

José Evaristo Ruzzante¹

María Isabel López Pumarega²

Alejarse para ver mejor

Resumen

Existen distintas metodologías para realizar una investigación científica. En este trabajo se pone de manifiesto una de ellas, la cual es introducida a partir de una noticia aparecida en un periódico. Con esta estrategia se destaca el reciente descubrimiento de una represa milenaria, realizado “alejándose” de la zona de estudio, mediante imágenes satelitales. Para los múltiples caminantes del lugar, esa represa pasó desapercibida por años. Posteriormente, se trata de generalizar esta metodología del “alejamiento” a otras disciplinas, ampliando el concepto de “acercamiento” o “alejamiento” del objeto en estudio, sin pensar ambos términos como una acción propiamente física. Subsiguientemente se ponen de manifiesto algunos particulares inconvenientes de esta metodología para la Matemáticas y la Física.

Palabras clave: Enseñanza; Investigación Científica; Física; Matemática; Metodología.

Introducción

No es aquí la intención de hablar sobre la metodología de la investigación científica, ya que mucho se ha escrito sobre el tema, sólo se desea puntualizar algunas particularidades. Distintas disciplinas requieren técnicas y métodos particulares, así, no se utiliza la misma metodología en una investigación estadística que en una antropológica, física o psicológica. Más aún, es posible que una misma disciplina utilice diferentes metodologías según el caso. También se notan diferencias según la disciplina, en el enfoque experimental como el no experimental, el cuantitativo y el cualitativo. Sin embargo, la metodología de la investigación científica posee algunas características comunes: son procesos dinámicos, cambiantes y continuos, respondiendo a las leyes de la lógica. En definitiva, la metodología de la investigación científica no tiene reglas infalibles, debemos tomar la que “sirve” en cada circunstancia. En nuestro caso se trabaja con el siguiente supuesto, se cuenta que Leonardo Da Vinci, s.f., recomendaba:

“Di tanto in tanto, vai via e rilassati un po'. Rimanere costantemente al lavoro diminuirà il tuo giudizio. Allontanati a una certa distanza perché il tuo lavoro appaia più piccolo e uno

¹ Doctor en Física, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Docente en Ingeniería de Sonido, Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF), Caseros, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Docente en Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Delta, Campana, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

² Doctora en Física, Universidad de Buenos Aires (UBA). Jubilada, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

sguardo possa cogliere gran parte di esso, e possa più prontamente notarsi una mancanza di armonia e proporzione”. (De vez en cuando, aléjate y relájate un poco. Permanecer constantemente en el trabajo disminuirá tu juicio. Aléjate una cierta distancia para que tu obra parezca más pequeña y una mirada pueda abarcarla más, y se pueda notar más fácilmente la falta de armonía y proporción).

Desarrollo

Días atrás, leyendo un periódico con noticias políticas, efemérides y variada información, una llamó la atención: “Hallan una represa milenaria en la Puna Catamarqueña (Argentina)”, y afirman que puede ser anterior al período incaico (Idangel Betancourt, 2021). El descubrimiento fue posible a través del estudio de imágenes satelitales que revelaron trazados que llamaron la atención al equipo arqueológico. Se estima que la red de riego y la represa fue usada en los últimos 1000 años, incluso podría ser anterior al período incaico.

Este título generó innumerables preguntas: ¿estaba oculta bajo tierra, hubo que excavar, se encontraba en la cima de una montaña inaccesible? Nada de eso sucedió... ¿Cómo puede ser que se la descubra ahora, después de tanto tiempo? Si bien es cierto que la altura promedio de la zona es de 3000 m (con los inconvenientes que esto ocasiona), es muy probable que por el lugar hayan pasado: paisanos, geólogos, arqueólogos y otras personas hábiles, con la mirada entrenada, para este tipo de hallazgo. Sin embargo, no fue descubierta hasta ahora, entonces, ¿cómo fue? Hubo que alejarse, no unos metros, sino cientos de kilómetros, estudiando imágenes satelitales. Desde esa distancia cobra sentido un cúmulo de piedras que de cerca no decía nada. Si alguien al pasar por la zona tuvo algún indicio, posiblemente lo descartó por no ver la dimensión de lo construido: el conjunto de piedras conformaba una represa. Este hecho de hallar razón a algo al “alejarse”, no es nuevo; otras veces no fue necesario alejarse kilómetros, bastó con ascender a una montaña próxima u observar desde un avión para encontrar sentido a un conjunto de piedras o excavaciones. Se puede pensar en las líneas o jeroglíficos de Nazca (Perú)... En este caso, si bien se entienden las representaciones, no se sabe a ciencia cierta el porqué de las mismas. Si en este momento de la historia se perteneciera a la cultura que los plasmó, o si se produjera un “acercamiento” a la sociedad de esa época, es muy probable que no fuera necesario explicar su razón. “Aproximarse” en este caso, sería involucrarse en esa organización social, su cultura y su modo de vida.

En definitiva, este tipo de tarea es un ejercicio “de ida y vuelta”, que se debe realizar; “alejarse” para ver mejor y “acercarse” (o bien involucrarse) para comprender el porqué de algo.

Aunque se comenzó mencionando un alejamiento físico y se continuó con un acercamiento, esto puede ser generalizado en dos sentidos:

1. El alejamiento o acercamiento, no necesariamente debe ser físico, el alejarse puede ser interpretado como “tomar distancia” de un hecho, de una sociedad;

mientras que el acercamiento puede ser un “involucramiento”, una pertenencia, una relación con otras situaciones.

2. Los entes no necesariamente deben ser inertes (piedras) pueden ser sistemas dinámicos, sociedades, individuos, partículas.

Una determinada disposición de los elementos (piedras, individuos), indica algo. En todos los casos se requiere que el observador esté capacitado para ver las estructuras. Estar “capacitado” significa que la mente configura los elementos que llegan a ella a través de los distintos canales sensoriales (percepción) o de la memoria, y además da sentido a lo observado. La suma de lo observado, por sí sola, no lleva a la comprensión de lo visto, este tema es tratado por la Psicología de la Gestalt creada en el siglo XX (<https://www.britannica.com/science/Gestalt-psychology>). Ya lo reconocía Luis Pasteur que durante una conferencia, con motivo de la inauguración de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lille, en Francia, en diciembre de 1854, hizo esta afirmación: "En el campo de la observación, el azar solo favorece a los espíritus preparados" (Luis Pasteur, 1854).

No se debe entusiasmar con esta idea de acercarse o alejarse para entender o comprender todas las situaciones, porque hay conjuntos, entes, en los que por más que nos acerquemos o alejemos siempre se ve lo mismo: son aquellos que tienen estructura “fractal”. Un fractal es una estructura geométrica que es similar a sí misma en muchas escalas diferentes. El ejemplo clásico natural es una hoja de helecho. Cada ramita de un helecho es una réplica más pequeña del helecho entero, y así sucesivamente (ver Figura 1). El término fractal fue propuesto por Benoît Mandelbrot (1975) y en la naturaleza se descubren muchas estructuras con esta particularidad. También en los últimos tiempos, el concepto de fractal, se empezó a mencionar en las ciencias sociales y el arte (Abbott, 2016 y Pestana, 1999).

En el arte se da una circunstancia contradictoria, ya que si nos aproximamos a un cuadro vemos los detalles de una imagen, y si nos alejamos vemos otra imagen. El diseño de Nachete (2010) que se expone en la Figura 2, muestra especialmente lo comentado, una ilusión óptica... Si nos acercamos, qué mejor que Albert Einstein para que nos explique el comportamiento de algo, y si nos alejamos es la belleza de Marilyn Monroe lo que vemos.

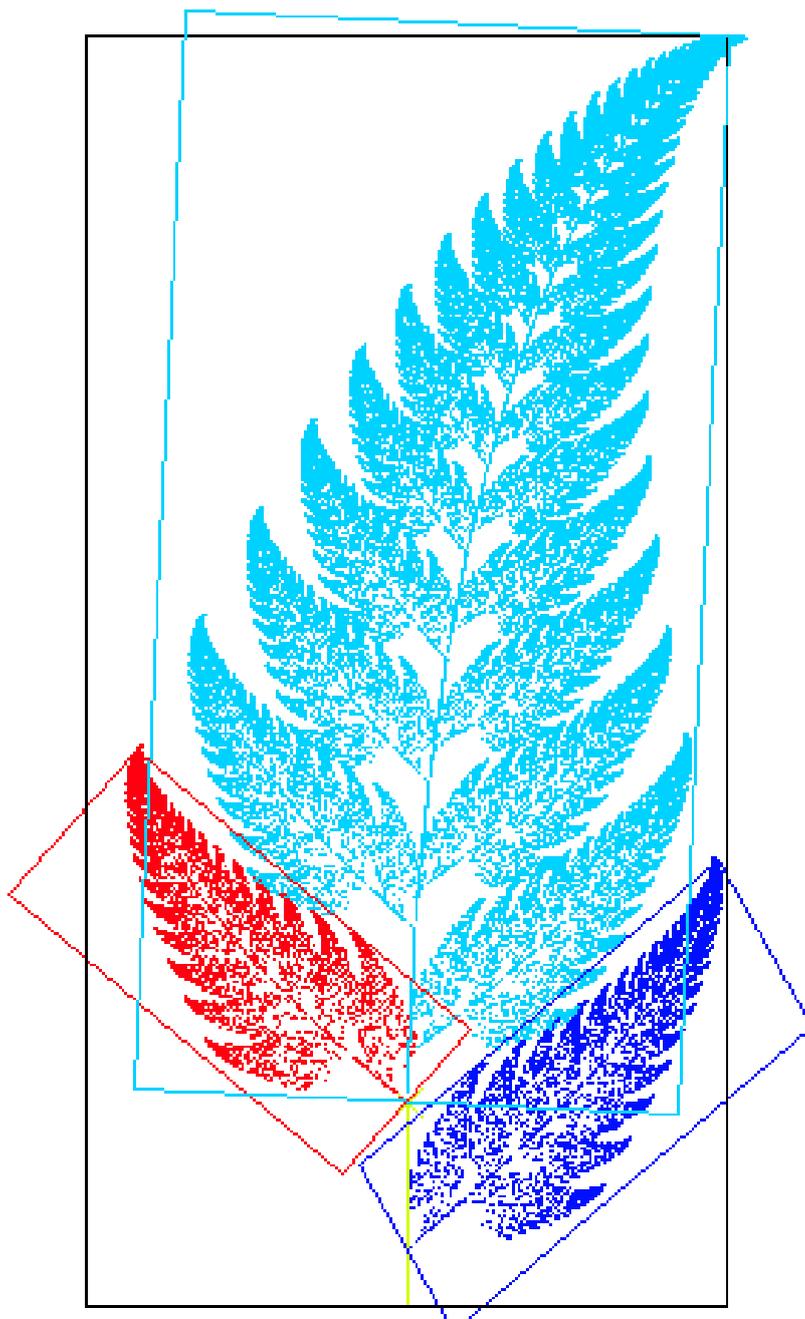


FIGURA 1. Helecho de Barnsley. (Recuperado de <https://tallerintegralarq.wordpress.com/2013/07/14/la-pieza-y-el-despiece>).

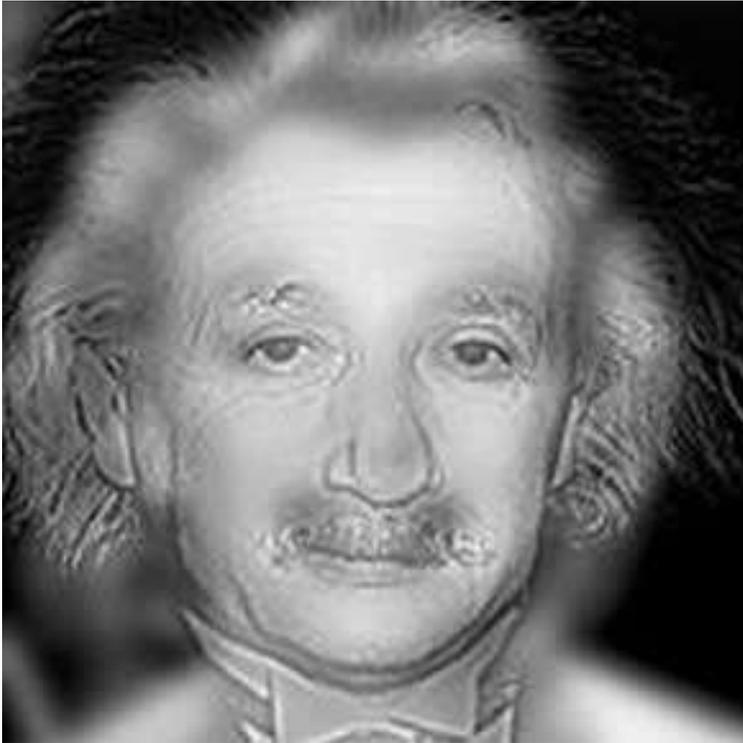


FIGURA 2. Ilusión óptica de Einstein (Recuperado de <https://www.ctvnews.ca/sci-tech/beauty-or-brains-einstein-monroe-photo-tests-your-eyesight-1.2310836>).

Se comenta a continuación un sistema físico donde al aproximarse (ir a lo micro), es posible explicar (entender) el comportamiento y su evolución temporal coincidiendo exactamente con la explicación dada desde lejos (macro). Esta coincidencia no siempre es posible.

Es conveniente aclarar el significado que se usará de la palabra “entender”. Según el diccionario español, “entender”, se refiere a explicar el comportamiento, o bien percibir el significado aunque no se comprenda, comprender es más amplio, es saber por qué es así, es conocer la esencia.

El verbo “entender” etimológicamente proviene del latín: “intendere: dirigirse hacia dentro o extenderse hacia dentro”. En física podríamos decir, crear una imagen interna o modelo del fenómeno, este modelo permitiría predecir la evolución temporal, aunque no siempre comprendamos por qué. Por supuesto que esa imagen interna que debemos construir debe ser establecida con objetos o entes que conozcamos: partículas, ondas, etc.

En la física clásica generalmente es factible modelar un fenómeno si hablamos de una pequeña cantidad de partículas. En la medida que esta cantidad aumenta, llegando así a los sistemas complejos, se torna casi imposible determinar el comportamiento del sistema, pese a saberse la conducta de las partículas. Algunos ejemplos: podemos entender el comportamiento de una neurona, pero de ahí a entender la complejidad del funcionamiento del cerebro hay un enorme trecho, algo similar sucede con un grupo de individuos y el entendimiento de una sociedad.

En termodinámica, en el siglo XIX, se conocía que un gas estaba constituido por partículas. Sin embargo se avanzó mucho más rápido en una descripción macroscópica del gas, pudiéndose predecir con satisfacción la evolución temporal del mismo, por intermedio de variables macroscópicas emergentes, tales como la presión, la temperatura y el volumen. Fue necesario que Rudolf Clausius en 1865, introdujera otra variable emergente, la entropía, y la participación de Ludwig Boltzmann y otros, a finales del siglo XIX, para hallar una relación entre la mirada micro y la macro de un sistema termodinámico. Encontrado el sentido físico a las variables emergentes como la temperatura y la presión, y agregando el estudio estadístico de los posibles microestados de un sistema, esto llevó a Boltzmann a dar los primeros pasos en la mecánica estadística (San Juan, Miguel A. F., 2006).

Los sistemas complejos muestran una hermosa e interesante novedad: la aparición de estructuras (regularidades) o características nuevas, no presentes en sus componentes individuales. Siguiendo con el ejemplo del gas, sabemos que cada partícula tomada individualmente tiene la posibilidad de viajar hacia el pasado (es posible conocer su comportamiento anterior, su posición en cada instante), es decir podemos “pasar la película al revés”, o sea, es reversible temporalmente. No sucede lo mismo con el sistema en su totalidad, en este caso, el tiempo siempre fluye en un solo sentido, hacia adelante, no es posible conocer los estados específicos previos de cada una de sus partículas, es irreversible. En esta última situación, se perdió la reversibilidad temporal (flecha del tiempo). Así la función de la entropía es indicarnos en qué dirección evolucionará el sistema complejo, si es que lo hace...

Conclusiones

Esta metodología de “aproximarse” y “alejarse” en un proceso de investigación, es útil y enriquecedora, si realmente es factible aplicarla. Pensemos por un instante lo novedoso que sería si los jeroglíficos de Nazca tuvieran una estructura fractal, o si en lo micro “vemos” resultados totalmente contradictorios con lo “macro”, como en la imagen de Einstein y Marilyn. También debemos pensar que al desarrollar un modelo trabajamos con vectores, partículas y figuras geométricas en tres dimensiones (o cuatro si consideramos el tiempo...), las dificultades se acrecientan cuando el espacio tiene más dimensiones o son infinitas, ¿cómo lo imaginamos?, ¿será posible?, ¿cómo son los entes? Creemos que no debemos tomar partido por algún abordaje de antemano, elegir aquella que asegure en principio un resultado positivo (que es prever la evolución temporal), aunque no comprendamos por qué. Es conveniente recordar una frase atribuida a Galileo Galilei, aunque en otro contexto, pero aun así válida:

“Non tentare con le essence, contentare con le affessione”:

“No tientes con la esencia, conténtate con los afectos”, carta de Galileo Galilei (1612) a M. Welsers, funcionario del Vaticano y mecenas de académicos, refiriéndose a la relación entre la ciencia y la experimentación en una discusión sobre las manchas solares (Mitchel W., 1916).

Referencias

Abbott, A. (2016), *Después de Chaos. Auto similaridad en las ciencias sociales*, Universidad de Chicago, Relmecs, vol. 6, no. 2, e014, ISSN 1853-7863.

Barnsley, Helecho (1993). Recuperado de <https://tallerintegrallarq.wordpress.com/2013/07/14/la-pieza-y-el-despiece>

Betancourt, Idangel (2021), *Hallan una represa milenaria en la Puna catamarqueña*, periódico Página 12. Recuperado de: <https://www.pagina12.com.ar/341882-hallan-una-represa-milenaria-en-la-puna-catamarquena>.

Clausius, Rudolf (1865). Recuperado de <https://ahombrosdegigantescienciaytecnologia.wordpress.com/2016/01/02/la-segunda-ley-de-la-termodinamica-y-la-entropia-clausius/#:~:text=En%201865%2C%20Clausius%20primero%20dio,incrementa%20en%20un%20proceso%20irreversible>.

Da Vinci, Leonardo. Recuperado de <https://www.citazioni.info/frase/leonardo-da-vinci-di-tanto-in-tanto-vai-via-rilassati-un-po>.

Mandelbrot, Benoît (1987), *Los objetos Fractales*, Tusquets Edit, ISBN 84-7232-458-4.

Mitchel, W. (1916), *The history of the discovery of the solar spots*, *Popular Astronomy*, Vol. 24, p.22. Recuperado de: <https://articles.adsabs.harvard.edu//full/1916PA.....24...22M/0000027.000.html>

Nachete (2010), *Algo que contar: Ilusión óptica de Albert Einstein*. Recuperado de <https://www.ctvnews.ca/sci-tech/beauty-or-brains-einstein-monroe-photo-tests-your-eyesight-1.2310836>.

Pasteur, Luis (1854). Recuperado de <https://www.culturagenial.com/es/la-suerte-solo-favorece-a-la-mente-preparada/>.

Pestana, José Vicente (1999), *Fractalidad y comportamiento psicosocial: Análisis de Relaciones Posibles*, XXVII Congreso Interamericano de Psicología, Caracas, Venezuela. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/46773222_Fractalidad_y_comportamiento_psicosocial_analisis_de_relaciones_posibles

Psicología de la Gestalt (s. f.). Recuperado de <https://www.britannica.com/science/Gestalt-psychology>.

San Juan, Miguel A. F. (2006), Boltzmann, *Caos y Mecánica Estadística*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/234840461_Boltzmann_Caos_y_Mecanica_Estadistica

