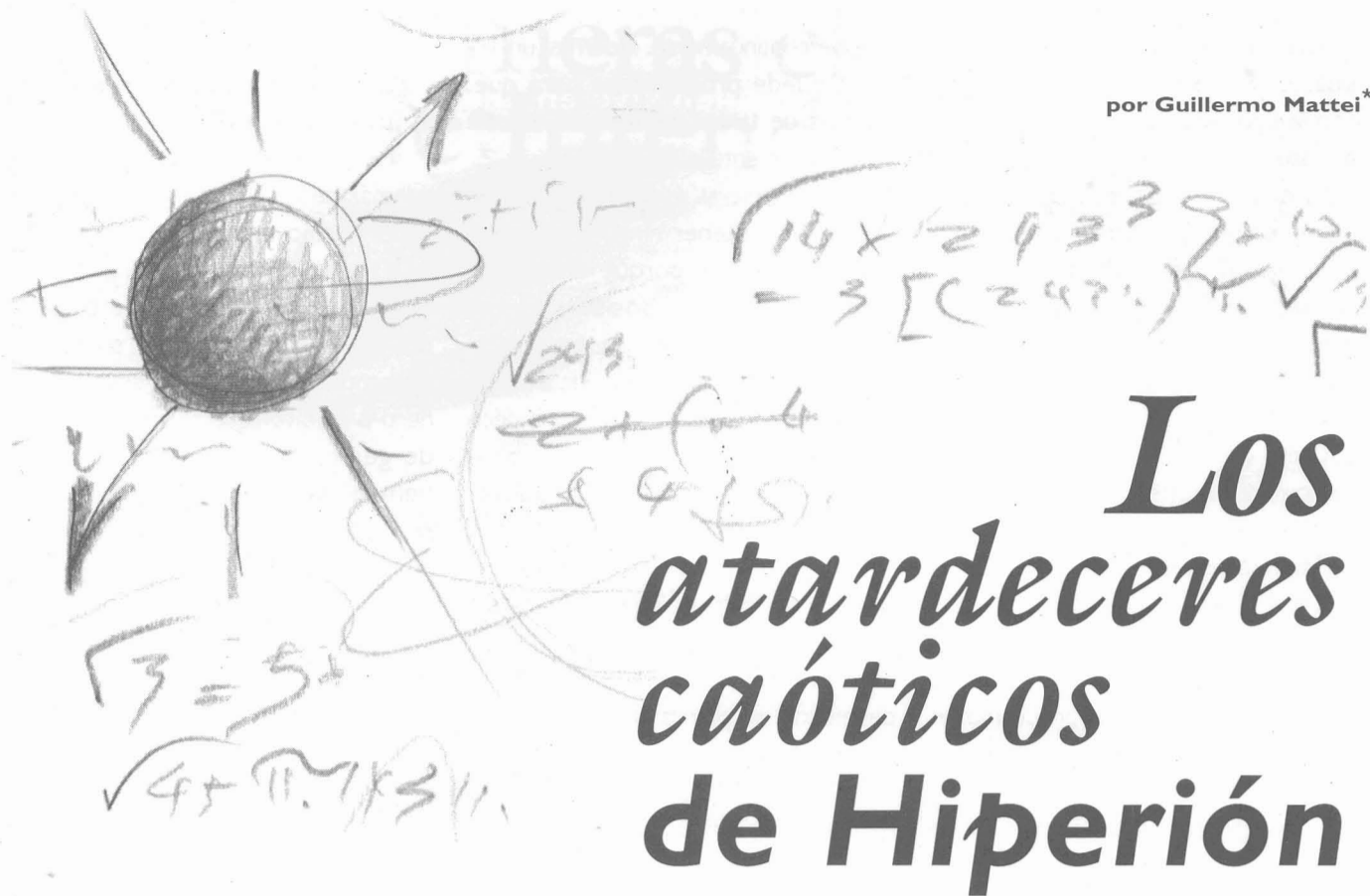


por Guillermo Mattei*



Los atardeceres caóticos de Hiperión

"¡Qué año el 2295! ¡Te acordás querida? Fue nuestra luna de miel en Saturno y sus satélites... ¡Cómo olvidar esos atardeceres caóticos en Hiperión!"

Este comentario conyugal quizás pueda o no tener lugar en un futuro cercano, pero lo que sí se sabe hoy en día es que Hiperión, una de las lunas de Saturno, probablemente rote sobre su eje de una forma peculiar:

Un equipo de investigadores argentinos y estadounidenses acaban de dar los primeros pasos para demostrar que el movimiento propio de Hiperión constituye uno de los pocos fenómenos naturales, es decir, no controlados en laboratorio, asociados a una palabra controvertida: caos.

Este descubrimiento no sólo inquieta a astrónomos y astrofísicos sino que, además, abre una nueva forma de estudiar otros fenómenos caóticos que aparecen en láseres, flúidos, semi-

conductores y también presumiblemente en problemas de medicina, de biología y de economía.

¿Caos en el tránsito de Buenos Aires?

La palabra caos tiene un significado claro: desorden. Coloquialmente es común escuchar cosas tales como "subir al subte a las nueve y media de la mañana es caótico".

Sin embargo, desde hace relativamente poco tiempo, el término caos aparece asociado a diferentes ramas del conocimiento. Además de caos en el sistema solar, en reacciones químicas y hasta en las células cardíacas de los embriones de pollo, se habla de caos en la evolución de las epidemias, en el latido del corazón, en las ondas cerebrales, en los sistemas sociales y en las finanzas.

Por otro lado, gran parte de la comunidad de sociólogos y psicó-

logos ha asociado a sus temas palabras tales como complejidad, irreversibilidad, inestabilidad, no linealidad y, también, caos.

El punto de partida de esta proliferación del término data de la década del '70, cuando un grupo de investigación estadounidense acuñó tal expresión. La idea era describir ciertos fenómenos muy específicos observados en una rama de la física llamada dinámica no lineal.

De modo que, además de la acepción coloquial de la palabra caos, hay una de tipo matemático. Luego, uno podría preguntarse: el tránsito de Buenos Aires sobre el cual hay acuerdo en calificarlo coloquialmente como caótico, ¿deberá tener alguna característica caótica desde el punto de vista matemático? O más generalmente, cualquier aspecto de la realidad que se modele matemáticamente y que exhiba caos, ¿tiene algún correlato con la realidad?

Las mil y una noches mirando a Saturno

En 1991 el físico platense Gabriel Mindlin estaba terminando su doctorado en matemáticas en la Universidad de Drexel, Estados Unidos. En su tesis proponía un nuevo método para analizar series de datos asociados a sistemas que podían presentar comportamientos caóticos. El trabajo se basaba en una rama de las matemáticas conocida como topología (ver recuadro "Huellas...").

En Drexel, la oficina contigua a la de Mindlin era ocupada por la astrofísica Patricia Boyd quien hacía su tesis doctoral en un tema de mecánica celeste. "Desde aquella época de estudiantes de posgrado ambos esperábamos la oportunidad de que nuestros temas de trabajo tuvieran puntos en común", recuerda Mindlin.

La esperada oportunidad finalmente llegó hace unos meses ahora que Mindlin es profesor e investigador en el departamento de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y Boyd trabaja en la NASA. La investigadora había analizado el trabajo experimental del astrónomo John Klavetter, del MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts), y comprendió que era hora de acudir a Mindlin. Klavetter había observado con un telescopio el movi-

¿Quién vive en el espacio de las fases?

LOS AFICIONADOS AL BILLAR O AL POOL SABEN MUY BIEN QUE DOS COMIENZOS DEL JUEGO, AUN CON UNA MUY PEQUEÑA VARIACION EN EL GOLPE INICIAL, CONDUCEN A MOVIMIENTOS MUY DIFERENTES DE LAS BOLAS EN CADA CASO.

EN EL LENGUAJE DE LOS FISICOS, EL GOLPE DE PARTIDA ES LA CONDICION INICIAL Y EL MOVIMIENTO POSTERIOR DE LAS BOLAS REPRESENTA LA EVOLUCION DEL SISTEMA. ENTONCES, CUANDO UNA PEQUEÑISIMA VARIACION EN LAS CONDICIONES INICIALES AMPLIFICA NOTORIAMENTE LA DIFERENCIA ENTRE DOS SITUACIONES FUTURAS DEL MISMO SISTEMA,

UNO DE LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA LA EXISTENCIA DE CAOS HA HECHO SU APARICION. DE TODAS MANERAS, NO ES UNA CONDICION SUFICIENTE: ADEMÁS DEBE PRODUCIRSE UNA SUERTE DE "REINYECCION" DEL PROCESO. ESTA SERIA UNA FORMA -NO LA UNICA- DE APROXIMARSE A LA DEFINICION DE CAOS.

LO INTERESANTE ES QUE TALES DIFERENCIAS NI SIQUIERA SON ADJUDICABLES A FLUCTUACIONES ALEATORIAS LLAMADAS "RUIDO". LA COMPLEJIDAD ES INTRINSECA A ESTE TIPO DE PROCESOS AUN FILTRANDO EL RUIDO Y ESTO, NECESARIAMENTE, CUESTIONA LA CAPACIDAD PREDICTIVA DE LA FISICA.

miento del diminuto y deforme Hiperión en su órbita alrededor de Saturno y notó que, decididamente, el satélite no rotaba sobre su eje en la forma previsiblemente periódica como lo hace nuestra propia Luna. Las mediciones de Klavetter, más los modelos teóricos que describían la dinámica de Hiperión, eran lo que Boyd y Mindlin necesitaban. A la manera de un detective que reconstruye una huella digital, la batería matemática que maneja Mindlin le permitió hacer una descripción de lo que se denomina en la jerga "la organización topológica de la dinámica caótica de Hiperión en espacio de las fases" (ver re-

cuadros). De esta manera Boyd pudo comprender y "predecir" los caprichosos comportamientos del satélite.

"Si uno quiere hacer la confrontación entre las observaciones experimentales recogidas noche a noche con un telescopio y los resultados teóricos que arroja la simulación computacional, deberá medir el equivalente en tiempo a los los cien mil datos que requieren los análisis tradicionales de series temporales: ¡más de doscientos años! Esto no parece muy divertido", argumenta Mindlin, agregando que el método por él desarrollado sólo requiere el equivalente a algo así como mil noches de observación, es decir,



ESTA CON VOS



menos de tres años. Un período observacional más que razonable en seguimientos astronómicos.

Si algún grupo de astrónomos completara las observaciones iniciadas por Klavetter durante "las mil y una noches" que requiere el análisis desarrollado por Mindlin, podrán compararse los resultados con respecto a los obtenidos a partir del modelo teórico. "En ese caso quizás podamos asegurar que el comportamiento de Hiperión sea uno de los pocos fenómenos no controlables que exhiben caos", especula Mindlin.

La búsqueda de caos es un caos

Mindlin concluye que problemas tales como los del cinturón de asteroides, los de algunas estrellas pulsantes, los de convección atmosférica así como los de láseres, seguramente son susceptibles de tener asociado el concepto de caos. Pero hay que mirar con mucho cuidado la interpretación de resultados caóticos, por ejemplo, en medicina, epidemiología y ecología.

Por su parte, otra autoridad en el tema, el físico francés David Ruelle asegura que "el éxito de las ideas de caos ha llevado a aplicarlas a una variada clase de situaciones. Si bien ésta es una buena estrategia, los resultados pueden ser de escaso interés."

Los científicos pueden modelizar matemáticamente un problema, por ejemplo de biología o economía, pueden ponerlo en una computadora y tal vez encontrar signos de caos. Sin embargo, el resultado probablemente carecerá de valor. Lo más seguro es que las variables dinámicas del modelo no tengan nada que ver con la vida real o que ciertos elementos matemáticos no compartan necesariamente un significado biológico o económico.

EXACTA 30
MENTE

Huellas digitales multidimensionales

"La topología puede pensarse como una especie de generalización de la geometría tradicional en donde triángulos, cuadrados y círculos son esencialmente la misma cosa. Si uno ata los dos extremos de un trozo de hilo, puede formar las figuras anteriores o cualquier otra si se lo deforma adecuadamente", explica Mindlin.

Con conceptos topológicos muchísimo más sofisticados que los anteriores, el especialista logra "espigar" la evolución del sistema en el espacio de las fases desde una nueva e innovadora perspectiva. "Es como si uno se calzase esos anteojos especiales para percibir la tercera dimensión en el cine, pero ahora para observar cosas que suceden en espacios multidimensionales", ejemplifica.

En el espacio de las fases aparecen ciertos entes matemáticos llamados atractores. En su forma más simple pueden ser puntos o curvas cerradas alrededor de los cuales se obstinan en agrupar una gran cantidad de datos en forma recurrente. Los atractores también pueden ser cosas más complicadas, es decir, de dimensiones mayores.

En lugar de medir las dimensiones de los atractores tal cual es la técnica usual, Mindlin reconstruye con su método algo así como una "huella digital topológica" que los caracteriza completamente. De esta manera, el sistema queda descrito en forma más realista y su evolución es en algún sentido predecible.



Cuando se habla de caos, frecuentemente se hace referencia a que el aleteo de una mariposa puede amplificarse caóticamente hasta producir un tornado en las antípodas del planeta. Quizás deba agregarse que ello sólo será posible en la pantalla de una computadora. Conclusión: el caos coloquial no es caos matemático y este último, a su vez, no en todos los casos tiene que ver con la realidad.

"Hubo dos grandes revoluciones en la física de este siglo, finali-

za Mindlin, la relatividad y la cuántica. Pero mi sensación es que podemos llegar a ser testigos de una tercera revolución que provenga de la matemáticas aplicadas. Y quizás lo sea a través de la pista caótica en el enigma de los problemas de turbulencias". ■

* Docente Auxiliar del Dpto. de Física y egresado del III Curso de Introducción al Periodismo Científico del Centro de Divulgación Científica y Técnica - FCEyN