Año 2025, Volumen 60, Número 2

ISSN 1514-9595 (en línea)

Noticiero de la Unión Matemática Argentina

UNIÓN MATEMÁTICA ARGENTINA
FUNDADA EN 1936

Imagen inspirada en la fachada de La Pedrera (Casa Milà) reinterpretada al estilo de Xul Solar y su obra "Pais (1931)" (IA generativa, ClickUp Brain, 2025)

Índice general

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Editorial

Con gran entusiasmo, les presentamos un nuevo número del Noticiero de la UMA. Una vez más, nos embarcamos en un viaje a través del quehacer matemático argentino, con secciones que ya conocen y disfrutan: Miradas Matemáticas, Herramientas y Experiencias, Educación, Diálogos, Semblanzas, Género, CIMA y Misceláneas.

Este es el cuarto número en nuestro nuevo formato. Recuerdo la alegría que me dio ver esta propuesta, tan interesante y necesaria para conectar las distintas áreas y mostrar las actividades de nuestra comunidad. Quiero felicitar a los valientes que tomaron este desafío, junto con la UMA, que les brindó su apoyo desde el primer momento.

Tengo la suerte de trabajar con dos de esas valientes personas, Silvia y Victoria, y soy testigo de la pasión y dedicación que le ponen a su labor. Su talento para seleccionar las notas y llevar a cabo todo el proceso de edición es inmenso. Su energía, siempre positiva, se contagia a quienes nos sumamos al equipo.

Aprovecho para agradecerle a Marilina por el gran trabajo que realizó. Este es el primer número sin ella en el comité, pero tal como nos prometió, siempre está disponible para ayudarnos. Por supuesto, quiero darle la bienvenida a Isolda, quien desde el primer momento se sumó con toda su energía para que este volumen se hiciera realidad, y a Adrián, mi *compañero de ingreso al comité*, con quien empezamos hace un año a colaborar con el Noticiero y que también suma, con toda certeza, un gran trabajo. Estoy feliz de compatir este equipo con los cuatro, y de haberlo compartido hasta hace poco con Marilina.

Tal como lo refleja la sección Herramientas y Experiencias, los cambios asustan, paralizan al comienzo, la decisión más difícil es el primer paso... pero al final esos cambios nos hacen crecer y mejorar. Y este Noticiero es un buen ejemplo de ello. El tiempo seguirá su curso y los miembros del comité iremos cambiando, pero lo que esperamos que no cambie es el espíritu del Noticiero, hecho por y para la comunidad matemática argentina. Esperamos que sigan participando, leyendo, criticando y, sobre todo, ayudando a que las vivencias de nuestra comunidad sigan siendo compartidas en estas páginas.

Iván Angiono

Ir al índice general

UNIÓN MATEMÁTICA ARGENTINA
FUNDADA EN 1936

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Miradas Matemáticas

Cuando se pierde un símbolo: codificando con inteligencia local

María Chara
Investigadora de CONICET en Universidad Nacional del Litoral

¿Por qué necesitamos códigos?

Imaginemos que queremos transmitir o almacenar información digital: una foto, un correo electrónico, un video o una base de datos. En todos estos casos, los datos viajan o se almacenan como secuencias de bits (ceros y unos), y siempre existe el riesgo de que alguno de estos bits se pierda o se altere. Puede ser por ruido en la transmisión, errores de lectura o fallas en un disco rígido.

Para enfrentar estos problemas, la **teoría de códigos** diseña métodos que permiten agregar *redundancia* a la información, de manera que se puedan detectar y corregir errores sin necesidad de repetir el mensaje entero.

Códigos lineales y sus parámetros

Uno de los modelos más estudiados es el de los **códigos lineales**. En términos generales, un código lineal es un subespacio vectorial $C \subseteq \mathbb{F}_q^n$, donde $\mathbb{F}_q$ es un cuerpo finito con q elementos (por ejemplo, $\mathbb{F}_2$, que sólo tiene los bits 0 y 1). Cada vector $\mathbf{c} \in C$ se llama *palabra código*, y representa una versión redundante del mensaje original.

El código se suele describir por tres parámetros:

- n: la longitud de cada palabra codificada (es decir, cuántos símbolos se transmiten o almacenan).
- k: la dimensión del subespacio C, que corresponde a la cantidad de símbolos de información original, (y por lo tanto hay q^k mensajes posibles para enviar).
- d: la *distancia mínima* del código, definida como la mínima cantidad de posiciones en que difieren dos palabras distintas del código. Formalmente,

$$d = \min\{\mathrm{wt}(\mathbf{c}) : \mathbf{c} \in C,\ \mathbf{c} \neq \mathbf{0}\},$$

donde $\mathrm{wt}(\mathbf{c})$ es el peso de Hamming, o cantidad de símbolos distintos de cero en $\mathbf{c}$.

Estos parámetros determinan la capacidad del código no sólo para enviar mensajes sino también para detectar y corregir errores.

Un código con distancia d puede:

- detectar hasta $d-1$ errores arbitrarios,
- corregir hasta $\left\lfloor \frac{d-1}{2} \right\rfloor$ errores,
- o bien recuperar hasta $d-1$ símbolos perdidos (borrados), si se sabe qué posiciones están afectadas.

Entonces, podríamos pensar que un *buen* código para una longitud n fija es aquel que tenga una dimensión grande (no queremos agregar muchísima redundancia) y una distancia mínima grande también, para poder detectar o corregir muchos errores. Sin embargo, estos parámetros están ligados entre sí por la famosa **cota de Singleton** que establece que

$$k + d \leq n + 1,$$

por lo que habrá que buscar un equilibrio.

Es importante notar que hay una diferencia entre *corregir un error* y *recuperar un símbolo perdido*. En el primer caso, el símbolo fue alterado pero no sabemos en qué posición ocurrió el error; en cambio, en el segundo, sabemos exactamente qué símbolo falta (por ejemplo, porque un servidor no respondió), y lo que queremos es *reconstruirlo* a partir de los demás.

Esta distinción es fundamental en contextos como el almacenamiento de datos, donde lo más común no son errores arbitrarios, sino *borrados*: bloques de datos que simplemente desaparecen o no están disponibles temporalmente. Los códigos lineales permiten enfrentar ambos problemas, pero la recuperación de borrados suele ser más eficiente, ya que contamos con información adicional sobre la ubicación del problema.

Un ejemplo autocorrector

Veamos un ejemplo sencillo que ilustra estas ideas. Supongamos que queremos transmitir dos bits a y b en $\mathbb{F}_2$, y usamos el código:

$$(a, b, a+b),$$

donde la suma es módulo 2. Este es un código lineal con parámetros $[3, 2, 2]$, ya que hay dos bits de información, cada palabra tiene tres símbolos, y cualquier par de palabras difiere en al menos dos posiciones.

¿Qué permite este código? En primer lugar, puede *detectar un error*: si recibimos los tres símbolos pero la suma de los dos primeros no coincide con el tercero, sabemos que al menos uno fue alterado. Por ejemplo, si recibimos $(1, 0, 0)$, la suma $1 + 0 = 1$ no coincide con el tercer símbolo, así que hubo un error.

Además, si uno de los tres símbolos se pierde (es decir, se borra), podemos recuperarlo conociendo los otros dos. Por ejemplo, si recibimos $(*, b, a+b)$, sabemos que el símbolo faltante es $a = (a+b) + b$. De forma similar, podemos recuperar cualquiera de los tres si conocemos los otros dos.

Este es un ejemplo minimalista de un **código corrector de errores**. Sin embargo, en códigos más largos, puede ocurrir que para recuperar un solo símbolo perdido tengamos que acceder a *todos* los demás. ¿Es eso realmente necesario? ¿O podemos diseñar códigos donde cada símbolo se pueda recuperar de manera más eficiente?

El problema de la recuperación local

En contextos como el almacenamiento en la nube, donde los datos están repartidos entre miles de servidores, acceder a todos los símbolos para recuperar uno solo puede ser muy costoso. Por eso surge la pregunta natural:

> *¿Podemos diseñar códigos que permitan recuperar cada símbolo accediendo sólo a una pequeña cantidad de los demás?*

La respuesta es sí, y esos códigos se llaman **códigos con recuperación local** (LRC por sus siglas en inglés). Formalmente, un código tiene *recuperación local* r si cada símbolo del código puede recuperarse a partir de a lo sumo r otros símbolos. Idealmente, r es mucho menor que la longitud total n del código, y más aún, que la dimensión k del código. De hecho, si accedemos a k símbolos linealmente independientes podemos reconstruir toda la palabra codificada, pero eso sería innecesariamente costoso si lo único que queremos es recuperar un símbolo perdido.

Una propiedad interesante es que muchos de estos códigos permiten no una, sino varias formas disjuntas de recuperar un mismo símbolo. Esta característica, conocida como *disponibilidad*, resulta muy útil cuando hay múltiples fallas simultáneas: si un conjunto de recuperación está dañado, podemos usar otro. Formalmente, decimos que un código tiene *recuperación local con disponibilidad* t si cada símbolo puede recuperarse a partir de al menos t conjuntos disjuntos de otros símbolos, cada uno de tamaño a lo sumo r.

Un caso práctico: una nube con memoria

Imaginemos que subimos nuestras fotos a un sistema de almacenamiento distribuido. El sistema divide nuestras fotos en partes, y luego codifica cada conjunto de partes usando un LRC. Así, aunque un servidor deje de responder o un disco falle, el sistema puede reconstruir cada pieza perdida usando solo algunas pocas de las otras, sin necesidad de mover grandes cantidades de datos. Este enfoque es especialmente importante en empresas que ofrecen almacenamiento en la nube, donde el tráfico interno y la eficiencia son críticos.

En efecto, Microsoft implementó un sistema de archivos llamado Azure Storage basado en códigos con recuperación local. Según documentación de Microsoft Research, su implementación de códigos LRC permitió reducir el número de fragmentos leídos durante la recuperación —de 12 a 6 en el caso más común— en comparación con un sistema basado en Reed–Solomon. Esto se tradujo en más del 50 % de ahorro en ancho de banda sin comprometer la confiabilidad (ver [2]).

Una construcción algebraica: el código de Tamo y Barg

Construir códigos con recuperación local no es trivial, y hay que tener en cuenta que queremos garantizar que el código tenga buena *distancia mínima*, para poder corregir errores; que cada símbolo tenga un conjunto de recuperación de tamaño acotado y menor a la dimensión; y que la codificación y decodificación sean eficientes.

Una de las construcciones más elegantes y generales es la que propusieron **Tamo y Barg** ([1]) en 2014. Su idea central es definir el código como un *código de evaluación*, es decir, codificar un mensaje como los valores de un polinomio en ciertos puntos de un cuerpo finito. Pero no cualquier conjunto de polinomios sirve: deben elegirse de modo que se preserve la recuperación local y se controle el grado (para asegurar buena distancia).

La construcción se basa en interpolación de polinomios sobre cuerpos finitos y se puede describir así:

- Se fija un cuerpo finito $\mathbb{F}_q$ y un conjunto $A \subset \mathbb{F}_q$ de n puntos de evaluación. Estos puntos se agrupan en subconjuntos disjuntos $A = A_1 \cup A_2 \cup \cdots \cup A_{n/r}$, cada uno de tamaño $r+1$. Cada subconjunto funcionará como un *grupo de recuperación local*.
- Se elige un polinomio $g \in \mathbb{F}_q[x]$ que sea **constante en cada A_i**. Es decir, g toma un único valor en cada subconjunto A_i, pero valores distintos entre los subconjuntos. Este polinomio permite "colapsar" cada conjunto a un punto distinto del codominio.
- Se define un subespacio $\mathcal{L}$ de polinomios de la forma:

$$\mathcal{L} = \left\{ \sum_{j=0}^{t-1} f_j(x) \cdot g(x)^j \,\middle|\, \deg(f_j) < r \right\}.$$

  Cada término $f_j(x) \cdot g(x)^j$ tiene una componente "local"(el f_j) que vive en un espacio de polinomios de grado menor que r, y una componente "global"que varía entre los subconjuntos.
- Finalmente, se define el código como el conjunto de todas las evaluaciones de polinomios de $\mathcal{L}$ en los puntos de A. Es decir:

$$C = \{(f(\alpha_1), \ldots, f(\alpha_n)) \mid f \in \mathcal{L}\}.$$

La recuperación local se garantiza porque, al restringir $f \in \mathcal{L}$ a un conjunto A_i, se obtiene un polinomio de grado menor que $r+1$, por lo que se puede recuperar cualquier símbolo del grupo mediante interpolación polinómica (por ejemplo, usando el algoritmo de Lagrange).

Esta construcción permite controlar simultáneamente la *dimensión*, la *localidad* y la *distancia* del código. Además, alcanza la cota de Singleton para LRC en muchos casos, lo que la convierte en óptima. A pesar de lo técnico del procedimiento, el resultado es sorprendentemente eficiente y elegante.

Un ejemplo concreto

Veamos cómo funciona todo esto con un caso sencillo en el cuerpo finito con 13 elementos, $\mathbb{F}_{13}$. Tomemos el conjunto

$$A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12\} \subset \mathbb{F}_{13},$$

y dividámoslo en tres partes:

$$A_1 = \{1, 3, 9\}, \quad A_2 = \{2, 5, 6\}, \quad A_3 = \{4, 10, 12\}.$$

Cada subconjunto tiene tres elementos ($r + 1 = 3$ con $r = 2$), y serán nuestros grupos de recuperación local.

Ahora necesitamos un polinomio $g(x)$ que sea constante dentro de cada subconjunto. Un candidato simple es

$$g(x) = x^3.$$

En efecto, $g(x)$ vale 1 en todos los elementos de A_1, vale 8 en A_2 y vale 12 en A_3.

A partir de este polinomio construimos el espacio

$$\mathcal{L} = \{\, f(x) = (a + c\, g(x)) + x(b + d\, g(x)) \mid a, b, c, d \in \mathbb{F}_{13} \,\}\,.$$

En otras palabras, $\mathcal{L}$ está formado por polinomios que combinan una parte "local" (lineal en x) con una parte "global" controlada por $g(x)$, lo que garantiza que al restringirlos a cada conjunto A_i se comporten como polinomios de grado bajo.

Si expandimos, se ve que los polinomios de $\mathcal{L}$ tienen la forma

$$f(x) = a + bx + cx^3 + dx^4,$$

con grado a lo sumo 4.

El código se define evaluando todos estos polinomios en los puntos de A:

$$C = \left\{ (f(1), f(2), f(3), f(4), f(5), f(6), f(9), f(10), f(12)) \;\middle|\; f \in \mathcal{L} \right\}.$$

De esta manera construimos un código de longitud $n = 9$, dimensión $k = 4$, y con recuperación local $r = 2$. Dentro de cada grupo A_i, si falta un símbolo, los otros dos alcanzan para reconstruirlo usando interpolación lineal. Además, como los polinomios tienen grado a lo sumo 4, la distancia mínima es al menos 5.

Veamos la recuperación en acción. Supongamos que el mensaje es

$$m = (1, 1, 1, 1),$$

que corresponde al polinomio

$$f(x) = 1 + x + x^3 + x^4.$$

La palabra código asociada es

$$c_m = (4, 8, 7, 1, 2, 11, 0, 0, 0).$$

Imaginemos que durante la transmisión se pierde el primer símbolo. Como corresponde a $f(1)$ y $1 \in A_1$, podemos usar los otros dos valores de ese grupo: $f(3) = 8$ y $f(9) = 7$. Con ellos construimos el polinomio interpolador de grado 1, que resulta ser $\delta(x) = 2x + 2$. Al evaluarlo en 1, obtenemos $\delta(1) = 4$, recuperando así el símbolo perdido.

Este ejemplo pequeño muestra con números concretos cómo funciona la idea: la construcción de $\mathcal{L}$ usando $g(x)$ asegura que cada grupo A_i permite una recuperación local eficiente, a la vez que el código conserva buena distancia mínima.

Y aún hay más...

El estudio de códigos con recuperación local está lleno de variantes y todavía hay muchas preguntas abiertas. Algunas investigaciones se proponen buscar códigos que toleren múltiples fallas simultáneas en el mismo grupo de recuperación, otros exploran versiones adaptadas a diferentes modelos de red o a nuevas arquitecturas de memoria.

Además, hay conexiones inesperadas con otras áreas: combinatoria, grafos, teoría de matroides y hasta geometría algebraica (con evaluaciones de puntos racionales en curvas definidas sobre cuerpos finitos). En resumen, es un ejemplo perfecto de cómo una necesidad tecnológica concreta puede impulsar desarrollos teóricos profundos.

Conclusión

Los códigos con recuperación local son una respuesta matemática elegante a una necesidad tecnológica muy concreta. Combinan ideas del álgebra, la combinatoria y la teoría de la información para diseñar estructuras que protegen nuestros datos de forma eficiente y accesible.

Lo que comenzó como un problema abstracto sobre polinomios y cuerpos finitos hoy permite que nuestras fotos, documentos y mensajes estén seguros incluso si un servidor se apaga, una red se cae o un disco se rompe. Y todo eso, gracias a un poco de matemática abstracta.

Referencias

[1] Tamo, I., & Barg, A. (2014). A family of optimal locally recoverable codes. *IEEE Transactions on Information Theory*, 60(8), 4661–4676.

[2] C. Huang, H. Simitci, Y. Xu, A. Ogus, B. Calder, P. Gopalan, J. Li, S. Yekhanin, *Erasure coding in Windows Azure Storage*, USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC), 2012. Disponible en: https://www.microsoft.com

▶ Ir al índice general

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Educación Matemática

¿Qué enseña una tablilla babilónica?

La historia de la matemática
como herramienta para formar docentes que saben escuchar

Fernando J. Bifano y Nicolás Igolnikov

Universidad de Buenos Aires, FCEyN, CEFIEC.

¿Por qué estudiar historia de la matemática si queremos enseñar matemática? ¿Qué tiene para ofrecer el pasado a quienes se preparan para enseñar en las aulas del futuro? Estas preguntas, que a primera vista pueden parecer retóricas o incluso decorativas, en realidad esconden una potencia pedagógica que vale la pena explorar. Diversos autores (Tzanakis y Arcavi, 2000; Tzanakis y Thomaidis, 2000; Furinghetti, 2007; Jankvist, 2009; Barbin y Tzanakis, 2014; De Vittori, 2022) durante las últimas décadas han considerado diferentes formas de pensar el uso de la Historia de la Matemática para su integración a la enseñanza. En nuestra experiencia como formadores de docentes en la materia Historia de la Matemática, hemos descubierto que trabajar con fuentes antiguas no es un ejercicio nostálgico, sino una oportunidad para desarrollar capacidades clave en la enseñanza actual. Una de ellas es la de aprender a escuchar (Arcavi y Isoda, 2007).

De Babilonia al aula: algunos ejemplos

Una tablilla de arcilla escrita hace más de tres mil años en Babilonia, cubierta de signos cuneiformes y organizada en columnas, puede parecer una curiosidad arqueológica más. Pero en nuestras aulas de formación docente, esa tablilla se transforma en un recurso didáctico poderoso. ¿Por qué? Porque desafía, intriga y, sobre todo, enseña a mirar la matemática con otros ojos.

El problema del tronco es uno de esos ejemplos que usamos con nuestros estudiantes del profesorado de matemática. Se trata de un procedimiento antiguo que, en apariencia, busca ejemplificar una manera de calcular la cantidad de granos que pueden ser almacenados en un recipiente de forma cilíndrica. La tarea que les proponemos es sencilla y compleja al mismo tiempo: leer, entender y reconstruir qué quiso hacer el autor de la tablilla. Para ello, deben aprender a interpretar desde un sistema numérico distinto, con las reglas y notaciones que tenía en su momento. La transliteración de este* que adaptamos de Ritter (1998) se presenta a continuación, tal cual se presentó a les estudiantes en nuestras aulas:

A continuación, presentamos el texto de procedimiento tal cual lo describe Ritter, (1989b). Dividiremos al texto en líneas, que numeraremos para mayor claridad a la hora de referirnos a ellas. Datos: la unidad privilegiada de medida es el nindan, que equivale a 12 codos -medida que representa la distancia entre el codo y la punta del dedo mayor de una mano-.

L1: **≪El procedimiento para un "tronco". 5, un codo, era su diámetro. ¿Cuánto vale en medida de granos?**

L2: **En tu procedimiento:**

L3: **Pon la profundidad tanto como el diámetro.**

L4: **Convierte 5; eso asciende a 1. Triplica 5, el diámetro; eso asciende a 15.**

L5: **15 es la circunferencia del "tronco". Cuadrado de 15; eso asciende a 3 45. Multiplica 3 45 por 5, el igigubbüm del círculo; eso asciende a "18 45 como superficie".**

L6: **Multiplica 18 45 por 1, la profundidad; eso asciende a "18 45 como volumen".**

L7: **Multiplica 18 45 por 6, (el igigubbüm de) la medida de grano; eso asciende a 1 52 30.**

L8: **El "tronco" contiene 1 panum, 5 sütum, 2 72 de grano.**

L9: **Éste es el procedimiento.≫**

a) ¿Qué características del texto llaman su atención? Por ejemplo: estructura, palabras, oraciones...

b) Formulen, en sus grupos, preguntas para el texto. ¿Qué problema matemático estará resolviendo? Señalen en las líneas correspondientes qué les hace formular esa conjetura.

c) ¿Qué interpretan que propone el texto en L5? Intenten analizar matemáticamente la producción. ¿Qué conocimientos podrían subyacer a esta solución?

d) Caractericen la solución que propone el problema.

Conviene recordar que la numeración babilónica es en base sexagesimal, y que para el momento en el que presentamos este problema ya se ha discutido en el aula esta cuestión. Esto permite que expresiones como "el cuadrado de 15 es 3 45", que en el formato decimal resultan desconcertantes, tengan sentido, ya que:

$$15^2 = 3.60 + 45$$

*Según la RAE: Representar los signos de un sistema de escritura mediante los signos de otro.

No obstante, a medida que avanzan en el análisis, surgen hipótesis, debates, errores, hallazgos. Hay quienes creen que hay un error en el procedimiento, ya que desde el punto de vista de los conocimientos que poseen, el cálculo del área en L5 se podría formular -generalizadamente- según la fórmula:

$$\text{área del círculo} = (3 \cdot \text{diámetro del círculo})^2 \cdot 5$$

es decir:

$$\text{área del círculo} = 9 \cdot d^2 \cdot 5 = 45d^2.$$

Contra la fórmula del área del círculo (en función del diámetro) que se toma por válida:

$$\text{área del círculo} = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi d^2}{4}.$$

Lo que resulta movilizador en nuestra aula, frente a este desconcierto, es justamente la pregunta por "aprender a escuchar": ¿qué tiene de válido el "método babilónico"? Tal cual está hecha la descripción algebraica, este método daría valores considerablemente más grandes que los que debería. Es entonces que alguien se atreve a realizar las cuentas en notación sexagesimal y encuentra que los resultados, con ambas fórmulas, arrojan números con los mismos dígitos. Este trabajo permite reflexionar sobre una característica potente del sistema babilónico: su ambigüedad, en la que una notación sexagesimal dada puede representar, en principio, números que difieran en un factor de 60. Esta ambigüedad permite transformar la tarea de dividir (en este caso, por 4) por la de multiplicar (en este caso, por 15)[†]. Esta comprensión de los modos de funcionamiento del sistema sexagesimal, de las técnicas que este sistema habilita, de la convencionalidad específica no solo enseña matemática antigua. Enseña escuchar otras formas de pensar, interpretar ideas que no son las propias desde la lógica de dichas ideas, reconociendo su validez, a ser conscientes de que el conocimiento tiene historia, contexto y evolución. Estas cuestiones son, a nuestro juicio, fundamentales para la formación docente.

Escuchar otras voces, otras lógicas

Lo que ilustra la tablilla babilónica nos sirve como punto de partida para una idea central: enseñar matemática no es simplemente transmitir técnicas o fórmulas, sino estar dispuesto a interpretar cómo piensa quien está aprendiendo. Para eso, hay que saber "leer" las producciones ajenas, incluso cuando no se parecen a las que se esperaría.

Ese acto de escucha —de lectura comprensiva, de empatía cognitiva— es el mismo que ponemos en juego al intentar entender un procedimiento del pasado. Si alguien escribe algo "mal" o "raro", ¿está en un error… o está operando con otra lógica? ¿Cómo podemos entender su razonamiento sin imponer inmediatamente nuestras categorías?

Trabajar con fuentes históricas entrena esta capacidad de interpretación. Nos fuerza a salir de lo conocido, a suspender el juicio, a reconstruir significados a partir de pistas parciales. Exige descentrarse, asumir otro punto de vista. Necesitamos un "desempaquetamiento" de nuestro conocimiento experto para volver a asumir el lugar de aprendices. Y al hacerlo, construimos herramientas para enseñar mejor.

[†] Cabe recordar que, de los registros disponibles de tablillas babilónicas, Ritter (1998) distingue aquellas de procedimiento, como las que describimos, de aquellas en las que se recopilan cálculos (tablas de multiplicar, de cuadrados son algunas de ellas). Estas últimas habrían servido de apoyo a las primeras.

La historia como herramienta formativa

Podríamos pensar que esto es simplemente una anécdota atractiva. Pero no lo es. Hay detrás una concepción sobre la formación y el rol docente. Tradicionalmente, se ha discutido si la historia de la matemática debe enseñarse por su valor cultural (como una parte de la educación general) o como una herramienta didáctica. Nuestra experiencia muestra que ambas cuestiones no están separadas.

Por un lado, al conocer cómo surgieron ciertos conceptos (como el número, la fracción, el área o el infinito), las y los docentes pueden construir una comprensión más rica y menos rígida de esos temas. Por otro lado, la práctica de interpretar fuentes históricas fortalece habilidades didácticas como la escucha, la formulación de hipótesis y la sensibilidad a distintas formas de razonamiento.

Este tipo de actividades no busca simplemente "contar" una historia. Busca trabajar con ella. Hacerla viva. Usarla como espejo para reflexionar críticamente sobre la enseñanza y el aprendizaje.

Indagar, además de escuchar

A medida que avanzamos en nuestro curso de historia de la matemática, incorporamos también fuentes más complejas: textos sobre trigonometría, cálculo, probabilidad. Y ahí aparece un nuevo desafío. Ya no alcanza con leer una fuente antigua. Es necesario buscar información, contrastar versiones, interpretar discusiones entre historiadores y didactas. Estudiar se convierte en investigar. Además de aprender a escuchar, se trata de aprender a indagar.

Esta indagación complementa la escucha: no se trata solo de interpretar lo que está ahí, sino de aprender a construir una mirada propia sobre lo que se estudia a partir de una búsqueda de otras contribuciones precedentes respecto de aquello que se quiere comprender. Y, por supuesto, adoptar una posición crítica y fundamentada respecto de dichos aportes. Formular buenas preguntas y evaluar críticamente respuestas a ellas son aspectos que hacen también a la posición docente frente a la tarea de enseñar.

Un aporte doble: matemático y didáctico

Trabajar con la historia de la matemática, entonces, ofrece un doble aporte. En lo matemático, enriquece la comprensión conceptual. En lo didáctico, fortalece habilidades profesionales imprescindibles. Lo hace, además, de forma integrada, sin forzar artificialmente la conexión entre teoría y práctica.

Para nosotros, como formadores, cada clase se convierte en un laboratorio: de pensamiento, de diálogo, de reconstrucción. Y cada fuente histórica se transforma en una oportunidad para pensar qué significa enseñar matemática en serio.

Porque al final, como bien lo mostró aquella antigua tablilla, enseñar no es repetir fórmulas. Es saber escuchar, interpretar e indagar. Y también —por qué no— sorprenderse.

Referencias

[1] Arcavi, A. & Isoda, M. (2007). Learning to listen: From historical sources to classroom practice. Educational Studies in Mathematics, 66, 111–129. Special issue on the history of mathematics in mathematics education. https://doi.org/10.1007/s10649-006-9075-8

[2] Barbin, É. & Tzanakis, C. (2014). History of mathematics and education. In S. Lerman (Ed.), Encyclopedia of mathematics education. Springer https://doi.org/10.1007/978-94-007-4978-8

[3] De Vittori, T. (2022). Études Didactiques de l'Utilisation de l'Histoire des Mathématiques en classe et en formation (EDUHM). Histoire et perspectives sur les mathématiques [math.HO]. Université d'Artois. tel-03790136

[4] Furinghetti, F. (2007). Teacher education through the history of mathematics. Educational Studies in Mathematics, 66, 131–143. Special issue on the history of mathematics in mathematics education.

[5] Jankvist (2009). A categorization of the "whys" and "hows" of using history in mathematics education. Educ Stud Math.;71(3):235–61. https://doi.org/10.1007/s10649-008-9174-9.

[6] Ritter, J. (1998). Segunda bifurcación: ¿una matemática o muchas? A cada uno su verdad: las matemáticas en Egipto y Mesopotamia. En M. Serres (Eds.), Historia de las Ciencias (pp. 51-76). (L. Puig, Trans.). Cátedra. (Trabajo original publicado en 1989)

[7] Tzanakis, C., & Arcavi, A. (2000). Integrating history of mathematics in the classroom: An analytic survey. In J. Fauvel, & J. van Maanen (Eds.), History in mathematics education (pp. 201–240, Chapter 7). The ICMI Study. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

[8] Tzanakis, C., & Thomaidis, Y. (2000). Integrating the close historical development of mathematics and physics in mathematics education: Some methodological and epistemological remarks. For the Learning of Mathematics, 20(1), 44–55.

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Misceláneas

El acertijo de Babel*

(Sobre las letras misteriosas en los dorsos de los libros)

Guillermo Martínez

Mucho se ha escrito ya sobre la Biblioteca de Babel, esa versión espacial, arquitectónica, que elabora Borges a partir de una idea de combinatoria expuesta por Kurd Lasswitz con menos encanto literario en su cuento “La biblioteca universal”. A esta altura las monografías y comentarios podrían ocupar su propio estante vertiginoso en alguno de los vericuetos de la magna construcción borgeana: el bucle autorreferencial en que la Biblioteca lee sobre sí misma. Entre las páginas recientes se ha escrito, por ejemplo, con demasiada ligereza, que el cuento prefiguró la red de redes Internet: esto es profundamente erróneo, casi lo opuesto a la desesperanza de sentido que domina el relato. Borges insiste una y otra vez en que casi todos los volúmenes de la Biblioteca son ininteligibles: se dice que uno de los libros “constaba de las letras M C V perversamente repetidas desde el renglón primero hasta el último”. Y también: “por una línea razonable o una recta noticia hay leguas de insensatas cacofonías, de fárragos verbales y de incoherencias”. Internet sería apenas una mínima subregión desperdigada: la módica reunión de los libros descifrables en los lenguajes conocidos humanos.

La explicación de por qué en la Biblioteca de Babel “lo razonable (y aún la humilde y pura coherencia), es casi una excepción” tiene que ver con los postulados para el alfabeto y los volúmenes: el número de símbolos ortográficos es veinticinco, no hay guarismos ni mayúsculas, y la puntuación ha sido limitada a la coma y al punto. Sobre los volúmenes se especifica: “cada libro es de cuatrocientos diez páginas; cada página de cuarenta renglones; cada renglón, de unas ochenta letras de color negro.” Y finalmente, “la ley fundamental de la Biblioteca”, por donde se filtra el sinsentido: los anaqueles “registran todas las posibles combinaciones de los veinticinco símbolos ortográficos (número, aunque vastísimo, no infinito)”.

Basta imaginar ahora que los veintitrés primeros símbolos ortográficos fueran las primeras veintitrés letras de nuestro abecedario y que los últimos dos fueran la coma y el punto. Si consideramos como un símbolo más el espacio en blanco, y lo añadimos al alfabeto básico como último símbolo, podemos representar a cada libro como una larguísima palabra única, formada desde el primer renglón hasta el último por una secuencia ininterrumpida de estos veintiséis símbolos. Esto nos permite imaginar a los volúmenes de la Biblioteca ordenados, al menos mentalmente, con el orden del diccionario. El primer libro sería entonces un volumen de cuatrocientos diez páginas con la letra “a” repetida sin

*Ensayo publicado recientemente en la edición ampliada del libro *Borges y la matemática*, junio de 2025.

espacios desde el primer renglón hasta el último. El segundo libro sería casi idéntico, solo que la letra final sería una única “b”. Y así hasta encontrar el primer libro con un único espacio al final. ¿Cuántos miles y miles de libros con puro agolpamiento y galimatías de letras, cuántos anaqueles deberíamos recorrer, para encontrar el primer libro que empezara “En un lugar de la mancha”? (“mancha” en minúscula, recordar que no hay mayúsculas en el alfabeto). ¿Cuántos más para poder proseguir estas primeras palabras con algún sentido? ¿Y para llegar hasta el final de la primera oración del Quijote?

Hay dos problemas incómodos en esta biblioteca que debe albergar “todo lo que es dable expresar, en todos los idiomas”. ¿De qué manera aparecen los libros escritos en lenguas con alfabetos diferentes, que incluyen por ejemplo letras mayúsculas, los acentos del español, o caracteres como la ö del alemán? En el cuento hay ejemplos de frases con todos estos símbolos que no figuran en el alfabeto generador. Borges lo resuelve con una codificación de los nuevos símbolos a partir de los veinticinco primigenios. Dice expresamente: “Un número n de lenguajes posibles usa el mismo vocabulario; en algunos, el símbolo *biblioteca* [. . .] es *pan* o *pirámide* o cualquier otra cosa”. Esto siempre puede hacerse, en efecto, con sucesiones de los símbolos primitivos, tal como se procede en las encriptaciones: la *á* puede representarse, por ejemplo, como la sucesión de símbolos *aacento*, o bien, como el par *,a*. La misma convención serviría para las demás vocales acentuadas. Del mismo modo, la A mayúscula podría expresarse como la sucesión *amay,uscula* o con cualquier otra convención que use sólo los símbolos iniciales.

La segunda cuestión, más delicada, tiene que ver con la extensión de los volúmenes, que está restringida a cuatrocientos diez páginas. Recordemos que la Biblioteca debe incluir a todos los libros concebibles: “Lo repito: basta que un libro sea posible para que exista”. Sin duda *El Quijote, Las mil y una noches* o *En busca del tiempo perdido* deberían poder encontrarse en algún anaquel. También la última edición del Diccionario de la Real Academia o la Enciclopedia Británica. Pero todos estos libros, perfectamente concebibles, y aún reales, ocupan mucho más del espacio de cuatrocientos diez páginas asignado a cada volumen. Todavía más elemental: podemos muy bien imaginar el libro que consta de la letra “a” repetida desde el primer renglón hasta el último de un volumen de cuatrocientos diez páginas, y que se continúe todavía un renglón más. Ese libro al que le sobra un renglón de caracteres respecto a las condiciones postuladas, ¿cómo se encontraría en la biblioteca?

Llegamos aquí al punto crucial, al acertijo, que plantea Borges dentro del cuento. Al describir las características de los volúmenes de la Biblioteca, se dice: “También hay letras en el dorso de cada libro; esas letras no indican o prefiguran lo que dirán las páginas. Sé que esa inconexión, alguna vez, pareció misteriosa. Antes de resumir la solución (cuyo descubrimiento, a pesar de sus trágicas proyecciones, es quizá el hecho capital de la historia) quiero rememorar algunos axiomas.”

La función de estas letras al dorso, el *hecho capital de la historia*, promete revelarse hacia el final. Pero cuando el cuento ya está por acabar sólo aparece, o reaparece, la pregunta de si la Biblioteca es infinita o finita. Se dice que “no es ilógico pensar que el mundo es infinito” y al mismo tiempo se recuerda que hay un número límite para la cantidad de volúmenes que pueden formarse de acuerdo a las reglas prefijadas. Ahora bien, si en la Biblioteca “basta que un libro sea posible para que exista”, necesariamente *debería ser infinita*, porque podemos concebir libros crecientemente más y más largos (el libro conformado por n tomos de libros ya encontrados es un libro posible y diferente que también debería estar). ¿Cómo resolver estos requisitos contradictorios? Borges propone “esta solución del antiguo problema: La biblioteca es ilimitada y periódica. . . los mismos volúmenes se repiten”. Sin embargo, antes se había dicho, muy claramente, que no hay dos volúmenes idénticos en la Biblioteca. ¿Entonces?

Aquí es cuándo –arriesgo yo- revelan su importancia y su función las letras en el dorso. Los libros de extensión más larga que cuatrocientos diez páginas pueden encontrar su lugar en varios tomos, tal como ocurre en cualquier biblioteca. Se separan aquí los conceptos de "libro" y "volumen". Las letras en el dorso (o su ausencia) son una manera de codificar si un libro es parte de una sucesión de tomos (dos de tres, siete de diez), o bien un volumen único. Por eso las letras no tienen ninguna conexión aparente con el contenido: son sólo una indicación de que el volumen es parte de un libro más largo, y que los demás tomos también estarán en la Biblioteca. De esta manera, los libros de cualquier extensión tienen también cabida, divididos en varios volúmenes. Esto explica también la "periodicidad" a la que se refiere Borges: los tomos que conforman un libro mayor aparecen "repetidos": cada tomo, desprovisto de las letras del dorso, será a la vez un volumen único, con su lugar individual. Sin embargo, como *libros*, no son idénticos: la diferencia está en las letras del dorso, que indicarán si debe considerarse "parte de algo mayor" o bien, si no hay letras, "volumen único". Gracias a estos símbolos externos la Biblioteca puede expandirse, dar lugar a libros de longitud creciente y parecer "ilimitada", al menos mientras haya suficiente lugar físico para inscribir las letras en los dorsos. ¿Sería esta la solución en la que pensaba Borges, su "elegante esperanza"?

Postdata. El escritor y físico Alberto Rojo agrega esta interesante observación: pensemos en el libro de 820 páginas que constara de la repetición de una única frase (por ejemplo, la perversión duplicada de las letras M C V que menciona Borges o la frase obsesiva que escribe el personaje de Jack Nicholson en El resplandor). Este libro de dos tomos, sin letras en los dorsos, perfectamente posible de imaginar, no encontraría lugar en la Biblioteca de Babel, porque no se admiten volúmenes repetidos.

Guillermo Martínez nació en Bahía Blanca (1962). Es doctor en Ciencias Matemáticas por la Universidad de Buenos Aires y realizó estudios posdoctorales en Oxford, donde residió durante dos años. Es uno de los escritores argentinos más traducidos del mundo, con obras publicadas en más de 35 idiomas.

Se dio a conocer con su libro de cuentos *Infierno grande* (uno de cuyos relatos fue publicado en *The New Yorker*), con el que ganó el Premio del Fondo Nacional de las Artes en 1988. Su primera novela, *Acerca de Roderer*, fue seguida por *La mujer del maestro* y el ensayo *Borges y la matemática*.

En 2003 obtuvo el Premio Planeta con *Crímenes imperceptibles*, novela llevada al cine por Álex de la Iglesia (como *Los crímenes de Oxford*). En 2007 publicó *La muerte lenta de Luciana B.*, elegida entre los diez mejores libros del año por *El Cultural* de España y adaptada también al cine por Sebastián Schindel (*La ira de Dios*).

Otras de sus obras destacadas incluyen las novelas *Yo también tuve una novia bisexual* (2011), *Los crímenes de Alicia* (Premio Nadal 2019, España) y *La última vez* (2022). En el ámbito del ensayo ha publicado *La fórmula de la inmortalidad*, *Gödel (para todos)* (junto a Gustavo Piñeiro), *La razón literaria* y *Once tesis (y antítesis) sobre la escritura de ficción*.

En 2015 recibió el Premio Hispanoamericano de Cuento Gabriel García Márquez por *Una felicidad repulsiva*. Fue también galardonado con el Premio Konex de novela (2004–2007), el Premio del Fondo Nacional de las Artes, y el Milovan Vidakovic (Serbia), entre otros reconocimientos.

Ir al índice general

ISSN 1514-9595 (web)

Misceláneas

Orbita Mathematicae

La revista de investigación de UMALCA

Guillermo Cortiñas

Editor en Jefe *Orbita Mathematicae*

Dep. Matemática/IMAS, Fac. Cs. Exactas y Naturales

UBA – CONICET

La Unión Matemática de Latinoamérica y el Caribe, UMALCA, es una asociación civil sin fines de lucro radicada en Santa Fe, Argentina, que reúne a sociedades matemáticas de la región. Desde su creación en 1995 como una asociación informal, UMALCA se ha dedicado a promover el desarrollo de la matemática de la región en todos sus aspectos. Entre otras actividades de UMALCA, se destacan el Congreso Latinoamericano de Matemática, CLAM, un congreso cuadrienal donde se presentan los últimos avances y se otorgan premios a jóvenes con logros sobresalientes en investigación, y las Escuelas de Matemática de Latinoamérica y el Caribe, EMALCAs, que cada año llevan estos avances a estudiantes de pre y postgrado de distintas zonas de la región.

En 2022, la Asamblea General de UMALCA decidió la creación de una revista de investigación, tarea asignada a un comité ad hoc. El comité eligió llamarla *Orbita Mathematicae*, que significa "esfera de influencia de la matemática".

En la declaración de propósito de la revista se señala:

> "Orbita Mathematicae buscará atraer artículos de investigación originales del más alto nivel, tanto de la región como del resto del mundo, y se posicionará entre las revistas más prestigiosas a nivel internacional. De esta manera, la investigación matemática de alto nivel en América Latina y el Caribe contará con una opción de publicación originaria de la región y con alto impacto global."

El 29 de agosto de 2022, UMALCA firmó un acuerdo con la editorial sin fines de lucro Mathematical Science Publishers por la que la editorial se compromete a publicar la revista de UMALCA. La revista, actualmente de acceso abierto, se convertirá en una publicación por suscripción, y a partir del tercer año de implementado ese sistema, UMALCA recibirá un porcentaje de las suscripciones netas. Es política de MSP que las revistas que sobrepasan en un año dado un cierto número de suscripciones pasen al modelo S2O (subscribe to open), por el cual los artículos publicados ese año son de libre acceso, sin cargos adicionales, ni para los autores, ni para los suscriptores.

De acuerdo con sus estatutos, Orbita Mathematicae es editada por un Consejo Editorial designado por la Asamblea de UMALCA por un término de 4 años, renovable como máximo dos veces. Actualmente el consejo está formado por un comité coordinador de 3 personas (incluyendo un editor en jefe) y 27 editores/as asociados/as. El comité asigna los artículos a integrantes del consejo, y toma decisiones en base a sus recomendaciones.

La revista lleva ya 3 números publicados; 2 del volumen 1 (2024) y uno del volumen 2 (2025), así como 2 artículos del segundo número de ese volumen. Todos los artículos están disponibles aquí.

Orbita Mathematicae es una revista generalista, dirigida a un público amplio, que publica artículos de alto nivel, abierta a todas las áreas de la matemática.

Animamos a todas las personas de la comunidad matemática a enviarnos sus mejores artículos.

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Misceláneas

De Exactas Programa a Pensamiento Computacional
Una historia compleja con final feliz escrita a cuatro manos

Ignacio Ojea* y Mariela Sued†

*Dep. Matemática - FCEN y Ciclo Básico Común, UBA; IMAS (CONICET-UBA)

† Universidad de San Andrés - CONICET

Prólogo (Esteban Mocskos)

Resulta un tanto extraño salirse de la escritura de los textos científicos habituales para escribir una reflexión acerca de un proceso que, visto desde la perspectiva actual, podemos considerar un éxito en varios aspectos. Vamos a contarles cómo la necesidad de avanzar en el dictado de contenidos computacionales, impulsó a un grupo de docentes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA a diseñar, dictar, mejorar y disfrutar un curso que enseña los elementos iniciales de programación. En esta descripción, a veces teñida de un cierto romanticismo alentado por el paso del tiempo que suaviza los tropiezos, dos protagonistas de esta experiencia, Ignacio y Mariela, nos brindan sus perspectivas.

Esperamos que compartir esta historia impulse a otros colegas a concebir experiencias similares, atendiendo a las demandas específicas de sus entornos. Estamos a disposición para colaborar con nuevas iniciativas en este sentido, compartiendo nuestra experiencia y el material elaborado, como venimos haciéndolo.

Mariela Sued: ¿Cómo comenzó todo esto?

El histograma es una representación gráfica que nos permite visualizar de qué manera se distribuye un conjunto de datos numéricos. El *estimador no paramétrico de la densidad* puede ser considerado una versión suavizada del histograma. Junto con regresión no paramétrica, este es uno de los temas preferidos por muchos docentes amigos para contar: se observa fácil algo lindo y hay muchas maneras de presentarlo según la formación del auditorio. Además, se ve claramente el famoso compromiso sesgo-varianza y la matemática necesaria para analizar la consistencia del estimador es muy accesible. En este enlace se puede acceder a visualizaciones interactivas, incluidas en este libro, de García – Portugués.

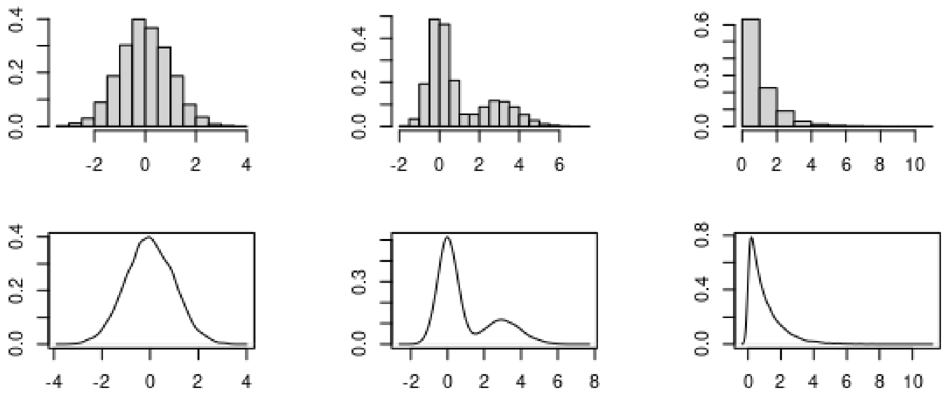


Figura 1: En la fila 1 se muestran histogramas de diferentes conjuntos de datos, y abajo de cada uno se grafica el estimador no paramétrico de la densidad.

Este es uno de los temas que presentamos en *Ciencia de Datos con R - Fundamentos Estadísticos*, una materia optativa en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. El auditorio suele ser muy variado: muchos estudiantes de Biología, algunos de Computación, pocos de Matemática, un par de Ciencias de la Atmósfera y algunos otros que no identifico de memoria. En la primera edición, terminé con mi presentación del estimador, mostré algunos gráficos, discutimos en algunos ejemplos qué pasaba con el tamaño de la ventana, qué pasaba con la elección del núcleo. Todos contentos. - ¿Se entendió?, pregunté. Algunas cabezas se movieron indicando que sí. El famoso resorte que los estudiantes tenemos en el cuello y se pone en acción cuando alguien pregunta si se entiende (me suena que esta es una idea de Paenza). Como estos muñequitos. Genial, fuimos entonces a las computadoras. Consigna. Caos. La cara de mi *biólogo favorito* cuando me preguntó qué había que hacer con h no me la olvido más. Fue un día **fundacional** en mi vida. Si bien en esta materia se pedía familiaridad con `R`, nos dimos cuenta de que *familiaridad* es un término bastante poco específico. Una cosa es cargar datos, ejecutar algún comando y *más o menos* interpretar el resultado. Otra cosa es implementar una solución propia, escribir una función en la *compu*.

De paso, aprovecho para compartir un temita no menor. Una función en computación es algo muy diferente a lo que llamamos función en matemática. ¡Que desgracia! ¿No? Y eso mismo pasa con tantas otras cosas. ¿Es necesario definir qué es una probabilidad? ¿Quién no lo sabe? Y en eso, llegó Kolmogorov. Y nos pusimos a *definir* la probabilidad. Esto de apropiarnos de términos públicos y resignificarlos con definiciones complejas, es una verdadera desdicha. Algo que merece ser problematizado en el aula. La apropiación lingüística.

Volviendo a aquella clase: me di cuenta de que una cosa es creer entender y otra muy diferente es poder implementar. Entonces, cambié mi definición de entender. Parece ser que la frase *si lo puedes entender, lo puedes calcular* no es una cita textual de Richard Feynman, como alguna vez me dijeron. Pero refleja de manera inmejorable lo que pienso después de aquella experiencia. La computadora como laboratorio para hacer, en particular en mi caso, estadística. Una nueva **herramienta didáctica** donde el estudiante se transforma en protagonista. Donde necesita **entender** para **implementar**; donde puede **experimentar**. Donde la **lógica** es implacable. Donde la **abstracción** juega un rol fundamental.

Mientras constataba que los estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales no contaban con las habilidades necesarias para utilizar la computadora en la resolución de problemas, en el país se anunciaban, una vez más, grandiosas reformas educativas. Mucho se hablaba de la robótica y la programación. *Por primera vez llega la alfabetización digital al Nivel Inicial*, anunciaban las autoridades del momento. Era junio de 2019 y nosotros ya habíamos comenzado con Exactas Programa: un taller destinado a resolver problemas utilizando la computadora. Una oportunidad magnífica; una verdadera necesidad.

Mariela Sued: Surgimiento de Exactas Programa

Durante los almuerzos del primer cuatrimestre de 2017, en la mesa del viejo Instituto de Cálculo, nos preguntábamos cómo resolver este dilema: hacer que los chicos lleguen a las diferentes materias con las herramientas computacionales necesarias para poder resolver problemas interesantes y no enfrentarse a la necesidad de tener que enseñar a programar antes de poder dedicarse a los temas de la currícula. Entonces, salimos a buscar aliados, entendiendo que esta problemática era común a varias disciplinas de la Facultad.

> "Mariela nos preguntó a varios si nos parecía bien que hubiera graduados de la Facultad que no tuvieran idea de programación. A los que decíamos que no, nos pedía que la ayudemos con la idea de armar un taller. Así se formó un grupo de docentes, investigadores, investigadoras y estudiantes de doctorado de distintos departamentos que cubrieron una buena parte de las disciplinas científicas."

Este recorte forma parte de una nota publicada en El Cable, un semanario de difusión interno de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, donde Esteban Mocskos sintetiza aquellos inicios de una manera insuperable (Esteban consigue siempre mejorar cualquier iniciativa).

En las primeras reuniones éramos muchos, todos con buenas intenciones pero con pocos acuerdos. Con el correr de las semanas, algunos fueron quedando en el camino. Hasta que, un buen día, decidimos ponernos en acción y nos repartimos tareas entre quienes seguíamos entusiasmados con el proyecto. Cada equipo quedó a cargo de diseñar una propuesta vinculada a su disciplina que incluyera un desafío computacional interesante. Así fue como el curso –que luego se llamaría **Exactas Programa**– empezó a tomar forma en torno a problemas concretos. Todas las clases empezaban con la formulación de un problema y una breve experimentación lúdica sin medios digitales. Después, sí: había que escribir código en la computadora. Las consignas ofrecían una guía general de qué funciones implementar para construir, de manera modular, una posible solución. Las primeras dos clases incluían un buen rato de exposición para presentar las herramientas elementales de programación imperativa: ciclos, condicionales y funciones. Pero fuera de eso la enorme mayoría del tiempo se destinaba a que cada alumno escribiera código en su computadora (sí, una compu por persona y cada una metiendo mano en su teclado).

Y... ¡funcionó! Gracias a Inés Caridi (IC), José Crespo (EGE), Juan Pablo Pinasco (DM), Esteban Mocskos (DC), Mariano Camilo González Lebrero (QI), Federico Sevlever (DF), Juan Pablo Di Bella (DF) y Mehrnoosh Arrar (IC) pudimos largar la primera edición de Exactas Programa, en el verano de 2018. Un éxito total.

Ignacio Ojea: Un docente más al equipo

Un día me crucé con Juan Pablo Pinasco en la cocinita del Departamento de Matemática. - Che, ¿sabés algo de `Python`?- me preguntó. - No - le contesté. - ¿Y no querés dar un curso?-. - Dale - le dije. Así es como me sumé como docente a Exactas Programa.

Había sido incontables veces JTP de Elementos de Cálculo Numérico, la materia en la que aspiramos a enseñarles a programar a estudiantes de Matemática y Física. Además, claro, de enseñarles métodos numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias, sistemas lineales, ecuaciones no lineales, interpolación, cuadrados mínimos, integración numérica, etc. También había estado muchas veces a cargo de la práctica de Análisis Numérico, una materia más avanzada, en la que había podido constatar el déficit de la formación estrictamente computacional que dejaba Cálculo Numérico.

Exactas Programa no era un curso de `Python`. Tampoco era una materia. Era la solución al problema con el que me venía encontrando recurrentemente: ¿cómo conseguir que los estudiantes incorporen la computadora como una herramienta para resolver problemas, para experimentar, para probar ideas, para ganar intuición? La definición que supimos conseguir dice que Exactas Programa es *un curso de resolución de problemas usando la computadora*. Allí se dicen un par de cosas: ostensiblemente se evita la expresión *curso de programación* mientras que se introduce en primer plano el elemento práctico: *resolución de problemas*.

En criollo: es un curso que *va a los bifes*, evita meterse en (por lo demás, interesantísimos) meandros teóricos y procura dar herramientas para que luego cada uno use la computadora como una aliada en su vida académica cotidiana. Sin embargo, la definición también esconde casi todos los elementos que hacen de Exactas Programa una auténtica joya. Cualquiera que haya creado, modificado, o simplemente dictado una materia dedicándole un poco de reflexión a cómo hacerlo de la mejor manera, sabe que entre la lista de contenidos mínimos y la realidad hay un abismo. Una materia no es una lista de temas, sino los temas que efectivamente se dan, el ángulo desde el que se los enfoca, los énfasis que se hacen, la manera en que se evalúa y, por supuesto, la impronta particular de cada docente. Exactas Programa tenía un verdadero regimiento de docentes (6 u 8 auxiliares cada 50 estudiantes) y los docentes proveníamos de todas las carreras de la Facultad. Cada clase presentaba un problema con una consigna que guiaba en el modelado general. Además, la actividad empezaba con un juego concreto, fuera de la computadora: con cartas, dados, lápiz y papel o armando filas físicamente. Esa etapa promovía en los estudiantes la localización de los elementos del problema y la secuencia de pasos fundamentales para resolverlo *antes* de empezar a programar.

Los problemas se relacionaban con todas las disciplinas científicas que se enseñan en la Facultad, de modo que había algo para el gusto de cada uno. Además, a diferencia de lo que ocurre con la enorme mayoría de los manuales introductorios a la programación, siempre se aspiraba a resolver o simular una situación verdaderamente interesante y no sólo un juguete didáctico. Cualquiera que elija al azar una clase de Exactas Programa, tome la consigna y la resuelva, sentirá esa euforia peculiar que da el haber resuelto un problema por uno mismo (euforia a la que todo estudiante de ciencias debería aspirar[*]).

[*] ¿Sólo de ciencias? Quizá recuperar algo del espíritu lúdico en los estudiantes sea la reforma educativa más revolucionaria que se pueda imaginar y, quizá, no dependa tanto de lo que ocurre en el aula.

El equipo docente

Los docentes de Exactas Programa no éramos expertos, sino gente que programaba para resolver problemas dentro de sus disciplinas específicas. Como suele ocurrir, enseñando aprendimos muchísimo y ahora programamos mejor. Pero nuestro objetivo central no era que los estudiantes escribieran EL código, sino acompañarlos para que pudieran escribir *su* código. Por supuesto, hacíamos algunas correcciones de estilo y fomentábamos buenas prácticas elementales, pero siempre partíamos del código del estudiante, intentábamos tomar su idea y ayudarlos a implementarla. Si la lógica de su enfoque no servía o no era la más adecuada la experimentación era el mecanismo natural para hacerlo notar. En la medida de lo posible, debíamos guiar al estudiante para que se diese cuenta cuando estaba encarando el problema por un camino erróneo. Esto solo es posible con gran cantidad de docentes por alumno. También se apoya de manera decisiva en un elemento que puede parecer lateral: Exactas Programa era un curso optativo, sin evaluación. Los participantes estaban ahí porque querían y estaban dispuestos a poner cuatro horas de su día en ese juego. Esto es difícil de replicar de manera generalizada en materias obligatorias. Pero vale la pena intentarlo.

El entusiasmo de los estudiantes era una respuesta natural al entusiasmo y la dedicación de todo el equipo. Mariela, con su empuje arrollador, había logrado formar un grupo de profesores muy comprometido con la organización del curso (trabajaron ad-honorem desde el inicio). Ese compromiso inmediatamente se contagió a los auxiliares. Para la realización de las distintas ediciones de Exactas Programa se consiguieron algunos fondos: los auxiliares cobraban un cargo de ayudante por un mes. Pero en la mayoría de los casos, lo que hacían excedía largamente esa instancia de docencia eventual: pensaban actividades nuevas y les daban forma, sugerían ajustes en función de la experiencia, se hacían cargo de la coordinación de varios cursos, etc. Mucha gente se cansó o fue tomando otros compromisos que hicieron que ya no les fuera posible dedicarle tiempo a un proyecto hecho a pulmón, pero también se fue sumando gente nueva, con un gran impulso y siempre compartiendo el trato cordial y la dedicación al avance de cada estudiante.

Mariela Sued: Organizando la Fiesta

El jueves 6 de octubre de 2022 recibí un montón de mensajes de gente amiga, todos ellos en lugares estratégicos de la conducción de nuestra Facultad, consultándome sobre un proyecto que se discutiría al día siguiente en una reunión. La propuesta era tan buena que resultaba insuperable: incluir una materia de computación en el CBC. Ingeniería había conseguido ese milagro y Exactas tenía que resolver cómo adecuar su propio CBC. La materia tenía nombre y todo: **Pensamiento Computacional**. Sigo sin tener del todo claro quién elaboró el documento, pero me honraba encontrar ejemplos de ejercitación que habíamos preparado años antes para materias de probabilidad. *La ruina del jugador* estaba ahí. Es un ejemplo de cómo resolver una linda pregunta sin necesidad de plantear una solución analítica. En este enlace se encuentra el documento completo.

No participé de la reunión y, por lo que me contaron, fue dura. No se habían generado los consensos necesarios para poder avanzar en un plan de semejante envergadura. En lo personal, no sabía siquiera que fuera posible.

Entonces, me presentaron a Santiago Ceria, el abanderado de la idea. Una persona excepcional. Comprometida y sensible a la vez. Y desde ese momento, me sumé a la causa. Incluimos en el documento *Todas las voces, todas*, disponible en este enlace, la visión de Santiago sobre esta historia.

Conseguimos un primer gran avance institucional. Después de una presentación a los directores de departamento (disponible en este enlace) organizada por las secretarias académicas (♥), se aprobó Pensamiento Computacional como materia del CBC para las carreras de Matemática, Computación y Ciencia de Datos. *Solo* restaba armar la materia.

El proceso fue arduo. Muchas opiniones, muchas críticas a lo que veníamos haciendo en Exactas Programa. Pero pocas ideas concretas para llevar al aula.

Una matemática (como yo) formando parte de la diagramación de una materia de pensamiento computacional para el CBC resultó ser una idea más disruptiva de lo que muchos estábamos preparados para tolerar. Por suerte, la casa está en orden y los expertos siguen custodiando la disciplina. En lo personal, no fue fácil sobrevivir a tanto hostigamiento. Muchas críticas pero pocas propuestas. Eso sí: en el proceso, todos aprendimos mucho. En particular, aprendimos a distinguir entre el *experto* y el *usuario* de un saber.

Exactas Programa nos enseñó a ser más flexibles, o al menos, a intentarlo. Ver sufrir a los expertos en computación ante el uso que los simples usuarios hacemos de la máquina nos obligó a repensar profundamente el rol docente. La importancia de sacrificar el rigor en favor de la claridad — como sugiere Greg Wilson en Teaching Tech Together — resultó más evidente que nunca.

Cuesta entender que otros pueden ser apenas usuarios, y que nos necesitan justamente para poder desempeñar bien ese rol. Los expertos en una disciplina formamos una cofradía que, una vez dentro, olvida el arduo camino recorrido para pertenecer. Naturalizamos lo que antes nos costó tanto y pasamos, sin darnos cuenta, de víctimas a victimarios.

Todo esto, en el mejor de los casos. Porque este es el recorrido de quienes sobrevivimos y logramos pertenecer. En el camino, muchos quedan atrás.

Cerrado este espacio catártico, volvamos a lo nuestro. Intentamos consensuar. Satisfacer a todos los que estaban interesados en participar. En lo personal, no solo no lo conseguí. Tomé distancia prudencial. Al menos Perla y sus maravillosos desarrollos, como este, ya formaba parte de todo esto. Y en eso, Ignacio y Esteban, con un tremendo equipo docente que veníamos cultivando, hicieron magia. El primer cuatrimestre de 2024 se largó Pensamiento Computacional.

Ignacio Ojea: Pensamiento Computacional

La Facultad y el CBC (son unidades académicas distintas) habían aprobado la materia. Exactas hacía un aporte significativo: la mitad de los cargos docentes y el espacio físico (los laboratorios). Sin embargo, tratándose de una materia del Ciclo Básico Común era necesario que hubiera un cuerpo docente dentro del CBC que la llevara adelante. Ingresé como docente al CBC en 2006, e hice todo el camino desde ayudante de segunda a profesor dentro del área de Matemática, históricamente asociada a Exactas. Además, era también profe en Exactas y había participado de Exactas Programa: tenía todos los números.

Empezamos a pensar la materia con Esteban Mocskos, socio fundador de Exactas Programa y Christian Cossio, ambos con cargo en el Departamento de Computación de Exactas, cuya carga docente cubren en este curso. Para el armado general (redacción de consignas, confección de un cronograma, pensar la modalidad de evaluación, etc.) contamos con un equipo de preparación modestamente rentado formado por docentes que venían de Exactas Programa.

Hacer una materia a partir de un curso optativo presenta varios desafíos. Pensamiento Computacional tiene una clase *teórica* (de dos horas, en un aula común) y una clase de cuatro horas de laboratorio[†]. La idea es que las clases teóricas anticipen algunas de las nociones básicas para el próximo laboratorio y consoliden lo visto en el anterior, aumentando así el tiempo de trabajo neto en la máquina. En el laboratorio la dinámica sigue el modelo de Exactas Programa, pero ya no tenemos 6 auxiliares cada 50 alumnos, sino solo 2.

Tuvimos que pensar cómo evaluar. Para mantener el foco en la resolución de problemas, decidimos tomar un trabajo práctico (en parejas) que consiste en resolver una consigna similar a las de las clases, pero de manera más autónoma. Es importante, sin embargo, contar con una nota individual. Optamos, por lo tanto, por tomar también un parcial escrito. consignas,

Pensamiento Computacional aún está en período de prueba y estamos haciendo cambios en función de la experiencia del último año y medio. Por el momento, tiene solo cuatro comisiones de 50 estudiantes cada una. Eso es menos del diez por ciento de la población de potenciales estudiantes (los inscriptos al CBC de Computación, Matemática y Ciencia de Datos son algo más de tres mil). Para que la materia crezca deberán sortearse muchas dificultades: limitaciones de infraestructura, cargos docentes, etc. Pero al menos, por ahora, contamos con algunos recursos invaluables: el enfoque y, sobre todo, los docentes salidos de Exactas Programa.

Exactas Programa es el corazón de Pensamiento Computacional. Sin Exactas Programa, Pensamiento Computacional no sería posible y si la hubiesen inventado, sería completamente distinta.

Muchas consignas de Exactas Programas se trasladaron casi intactas a la nueva materia y otras las escribimos siguiendo el mismo enfoque. Los objetivos centrales siguen siendo esencialmente los mismos: enseñar a resolver problemas usando la computadora. Además, todo el equipo inicial de auxiliares de Pensamiento Computacional provino de Exactas Programa. Eso le da a la materia, de manera natural, una consistencia que usualmente es muy difícil de lograr. También resuelve por sí sólo el problema del experto mencionado más arriba: los auxiliares vienen de distintas disciplinas científicas (la mayoría, de Biología).

Nuestros docentes mantienen un entusiasmo poco común. Permanentemente están buscando cómo mejorar la cursada, observando qué trabajos prácticos andan mejor y cuáles no tanto, ajustando las consignas, trayendo nuevas propuestas, etc. Un par de veces nos juntamos a cenar y discutimos durante horas cómo hacer que la materia sea mejor. Este compromiso excepcional se observa en docentes que son estudiantes, graduados e incluso doctores, que participan con un modestísimo cargo de ayudante de primera simple, cuyo salario actual es realmente vergonzoso. Además, permanece aún cuando haya recambios: las nuevas incorporaciones se insertan en un equipo de gente muy comprometida y que funciona muy bien. El empuje de Mariela perdura. Ojalá logremos que Pensamiento Computacional siga formando docentes tan bien como lo hizo Exactas Programa y que iniciativas como estas puedan propagarse a nuevos espacios.

▶ Ir al índice general

[†]Este formato requirió de importantes esfuerzos por parte del personal del CBC encargado de distribuir a los estudiantes en las comisiones, dado que difiere de la distribución horaria del resto de las materias y no es fácil de insertar en el organigrama preexistente.

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Diálogos

Entrevistas a integrantes de la comunidad matemática

Entrevista a Alessio Figalli

Alessio Figalli es matemático nacido en Roma, Italia. Desde 2016 es catedrático de la ETH Zürich. Por sus aportes a la teoría del control óptimo y sus aplicaciones a las ecuaciones diferenciales parciales, a la geometría métrica y a la probabilidad fue galardonado con la medalla Fields 2018.

Alessio Figalli, por Demian Goos

Por Demian Nahuel Goos
Universidad Nacional de Rosario

Extracto de la entrevista facilitada por la fundación Heidelberg Laureate Forum y publicada el 17 de agosto de 2023 en el canal de YouTube Matematizame! de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, UNR.

El rol de la matemática en la sociedad y desafíos futuros

¿Recuerda la última vez que se sintió emocionado gracias a la matemática? Un momento en el que haya conectado emocionalmente con un resultado.

Hm. . . Normalmente con el resultado más reciente, verdad? Usualmente, se trata de la prueba que faltaba en un razonamiento y que hace que todas las piezas se ensamblen. Recientemente, finalizamos un paper con dos colaboradores, Joaquim Serra y Xavi Ros-Oton, sobre un problema para entender cómo el hielo se derrite en el agua. Un problema clásico. Se llama problema de Stefan, que por cierto fue estudiado mucho por un matemático argentino, Luis Caffarelli, en el pasado, y logramos entender muy precisamente cómo ocurre este fenómeno.

Terminan siendo preguntas muy finas propias del análisis. Se reduce a cuestiones puras del análisis. Y por muchos años estuvimos estancados, siempre había piezas que faltaban.

Y luego llega ese momento, en el que por fin llega esa última pieza y te decís: ¡Wow, por fin!, y luego todo tiene sentido. A posteriori también está esa extraña sensación. Una vez que está la respuesta te decís: ¡Tan difícil no era despugés de todo! Lo mejor no es pensar en términos a posteriori porque terminamos quitándonos crédito, jaja. Es decir, es muy difícil llegar a esa instancia. Pero me doy cuenta de que en muchas instancias en mi carrera que después de ver la solución me digo que podría haber llegado antes al resultado. Pero bueno, siempre que sabés algo parece que siempre fue fácil. ¿No? En la vida siempre es así. Si alguien te dice como obtener algo, pareciera que no es un desafío. Pero está mal. Hay que festejar y decir: ¡Lo logré!

En Argentina decimos: Después de la batalla somos todos generales. Personalmente, cuando obtengo un resultado importante, tardo en caer que realmente el trabajo está hecho. Hay un momento de realización también.

¡Por supuesto! Al comienzo nunca estás seguro de que realmente funciona. A veces cuando obtengo un resultado que pienso que funciona suelo dejarlo por un día y prefiero no pensar en eso y me voy a la cama. Feliz pensando que lo resolví. Si hay malas noticias, que sean para mañana a la mañana. Al menos duermo felizmente esta noche. Pero al fin y al cabo, no podés estar seguro de que funciona hasta que lo chequeás. Cuesta convencerse, estoy de acuerdo con vos.

¿Y qué tal un teorema, no necesariamente algo contemporáneo, quizás algo histórico, cuya prueba describirías como particularmente linda? Un resultado que veas y digas: ¡Amo esta prueba!

Hay muchas, pero hay una en particular. Esto por supuesto es muy personal. Hay un teorema de De Giorgi sobre la regularidad de soluciones de EDP. Fue una pieza clave para resolver uno de los problemas inversos. Estuvo ahí por mucho tiempo y luego De Giorgi encontró un argumento muy elegante para completar la prueba en los años 50, que luego fue obtenido de manera independiente unos 2 años más tarde por John Nash – quien no sabía que De Giorgi ya lo había resuelto.

A ver. Hay ecuaciones para las cuales sabemos cómo probar regularidad. Usualmente con el Laplaciano. Sabemos mucho sobre esa ecuación porque podemos escribir cosas de manera explícita. Podemos hacer cálculos a mano. Luego hay una teoría, la teoría de Schauder, que dice que si algo no es el Laplaciano, pero se asemeja, entonces todo sigue funcionando. Se llaman técnicas de linealización. Me aproximo a la solución y transfiero información. Y luego está este mundo no lineal de cosas que llamamos EDPs con coeficientes medibles, del cual no sabíamos nada.

Y un día vinieron con una nueva idea. La prueba de De Giorgi sobre la regularidad de este tipo de EDPs es sumamente elegante y entrelaza tantas pequeñas ideas que se ensamblan entre sí y que fueron aprovechadas los siguientes 60 años en mi campo. La técnica de De Giorgi está siempre ahí. Todo el tiempo decimos: Aquí usamos la iteración de De Giorgi. Podés explicar la prueba en dos a tres horas. Yo lo hago en mis clases de EDPs. ¡Ese núcleo de ideas ha sido tan influyente! Ese es un resultado que me gusta. No será el resultado con mayor relevancia. La matemática es amplia y hay resultados fantásticos en tantas ramas. Pero es el tipo de ideas que están omnipresentes en mi propia investigación. Es por eso que me gusta. Es algo muy personal.

Sí. Tal como es el concepto de belleza, es algo muy personal. Desde ya que es muy personal. Cambiemos un poco la dirección de la conversación. La pregunta es sobre la confianza que la sociedad le tiene a la ciencia. Estoy pensando en lo siguiente. La matemática tiene un rol particular en la ciencia porque es tan científica como la ciencia lo puede ser. ¿Verdad? La pregunta es: Teniendo en cuenta que la ciencia tiene un rol más protagónico en la vida cotidiana de todos nosotros. ¿Puede la matemática contribuir a que la ciencia se gane la confianza de la sociedad?

Esa no es una pregunta fácil, ¿Verdad? La matemática definitivamente debería ser la que se gana el mayor respeto de la sociedad porque muchas ciencias no son exactas. La matemática en su esencia es exacta. Pero el problema es: ¿Cómo la comunicamos? Pienso que cometemos errores al comunicarla. Hemos visto, también en el pasado reciente, cuando comenzó la pandemia por ejemplo, cómo se transmitió la información. A veces parecía que las cosas sucedían porque los matemáticos no hacían bien su trabajo. ¡Y es tanto más complejo que eso! La matemática... la política... hay mucha gente involucrada. Hay que combinar muchos parámetros. La economía también juega un rol. Entonces es importante que la ciencia esté más presente en la sociedad. Y que la gente confíe en la ciencia. La ciencia es fundamental.

No sé si la matemática es la respuesta porque hay muchas dificultades para transmitir de manera clara y honesta lo que hacemos. Desafortunadamente, también siempre hay intermediarios involucrados. La forma en la que se comunica no siempre es perfecta. Es una tarea global. Lo mejor es empezar cuando los chicos son jóvenes. Vale para la ciencia como para tantas otras cosas.

Nuestro mundo es mejor de lo que fue en el pasado. Por más que critiquemos nuestra realidad actual. Si la comparamos con 100 o 200 años atrás, hoy estamos mucho mejor. Hay más seguridad, hay medicina, la expectativa de vida es muy alta. Hay tantas cosas, y todo gracias a la ciencia. Pero eso no queda siempre tan claro cuando se estudia la historia desde el comienzo. En general se estudia lo que pasó en la historia.

Volviendo, creo que gente confía en la matemática, ese no es el problema, sino que pareciera que la matemática ni existiera para mucha gente. Como si fuera completamente inútil. Y eso es una lástima porque es fácil dar ejemplos simples de su utilidad. No hace falta mucho para transmitir ese mensaje. Pero no se hace. Espero que se haga en el futuro. Se debería comenzar a la edad del colegio.

En vez de invertir horas y horas haciendo cálculos, enseñando a cómo usar la resolvente o entendiendo la fórmula de la esfera... se podría invertir una semana para ver por qué la matemática puede ser importante. Quizás si esos chicos no se olvidan de ese mensaje, luego la sociedad lo interioriza y se transmite por las generaciones. Los chicos son el futuro.

Para finalizar, un comentario. La sociedad tiene un concepto claro de cómo se imagina un matemático: de cómo se comporta, de cuán sociables son. Se piensa que los matemáticos trabajan solos. Sin embargo, el video dedicado a usted cuando se lo galardonó con la medalla Fields empieza con usted, con amigos y familia, compartiendo una comida. Eso fue particularmente lindo porque no solo humaniza a los matemáticos, sino que también en Argentina la familia es muy importante. Y sentarse a comer en familia es un ritual tan importante para los argentinos. Estimo que por eso un estudiante me resaltó que le gustó mucho eso del video. Solo quería compartirlo con usted.

Muchas gracias. Ahí nos entendemos mutuamente. Es muy italiana también, esa convivialidad en torno a la comida, la familia, disfrutando. Es muy importante. La vida tiene muchas facetas. Incluso para hacer investigación es importante estar relajado y tener otras cosas en mente. De esa forma, cuando te enfocás te podés concentrar mejor. Hay más actitud positiva. Esa imagen del matemático aislado en una esquina es menos cierta en la matemática moderna. Eso es bueno. Es importante. Debemos apoyarnos mutuamente. Hay mucha gente también con la que empecé colaborando y ahora son amigos muy importantes. Es una familia grande.

Ir al índice general

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Experiencias y herramientas

Una sección pensada especialmente para quienes están transitando sus pasos iniciales dentro de la comunidad matemática, ya sea como estudiantes de grado, doctorado o postdoctorado. Para enviar aportes a esta columna escribir a `noticiero.editorial.uma@gmail.com`.

Oportunidades que transforman

Silvina Campos y José Ignacio García

Universidad Nacional de Salta

Nuestra historia comenzó mientras cursábamos la carrera de Licenciatura en Matemática, en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Salta, ambos provenientes de familias de bajos recursos, persiguiendo el sueño de tener un mejor futuro. Cuando estábamos finalizando la carrera de grado, nos visitaron desde Córdoba, en distintas oportunidades y por distintos motivos, Linda Saal y Jorge Vargas. Gracias a Elda Canterle, una profe cordobesa que trabajaba en Salta, se nos presentó una oportunidad que desconocíamos, hacer un doctorado en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física (FaMAF) de la Universidad Nacional de Córdoba.

Esta oportunidad marcó un cambio rotundo en nuestras vidas, con becas de FONCyT y CONICET dedicábamos todo el tiempo que podíamos a estudiar. Nuevamente, en la recta final del doctorado, teníamos que decidir cómo continuar y nos enfrentamos a la idea de volver a Salta. Con muchas ganas de trabajar y aportar nuestro granito de arena a la institución que nos formó en la carrera de grado, emprendimos el regreso. Sabíamos que no sería fácil, pues queríamos continuar haciendo investigación.

Volvimos a Salta con becas posdoctorales del CONICET, bajo la dirección de investigadores de la FaMAF. En ese momento, no teníamos el ejercicio de trabajar de forma remota y viajar a Córdoba se hacía difícil por cuestiones económicas y familiares. Estuvimos algunos años haciendo principalmente docencia hasta que en la pandemia volvimos a encontrarnos con Linda, esta vez usando Meet. Ella nos propuso un problema y nos aferramos a la posibilidad de volver a investigar. Entonces, volvimos a publicar, a participar en congresos, encontrarnos con amigos y disfrutar de nuestro trabajo.

Hoy en día, ambos somos profesores del Departamento de Matemática y ocupamos importantes cargos en gestión. Si bien pocos docentes del Departamento de Matemática tienen título de posgrado, muchos de ellos son estudiantes de la Maestría en Matemática Aplicada que se dicta en nuestra facultad. Además, varios egresados de nuestro Departamento están realizando un doctorado en otras universidades del país. Esto nos ilusiona, creemos que estamos más cerca de formar nuestro propio Instituto de Investigación en Matemática, pero somos conscientes de que algunas transformaciones llevan su tiempo.

Las vueltas de la vida y de la matemática

Hipolito Treffinger

Universidad de Buenos Aires

La matemática, el sueño de ser matemático, me ha llevado a mudarme muchas veces. Hoy me gustaría compartir la historia de estas mudanzas y algunas cosas que aprendí con cada una de ellas.

La primera vez fue cuando terminé la secundaria en mi pueblo natal: Los Antiguos, Santa Cruz. Al ser un lugar chico, no tenía la posibilidad de hacer la licenciatura en matemática ahí mismo. Dado que todas las universidades quedan lejos de Los Antiguos, estén en la Patagonia o no, terminé decidiendo ir a estudiar a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, en Tandil. Ese cambio fue duro, extrañé mucho mi pueblo y mis seres queridos. Lo pensé mucho y me mudé a Santa Rosa para estudiar Agronomía en la Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa y Los Antiguos también están muy lejos, pero tenía el plan de recibirme de agrónomo y entonces sí poder volver a instalarme en mi pueblo. Eso me enseñó que tener un objetivo me ordena mucho y me calma la ansiedad, incluso si ese objetivo cambia en el camino.

Y vaya que cambió. Si hoy estoy escribiendo esta nota para el Noticiero de la UMA es porque lo de la agronomía no duró mucho. Al poco tiempo pasé a estudiar la Licenciatura en Matemática en la misma universidad. Fue una transición más o menos lenta, donde hice las dos carreras durante un tiempo. Lo que me terminó de decidir para focalizar toda mi energía en la matemática fue el apoyo de mis profesores: Marina Lattanzi, Dario Picco y, especialmente, Andrea Gatica. Ellos supieron escuchar mis temores y también alimentar mi curiosidad para que yo termine dando el paso. También me instaron a salir de La Pampa y conocer otras cosas. Para eso me incentivaron a participar de diferentes eventos científicos, tanto en Argentina como en otros países. De esos viajes volví enriquecido. Pude ver matemáticos de primer nivel presentando sus resultados y a grupos de científicos charlando de intuiciones y conjeturas que a los pocos años se transformarían en teoremas. Ver la cocina de la matemática me voló la cabeza.

Le recomiendo a todo el mundo que trate de asistir a este tipo de reuniones. Sé que es difícil hoy moverse, pero a los estudiantes les puedo recomendar dos tipos de encuentros. Por un lado, están las Escuelas de CIMPA y de UMALCA. Estas son escuelas de dos semanas de duración que se dedican a ciertos temas específicos donde investigadores líderes dan cursos introductorios a sus áreas. Estas escuelas tienen planes de apoyo económico para estudiantes. Por otro lado, también traten de ir a la Reunión Anual de la UMA. Ahí van a conocer gente de todo el país con su misma pasión y además van a conocer a los matemáticos más importantes de nuestra tierra. Este año tiene el aliciente de que se va a hacer en Bariloche junto a la Real Sociedad Matemática de España. El apoyo financiero que puede ofrecer la UMA en este momento es bastante escueto, por lo que hay que rebuscárselas de otra manera. En su momento, los estudiantes de la UNLPam nos organizamos y, entre otras actividades, vendimos pollos a la parrilla y ravioles para poder llegar a la UMA de Tucumán. Fue una experiencia muy linda, aprendimos muchísimo y nos hicimos amigos en el proceso.

Cuando el fin de la licenciatura se asomaba en el horizonte, tuve que pensar en mis próximos pasos. Sabía que quería hacer un doctorado y eso significaba mudarme de nuevo porque esa posibilidad no existía en Santa Rosa. Realmente quería ver qué era hacer ciencia en otro país, así que decidí ir a hacer el doctorado afuera. Ahí surgió la posibilidad de ir a Sherbrooke, Canadá. El proceso de obtención de la visa fue muy traumático; tuve un rechazo inicial que pude finalmente enmendar. La razón de ese rechazo a mi pedido de visa fue monetaria: el monto de la beca era más bajo que el mínimo que pedía el consulado para darme la visa. Con el tiempo aprendí que esos montos mínimos están por algo, y que uno la puede pasar mal si no llega a ese mínimo. No vale la pena entrar en detalles, pero la lección que aprendí es que uno tiene que leer con mucho cuidado las ofertas que recibe.

Aprender a investigar no es fácil, estar trabado en un problema es muy frustrante y la gente que escribe papers no siempre escribe tan bien como la gente que escribe libros. Haber hecho mi doctorado afuera tuvo sus ventajas y desventajas. Por un lado, me dio la chance de conocer rápido una gran parte de la comunidad de teoría de representaciones al viajar a muchas conferencias. Por el otro, el idioma era nuevo, no entendía ni los trámites ni los chistes y todos mis seres queridos estaban muy muy lejos. Por eso, cuando me preguntan, respondo que piensen siempre en qué es lo mejor para ustedes. Un doctorado terminado vale infinitamente más que un doctorado sin terminar. Incluso en el panorama actual de la ciencia argentina, irse no es la única opción.

Cuando terminé mi doctorado, me fui a Europa. En seis años en el Viejo Continente hice tres postdocs: uno en Inglaterra, otro en Alemania y el tercero en Francia. Ahí aprendí de primera mano que hay muchos tipos de postdocs. El postdoc inglés fue como asistente de investigación en el grupo de Sibylle Schroll. Ella había ganado un subsidio grande y eso le permitía contratar gente. El segundo fue un postdoc del Hausdorff Center of Mathematics, en Bonn. El HCM tiene dinero destinado a contratar gente que quiera realizar tareas de investigación en temas relacionados con sus áreas de competencia. Así que esta vez, aunque tenía un orientador formal con quien hablaba de vez en cuando, estaba llevando adelante mi propio plan de investigación. Finalmente, el tercero fue una beca financiada por la Unión Europea donde escribí el proyecto y además tuve que especificar la universidad en donde quería llevarlo adelante, justificando científicamente tanto el lugar como el grupo de investigación con el que quería trabajar. Entonces, si quieren hacer una estancia postdoctoral en algún lado, pueden tanto buscar investigadores que los incluyan en sus grupos de trabajo, como también tratar de presentarles sus ideas a instituciones que financien aquello que ustedes quieran estudiar. [*]

Finalmente, en octubre de 2023 volví a Argentina, cumpliendo un sueño que tenía desde el momento en que me fui del país, diez años antes. En noviembre de 2023 ingresé al

[*]Hay muchas más instituciones de las que uno se imagina, entre ellas les dejo algunos nombres que conozco para que chusmeen. Unión Europea, programa H2020 (Europa +); HCM Bonn, Max Planck Institute, DAAD, DFG (Alemania); UKRI-EPSRC, Leverhume Trust, Royal Society (Reino Unido); Fondation Hadamard, Fondation Sciences Mathématiques de Paris-FSMP (Francia).

CONICET y desde agosto de 2024 soy profesor de la UBA. Escuché por ahí que siempre es un mal momento para volver a Argentina, pero este es sin duda el peor de todos, como bien viene explicando la RAICyT en todos sus comunicados. A pesar de la situación actual, estoy muy contento con mi decisión. La comunidad matemática argentina es una de las más unidas que he conocido y el talento de los estudiantes argentinos es abrumador. Creo firmemente en nuestra capacidad. Estoy seguro de que cuando recibamos el apoyo necesario, vamos a hacer mucha más ciencia, de esa que nos llena de orgullo.

Todo camino puede andar, todo puede andar -

Angel Villanueva

Trabajador independiente

Testimonio del paso de la academia a las empresas.

Desde chico me atrajeron la lógica, los juegos de ingenio, resolver acertijos, y el ajedrez. Con esa brújula entré a la Licenciatura en Matemática sin saber qué era realmente la matemática académica; creía que se trataba principalmente de hacer cuentas y solucionar problemas desafiantes. El recorrido me abrió un universo nuevo: descubrí el análisis, el álgebra, la probabilidad, la estadística, la topología, la geometría y la combinatoria. Me fascinó la forma en que estas áreas se conectan y cómo ofrecen un lenguaje preciso para pensar y resolver problemas complejos.

Tras terminar la licenciatura apareció una pregunta que muchos nos hacemos: ¿y ahora qué? Aparecen nuevas responsabilidades y la sensación de no tener del todo claro el camino. La beca doctoral de CONICET asomaba como la opción más directa y también la mejor vista dentro de nuestra comunidad. Seguí ese camino y, durante el doctorado, disfruté enormemente seguir estudiando lo que me apasionaba. Pude viajar, escuchar a referentes en mi área y colaborar con gente excepcional. Fue realmente un privilegio del cual estoy eternamente agradecido.

Pero durante todo el tiempo del doctorado empecé a tener varias inquietudes y dudas. Disfrutaba desarrollar teoría y escribir papers sobre temas muy específicos, pero a la vez me frustraba el no poder compartir todas esas ideas y mi día a día con amigos o familiares en términos que resultaran significativos para ellos. Por otro lado, me interesaban la tecnología y las finanzas como ámbitos donde podía aplicar herramientas matemáticas para resolver problemas concretos. Esa tensión me llevó a preguntarme si quería seguir exclusivamente en la academia.

El salto a la industria no fue fácil. Implicó dejar una rutina y un entorno conocidos para empezar en el mundo de la programación y las empresas. Busqué referentes que ya habían hecho ese camino y me apoyé en sus experiencias. Abrí mi perfil de LinkedIn, contacté a personas de compañías tecnológicas y financieras, y realicé varios cursos sobre programación y finanzas. El proceso no fue lineal: atravesé entrevistas, me contactaron de empresas, me rechazaron en otras, me cambiaron de proyecto, incluso me tocó ser despedido alguna vez. Se aprende en cada paso.

Tuve la fortuna de participar en proyectos muy distintos: análisis y diseño de redes sociales, procesamiento de órdenes de compra/venta de instrumentos financieros, entrenamiento de redes neuronales y modelos de machine learning. En todos, mi mayor diferencial fue el bagaje matemático: combinatoria para pensar estructuras y contar eficientemente, probabilidad y estadística para modelar incertidumbre y validar hipótesis, álgebra de matrices para entender el corazón de muchos algoritmos; y análisis para razonar sobre límites, aproximaciones y estabilidad. Más que recordar teoremas, me sirvió el hábito de formular con claridad un problema, abstraer lo irrelevante, elegir una representación conveniente y defender argumentos con precisión.

Cambiar de ámbito también exigió desarrollar competencias nuevas. El ritmo en una empresa es muy distinto al académico: las decisiones son más rápidas, los ciclos de entrega son cortos, y el valor se mide en impacto sobre usuarios y negocio. Hay que aprender a comunicar con claridad a audiencias muy variadas, a trabajar en equipos interdisciplinarios, a priorizar y a negociar. Entender restricciones técnicas, regulatorias o de producto es tan importante como diseñar un buen modelo. Y, quizá lo más desafiante, hay que acostumbrarse a iterar: construir una primera versión, medir, corregir, volver a intentar.

Con el tiempo fui integrando ambos mundos. La matemática me dio un marco mental que uso todos los días: dividir un problema en subproblemas, identificar invariantes, diseñar experimentos que realmente informen, distinguir correlación de causalidad, y estimar órdenes de magnitud antes de escribir una sola línea de código. La industria, por su parte, me enseñó a traducir esas ideas en productos y procesos que funcionan fuera de un aula o de un pizarrón: datos desprolijos, tiempos acotados, métricas, usuarios reales.

Si algo me dejó este recorrido es una convicción: la matemática es hermosa y es una herramienta poderosísima. Hay muchos problemas en el mundo que necesitan resolverse, y la matemática es una llave maestra para abrir varias de esas puertas. Pero no alcanza solo con saber matemática; también hay que aprender a construir con otros, a comunicar, a priorizar, a llevar una idea del papel a la práctica. En esa intersección entre rigor y ejecución encontré un espacio desafiante y, sobre todo, muy estimulante.

No dejé de ser matemático por trabajar en la industria. Al contrario: hoy siento que aquella formación me acompaña en cada decisión, en cada línea de código, en cada métrica que defino y en cada conversación con mi equipo. Sigo haciendo lo que me gustaba desde el principio: resolver problemas. Solo que ahora, tengo usuarios al otro lado.

Para quienes están considerando un camino similar, comparto algunas ideas que a mí me sirvieron. Primero, decir que el nivel de formación de la licenciatura y del doctorado en nuestras universidades (y CONICET) es muy alto; esa formación es reconocida internacionalmente, y hay que aprovecharla ya que hay enormes oportunidades para transferir todo ese conocimiento al mundo de las empresas. Para eso, es clave complementar la formación matemática con cursos específicos sobre programación, finanzas, o el ámbito en el que uno quiera introducirse; crear comunidad y redes de contacto; hablar con gente que ya hizo el cambio de la academia a la industria (las conversaciones abren puertas y aclaran expectativas); participar de encuentros, y congresos; abrir un perfil de LinkedIn; y aceptar los cambios. Como dice Spinetta, “todo camino puede andar”. Lo importante es aprender rápido y ajustar.

Ir al índice general

ISSN 1514-9595 (web)

Semblanzas

Beppo Levi
El gran matemático y humanista que eligió quedarse en Rosario

Pedro Marangunic
Universidad Nacional de Rosario

"Esta ciudad ha sido muy gentil conmigo"

Beppo Teodato Levi nació en Turín en 1875, como uno de los 10 hijos de Sara Diamantina Pugliese y de Giulio Giacomo Levi. Durante su infancia y adolescencia tuvo problemas de salud que retrasaron su crecimiento, por lo que quedó de muy baja estatura y con cierta jorobita en la espalda. Estas circunstancias, lejos de debilitar su carácter, lo fortalecieron.

A los 17 años comenzó a estudiar Matemática en la Universidad de Turín. Por su excelente desempeño logró obtener una beca. Esto resultó crucial para sus estudios porque la situación económica de su familia no era muy cómoda. El padre era abogado, por sus ideas era considerado socialista y, además, era judío. Esta combinación, según los criterios de la época, le dificultaba conseguir trabajos bien remunerados. En su etapa de estudiante universitario, el joven Beppo solía ayudar por las noches a su padre en los diversos trabajos administrativos que éste tomaba para mantener a su numerosa familia. El primer hijo – varón – falleció a los pocos meses de vida. Lo seguían dos mujeres, y Beppo era el cuarto. Pero al quedar como el mayor de los varones, debía contribuir al sostén familiar. Esto no impidió que avanzara brillantemente en sus estudios, fuertemente influidos por la escuela italiana de Geometría Algebraica. Fueron sus profesores Corrado Segre, Giuseppe Peano y Vito Volterra, entre tantos otros, a los que siempre recordó con respeto y cariño. Asimismo, los profesores lo tuvieron en alta consideración. Beppo Levi completó su doctorado en 1896, con una tesis dirigida por Corrado Segre. Luego comenzó a trabajar como ayudante de cátedra en la misma universidad. La salud de su padre se iba deteriorando, hasta que falleció en 1898. Esto colocó a Beppo como sostén del hogar. Como el salario de ayudante era magro, dejó la universidad y trabajó varios años como profesor de enseñanza media.

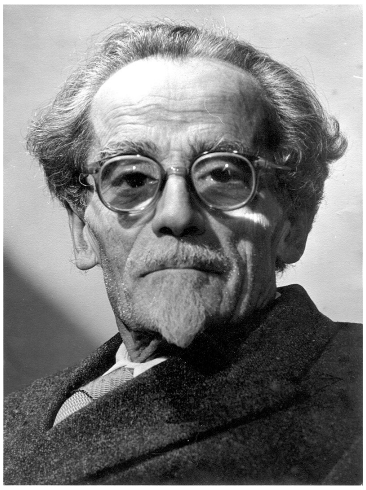
No obstante, continuó intensamente con sus investigaciones, y en los diez años siguientes publicó más de treinta y seis trabajos (notas y artículos científicos), en los más variados campos, prácticamente en todos los que estaban "en el candelero" en esa época. En todos ellos hizo importantes contribuciones, e incluso anticipó conjeturas o resultados que décadas después darían brillo a otros matemáticos. Para citar solo unos pocos ejemplos: a) incursionó en la Teoría de integración y produjo su célebre *Teorema de la Convergencia*

Monótona; b) fue uno de los precursores de lo que hoy llamamos *Espacios de Sobolev*; c) en Teoría de conjuntos fue uno de los primeros en plantear la necesidad de un axioma, al que hoy llamamos *Axioma de Elección*. Entre sus distintas versiones equivalentes, planteó lo que hoy se conoce como *postulado de Zermelo*; d) se adelantó en sesenta años a la que ahora denominamos *conjetura de Ogg*, la cual fue clave para llegar a la demostración del Último Teorema de Fermat.

Todo esto le permitió acceder a su primer cargo de profesor universitario, por entonces sin concurso y sin estabilidad. En 1906 ganó un concurso y quedó estable en la Universidad de Cagliari. Años después, por otro concurso, pasó a una universidad más importante, la de Parma. Finalmente, el summum: la Universidad de Bolonia en 1928. Como nota simpática, en su período de Parma escribió “Abbaco”, un pequeño libro para sus dos hijitos mayores. Allí concibió la formación del concepto de número en los niños, adelantándose en quince años a los trabajos de Jean Piaget. Con el paso de los años, Beppo Levi se fue convirtiendo en uno de los matemáticos más destacados del país, y de sólido prestigio internacional, en una época en que la matemática italiana era, acaso, la más importante en el contexto mundial. Pasó a ser también uno de los principales editores del Bollettino della Unione Matematica Italiana.

Beppo Levi, el hombre

Levi era un pacifista que deploraba la guerra y que además había perdido a dos de sus hermanos más jóvenes en la Primera Guerra Mundial. Más adelante condenó el bombardeo sobre Hiroshima y Nagasaki. Si bien no fue un militante político, supo expresar claramente sus convicciones y firmó algunos manifiestos de intelectuales italianos cuando en los años 20 se empezaban a vislumbrar ciertas actitudes de Mussolini. Entre otros, firmó el denominado Manifiesto Antifascista impulsado por el filósofo Benedetto Croce. Beppo Levi era también una especie de espíritu renacentista, sus intereses abarcaban varias ramas de la Matemática y sus aplicaciones, además de la Mecánica Racional, la Epistemología, la Historia, la Filosofía y distintos aspectos de la Educación Matemática.



Beppo Levi

Podríamos considerarlo al mismo tiempo un erudito y un sabio. Cabe marcar la diferencia entre ambos conceptos. Entendemos por erudito al que ha leído gran cantidad de libros, al que ha “devorado” varias bibliotecas. Y por sabio al que es capaz de tomar las decisiones más acertadas en la vida, al que puede dar el consejo adecuado en el momento oportuno. Hecha esta distinción, Beppo Levi reunía ambas cualidades. Pero nada de eso le importó al régimen de Mussolini, y así Italia “se dio el lujo” de dejarlo cesante en 1938 por aplicación de las llamadas “Leyes Raciales”, según las cuales una persona de origen judío no podía trabajar en ningún nivel de la Enseñanza.

Beppo siguió creando desde su casa, pero obviamente necesitaba ir con frecuencia a la universidad para consultar material. Cuando más adelante le impidieron la entrada a la biblioteca y a la hemeroteca, expresó que podía continuar haciendo matemática sin que le pagasen un sueldo, pero que era imposible hacerlo sin libros ni revistas. La persecución crecía, y la familia debió pensar en el exilio.

Beppo Levi y Rosario

Mientras tanto, en 1920 se había fundado en la ciudad de Rosario la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales Aplicadas a la Industria, de la Universidad Nacional del Litoral (actual Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario). Hacía 1938 la facultad era dirigida por un grupo de hombres visionarios, liderados por el Decano, Ing. Cortés Plá. Comprendiendo que la docencia necesitaba del aporte de la investigación, decidieron fundar en la facultad varios institutos, entre ellos el de Matemática. A la cabeza de tales institutos se necesitaban investigadores con formación y prestigio, capaces de formar nuevas generaciones de investigadores. Así invitaron al Dr. Levi, quien llegó a Rosario a dirigir el Instituto de Matemática en noviembre de 1939. Para secundarlo como vicedirector convocaron al Dr. Luis Santaló, un brillante joven catalán perseguido entonces por el franquismo.

También había que proveer condiciones para que su labor fuera fructífera. Por eso, cuando Cortés Plá invitó a Levi, le solicitó que propusiera bibliografía para adquirir. En los meses siguientes, se inició una febril compra de libros y revistas, en muchos casos colecciones completas. Levi, al llegar, expresó sentirse gratamente sorprendido por encontrar una biblioteca y una hemeroteca tan bien dotadas para ser un instituto naciente. Desde el primer momento planteó que su tarea en esta nueva etapa sería la de ser un difusor, mediante docencia y publicaciones, especialmente del pensamiento matemático.

Así como Julio Rey Pastor es considerado el Padre de la Matemática en la Argentina, Beppo Levi es indudablemente el Padre de la Matemática en Rosario, donde estaba casi todo por hacerse. Tuvo que enseñar el "oficio" de investigador, para lo cual creó diversas publicaciones. Entre ellas, "Mathematicae Notae", la primera revista científica argentina dedicada exclusivamente a la matemática. Dadas las vinculaciones que tenía Levi, muchos matemáticos prestigiosos de otras latitudes enviaron sus trabajos científicos a publicar en esta revista. Se generó así un canje de revistas con numerosos institutos. Así, de la mano de Levi, Rosario ingresó en el mapa mundial de la matemática y de las ciencias en general.

Levi continuó con sus investigaciones, publicando libros y trabajos científicos. Hizo docencia en la Facultad y en el Profesorado de la Escuela Normal Nº 1 (actual Instituto "Olga Cossettini"). En la Facultad, en un comienzo, dio cursos diversos para profesores y años después algunas asignaturas de grado: Análisis Matemático II y Mecánica Racional. Respecto de los exámenes, solía decir que los estudiantes deberían preguntar a los profesores, y no al revés. El que había entendido mucho haría preguntas interesantes. El que entendió poco y nada haría preguntas demasiado básicas, o tal vez no preguntaría nada. También decía que en los exámenes le interesaba descubrir "qué cosas sabe el alumno, y no cuáles no sabe". Consolidó su compromiso con la Facultad sentando las bases para que, en un futuro no muy lejano, existieran la Licenciatura y luego el Doctorado en Matemática y en Física.

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial tuvo posibilidades de volver a Italia. Le hicieron diversos ofrecimientos. Le dieron reconocimientos, premios y lo nombraron Profesor Emérito en la Universidad de Bolonia. Podría decirse informalmente que "le tendieron la alfombra roja". Sin embargo, eligió quedarse en Rosario. Decía que "esta ciudad ha sido muy gentil conmigo". Además, sentía que había embarcado a muchos jóvenes en las tareas de investigación y no debía abandonarlos a mitad del camino.

Es digno de destacar cómo se brindó a Rosario por casi 22 años. Don Beppo trabajó incansablemente hasta los 86 años, casi hasta el último suspiro. Falleció el 28 de agosto de 1961, tan sólo 20 días después de presentar su renuncia, en la que escribió que sentía que lo empezaban a abandonar las fuerzas físicas. Más que una nota de renuncia, parecía un pedido de disculpas por renunciar.

Todavía resuena en el recuerdo que viajaba como uno más en el tranvía, muchas veces colgado en el estribo. Por su baja estatura y por llevar un portafolio descomunal, solían tener que ayudarlo a subir y bajar. Se había convertido en una especie de pasajero ilustre: al llegar frente a la Facultad se bajaba el conductor con Levi del brazo y el guarda con su gran portafolio. Evaluaban el tránsito y le avisaban: "Cruce ahora, Maestro".

Referencias

[1] LEVI, Laura (2000): Beppo Levi, Italia y Argentina en la vida de un matemático. Libros del Zorzal, Buenos Aires.

[2] PESSINO, Silvina–MARANGUNIC, Pedro (2017): Nuestro Beppo. Editorial Fundación Ross, Rosario.

[3] SCHAPPACHER, N. – SCHOOF, R. (1996): Beppo Levi and the Arithmetic of Elliptic Curves. The mathematical intelligencer 18 (1), 57-69.

Ir al índice general

ISSN 1514-9595 (web)

Género UMA

Referentes de género

Género y jerarquización docente en Matemática. Datos y desafíos en las universidades argentinas

Comisión de Género

Introducción

Este artículo surge en el marco de una línea de trabajo de la Comisión de Género de la UMA, sobre la distribución de cargos docentes y desigualdades de género en el ámbito universitario en Matemática. La muestra se compone de datos relevados en 2023 y 2025, respecto a los cargos docentes y de investigación en los departamentos de Matemática de facultades y universidades nacionales.* Aunque no es exhaustiva, busca describir con suficiente representatividad las principales dimensiones del trabajo docente en matemática: jerarquías de cargo, tipos de dedicación y categorías académicas. Esta información fue aportada por diversos integrantes de estas instituciones, a quienes extendemos nuestro reconocimiento.

El trabajo fue elaborado con el valioso asesoramiento de colegas del Instituto de Cálculo de la Universidad de Buenos Aires, quienes brindaron las herramientas necesarias para el análisis de la información y elaboraron los gráficos que acompañan esta nota. Su asistencia fue fundamental para la realización del estudio. Por último, cabe señalar que no contamos con información sobre personal docente no binario. Sería relevante que en futuros trabajos se analicen también las realidades docentes de las diversas identidades de género.

Nuestro propósito es contribuir a una reflexión crítica sobre las inequidades de género en la distribución de cargos dentro del ámbito docente universitario, visibilizando cómo las trayectorias académicas se ven condicionadas por estructuras desiguales. Apuntamos

*En los gráficos, se utiliza el nombre de la universidad como referencia institucional general. Se tomaron datos de los departamentos de Matemática de las siguientes instituciones: Fac. de Ciencias Exactas y Naturales de la Univ. de Buenos Aires (UBA), Fac. de Economía y Administración de la Univ. Nac. del Comahue (UNCOMA), Fac. de Ciencias Exactas y Naturales de la Univ. Nac. de Cuyo (UNCuyo), Fac. de Ingeniería Química de la Univ. Nac. del Litoral (UNL), Univ. Nac. de Rosario (UNR), Univ. Nac. del Sur de Bs. As. (UNS), Univ. Nac. de San Juan (UNSJ), Fac. de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales de la Univ. Nac. de San Luis (UNSL).

a generar interrogantes que interpelen las lógicas actuales de acceso, permanencia y jerarquización, con el fin de impulsar políticas institucionales orientadas a revertir estas desigualdades.

Las diferencias entre universidades, la evolución reciente de ciertos indicadores y las tensiones entre dedicación y jerarquía constituyen dimensiones clave para pensar estrategias hacia una mayor equidad en el sistema.

Composición de cargos de profesores/as y auxiliares

En términos generales, la participación femenina en cargos docentes muestra una relación inversa con la jerarquía: a mayor nivel del cargo, menor es la proporción de mujeres (ver figura 1). Sin embargo, las diferencias en los porcentajes de mujeres entre profesor y auxiliar no superan el 10 % , salvo en el caso de la UNCuyo. En 2023 y 2025 se observa una representación superior de mujeres en cargos auxiliares respecto de cargos de profesor/a.†

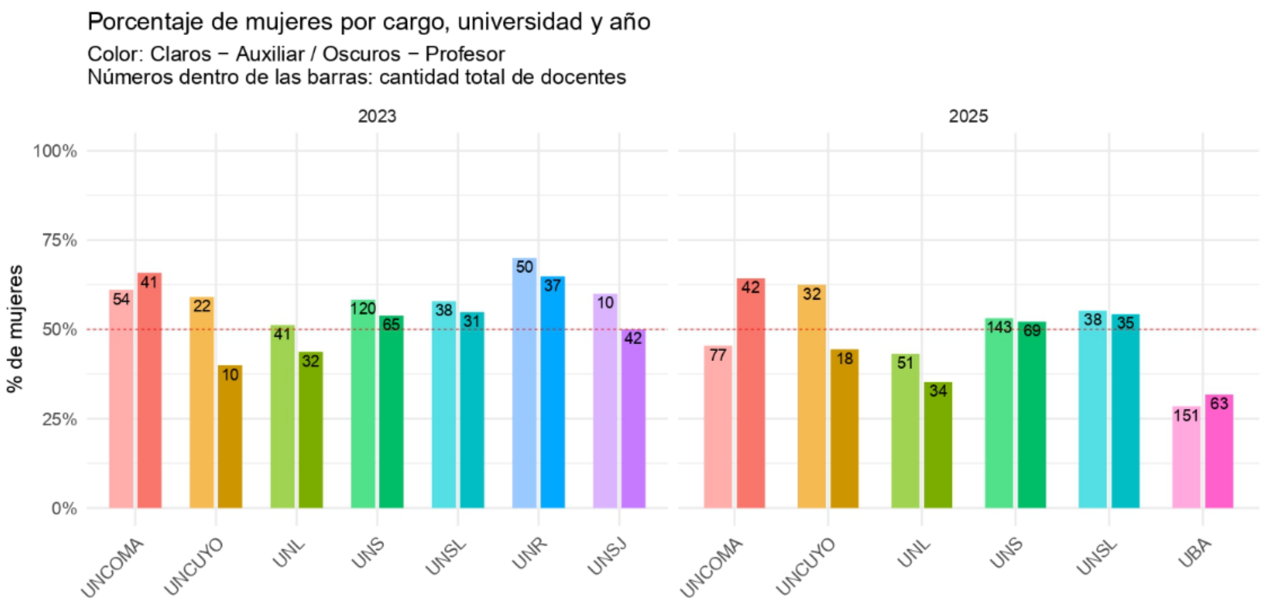


Figura 1: Cargos auxiliares y profesores/as en 2023 y 2025 por universidad.

En 2023, el porcentaje de mujeres en cargos auxiliares oscila entre el 50 % y el 70 %, mientras que entre profesores/as los valores descienden, ubicándose entre el 40 % y el 66 %. En 2025, la participación femenina entre auxiliares se reduce levemente, ubicándose entre el 45 % y el 62 %, mientras que en los cargos de profesor/a se mantienen proporciones similares a 2023.

De todas las instituciones analizadas, los datos del 2025 el Departamento de Matemática de la FCEN-UBA se destacan como un caso que merece un análisis más profundo, ya que muestran una baja representación de mujeres: menos del 30 % tanto entre auxiliares como entre profesores/as titulares, cifras considerablemente inferiores a las observadas en el resto de los casos relevados.

†Se considera cargo auxiliar a los cargos docentes de asistente (equivalentemente jefe/a de trabajos prácticos), ayudantes de primera (equivalente a ayudante graduado en formación) y ayudantes de segunda (denominados también ayudantes estudiantiles). Entre los cargos de profesor/a se encuentran las categorías de profesor/a titular, asociado/a y adjunto/a.

Estos datos sugieren que, más allá de la evolución temporal general, las condiciones locales e institucionales tienen un rol central en la distribución jerárquica por género dentro del claustro docente. Las diferencias entre universidades muestran que no hay un patrón único, sino una estructura desigual que varía según el contexto. La historia de cada institución, su ubicación geográfica y las tradiciones disciplinares influyen en cómo se configura esa desigualdad, lo que subraya el carácter situado de estas dinámicas.

Dedicación y género: entre el tiempo académico y las barreras invisibles.

La dedicación docente —simple, semiexclusiva o exclusiva— no solo organiza la carga horaria, sino también incide en las condiciones de inserción institucional, formación continua y desarrollo académico. Los datos relevados para 2025 muestran una composición heterogénea entre universidades en lo que respecta a profesoras al diferenciar la dedicación del cargo adquirido (exclusivo, semiexclusivo o simple) (ver figura 2).

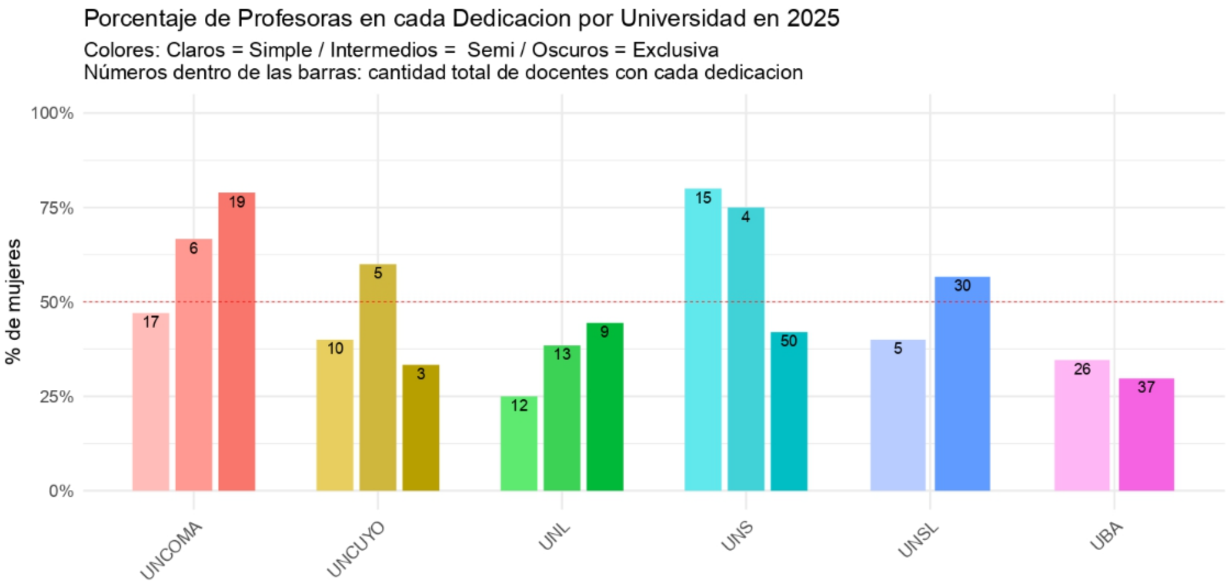


Figura 2: Proporción de profesoras mujeres por dedicación y universidad (año 2025).

En los cargos de dedicación simple, con excepción de la UNS, la proporción de mujeres profesoras no supera el 50 %. En algunas universidades, los valores se aproximan a ese umbral, aunque con variaciones visibles entre instituciones. En la categoría semiexclusiva, el número reducido de observaciones —especialmente en la UNSL y la FCEN-UBA, donde directamente no se registran datos para este tramo— limita la posibilidad de establecer tendencias claras.

En dedicación exclusiva, la proporción de mujeres es inferior al 50 % en todas las universidades analizadas, con excepción de la UNCOMA y la UNSL, que presentan niveles relativamente más altos. En cuanto a la evolución según la dedicación, se observa que en algunas instituciones —como la UNCOMA, la UNL y la UNSL— la participación femenina podría aumentar con la carga horaria, mientras que en otras —como la UNS y la FCEN-UBA— esa participación tiende a disminuir.

A continuación, nos enfocamos en analizar la situación de los cargos auxiliares para observar cómo se expresa allí la distribución por género.

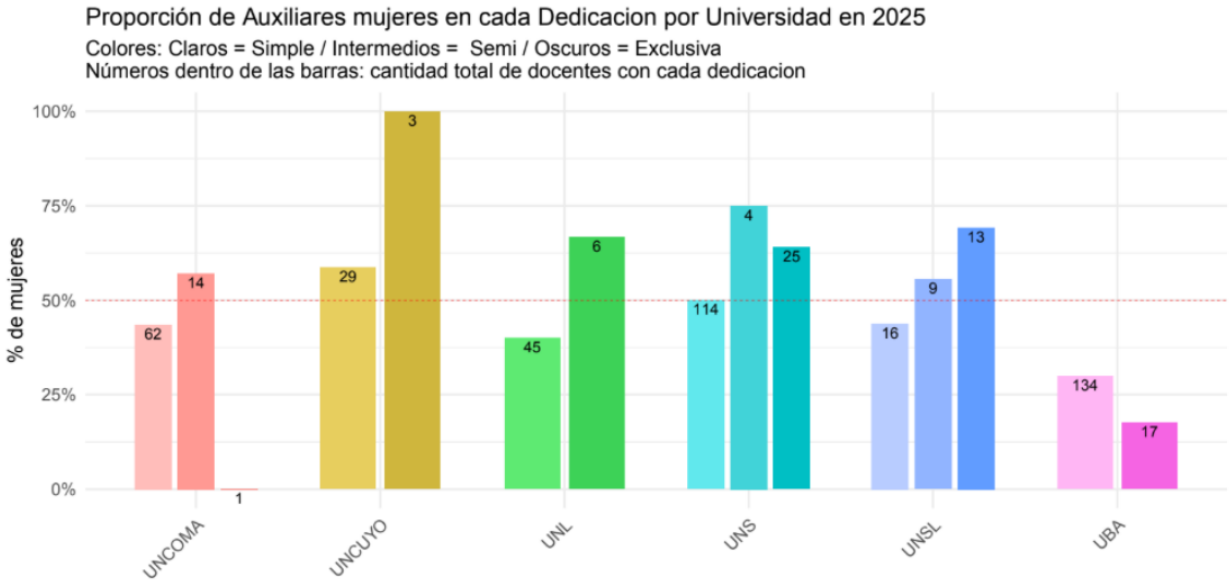


Figura 3: Proporción de auxiliares docentes mujeres por dedicación y universidad (2025).

Cuando se observa la situación de los cargos auxiliares, la tendencia se invierte (ver figura 3). Salvo en la FCEN-UBA —donde la proporción de mujeres disminuye con la dedicación—, en gran parte de las instituciones se registra una representación femenina más elevada entre las auxiliares con mayor dedicación. Este efecto resulta más marcado en universidades con muestras pequeñas, como el caso de la UNCuyo. Tales variaciones podrían deberse a dinámicas propias de cada unidad académica, al tamaño reducido de las muestras o a características específicas del rol auxiliar en esos contextos.

No obstante, es importante considerar que el significado de la dedicación no es equivalente para todos los cargos docentes. En ciertos casos, entre los cargos auxiliares, una mayor dedicación podría estar asociada a una mayor participación en actividades de formación o investigación, o bien, en contextos críticos de personal, a una mayor carga de docencia, sin que ello implique necesariamente mayor estabilidad institucional ni una inserción académica sostenida. En cambio, en los cargos de profesor/a, la dedicación exclusiva suele vincularse con mayores oportunidades de formación, producción académica y participación estructural en la vida universitaria.

En definitiva, el “tiempo académico” no parecería ser solo una cuestión de cantidad de horas, sino también de las condiciones bajo las cuales ese tiempo se reconoce, se distribuye y se valora. Las diferencias por género en las dedicaciones podrían estar dando cuenta de obstáculos menos visibles —como la disponibilidad horaria, las exigencias institucionales o las responsabilidades extraprofesionales— que inciden en las posibilidades reales de sostener una carrera académica con continuidad. Esto reflejaría desigualdades en el acceso a trayectorias de consolidación académica. Por otro lado, es posible que las diferencias detectadas entre las distintas universidades se deban a factores institucionales, normativos o contextuales que no se reflejan directamente en los datos disponibles. El recorte y la escala de esta muestra no permiten establecer conclusiones generales.

Categorías docentes y distribución al ascender dentro del cargo.

Las categorías docentes constituyen otro eje desde el cual se puede observar cómo el género atraviesa las trayectorias académicas. En el caso de las profesoras, podría su-

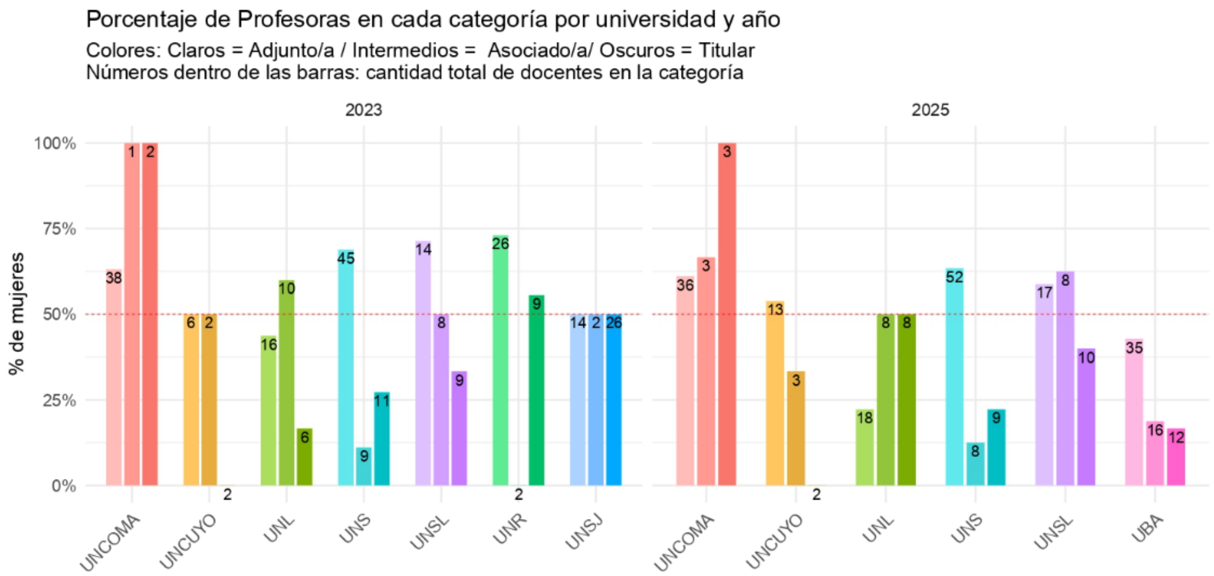


Figura 4: Proporción de profesoras mujeres por categoría y universidad.

ponerse que a medida que se asciende en la jerarquía —de adjunta a asociada, y de allí a titular—, las condiciones de acceso y permanencia se vuelven más exigentes, tanto en términos formales como simbólicos. Por ello, analizar la proporción de mujeres en cada categoría docente permite aportar otra mirada a los datos relevados.

En la FCEN-UBA, la proporción de profesoras disminuye sistemáticamente con el aumento de la categoría del cargo (ver figura 4). Algo similar ocurre con la UNSL, la UNR y la UNS en los años 2023 y 2025, con algunas salvedades en categorías intermedias como la de profesor asociado. En contraste, esta disminución no se advierte en la UNCOMA y, parcialmente, tampoco en la UNL. Además, en 2023, tanto la UNSJ como la UNCuyo exhiben paridad de género en todas las categorías docentes consideradas.

Cabe señalar que las categorías de mayor jerarquía —particularmente titular y, en ciertos casos, asociada— presentan pocas observaciones y, en algunas instituciones, ausencia total de participación femenina. Esta limitación podría estar afectando la posibilidad de establecer tendencias más claras.

En lo que respecta a los cargos auxiliares, la relación entre género y jerarquía parece adoptar una forma distinta (ver figura 5). El cargo de ayudante de segunda presenta, en la mayoría de los casos, una participación femenina inferior al 50 %, mientras que en los cargos de ayudante de primera y jefe de trabajos prácticos, la proporción de mujeres suele superar ese umbral. Esta diferencia sugiere que, incluso dentro del escalafón auxiliar, podrían existir barreras o condiciones particulares que dificultan el ingreso o la permanencia femenina en los niveles iniciales del cargo docente.

Nuevamente, la FCEN-UBA se destaca como el caso con menor representación femenina en todas las categorías analizadas, tanto en el tramo auxiliar como en el de profesoras. Este patrón podría estar dando cuenta de dinámicas institucionales específicas que merecerían ser exploradas con mayor detalle.

En resumen, la progresión por categorías docentes no se presenta distribuida de manera equitativa según el género. Aunque algunas instituciones exhiben ciertos avances hacia la paridad, en muchas otras se observa una disminución sostenida en la proporción de mujeres a medida que se asciende en la jerarquía. Esta heterogeneidad entre universidades

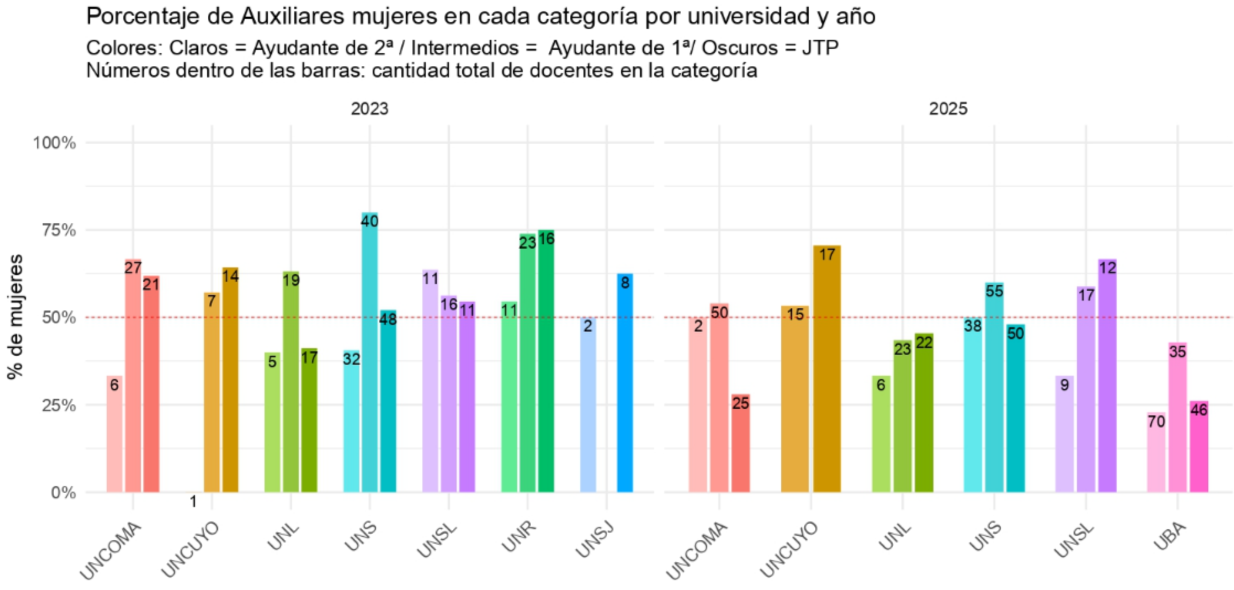


Figura 5: Proporción de auxiliares mujeres por categoría y universidad.

plantea interrogantes relevantes: ¿Qué factores institucionales o culturales explican estas disparidades? ¿De qué manera influyen las políticas locales o las tradiciones disciplinarias en la reproducción de estas desigualdades?

Reflexiones finales

La distribución de cargos docentes por género en las universidades argentinas continúa mostrando patrones desiguales que, aunque conocidos, merecen ser revisados con datos actuales y una mirada contextualizada. Si bien en las últimas décadas se han realizado algunos estudios sobre la participación femenina en el ámbito académico, son escasos aquellos que abordan en detalle las desigualdades persistentes en términos de dedicación, categoría y jerarquía docente dentro del área de matemática.

La coexistencia de algunos casos de paridad con otros, donde las brechas son más marcadas, refuerza la idea de que estas diferencias no son inevitables. Por el contrario, podrían estar mediadas por decisiones institucionales, políticas internas, dinámicas de concurso o formas no explícitas de reproducción de desigualdades. El análisis por dedicación muestra que no solo importa el cargo que se ocupa, sino también el tiempo académico disponible y reconocido como parte de la carrera. Asimismo, la lectura por categoría sugiere que escalar en la jerarquía no ocurre en igualdad de condiciones.

En definitiva, este trabajo no pretende ofrecer respuestas concluyentes, sino contribuir a abrir nuevas preguntas. A futuro, resultaría fundamental ampliar este tipo de relevamientos incorporando más instituciones y mejorando la sistematicidad de los registros disponibles, con la inclusión de datos que reconozcan las identidades de género autopercibidas. Asimismo, sería pertinente explorar cómo estas desigualdades de género se entrelazan con otras dimensiones, como la edad, la localización geográfica o el tipo de universidad, para construir un diagnóstico más integral que permita orientar políticas transformadoras.

Ir al índice general

NOTICIERO

ISSN 1514-9595 (web)

Competencia Interuniversitaria de Matemática Argentina

Una nueva invitación a la CIMA

Mauro Subils
Universidad Nacional de Rosario

Me gustaría comenzar este artículo citando a Adrián Paenza en su carta de despedida de la Competencia que llevaba el nombre de su padre: *El objetivo nunca fue seleccionar "a los mejores", sencillamente porque nunca creímos en que hay ni mejores ni peores. No. La idea fue siempre disfrutar de la capacidad de pensar, de desafiarse, de frustrarse pero también de divertirse buscando soluciones*. Ese objetivo conformaba la esencia de la Competencia Ernesto Paenza, cuya posta fue tomada por la Competencia Interuniversitaria de Matemática Argentina, o simplemente "la CIMA".

El 27 de agosto de este año se realizó su undécima edición y con este artículo, al igual que con los anteriores, buscamos invitar a los estudiantes universitarios a participar y al resto de la comunidad a difundir el evento a lo largo y ancho del país.

En lo personal, tras haber competido durante mi educación secundaria en la Olímpiada Matemática Argentina, encontré en la competencia Ernesto Paenza un lugar donde enfrentar problemas nuevos en un contexto más avanzado pero conservando el mismo espíritu.

Al enterarme en 2011 que la competencia dejaba de existir, sentí una gran tristeza, a pesar de que en ese entonces ya no podía participar. Consideraba que se perdía un lugar muy valioso para los estudiantes universitarios y para la comunidad matemática en general. Por eso recibí con gran alegría la noticia que había personas dispuestas a retomar este lugar, entre los que quiero destacar a Leandro Cagliero y Juan Pablo Rossetti de la Universidad Nacional de Córdoba. Como paréntesis los invito a leer, si no lo hicieron aún, su artículo sobre la historia de la CIMA en el noticiero de la UMA del año pasado.

En 2014, cuando se realizó la segunda edición, Juan Pablo me convocó a formar parte del jurado, tarea que desempeñé hasta el año pasado y de la que he disfrutado y aprendido mucho ya que posibilita transitar el encuentro desde otra perspectiva.

En la CIMA uno encara problemas sin tener que restringirse a un marco teórico fijado por una asignatura particular. Consiste en un desafío diferente a un parcial o examen, uno encuentra más libertad para recurrir a la imaginación y a la creatividad.

Además, lo más importante, más allá que te “salgan” o no los problemas, es que la discusión con los compañeros/as durante y después de la prueba resulta enriquecedora. Estos intercambios que se posibilitan en el encuentro no suelen darse en otros ámbitos. Animarse a pensar problemas implica, la mayor parte de las veces, encontrarse con la frustración y la necesidad de construir con otros para hallar caminos de resolución posibles. En esa construcción conjunta, los premios, las menciones y los resultados, quedan en segundo plano. Por eso es importante que la CIMA siga creciendo y que sigamos apostando para que llegue a todos los lugares del país donde haya alguien que disfrute de pensar matemática.

A continuación, quiero mostrarles un ejemplo de un problema de la CIMA donde el álgebra y la geometría interactúan.

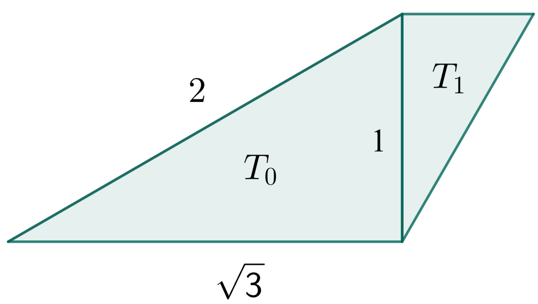
Problema 5 de la edición 2023

Una triangulación simplicial es una partición en triángulos con interiores disjuntos de forma que ningún vértice de un triángulo está en el interior de un lado de otro triángulo. Demostrar que no existe ninguna triangulación simplicial de un cuadrado por triángulos semejantes de ángulos $30°$, $60°$ y $90°$.

Les dejamos la solución realizada por el grupo conformado por Lorenzo Ruiz Díaz y Lucas Sandleris (Universidad de Buenos Aires).

Razonando por el absurdo supongamos que existe una triangulación de un cuadrado con las propiedades indicadas. Mediante un escalamiento de la figura podemos asumir que uno de los triángulos tiene catetos de longitudes 1 y $\sqrt{3}$, e hipotenusa de longitud 2. Denotemos por T_0 a dicho triángulo.

Como todos los triángulos que conforman la triangulación son semejantes entre sí, aquellos que comparten un lado deben tener una razón de semejanza perteneciente al conjunto $\mathcal{C} = \left\{1, \frac{1}{2}, 2, \frac{1}{\sqrt{3}}, \sqrt{3}, \frac{2}{\sqrt{3}}, \frac{\sqrt{3}}{2}\right\}$, es decir, la razón entre un par de lados de uno de los triángulos. Por ejemplo, en la figura, la razón de semejanza entre T_1 y T_0 es $\frac{1}{\sqrt{3}}$.



De este modo, la razón de semejanza entre dos triángulos cualesquiera de la triangulación es un producto de elementos de $\mathcal{C}$, por lo que pertenece al conjunto $\mathbb{Q} \cup \sqrt{3}\mathbb{Q}$. Sean T_i, con $i = 0, \ldots, n$, los triángulos que conforman la triangulación y sea $t_i \in \mathbb{Q} \cup \sqrt{3}\mathbb{Q}$ la razón de semejanza entre T_i y T_0. En particular, $t_0 = 1$.

Como T_i tiene catetos de longitud t_i y $\sqrt{3}t_i$, su área es

$$t_i^2\frac{\sqrt{3}}{2},$$

por lo que área total del cuadrado es

$$\sum_{i=0}^{n} t_i^2\frac{\sqrt{3}}{2},$$

valor que pertenece a $\sqrt{3}\mathbb{Q}$ ya que t_i^2 es racional para todo i.

Por otra parte, un lado del cuadrado debe estar cubierto por lados de algunos de los triángulos de la triángulación; por lo tanto, su longitud es la suma de números de $\mathbb{Q}\cup\sqrt{3}\mathbb{Q}$. Esto implica que la longitud del lado del cuadrado puede escribirse de la forma $a+b\sqrt{3}$ con $a, b \in \mathbb{Q}$. En consecuencia, el área del cuadrado es

$$(a+b\sqrt{3})^2 = c\sqrt{3}$$

para cierto c racional. Esto se desarrolla como

$$a^2+3b^2+2ab\sqrt{3} = c\sqrt{3}$$

Dado que $\sqrt{3}$ es irracional la igualdad solo puede cumplirse si

$$a^2+3b^2 = 0 \text{ y } 2ab = c.$$

De la primera ecuación se sigue que $a = 0$ y $b = 0$ lo que implica que la longitud del lado del cuadrado es cero, contradicción que demuestra que tal triangulación no puede existir.

Agradecimientos: Quiero agradecerle a Juan Pablo Rossetti por invitarme a formar parte del jurado y a todas y todos los jurados con los que me tocó compartir a lo largo de estos años: Leandro Cagliero, Iván Angiono, Diego Sulca (Universidad Nacional de Córdoba), Martín Mereb, Carlos Di Fiore, Jonathan Barmak, Gabriela Jerónimo (Universidad de Buenos Aires), Carlos D'Andrea (Universitat de Barcelona), Rocío Díaz Martín (Tufts University) y Luis Ferroni (Universitá di Pisa). Quiero destacar también el labor de las secretarias que han cumplido y cumplen una importante tarea para que se pueda realizar la competencia: María Chara (Universidad Nacional del Litoral), Erica Hinrichsen, María Inés López Pujato, Natali Vanteenkiste, María Gracia Cornet y Lara Fernández (Universidad Nacional de Rosario). Por último, agradecer a todos los que han sido o son delegados/as de cada sede y se encargan de tomar la prueba. Todas y todos los mencionados, desde el aporte de su compromiso y tiempo, han hecho posible año tras año este encuentro.

ISSN 1514-9595 (web)

Distinciones y premios

Iván Angiono

El Dr. Ivan Angiono es investigador especialista en Álgebra. Actualmente es Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Córdoba e Investigador Independiente del CONICET.

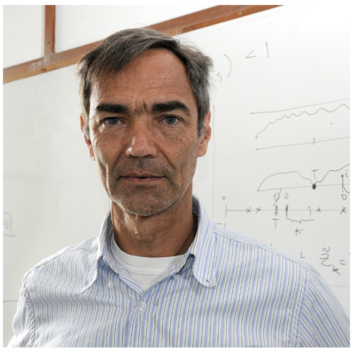
Será conferencista invitado en el próximo International Congress of Mathematicians 2026 que se llevará a cabo en Philadelphia, USA, entre los días 23 y 30 de julio de 2026.

Alicia Dickenstein

La Dra. Alicia Dickenstein es investigadora especialista en Geometría Algebráica. Actualmente es Profesora Emérita de la Universidad de Buenos Aires, Investigadora Superior del CONICET y Presidenta de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Recibió la Medalla Solomon Lefschetz 2025 otorgada por el Mathematical Council of the Americas en reconocimiento a su excelencia en la investigación y sus contribuciones al desarrollo de la matemática en uno o varios países de América.

Pablo Ferrari



El Dr. Pablo Ferrari es investigador especialista en Probabilidades y Procesos Estocásticos. Actualmente es Profesor Emérito de la Universidad de Buenos Aires e Investigador Superior del CONICET.

Recibió el Premio Américas 2025 otorgado por el Mathematical Council of the Americas en reconocimiento de su labor para promover la colaboración y el desarrollo de investigaciones que vinculan a matemáticas/os de varios países de América.

Será conferencista invitado en el próximo International Congress of Mathematicians 2026 que se llevará a cabo en Philadelphia, USA, entre los días 23 y 30 de julio de 2026.

Premio al mejor artículo de la RevUMA

En 2025 el Premio al mejor artículo de la RevUMA fue para el trabajo *“Primitive decompositions of Dolbeault harmonic forms on compact almost-Kähler manifolds”*, de los autores **Andrea Cattaneo**, **Nicoletta Tardini** y **Adriano Tomassini.** Ver artículo aquí.

Ir al índice general

Noticiero de la Unión Matemática Argentina
http://www.union-matematica.org.ar/noticiero/
ISSN 1514-9595 (en línea)
Volumen 60, Número 2, 2025
noticiero@union-matematica.org.ar