

LA COMPLEJIDAD

Posted on 27 febrero, 2018 by Alejandro Puga Candelas



El prominente científico estadounidense Richard Feynman en uno de sus libros [1] concluye que la ciencia avanzará a tal punto que todas las leyes que gobiernan los fenómenos más fundamentales de la naturaleza serán finalmente postuladas.

Category: [Ciencia](#)



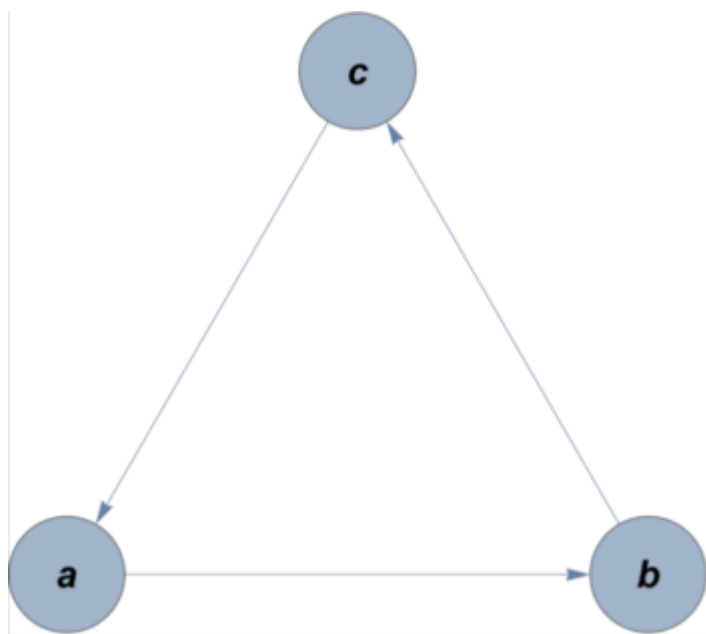
El prominente científico estadounidense Richard Feynman, en uno de sus famosos libros , concluye que la ciencia avanzará a tal punto que todas las leyes que gobiernan los fenómenos más fundamentales de la naturaleza serán finalmente postuladas.

Pero, ¿acaso la naturaleza es reversible?

Este hecho, de ser cierto, generaría muchas preguntas, tales como: ¿esto implicaría la frontera final

de la ciencia? ¿Ya no habrá más por descubrir? ¿La teoría unificada es la meta? En una de sus obras Ilya Prigogine, *el poeta de la termodinámica*, como lo llamaban sus amigos, explica que la visión de Feynman, también compartida por muchos científicos desde Galileo hasta Stephen Hawking, está basada en leyes reversibles de la naturaleza. Y bajo esta perspectiva Feynman tendría razón. Pero, ¿acaso la naturaleza es reversible?

Antes que nada habría que aclarar que los científicos sólo interpretan la naturaleza, no la explican. Para contestar la pregunta al final del párrafo anterior es necesario entender qué quiere decir que una ley sea *reversible*. Las leyes que los científicos postulan, y que bajo ciertas circunstancias se aproximan y explican los fenómenos naturales, deben ser tanto *deterministas* como *reversibles*; de lo contrario, se perdería la información. Supongamos que un sistema puede encontrarse en tres estados **a**, **b** y **c**. Si el sistema está en **a**, entonces el sistema evolucionaría al estado **b**, después al **c** y luego regresaría al **a**, como se muestra en la figura.



"Si me dices dónde estás te digo a dónde vas".

Las flechas que conectan los estados representarían la regla o ley dinámica que nos dice cuál es el siguiente estado. Es decir: "si me dices dónde estás te digo a dónde vas", y a esto le llamamos *determinismo*. Ahora, si cambiáramos el sentido de las flechas podríamos decir, "si me dices dónde estás te diré de dónde viniste", y a esto le llamamos *reversibilidad*. Todas las leyes dinámicas deben cumplir con estas dos características, y con esto podemos concluir que la información nunca se pierde y también que pasado, presente y futuro del sistema son ambiguos.

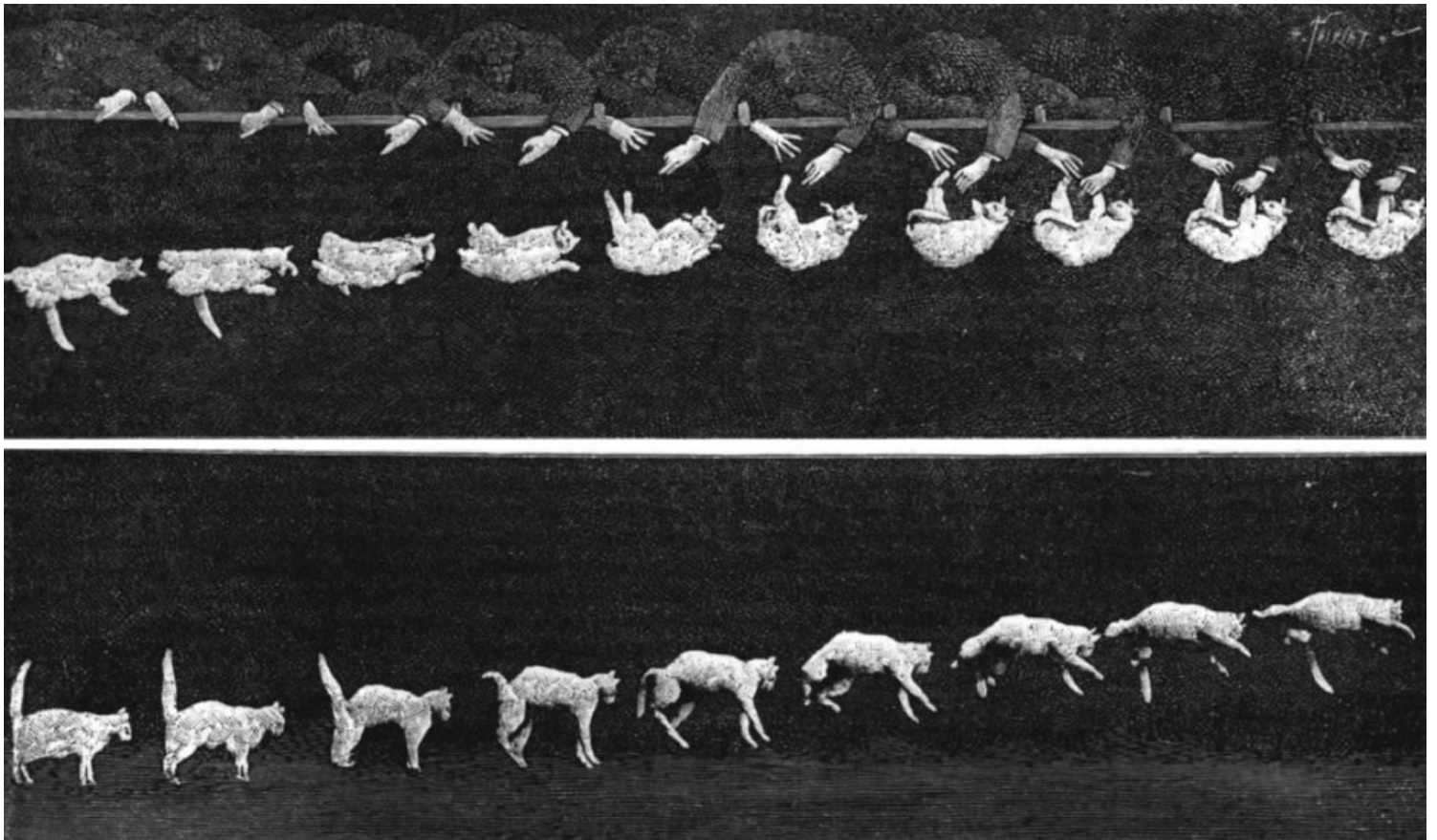
Ahora imagine el lector que el fenómeno natural que le interesa es el de una taza que cae al piso y

se hace añicos. Un sujeto muy sagaz logra filmar este fenómeno y a esa filmación la relacionamos con la ley dinámica porque el sujeto puede detener, atrasar y adelantar la cinta asemejando el sistema que se representó en la figura. El sujeto intenta timarlo y le muestra a usted el video de la taza en reversa, desde los pedazos juntándose y elevándose del piso hasta quedar unidos conformando la taza, y le dice que eso es lo que en la realidad sucede, que es un fenómeno natural. Usted, que es más sagaz que el sujeto, sabe por sentido común que es imposible que espontáneamente suceda lo que él le argumenta. Además, usted tiene en la *Segunda Ley de la Termodinámica* un aliado muy poderoso para refutarlo.

¿Por qué se han utilizado desde siempre leyes dinámicas deterministas?

Esta ley pone la flecha del tiempo, o la dirección, a todos los procesos que se dan en la naturaleza. Con esta arma a su disposición usted puede ponerlos a prueba a todos y se daría cuenta que ningún de ellos es reversible. La naturaleza no es reversible. Entonces, ¿por qué se han utilizado desde siempre leyes dinámicas deterministas y reversibles para describir la naturaleza? Y aún más paradójico, ¿por qué han sido tan exitosas y útiles estas leyes para el ser humano? La respuesta viene dada desde los tiempos de René Descartes con el método científico del *Reduccionismo*, que de manera muy general consiste en dividir en todas sus partes un "algo" que se pretende entender, y entonces dejar sólo lo necesario para lograr entender ese "algo".

El físico Alejandro Frank puso un ejemplo muy ilustrativo en las conferencias de la *Semana de la Complejidad* del Colegio de México del año 2017. El Dr. Frank explicaba que si queremos entender por qué un gato que se lanza de una altura cae de pie empezariamos calculando el centro de masa del gato y luego aplicaríamos la segunda ley de Newton para medir el tiempo de caída del gato, luego tendríamos que saber cómo los sensores en el ojo del gato miden la distancia al suelo, la dinámica de las neuronas en el cerebro del gato que le dan la señal a los músculos para que este rote, cómo los nervios del gato actúan, etc. La **simplicidad**, usando el reduccionismo, nos explicaría muy bien el tiempo que tarda el gato en caer al suelo y la **complejidad** explicaría por qué cae de pie el gato en ese tiempo.



Fotografía de Étienne-Jules Marey, publicada en un tomo de Comptes Rendus en 1894. No existe una definición clara de lo que es la Complejidad y nos podríamos referir a ella como el formalismo usado para analizar sistemas a los que el profesor Warren Weaver llamó de *Complejidad Organizada*. Estos sistemas, a diferencia de los de *Complejidad Desorganizada*, que contienen un número enorme de variables y que se pueden estudiar con el formalismo de la *Mecánica Estadística*, tienen un número moderado de variables que interactúan fuertemente y de manera no lineal. Los sistemas que encajan con lo dicho anteriormente se pueden clasificar como *Sistemas Complejos*, sistemas conformados por constituyentes simples, que interactúan entre sí sin necesidad de un control central, que muestran cualidades que se conocen como emergentes propias del colectivo y en algunos casos pueden evolucionar y adaptarse. Un ejemplo muy bonito es el de un hormiguero que contiene miles de hormigas y no existe una hormiga que funga como el control central y organice todas las tareas del hormiguero, tales como las de construir el nido, buscar y recolectar comida, pelear contra los intrusos, etc. Las cualidades emergentes serían el puente que construyen para poder avanzar, la temperatura ideal que tiene el lugar donde están depositados los huevecillos, etc. Todas estas cualidades no se explicarían si sólo fueran pocas hormigas las que constituyeran el hormiguero, es decir, no son cualidades que distinguen a unas pocas hormigas y mucho menos a una sola. Las hormigas realizan todas las tareas con la información de sus vecinas más cercanas.

¿Cómo se aborda la Complejidad?

Ahora, ¿cómo se aborda la Complejidad? ¿Qué herramientas matemáticas se usan? Bueno, eso será tema de una segunda entrega que espero lo lea pronto en esta revista. El área de la ciencia de la complejidad está en una etapa muy temprana, similar al tiempo en el que los científicos discernían sobre el concepto de energía y que a la postre los llevó a formular la primera ley de la termodinámica y después sobre el concepto de entropía y así hasta formular los fundamentos de la *Termodinámica*. La ciencia de complejidad aún carece de un fundamento riguroso y le puedo asegurar que usted está presenciando el nacimiento de una nueva área de la ciencia que servirá para que el ser humano de ese segundo gran salto en el conocimiento de naturaleza, o lo que llamo yo: "*la siguiente gran revolución científica*". ¿Quién quiere ser ese Newton, Einstein, Shannon, Boltzman, Schrödinger, etc. de la Complejidad? ¿Usted? ^{C²}

Bibliografía

- R. S. Feynman, *The Character of Physical Law*, MIT Press, Cambridge, 1965.
Ilya Prigogine, *Las Leyes del Caos*, Planeta, Barcelona España, 1997.
Warren W., *Science and Complexity*, American Scientist, **36**: 536 (1948).

Referencias

Los invito a leer el libro "*The Theoretical Minimum*" del profesor Leonard Susskind para mayor información.

Esto sería sin una ley dinámica.