

Javier de Lorenzo

LA CIENCIA,
SUS IMÁGENES,
SUS CONCEPTOS



SENDEROS

© Javier de Lorenzo
© Editorial Senderos (2021)

ISBN: 978-84-122414-4-0
DL: SE-242-2021

PRODUCCIÓN EDITORIAL: Los Papeles del Sitio
DISEÑO DE CUBIERTA: Laura Anaya

EDITORIAL SENDEROS
C/ Poeta Manuel Benítez Carrasco - Bloque 6 - Local 7
41013-Sevilla (ESPAÑA)

[Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeran, plagiaran, distribuyeran o comunicaran públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización]

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	9
------------------------	---

I: LOS CONCEPTOS CIENTÍFICOS

ENFOQUE ESTRUCTURAL	29
1. Conceptos clasificatorios	30
a. Adecuación formal	30
b. Adecuación material	33
2. Conceptos comparativos	41
3. Conceptos métricos, cuantitativos o magnitudes. Sus tipos	51
4. Escalas: sus tipos. Cuestiones que suscitan	56
ENFOQUE GENÉTICO-EPISTEMOLÓGICO: REDES CONCEPTUA- LES Y MEDICIÓN	67
Redes o enlaces nómicos entre conceptos	68
Magnitudes fundamentales y derivadas	75
Medición y metrología	77
El error en la medición	83
Otros problemas en los terrenos de la medida	87
A la búsqueda de un sistema universal de medidas	90

II: BREVE ANÁLISIS GENÉTICO-EPISTEMOLÓGICO DE ALGUNAS MAGNITUDES FUNDAMENTALES

Espacio y longitud	103
El tiempo	113
Cantidad de materia o masa	117
Temperatura y calor: ejes para una nueva visión de la <i>physis</i>	129
Estados de la materia y la física del frío	138
Las máquinas de fuego: calor, energía, entropía	143
Naturaleza del calor	151
Teoría cinética <i>versus</i> positivismo	155
Reversibilidad, flecha del tiempo o asimetría termodinámica del tiempo	158

Otras consideraciones	165
La energía como alternativa al mecanicismo estricto	167
· Ernst Mach (1838-1916)	170
· Pierre Duhem (1861-1916)	172
· Wilhelm Ostwald (1853-1932)	175

III:
EL PROBLEMA DE LA CUANTIFICACIÓN
¿ES CUANTIFICABLE TODO EN LA PHYSIS?

179

PRESENTACIÓN

1 LA especie humana, para convertirse en tal, utilizó las manos como uno de sus mejores y más útiles artefactos. Con ellas pasó a manejar objetos dotándolos de un sentido diferente al que tenían en principio: una piedra se convierte en arma arrojadiza, en artefacto para partir o pulir otros objetos; un palo, en bastón o cayado, en lanza; una concha, en adorno... Las manos como artefactos constituyen una prolongación del cerebro y en esa prolongación su manejo obliga a ese cerebro a unos cambios que amplían su capacidad y llevan a pensar en lo que se fabrica, en el cómo, en el para qué. Y la piedra ya no es solo arma arrojadiza o asiento pasajero, momentáneo sino que, agregada de cierta manera, se convierte en muro, en lienzo o pared de una casa. La fabricación de nuevos artefactos conlleva la creación simultánea de los conceptos asociados y, a la inversa, desde los conceptos se trata de aplicarlos al entorno.

La técnica, manual en un primer momento, se une de manera íntima con el proceso conceptual y provoca la evolución de un tipo de especie que la hará distinguir, de modo inmediato, de las otras especies de homínidos. Y con la técnica y la consiguiente fabricación de artefactos, tanto materiales como conceptuales, se encuentran ligados, de modo también íntimo, unos rudimentos de cálculo, de topología. Hay que marcar un espacio y situar, en él, las diferentes familias del grupo así como los espacios comunes, las fronteras del lugar, las de los distintos lugares para que se conviertan en el hogar de cada grupo, de cada familia. Junto a ellas, unas primeras taxonomías: hay que diferenciar tribu amiga de enemiga, planta útil de planta venenosa...

Todo ello a partir de un suceso esencial: el salto que se produce hace unos doce mil años en la especie para convertirse en la que hoy pertenecemos: la Gran Revolución, la revolución agrícola y ganadera. La creación y manejo de recursos técnicos se muestran esenciales para la fabricación de los artefactos con los que llevar a cabo esa revo-

lución. Se establecen unos procesos que obligan a ir enseñando lo que se va obteniendo y, sobre todo, la aparición de otros procesos como los que se tienen en el hecho de que hay que medir la extensión de tierra en la que hacer la cabaña, el hogar, y también el huerto; y calcular el número de cabezas del rebaño, dominar el fuego, fabricar vasijas para contener los productos agrícolas o para enterrar a los muertos...

Otro gran paso se tiene en la Grecia clásica hace menos de tres mil años: es la plasmación definitiva del proceso conceptualizador enlazado íntimamente con el proceso técnico: las ciudades-estado se construyen en sus recintos amurallados con un cierto orden urbanístico que exige una planificación previa pero también el aporte de materiales y la aparición de nuevos oficios o profesiones y, en particular, el dominio del agua que exige la construcción de canales, de acueductos, con procesos de ingeniería con sus medidas de precisión para sortear vados y alturas y que permitan que esa ciudad-estado se abastezca y, a la vez, consiga eliminar sus desechos. No solo dominio del agua en tierra: la flota ateniense permite dominar el Mediterráneo, con lo que se establecen nuevas ciudades-estado, nuevas colonias y se crea un comercio a lo largo y ancho de este mar.

No sigo por esta línea. Sí insistir en que la técnica ha constituido uno de los motores centrales en lo que puede considerarse evolución de la especie humana a la que pertenecemos. Una técnica que se va a unir en los siglos XVI y XVII a un proceso conceptualizador excepcional que conduce a la creación de la Ciencia como hoy la conocemos. Construcción de artefactos tanto materiales como conceptuales. Hay que observar que el hacer científico, y el tecnocientífico en el que desemboca, han sido dos de los grandes campos de creación de conceptos que han llevado a cambios en el comportamiento tanto social como individual, cambios que se reflejan, incluso, en el habla cotidiana.

2. Con la construcción de conceptos, con la de sus enlaces funcionales y estructurales, con una manipulación agresiva sobre el entorno, se han construido a la vez imágenes y metáforas de la physis que se incardinarán en el imaginario colectivo y provocan, a su vez, nuevos conceptos, nuevos enlaces entre los mismos. Imágenes que constituyen el marco adecuado para que el científico realice y desarrolle su

trabajo. Al construir esas imágenes simbólicas de la naturaleza, aceptando como instrumento la razón y el hacer matemático junto a los artefactos materiales para obtener lo que se califica en primera instancia como hechos naturales, trata de eliminar otras imágenes tan simbólicas como las que esa razón construye. Pero es una forma de prohibir la llamada a fuerzas ocultas o mágicas, a espíritus o demonios como elementos explicativos de los sucesos de la physis.

Frente a una imagen más bien morfológica de la naturaleza, dos han sido las imágenes básicas que ha construido el científico desde el siglo xvii para realizar su trabajo: la imagen mecanicista, en la cual todos los sistemas son artefactos mecánicos que requieren de algo o alguien que los mueva. Los molinos de viento, las diligencias, las ruedas hidráulicas... son algunos de esos artefactos pero el arquetipo que se convertirá en la metáfora central, que incluso todavía se sigue utilizando, es el reloj. Un artefacto fabricado, montado, puesto en marcha por alguien y que ha permitido ajustar los horarios y, desde la invención de Huygens, utilizarlo en la navegación marítima para determinar las longitudes y que, más allá del entorno humano, permite mirar la physis como un inmenso reloj que ha exigido un constructor —el relojero divino— que no solo le da cuerda sino que, de vez en cuando, ha de ajustarlo. Con la convicción de que todos los artefactos están constituidos de corpúsculos materiales en constante movimiento cuyos enlaces se determinan mediante el estudio de fuerzas de atracción y de repulsión.

A partir del siglo xix y con la creación y el creciente dominio de dos de las grandes formas de energía, electricidad y calor, se construye otra imagen de la physis. En ella todos los sistemas son artefactos dinámicos con motor interno que exige, por modo único, energía, alimentación, para sus movimientos y transformaciones. Términos como los de progreso, evolución, transformación... se hacen tópicos. El artefacto que ahora se convierte en el arquetipo es la locomotora que avanza, sin obstáculos, con solo la energía dada por una alimentación adecuada. Alimentación —agua, carbón, madera— que, por supuesto, absorbe del entorno. El término locomotora como metáfora se mantiene hoy día hasta en terrenos como los económicos para hablar de la «locomotora alemana», por ejemplo.

Son imágenes ligadas íntimamente al hacer científico. En este libro las mencionaré esquemáticamente, aunque a la producida en el siglo XIX y en su cara ligada a la termodinámica le preste algo más de atención porque, en general, ha quedado un tanto marginada en beneficio casi exclusivo de la imagen mecanicista. Lo cual tiene su parte de razón porque se pretendió reducir la termodinámica a la mecánica en el enfoque denominado termodinámica cinética. En todo caso las referencias a esas imágenes serán constantes. Por el papel que esta imagen tuvo en los finales del siglo XIX dedicaré una mínima atención a las ideas de tres grandes científicos y pensadores de la ciencia, Mach, Duhem, Ostwald.

3. Debo hacer otra observación ligada a la expresión de que solo se tienen que aceptar los hechos naturales. De modo tradicional se pone de relieve que el conocimiento se origina en las sensaciones a partir de las cuales se van grabando las percepciones en el cerebro. Nada más alejado de lo que realmente ocurre: la percepción provocada por las sensaciones constituye un proceso muy complejo, ya que no hay percepción sin más, sino que toda percepción exige de una experiencia previa. La percepción es un proceso de interpretación mediante el cual nos adaptamos a la physis, a nuestro entorno. No hay sensaciones que provoquen percepciones ciegas. La mente no es esa tabla rasa que está en blanco a la espera de recibir la sensación correspondiente de tal manera que las sensaciones procuran la realidad tal como es, sino que las percepciones que se tienen ya vienen cargadas, por decirlo así, de unas experiencias que se van teniendo desde el nacimiento y que nos permiten actuar en y con nuestro entorno más inmediato. Desde estudios neurológicos recientes se ha puesto de relieve que no se trata de captar el mundo tal como es, sino de captar un mundo en el que interactuar y vivir.

En el caso del hacer científico hay que tener presente que no basta mirar, por ejemplo, sino que hay que saber mirar, hay que saber lo que se mira. No basta mirar sin más por el microscopio, el anteojito, el escáner... Lo que Galileo ve por el anteojito en 1610 son unos puntitos más o menos brillantes; y son esos puntitos lo que realmente se ve con todas las reservas que se producen al tener que hacerlo a través de un de-

terminado aparato. Ahora bien, lo que Galileo termina viendo y pide que se vea son los satélites medicos, los satélites de Júpiter. La primera dificultad es que quienes miraban por su telescopio lo que veían eran unos puntitos más o menos brillantes que no se sabía muy bien si eran producto del aparato o algo que estaba en el espacio. Era difícil ver esos puntitos como satélites de un planeta. Y no digo de la complejidad de aparatos que hoy día se manejan en muchas de las ramas de medicina, por ejemplo, como en diálisis renal o en medicina nuclear, que exigen de un previo aprendizaje de cada máquina para su posterior manejo.

Es una exigencia, la de Galileo, que supone la necesidad del aprendizaje y la experiencia correspondiente, no solo aprendizaje y experiencia teórico-conceptual, sino también el aprendizaje de los artefactos que se van construyendo para los trabajos de experimentación, de observación, y que día a día se hacen más complicados. El científico no surge de la nada, sino que requiere de una experiencia específica que le permita captar, mediante las sensaciones dirigidas, aquello que trata de observar, de estudiar. Y ello supone estudio, trabajo, práctica y, sobre todo, experiencia en el terreno en el cual trabaja.

4. En lo que sigue me voy a detener en uno de los aspectos centrales del hacer científico: la conceptualización científica, y ello tanto desde un punto de vista formal o estructural como genético-epistemológico. Son dos enfoques con sus virtudes y sus limitaciones pero que se hacen complementarios.

Al ir haciendo camino irán surgiendo temas, cuestiones, problemas con los que se va dando cuenta, realmente, del hacer científico, un hacer que es realmente muy complejo, con muchas facetas que no solo permanecen en un interior más o menos académico sino que afectan a todos los campos de la sociedad occidental actual. Una ciencia que ha sido y es, y más de una vez insistiré en ello, uno de los grandes motores para las transformaciones de la sociedad en la que nos encontramos. Es un hacer que, como ya he indicado, exige trabajo, esfuerzo, pero también mucha imaginación y, en él, se tienen éxitos y fracasos aunque en muchas ocasiones se le estime, casi únicamente, por sus resultados y, sobre todo, cuando esos resultados se aplican y se llevan a la fabricación en serie.

Inmerso en la metáfora-raíz del mecanicismo, con sus elementos-núcleo simbólicos propios, el científico manipula lo que se denominan cualidades primarias, aquellas que, de alguna manera, quedan bajo el manto del hacer matemático: posición, velocidad, aceleración, cantidad de materia, fuerza, energía... que se adoptan precisamente como los conceptos científicos por antonomasia y que exigen de otros conceptos como espacio y tiempo. Cuando hay cambio de metáfora-raíz como en el caso de la electricidad y el magnetismo no lo hay en lo manipulado en el sentido de que las nuevas cualidades siguen quedando bajo el ámbito del hacer matemático con sus variaciones conceptuales correspondientes.

Esa manipulación es muy compleja. En ella el científico construye conceptos, busca relaciones entre esos conceptos para establecer unas leyes o principios que han de ser matemáticos y no metafísicos o ideológicos puros, y, con ellas, delimitar el campo de juego particular en el que trabajar; realiza experimentos; elabora su discurso y, por supuesto, trata de comprender y explicar lo que manipula a través de modelos asociados... Este comprender y explicar es lo que, en definitiva, pretende el científico en su trabajo. En cualquier caso es con las relaciones entre conceptos con las que el científico construye su campo de juego en el interior, siempre, de la metáfora-raíz correspondiente. Desde lo tecnológico manipula e inventa los artefactos que le resultan esenciales, imprescindibles, para su praxis tanto conceptual como puramente experimental y desde el manejo de esos artefactos obtiene, a su vez, nuevas ideas, nuevas experiencias.

Precisamente por esta disección en los dos tipos de cualidades los conceptos no son meras generalizaciones de los que se usan en la vida ordinaria o abstracciones del sentido común: son auténticas construcciones mentales porque en principio no se perciben las cualidades primarias a las que antes aludí y a las que de modo inmediato se asocian unos elementos matemáticos que tampoco son perceptibles salvo en su formulación escrita. Como construcciones mentales poseen una generalidad inviable en el fenómeno perceptible, siempre concreto y singular en su captación sensible. Y lo que en muchas ocasiones tiene que hacer el científico es ir en contra de lo que indican los sentidos sin más o el llamado sentido común; es lo que ocurre al dejar a

un lado las cualidades secundarias que, en el fondo, son las procesadas, con todas sus dificultades, por los sentidos: el color, el olor, el sabor, la textura...

Lo anterior es algo que todo matemático, o cualquier aprendiz de geometría, conoce por experiencia al igual que todo lector de la *Carta VII* de Platón. Un punto se caracteriza o define como lo que carece de partes y de extensión al igual que la recta se define como la línea infinita sin grosor alguno. Sin embargo, para poder construir la geometría se tiene que manejar el diagrama, lo que supone que hay que trazar el punto sobre el encerado o el papel, lo mismo que la recta que se muestra como una mancha de tiza muy limitada aunque conceptualmente sea de longitud infinita. Y el punto trazado, la recta dibujada no son el punto ni la recta sino un «punto gordo» y, en todo caso, un segmento de recta «gorda» que muestran su color, textura, tamaño y dimensión propios. Pero en su trabajo el geómetra no tiene en cuenta para nada estas cualidades y esa limitación y llega a afirmar como postulado que por dos puntos pasa una y solo una recta, lo cual es totalmente impropio porque en el arenario o en el encerado por dos puntos «gordos» se puede trazar más de una recta... El matemático aprende a trabajar sobre el diagrama, que es algo visible, pero lo que aprende es que no debe ver lo que ve en el dibujo sino a manejar los conceptos que el diagrama representa.

Es lo mismo que se tiene en la percepción de las paredes de un pasillo, por ejemplo: honestamente lo que se percibe es que esas paredes convergen y nadie se asusta de ello y, más aún, si se va al extremo opuesto, las paredes confluyen al revés: las paredes se perciben, así, como elementos móviles que, según desde donde se las mire, se unen por un lado o por el otro. Como sabemos que son paralelas y por lo tanto equidistantes, no nos asustamos, que es lo que, realmente, si aceptamos como elemento clave la percepción sin más, deberíamos hacer.

5. El proceso de conceptualización es propio de todo tipo de racionalidad. No hay pensamiento, científico o no, sin un proceso conceptualizador y, con él, generalizador y lo que se califica de proceso de abstracción. Un proceso que tiene su vertiente en el habla popular en