado eta Nahia Agirrekoikoa

Gogoan duzue Pikasle aldizkariaren aurreko zenbakian fantasiazko eraikinei buruz argitaratutako artikulua? Artikulu hartan, Europako eta Estatu Batuetako eraikin batzuk izan genituen hizpide. Bada, zenbakian honetan, fantasiazko eraikinetan zeharreko gure bildaiak jarraitzen du. Oraingo honetan, ordea, Asiaraino joango gara, eta India, Txina eta Arabiar Emirerri Batuak bisitatuko ditugu; New Dheli, Pekin eta Abu Dhabi hirietan diren fantasiazko eraikinak, hain zuzen. Eta, aurreko zenbakian bezala, eraikin horien ezaugarri arkitektonikoak aztertuko ditugu.

Lotoaren Tenplua

1976an, Fariborz Sahba iraniar arkitektoa aukeratu zuten “Baha’i House of Worship” tenplua eraikitzeko, eta 10 urtez aritu zen arkitekto eta zuzendari gisa proiektu horretan. Bahi fedearren tenplu nagusia da “Baha’i House of Worship” tenplua, eta Lotus Temple izenez ezagutzen da. Arthur Erickson arkitekto kandarrak «Gure garaiko lanik lortuena» gisa definitu zuen arkitektura-obra hau.



1978-1986 bitartean eraiki zen tenplua, Bahapur herrixkan, New Delhi hiriaren erdialdetik urrun. Tenpluak (haren ingurukoa barne) 105.000 metro karratuko azalera du. Marmolez, zementuz eta hareaz eraikita dago. Haren kanpoaldeko marmol zurikoa dela eta, urrunetik ikus daiteke; gainera, arratsaldez, eguzki-izpiek jotzen dutenean, distiratu, eta kolore morexka hartzen du. Tenplua lorategiz eta urmáezel inguraturik dago, eta ur gainean igeri dagoen loto lore bat dirudi.

Proiektua hasi orduko, Fariborz Sahba arkitektoak India osoan zehar bidaiatu zuen lurralte horretako arkitektura aztertzeko, eta harrituta geratu zen tenpluen disainu, arte eta sinbolo erlijiosoekin. Indiako arkitektu-

ran, tenpluaren ezaugarriek erakusten dute zer erlijoena den tenplu hori: tenplua apaintzen dituzten zuhaixkek edo hormetako koloreek, esaterako, agerian uzten dute zer erlijio profesatzen den tenplu horretan. Bestalde, tenplu guztiek bederatzi aldeko forma zirkularra dute, eta, kupula duten arren, ez da ezinbesteko ezaugarritzat jotzen arkitektura horretan. Halaber, edozein pintura, estatua, irudi, pulpitu edo aldare ezin dira jo elementu arkitektonikotzat.

Eraikuntza guztieta loto-lorea agertzen zela konturatu zen Fariborzu; izan ere, lore horrek tradizio hinduistan garbitasuna eta santutasuna sinbolizatzen ditu. Hori dela eta, ur gainean erdi zabalduta eta bere hostoz inguraturik dagoen loto lore bat hartu zuen tenpluaren oinarri.



Lore-itxurako eraikin hori forma geometrikoetan oinarritu zuen:

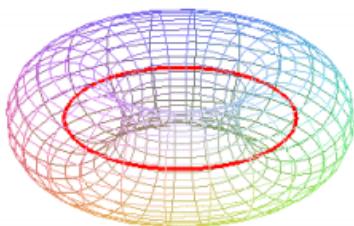
Petaloa

Sarreraren goialdeko egitura osatzen duten bi gainazalak eta kanpoko hostoak erradio desberdinako esferek sortzen dituzte. Esfera horien zentroak eraikinen barrualdeko puntu banatan daude, eta haien dimetroa petaloen lodierari eusteko moduan finkatu dira.

Hostoak

Barrualdeko hosto bakoitza toroide-itxurako bi gainazalek osatzen dute. Erradio jakin bateko zirkunferentzia bat erradio handiagoko zirkunferentzia baten zen-

troan biratuz sortzen den forma geometrikoa da toroidea.



Geometria horren adierazpena konplexutasun handikoa zenez, arkitektoak bi urte eta erdi behar izan zuen tenpluaren planoak diseinatzeko.

Marmolezko 27 petalok inguratzen dute tenpluaren barrualde zirkularra, eta 2500 pertsona sartzen dira haran. Haren inguruan bederatzi putzu daude. Tenpluaren barrura bederatzi zubitatik sar daiteke; zubi horiek 40 metroko altuera duen gela zentralera doaz, eta gela horrek ez du inolako zutaberik bistean. Tenpluaren barruko pisu estruktural gehienari bederatzi arkuk eusten diote; haien forma gainazal planoek, konikek eta zilindroek osatzen dute.

Beijing-eko nazio-estadioa

2002. urtean mundu-mailako lehiaketa bat irabazi zuten Jacques Herzog eta Pierre Meuron suitzar arkitektoek euren proiektuarekin: Beijing-ko Nazio Estadioa. 2008an Pekinen egin ziren Joko Olinpikoen geraleku nagusia izateko eraiki zen.



Eraikuntza hori txori-habia batean oinarriturik dago: okerturiko metalezko piezek nahaspila bat osatzen dute, eta horrek adarrez osaturiko habia baten antza du. Duen estruktura berezi horregatik, erronka handia izan zen lan hau arkitektoentzat. Hogeita sei kilometro altzairu erabili ziren nahaspila horretan; horri esker, imajinaezinezko erresistentzia lortzen du eraikinak. Sabai gardena du; haren bitartez, argia sartzen da barrura.

Gainerako estruktura gainazal zeharragi batez estalita dago, eta isolamendu akustikoa bermatzen du. Estadioak estaltzen duen egiturak forma eliptikoa du, eta 42.000 tonako pisua du. Futbol-zelaiak 8000 m²-ko azalera du; haren azpian, bero geotermikoa gordetzeko bonbak daude. Horiei esker, neguan lurreko beroa xurgatzen da, barruko giroa berotzea; udan, aldiz, lurra hoztu egiten da, eta estadioa fresko mantentzen da.

Estadioak hiru milioi metro kubikoko bolumena du, eta munduko eraikin itxirik handiena da; halaber, munduko eraikinik luzeena da: 330 metro luze.

Lurrikarei aurre egiteko diseinaturik dago: munduko leku sismikoenetako batean eraikita dago.

Capital Gate dorrea

Capital Gate Arabiar Emirerrieta Abu Dhabi hiriko eraikinik deigarrienetako bat da, eta munduko leku garrantzitsuenetako batean dago kokaturik. Abu Dhabi, azken urteotan, negoziotarako munduko zentro bihurtu da, eta bai turismoaren, kulturaren, artearen eta abarren gune ere. Haren ingurunean, kontraste handiak daude: etxe orratzak, mendien artean eraikiak; deserta, eta hareazko hondartzak.



ADNEC konpainiak (Abu Dhabi National Exhibition Company) Capital Gate eraikinean hiri txiki bat sortzea zuen helburu. 2007an hasi ziren eraikitze-lanak, eta lau urte iraun zuten.

Eraikinak 160 metroko altuera du, 35 solairutan banatua. Solairu horien lehenengo hemeretziak bulegoak dira, eta gainerakoek —Hyatt Capital Gate— hotela osatzen dute. Hemeretziaren solairuan, ikuspegi zoragarriak dituen igerileku estaligabe bat dago. Okertutako eraikinei buruz hitz egiten dugunean, Pisako dorrea datorkigu burura. Baina, dakigunez, eraikin hori apurka-apurka okertuz joan da; helburua ez zen, beraiz, dorrea okertuta eraikitzea. Madrileko Kio dorreak

eta Capital Gate, aldiz, inklinatuak izateko asmoarekin eraiki ziren.



Pisako dorreak 4 graduko inklinazioa du; Kio dorreak, 15 gradukoa, eta Capital Gate-k, 18 gradukoa. Makurdura hori duelarik, munduan gizakiak eraikitako eraikinik inklinatuena da Capital Gate: daukan itxura okerragatik, ematen du gainera eroriko zaiela haren azpitik pasatzen diren oinezkoei.

Hemezortzi gradu inklinazio hori, hala ere, ardatz bertikal batean oinarriturik dago. Hau da, eraikinaren ardatz zentrala bertikala da, eta inklinazio-sentsazio hori solairuen sartu-irtenek ematen dute; solairu bakoitzaren pisua nukleo estrukturalen datza. Banaketa hori dela eta, solairuak desberdinak eta bakkarak dira.

Lurrikarari eta haize indartsuei aurre egiteko, lurazpitik 30 metroko sakoneran eraiki zen.

Kanpoaldeari begira, fatxada kristalez eta metalez eraikita dago; kristal horiek triangelu-itxura dute, eta argi naturala sartzea ahalbidetzen dute.

Erreferentziak

- [1] *Estadio olímpico de Pekín*. **Wikiarquitectura**. <http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Estadio.ol%C3%ADmpico.de.Pek%C3%ADn>

http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Estadio_nacional_de_Pek%C3%ADn&oldid=5000000 (kontsulta: 2013ko azaroaren 18a)

- [2] *Estadio Nacional de Pekín*. **Wikipedia**. http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Estadio_Nacional_de_Pek%C3%ADn&oldid=5000000 (kontsulta: 2013ko azaroaren 18a)
- [3] *Fantasiazko eraikinak*. **Zientzia.net**. <http://zientzia.net/argazki-galeria/zerrenda/fantasiazko-eraikinak> (kontsulta: 2013ko irailaren 16a)
- [4] *Fantasiazko eraikinen matematika*. **Elhuyar; zientzia eta teknologia**. <http://aldizkaria.elhuyar.org/gai-nagusiak/fantasiazko-eraikinen-matematika/> (kontsulta: 2013ko irailaren 16a).
- [5] Nel, P. (2010). *Capital Gate La nueva torre inclinada de Dubai* [on line]. <http://lacomunidad.elpais.com/sin-pelos-en-la-lengua/2010/6/7/capital-gate-nueva-torre-inclinada-dubai> (kontsulta: 2013ko azaroaren 13a)
- [6] *Templo de Loto*. **Wikiarquitectura**. http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Templo_de_Loto (Casa_de_Culto_Baha%E2%80%99i) (kontsulta: 2013ko urriaren 6an)

**Amaiur Holgado eta Nahia Agirrekoikoa
Matematikan Lizentziatuak**

El Café Escocés

Aitziber Ibañez

153. Problem; Mazur

Given is a continuous function $f(x,y)$ defined for $0 \leq x, y \leq 1$ and the number $\varepsilon \geq 0$; do there exist numbers $a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n, c_1, \dots, c_n$ with the property that $|f(x,y) - \sum_{k=1}^n c_k f(a_k, y) f(x, b_k)| \leq \varepsilon$ in the interval $0 \leq x, y \leq 1$?

(Prize: A live goose, Mazur)

Remark: The theorem is true under the additional assumption that the function $f(x,y)$ possesses a continuous first derivative with respect to x or y .

November 6, 1936

Tenemos delante el problema número 153 del "Libro Escocés" (*The Scottish book*), concretamente la transcripción al inglés que el matemático Stanislaw Ulam hizo del mismo. La historia de este libro, a pesar de su nombre, empieza en Lwow, actualmente ciudad ucraniana cuyo nombre es Lviv, de la mano del gran matemático Stefan Banach.

Este libro es en realidad una colección de 193 problemas matemáticos como éste, el primero escrito por Banach el 17 de julio de 1935, el último por Hugo Steinhaus el 31 de mayo de 1941. En la transcripción al inglés, Ulam nos cuenta la historia de este libro único.

Aunque a día de hoy Lviv pertenece a Ucrania, en 1935 era una ciudad polaca con toque bohemio. Después de las reuniones semanales en la Sociedad Matemática Polaca, un grupo de matemáticos, liderados por Banach y Mazur, acompañados de algunos estudiantes como Ulam, tenía costumbre de reunirse en el Café Roma para seguir discutiendo entre cafés y tabaco. Acostumbraban además a garabatear números, fórmulas y teorías en las mesas de madera del local, cosa que irritaba al dueño. Ulam cuenta en el prefacio del libro como Banach pasaba horas y días enteros allí, hasta que un día se negaron a fíarle, y enfadado, decidió cambiarse al Café Escocés, que se encontraba apenas a diez metros, y con él migró el grupo de matemáticos al completo.



Figura 1: El café escocés.

Allí las mesas eran de mármol, por lo que la tentación de escribir en tan blanca superficie era aún mayor, y Lucja Braus, esposa de Banach, tras escuchar las quejas del mesero por los garabatos y las de su marido a causa de que un camarero hubiera borrado su teoría de una de las mesas sin contemplaciones, decidió regalarles un gran cuaderno donde pudieran escribir sus ideas, que terminó por llamarse el Libro Escocés. Pronto aquel cuaderno se convirtió en el protagonista de un ritual: cada día el dueño del café lo guardaba y bastaba que Mazur o Banach aparecieran para que lo sacara de su escondite, y lo llevara a una de las mesas acompañado de un par de cafés. En él los matemáticos planteaban problemas no resueltos que les iban surgiendo, e incluso ofrecían premios al que los resolviera.

Fue la Segunda Guerra Mundial la que interrumpió aquellas ceremonias. Tras la invasión rusa (22 de septiembre de 1939), algunos matemáticos rusos añadieron también su granito de arena al cuaderno, escribiendo algunos problemas en ruso, como el 190, del matemático Lusternik; pero fue la ocupación alemana (29 de junio de 1941) la que puso fin a todo aquello. Afortunadamente, el Libro Escocés sobrevivió, y también el Café Escocés y el Café Roma, aunque las reuniones alrededor del cuaderno no se volvieron a repetir. La historia de cómo sobrevivió el libro es bastante incierta, aunque Mazur, antes de que comenzara la Guerra y previendo lo que iba a ocurrir, contó a Ulam cómo había planeado esconder el manuscrito junto a una portería, en un campo de fútbol a las afueras de la ciudad.

Lo que sí sabemos es que después de la muerte de Banach en 1945, su hijo lo encontró entre sus cosas y se lo mostró a Steinhaus después de la guerra. Éste lo copió a mano palabra por palabra y en 1956 se lo envió a Ulam, quien como hemos dicho, lo tradujo al inglés (pues la mayoría de problemas estaban en polaco o en ruso), y decidió difundirlo enviando más de trescientas copias a diferentes universidades.



Figura 2: Mazur entregando el ya mencionado ganso.

A día de hoy, aproximadamente una cuarta parte de los retos planteados en el cuaderno están sin resolver, y los premios que se ofrecen por la resolución de algunos de ellos van desde una cerveza pequeña o una botella de vino, hasta una cena. Algunos incluyen también la solución y el nombre de quien hubiera resuelto el problema, aunque muy pocos fueron solucionados inmediatamente. Con el paso de los años, las mesas de mármol se cambiaron por escritorios de oficina, el Café

Escocés no existe ya, aunque sí el edificio que lo albergaba, y su lugar lo ocupa hoy un banco.

Cabe destacar brevemente la historia del problema 153 enunciado al principio, planteado por Mazur el 6 de noviembre de 1936, ofreciendo por su resolución un ganso vivo. Dicho problema fue resuelto por el matemático sueco Per Enflo, y recibió la correspondiente recompensa de Mazur, en Varsovia, un estupendo ganso vivo que fue cocinado por la esposa del matemático polaco Zhyliasko.

Referencias

- [1] R. Daniel Mauldin. *The Scottish book: mathematics from the Scottish Cafe*. 1982. ISBN-13 978-3764330453.
- [2] *El Café Escocés. Michcelanea.* <http://michcelanea.wordpress.com/2011/10/04/274/>
- [3] Sergio Parra. *El cuaderno escocés: la antología de los problemas matemáticos más difíciles de resolver. Papel en blanco*. Septiembre de 2014. <http://www.papelenblanco.com/metacritica/el-cuaderno-escoces-la-antologia-de-los-problemas-matematicos-mas-dificiles-de-resolver>
- [4] *El Café Escocés de Lwów. El neutrino*. Septiembre de 2014. <http://elneutrino.blogspot.com.es/2010/03/el-cafe-escoces-de-lwow.html>

Aitziber Ibañez

*Licenciada en Matemáticas
UPV/EHU*

Henri Poincaré: matemático y filósofo

Manuel Santos

Desde la “matematización” de las ciencias físicas, de la mano de Galileo, las ciencias matemáticas se han visto estrechamente vinculadas al estudio de los objetos físicos. Con Immanuel Kant, las matemáticas se convierten en la fuente del conocimiento *a priori*, y otorga a éstas un papel esencial en el saber, no exclusivamente físico, sino general. Con la llegada de la geometría no euclídea, ese carácter tan estructural que confería el idealismo kantiano a las matemáticas se viene abajo. Todo esto llevó a los científicos de la época, y posteriores, a una profunda discusión sobre la naturaleza de la matemática. Entre ellos estaba Henri Poincaré.

Jules Henri Poincaré (1854-1912) es considerado uno de los últimos matemáticos universales de la historia de las matemáticas, pues desempeñó un papel crucial en el desarrollo de muchas disciplinas de esta ciencia y además hizo notables contribuciones a la física teórica. Como matemático, no era ajeno a la problemática que se ha comentado en el párrafo anterior. Poincaré creó un sistema de pensamiento que logró definir a la matemática de acuerdo con sus orígenes, las intuiciones humanas y los nuevos descubrimientos científicos.



Figura 1: Henri Poincaré.

El sujeto

Al igual que el filósofo prusiano, Kant, Poincaré afirma que el sujeto dispone de una maquinaria inicial en la mente, es decir, el conocimiento no sólo está sujeto a las experiencias, sino que el sujeto toma parte activa en el conocimiento. “[...] nuestra mente puede afirmar porque decreta: esos decretos se imponen a nuestra

ciencia, que sin ellos, sería imposible...” [1, p. 52]

Así pasa con el concepto de *tiempo*. El tiempo no se puede decir que sea algo completamente tangible, sin embargo, sin pensar lo siquiera, los seres humanos disponemos de la capacidad de distinguir lo que ha pasado antes y lo que ha pasado después. Nosotros no podemos evitar el tiempo; nos es impuesto y no podemos cambiarlo en absoluto.

La geometría y el convencionalismo científico

La geometría es el tema central de la obra filosófica de Poincaré, siendo ésta el germen de su filosofía. La geometría de Euclides, que se tenía por única desde los inicios de la matemática hasta bien entrado el siglo XIX, presentaba dificultades a la hora de describir ciertos fenómenos naturales como la luz. Por ello, Poincaré se interesó por el *Analysis Situs*¹ y por las nuevas geometrías como sistemas axiomáticos.

¿Qué es pues la geometría: juicios sintéticos *a priori* o experiencias? La geometría es un claro ejemplo de teoría axiomática. El problema radica en el origen de los axiomas de la misma. Si bien durante milenarios se pensaba que los axiomas eran únicos e indiscutibles, con la introducción de las geometrías no euclídeas, los axiomas de la geometría adquirían un cariz sensorial. Poincaré no opinaba así, en tanto que definió la geometría como “la clasificación *a priori* de las experiencias espaciales” [2, p. 130], es decir, el matemático francés tendía un puente entre ambos polos: “Los axiomas no son ni juicios sintéticos *a priori* ni hechos experimentales; son *convenciones*.”[1, p. 102]

Así se introduce el concepto de convencionalismo científico. Los axiomas son convenciones científicas. De este modo, la labor del geómetra, según Poincaré, ya no sólo es desarrollar una geometría (Euclídea, no euclídea, de Riemann, de Hilbert, ...), sino también decidir cuál es más *cómoda*. “No hay geometrías falsas, sino geometrías cómodas.”[1, p. 103]

¹Es así como se denominaba a la topología en aquella época.

El análisis y la física

Henri Poincaré fue matemático, pero físico también, es quizás por eso que una de sus preocupaciones centrales fue el binomio matemática-física. Es evidente que la física se ha servido de toda la artillería matemática para poder, bien teorizar, bien otorgar sentido matemático a un fenómeno.

Para Poincaré el papel de las matemáticas, en particular del análisis, no es simplemente suministrar fórmulas para que la física las use a sus anchas. Es preciso que haya entre ellas una íntima colaboración: “La física y el análisis puro no sólo son potencias limítrofes que mantienen relaciones de buena vecindad, ambas se entreveran mutuamente y su espíritu es el mismo.”[2, p. 212] Es más, ambas disciplinas son guías recíprocas. El matemático dota de estructura lógica a los objetos y ayuda a asimilar las experiencias, el físico “da ocasión de resolver problemas y nos ayuda a encontrar los medios.”[2, p. 221] Por ejemplo, “la física matemática introduce muchos desarrollos en serie, todos convergen, no hay duda, pero falta la certeza matemática.”[2, p. 226] La matemática como guía de la física, y *viceversa*.

Como acabamos de ver, Poincaré afirma que la esencia del análisis puro y de la física es la misma. Aun así, el matemático francés no considera que el análisis deba volcarse íntegramente al desarrollo de la física. Es aquí donde Poincaré reivindica la faceta artística del matemático: “Pero para prosperar, el matemático no debe preocuparse por su utilidad inmediata; es preciso que el matemático trabaje como artista.”[2, p. 215]

La objetividad de la ciencia

El debate entre el racionalismo dogmático y el empirismo escéptico, no era un problema exclusivamente

de ámbito filosófico, sino que involucraba de manera amplia a los científicos en aras de definir la objetividad. Poincaré tenía su opinión al respecto.

“Lo objetivo es aquello que es idéntico para todos.”[2, p. 344] Aquí Poincaré hace al ser humano cómplice de la objetividad, defendiendo que sólo tendrá valor objetivo aquello que puede comunicarse, aquello inteligible. Así pues, ¿qué es objetivo? Los objetos aislados son para el matemático francés, ininteligibles: “Cuando una teoría científica pretende enseñarnos lo que es el calor, la electricidad o la vida, sólo podrá darnos una burda imagen.”[2, p. 346] La objetividad no está en los objetos, sino en sus relaciones. Las relaciones entre los objetos es lo único que Poincaré estima “común a los seres pensantes”[2, p. 350] y donde reside la verdadera armonía universal.

“El pensamiento no es sino un destello en medio de una larga noche. Pero ese destello lo es todo.”[2, p. 356]

Referencias

- [1] H. Poincaré. *Ciencia e Hipótesis*. Editorial Austral. 1902. ISBN 978-84-670-0143-3.
- [2] H. Poincaré. *El Valor de la Ciencia*. Ediciones KRK. 1905. ISBN 978-84-8367-067-5.

Manuel Santos

*Estudiante del Grado en Matemáticas
UPV/EHU*