

Donde ves orden, solo hay caos

Tiempo de lectura: 8-10 minutos

Isabella Guerrero Chamorro
Periodista

Ilustración:
Lina Pérez G.
Diseñadora editorial y de información

Mira a tu alrededor, donde quiera que estés.

Todo parece guardar cierta calma: las plantas con su leve movimiento, el cemento que parece que estará por cientos de años más en los edificios.

Quizás ves personas o carros que, a pesar de hacer de sus ruidos, siguen una trayectoria más o menos predecible.

¿Ves caos? Tal vez no.

El caos no es algo que notemos a simple vista: hace falta que haya una turbulencia fuerte en el avión o un accidente en el metro para que notemos la fragilidad de eso que creíamos tan seguro.



Del orden al caos: lo discreto y lo probabilístico

¿Alguna vez has intentado contar las nubes? Si te encuentras bajo techo, te animo a salir e intentarlo. ¿Cuántas ves? ¿Cuatro? ¿Diez?

Nuestra visión está limitada por lo que sabemos. En realidad, es complejo cuantificar las nubes con valores discretos, es decir, como unidades.

Si fueras meteorólogo, me dirías que eso que llamamos nube es una delimitación más bien arbitraria. Esa masa blanca esponjosa del cielo es una zona de la atmósfera con un índice mayor de humedad y densidad que otras. No se puede determinar sin controversia dónde empieza y dónde termina una nube.

Ya que la atmósfera tiene tantas partículas y procesos que añaden información, no le podemos aplicar, simplemente, las ecuaciones de la física clásica a las nubes y predecir con exactitud la trayectoria que tomará alguna de ellas, como si se tratara de un carro sobre la autopista.¹ Sería muy fácil saber dónde y cuándo va a llover.

En general, las ecuaciones que modelan la atmósfera no se pueden resolver de una forma analítica —es decir, con un resultado exacto—, sino

¹ Así lo explica Danilo Andrés Suárez, estudiante de la Maestría en Matemáticas Aplicadas en EAFIT, quien, además, trabaja en el área de pronóstico meteorológico del Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA).

que se debe apelar al cálculo numérico para dar una aproximación.

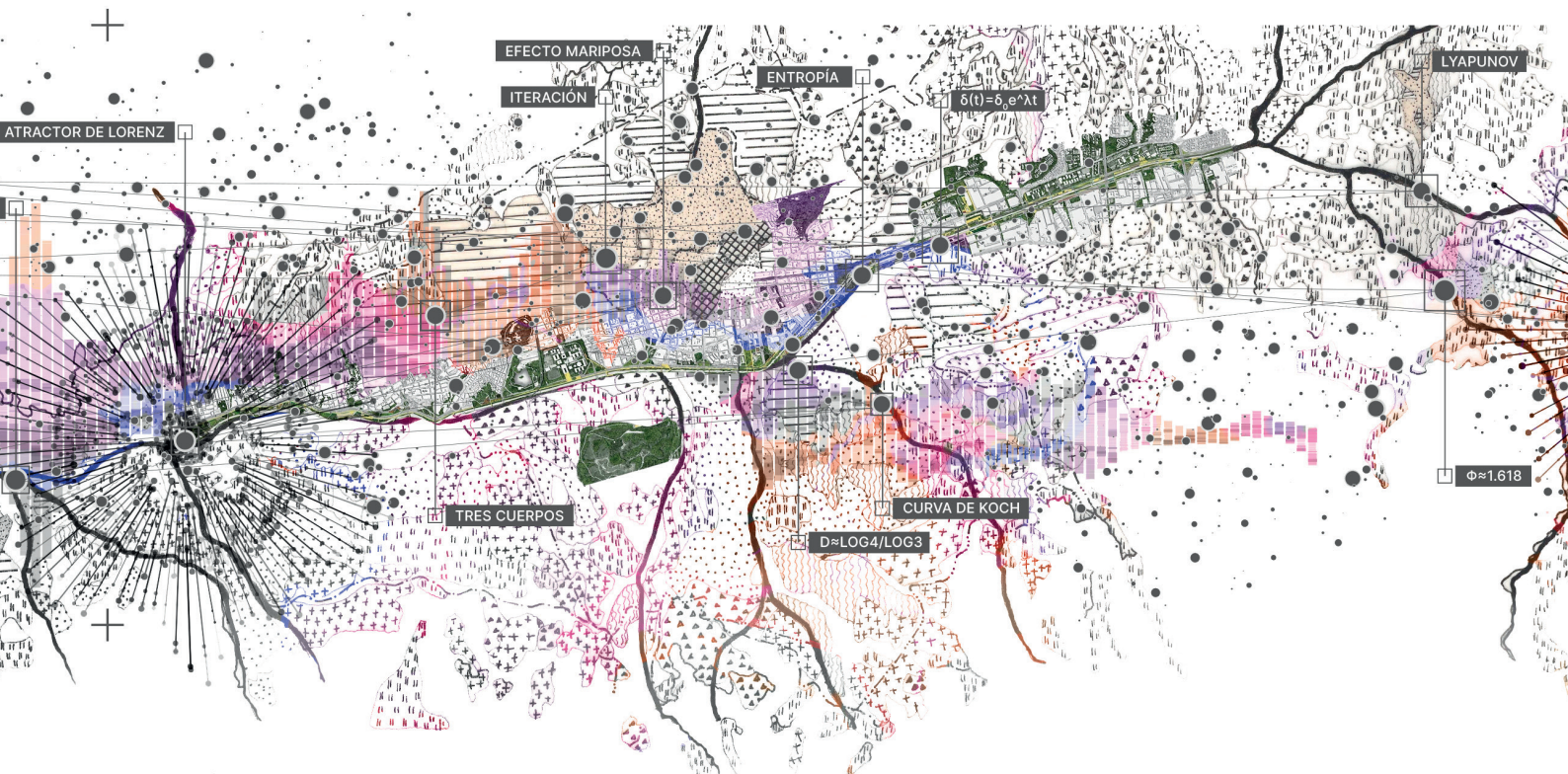
En otras palabras, con todo el conocimiento que tenemos sobre cómo se comportan fluidos como el aire, no podemos conocer la posición exacta de la nube, pero sí un rango de posibilidades más o menos probables de que se encuentren en distintas posiciones. De hecho, podemos predecir con precisión varios miles de años de la posición de la Tierra con respecto al Sol, pero no podemos saber con certeza cómo será el tiempo de aquí a quince días, o incluso antes.

Curioso, ¿no?

Esto se da porque en el primer sistema (el solar) no existe una alta sensibilidad respecto a su estado inicial, mientras que en el segundo (el tiempo), una variación tan pequeña como el causado por el aleteo de una mariposa parece provocar resultados muy distintos en las condiciones atmosféricas.

¿Por qué? ¿Acaso hay un dios griego que nos impide saber cuándo llegará el huracán que nos envió caprichosamente?

Si crees eso, no soy quien para juzgar, pero todo indica que hay algo llamado “horizonte de predicción” y que es culpa de algo que llamamos “caos”.



Caos: dependencia sensible a las condiciones iniciales

Un sistema dinámico es sensible a las condiciones iniciales cuando una pequeña variación puede causar efectos que para nosotros *parecen* impredecibles. Es eso a lo que en matemática se le conoce como caos.

“Parecen”, porque si pudiéramos tener en cuenta el cambio preciso de las condiciones iniciales en tiempo real, la predicción del futuro se vería tan clara ante nuestros ojos como el presente mismo que experimentamos. Esto implica que el caos es determinista, es decir, aunque lo parezca, no produce resultados aleatorios.

Te preguntarás, entonces, ¿dónde se encuentran esos raros “sistemas dinámicos” que son

susceptibles al caos si en este mundo que tienes alrededor todo parece tan ordenado?

No se trata solo del clima: todo lo que perciben tus ojos, tus orejas, tú mismo, todo aquello que cambia con el tiempo es un sistema dinámico. Muchas variables funcionan de formas cíclicas que parecen estables, pero al contemplar tan solo una variable más, el caos puede aparecer. Piénsalo: quizás haberte subido a ese bus, haber saludado a esa persona y no a otra, haber hecho esa pequeña variación cambió tu vida para siempre.

Pero... ni siquiera esas predicciones de miles de años de la estable Tierra son tan certeras.

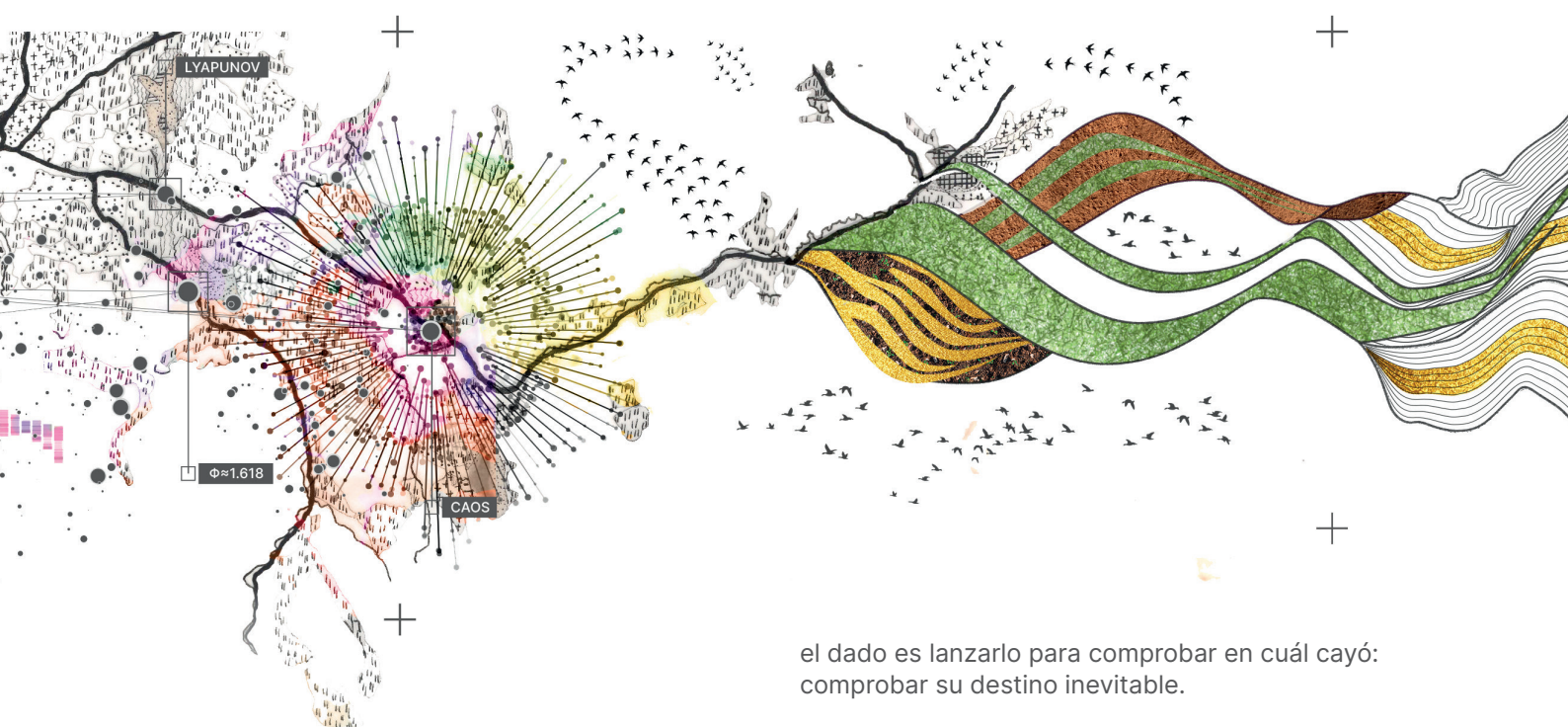
Como lo demostró el matemático francés Henri Poincaré a finales del siglo XIX al enfrentarse al

famoso “problema de los tres cuerpos”: solo añadir un cuerpo celeste más a la ecuación incrementa tanto la incertidumbre, que calcular la posición de la Tierra y la Luna con respecto al Sol parece tratarse de un acertijo sin respuesta.

¿Y qué pasa con la predicción del futuro?

Si conocieras de antemano todas las condiciones iniciales antes de, por ejemplo, lanzar un dado (peso, fricción, altura), podrías saber exactamente en qué cara caería.

Esta idea se le ocurrió al matemático Pierre-Simon Laplace en el siglo XVIII y sobre ella se fundamentó por mucho tiempo el determinismo.



Hay cosas que podemos predecir un poco antes de alcanzar el “horizonte de predicción”, como la meteorología y el movimiento de los planetas.

Sin embargo, en el lanzamiento de un dado, aun conociendo bien los principios físicos de su movimiento, es tan difícil medir todas las condiciones iniciales del sistema antes de ejecutarlo que cada lanzamiento resulta impredecible. Por eso lo llamamos azar. La única forma que tenemos tú y yo, aquí y ahora, para saber qué número marcará

el dado es lanzarlo para comprobar en cuál cayó: comprobar su destino inevitable.

¿Te suena a algo?

El principio de incertidumbre de Heisenberg describe que en el mundo cuántico no puede conocerse a la vez la posición y la velocidad de una partícula. De manera similar a lo que ocurre con el dado tenemos que observar el resultado para saber con certeza su posición.

Esa era la idea de azar que tanto incomodaba a Einstein, quien escribió al físico Max Born que “Dios no juega a los dados”. ¿Juega o no juega?

Si creáramos una máquina del mismo tamaño que el universo y que midiera en tiempo real cada variable posible y la posición de cada átomo, ¿podríamos predecir el futuro? La mecánica cuántica nos dice que no, que este sigue siendo aleatorio para los observadores humanos.

Cómo reducir la incertidumbre para hacer mejores predicciones

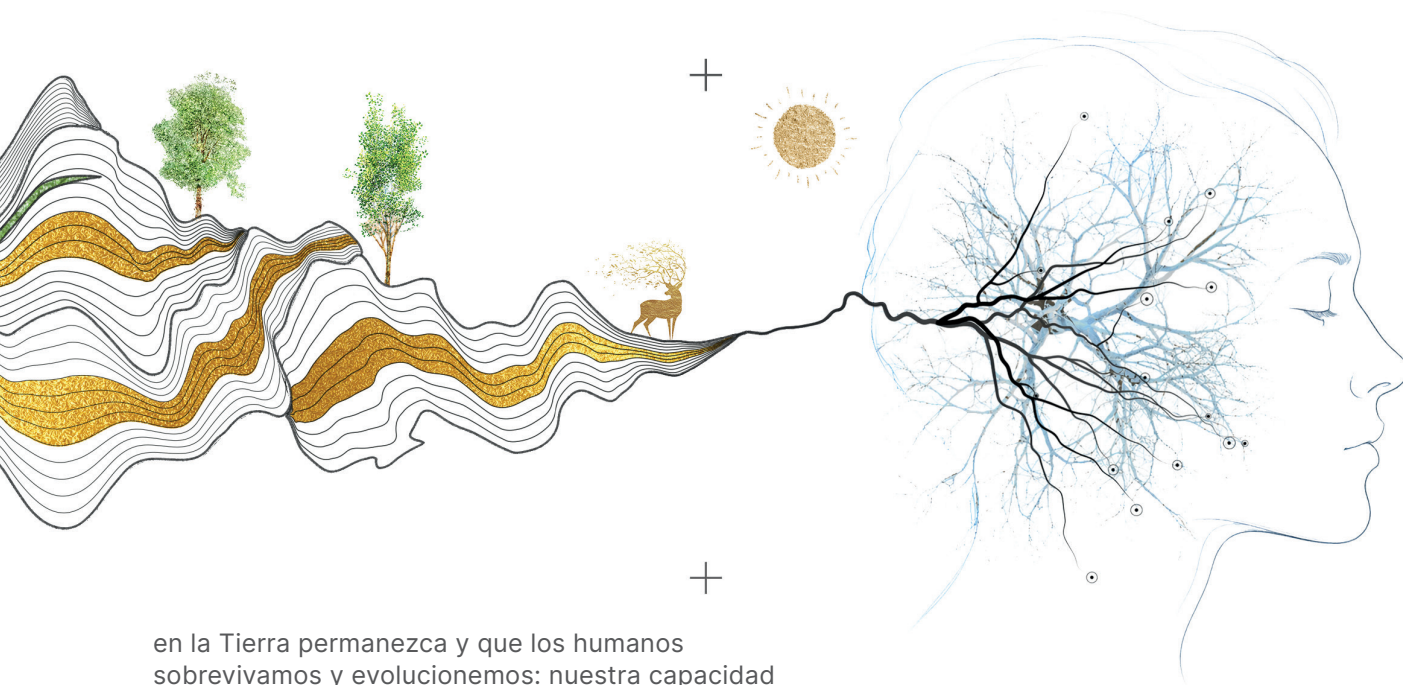
Quizá ese horizonte de predicción solo sea una estrategia de Dios para que no podamos conocer el futuro. Solo con sus ojos divinos, con su perspectiva multidimensional, podríamos reducir la incertidumbre. Pero entonces, ¿qué veríamos?

Una mezcla de todos los universos superpuestos, con cada una de las posibilidades realizándose

simultáneamente. El caos, entonces, es algo manejable para el ojo humano.

Al respecto, desde su experiencia en el estudio de sistemas caóticos, María Eugenia Puerta Yepes, investigadora de la escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería de la Universidad EAFIT, hace un llamado: el caos no es solo una teoría abstracta de las matemáticas; es más una posición sobre la que nos paramos como humanidad. Cuanta más información comprendemos de las condiciones iniciales de un sistema, menos caos percibimos, y viceversa.

Por ello, hay algo que, dentro de todo este mar de caos, entropía y azar, ha hecho que la vida



en la Tierra permanezca y que los humanos sobrevivamos y evolucionemos: nuestra capacidad de autoorganizarnos en sistemas cada vez más complejos, que, al juntar las percepciones de entidades muy distintas, reducen la incertidumbre² percibida.

Ese es el valor del trabajo colectivo, de la interacción con el otro. Es algo que debemos tener más en cuenta en la ciencia y en la sociedad.

Al no considerar la perspectiva de otros, dentro de los patrones fractales del universo solo vemos caos.

² Los dioses griegos, por ejemplo, tenían pleno conocimiento del destino del universo. Dios puede conocer todas las posibilidades (cuánticas, planetarias, meteorológicas), mientras que nuestros sentidos humanos no son capaces de percibirlas.

Conoce más sobre el caos:

Mesa-Sánchez, Ó. J. (2023). *Fractales y caos en ingeniería con aplicaciones*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Nápoles-Valdés, J. E. (2008). Dinámicas caóticas: sobre mariposas, demonios y el tiempo. *Revista Eureka*.

Serrano, C. (2021). *Qué son la teoría del caos y el efecto mariposa (y cómo nos ayudan a entender mejor el universo)*. BBC Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59525600>

Wiener, N. (1961). *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. MIT Press.