

## Actividad 1: Introducción

---

### Se propone la lectura de

- Prólogo del Libro Strogatz (2014, *Nonlinear dynamics and chaos: with applications to physics, biology, chemistry, and engineering*. Westview press).
- Libro. Mindlin, G. B. (2008). *Causas y azares: la historia de caos y de los sistemas complejos*. Universidad Nacional de Quilmes.

*Sinopsis:* Decir caos está de moda. Cuentan que Caos es el dios a partir del cual surgió el universo. Y después del Caos surgió Gea (la Tierra), el cielo, el infierno y todo lo demás. Sin embargo, en la actualidad parece que la palabra es protagonista de cualquier circunstancia que implique desorden. Diego Golombek, director de la colección de divulgación científica Ciencia que ladra, convoca a uno de los más importantes físicos argentinos, Gabriel Mindlin, para poner un orden a la complejidad del caos. Mindlin, graduado en La Plata y doctorado en Estados Unidos, es un especialista en dinámica no lineal, una familia de sistemas matemáticos que analizan comportamientos muy complejos, en un campo que se conoce con el nombre de estudio del caos. Según el investigador, en la naturaleza casi todos los sistemas son no lineales; es decir, que las propiedades emergentes de ellos no se relacionan directamente con la información que ingresa en el sistema. Esto ocurre, por ejemplo, en los problemas de ecología y en los de dinámica de poblaciones ilustra. El cerebro es uno de esos sistemas: está constituido por sistemas muy complejos, cuyo emergente son comportamientos totalmente caóticos. Es más, uno de los desafíos para este siglo es descubrir cómo esos sistemas auto organizados dan lugar a los comportamientos. En una entrevista publicada en *Critica de la Argentina*, el autor de *Causas y azares* afirma que el caos evoca todo lo desorganizado, confuso, oscuro, incoherente. Aunque en realidad es algo matemáticamente preciso. En física se tarda un poco hasta dar con una palabra glamorosa y evocadora como la de caos para designar fenómenos donde no se puede predecir a largo plazo pese a que están regidos por leyes causales muy sencillas. Y a continuación, acerca del uso y abuso que se hace de la palabra caos, aclara que la teoría del caos no explica el caos en el tránsito. Muchas veces uno tiene la idea de que por comprender ciertos fenómenos puede hacer extrapolaciones y predicciones. Y no es así en muchos sistemas. Muchas personas no conciben que a partir de reglas muy sencillas se pueden tener comportamientos muy complejos. El libro repasa prolija y brevemente nombres e historias de los principales referentes en torno a la historia del caos. Y como de historia se trata, el autor sabe mezclar inteligentemente anécdotas personales de su vida de científica y estudiante en La Plata y Estados Unidos con las de algunos de los científicos imprescindibles a la hora de hablar del caos, la no linealidad y los sistemas complejos. Desde Newton a Ed Lorenz, pasando por Belousov y Malthus, científicos claves van saliendo a la luz en este libro de divulgación científica escrito por un físico reconocido en la Argentina y en el mundo. Gabriel Mindlin se refiere incluso a dos cuentos que ilustran la mirada humana sobre el azar: por una parte *El ruido del trueno*, de Ray Bradbury: el autor hace viajar al pasado a un cazador, que durante su aventura pisa un insecto accidentalmente. Eso desencadena una serie de eventos que hacen que el cazador encuentre una realidad muy distinta a su regreso. En el segundo cuento, *La lotería de Babilonia*, Borges relata la adicción de un pueblo por el azar: se entregan al vértigo de que cada uno de sus actos está dictado por la lotería. Siempre la visita de la incertidumbre, una inestabilidad. A lo largo del libro, el autor va intentando definir adentro del escaso consenso científico en algunas áreas el significado de conceptos como dinámica lineal, caos y sistemas complejos. El nombre caos, por ejemplo, evoca conceptos demasiado profundos como para restringirlo a un comportamiento temporal irregular. Algunos de los pilares que se derribaron una vez que el caos comenzó a ser estudiado son, por ejemplo, que los sistemas simples, regidos por leyes simples, se comportan de manera sencilla; que los sistemas que evolucionan en forma compleja obedecen necesariamente a causas complejas; que sistemas distintos se comportan de modo distinto, o que el estudio

analítico es la base del trabajo teórico. Una vez derribados estos pilares quedaba a la vista un nuevo territorio: el de los sistemas verdaderamente complejos. Un sistema complejo es aquel que, a la vez que presenta elementos de desorden, evidencia un orden subyacente. Sin embargo, aunque existe un conjunto de propiedades para definir al sistema calificado como complejo, Gabriel Mindlin aclara que no existe consenso sobre una definición precisa para la complejidad. El sueño de Gabriel Mindlin es entender los problemas que tienen que ver con el aprendizaje y la producción de la voz en humanos. Sin embargo, un trabajo suyo algo diferente fue comentado por Nature como uno de los más estimulantes: realizado conjuntamente con colegas de la Universidad Rockefeller, el estudio logra expresar en términos matemáticos los procesos físicos y neurobiológicos que intervienen en el canto de los canarios. Mi hipótesis es que los comportamientos complejos que se dan en las vocalizaciones y la comunicación animal están regidos por sistemas no lineales, con reglas muy simples. No es incompatible tener un pájaro que canta aleatoriamente a partir de una arquitectura neuronal sencilla, comenta Mindlin recientemente en una entrevista. Posteriormente, el sistema de reconocimiento de voz desarrollado por los físicos Gabriel Mindlin, Marcos Trevisan y Manuel Eguía fue mencionado como una de las diez tecnologías más modernas utilizadas en Argentina.

**SOBRE EL AUTOR:** Gabriel Mindlin nació en Quilmes, provincia de Buenos Aires, Argentina, el 2 de septiembre de 1963. Cursó la licenciatura en Física en la Universidad de La Plata, y su doctorado en Drexel University (Filadelfia, Estados Unidos). Fue investigador de la Universidad de California en San Diego (Estados Unidos), profesor de la Universidad de Navarra (España), y en la actualidad se desempeña como profesor en la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA e investigador del Conicet. Recibió los premios De Robertis, Bunge y Born, y Arthur Winfree del ICTP (Trieste). Es autor de más de setenta publicaciones en revistas internacionales y de dos libros de su especialidad.  
<http://portal.educ.ar/debates/contratapa/recomendados-educar/causas-y-azares.php>

### Se propone ver los videos:

- Teoría del Caos y el Efecto Mariposa. Science Time  
[https://www.youtube.com/watch?v=3uqBGSCnt\\_A&t=35s](https://www.youtube.com/watch?v=3uqBGSCnt_A&t=35s)
- Entrevista con James Yorke, el padre de la Teoría del Caos (English)  
<https://www.youtube.com/watch?v=CBj70zSjKx4>
- La teoría del caos, explicada con un péndulo. MATERIA Ciencia.  
<https://www.youtube.com/watch?v=d3uOKIIEIoU> La dinámica de los sistemas caóticos, como el clima, los astros o el humo de un cigarrillo es muy sensible a las condiciones iniciales, tal y como explica este investigador del IFISC (Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos) de Baleares.

### Material optativo

- Entrevista de Diego Golombek a Gabriel Mindlin. Desde la Ciencia II: Capítulo 2: Gabriel Mindlin. TEC tv. La Señal de la Ciencia. <https://www.youtube.com/watch?v=Ans3qC5DPRw>
- CAOS es una película matemática dirigida a todo público, que consta de nueve capítulos con una duración de trece minutos cada uno. Trata de sistemas dinámicos, del efecto mariposa y de la teoría del caos. Al igual que DIMENSIONS, la película es difundida bajo la licencia Creative Commons y fue realizada por Jos Leys, Étienne Ghys y Aurélien Alvarez.  
<http://www.chaos-math.org/es>