

Cap. 11 Historia de la Ciencia

[↑ Volver al Índice](#)

- [↓ El concepto de ciencia](#)
- [↓ El trabajo histórico](#)
- [↓ El comienzo pre-antiguo](#)
- [↓ La biología griega](#)
- [↓ La astronomía griega](#)
- [↓ El paradigma científico originario](#)
- [↓ El comienzo medioevo](#)
- [↓ El comienzo moderno](#)
- [↓ Conclusiones generales](#)
- [↓ Bibliografía](#)

[↑ El concepto de ciencia](#)

Nos referiremos en los siguientes párrafos a ideas ya expuestas en el Capítulo de Gnoseología pero que igual consideramos importante refrescarlas ahora.

Mucho se ha hablado de lo que es la *ciencia*. Desde el temprano Aristóteles supo delinear los conceptos que lo demarcan:

"[...] ¿cómo será posible el conocimiento científico si no existe alguna unidad común a la totalidad de los seres particulares?"

Nos referimos al aspecto objetivo de las cosas y las cuestiones que nos rodean. Precedentemente a Aristóteles, ha sido Heráclito quien demarcara dos tipos de *conocimientos*: el del hombre despierto y el del hombre dormido. El primero es aquel que percibe objetos del mundo que son compartidos con otros hombres, en cambio el segundo es meramente subjetivo y propio del mundo onírico.

Por ello, pretender hacer *ciencia* de lo subjetivo es contradictorio. Es querer objetivizar lo subjetivo; diría Heráclito que es aceptar al hombre en un estado somnolento.

Pero fue el genio de Aristóteles quien diera el golpe final al concepto de ciencia. Sería para él, al igual que para nosotros, aquello que es universal (objetividad compartible) y por lo tanto transmisible (*explicable* o comunicable). Dijera:

"[...] la ciencia que buscamos parece ser mas bien de los universales, [...]."

"[...] toda ciencia es capaz, a lo que se cree, de ser enseñada, y todo lo que es objeto de ciencia puede ser aprendido. [...]"

Esta simple observación implica al mismo Heráclito, porque la *explicación* sólo puede darse de contenido empíricos como observa contemporáneamente Popper; es decir, de información. Y es esta, la información, la que se encuentra en el tiempo y el espacio y por consiguiente en los lineamientos de las leyes causales y con ello transmisibles por canal informático. Así, en suma, Heráclito con su objetividad o universalidad y Aristóteles con su transmisibilidad, al igual que Popper con su explicabilidad, nos están mostrando una misma y única cuestión: la pretendida *ciencia*.

En cuanto al papel de la metafísica en la ciencia, claro estará que aquello que no es *explicable* sólo podrá ser mostrado en una línea *comprensiva* —Wittgenstein y Dilthey. Empero esto, como lo es la metafísica, y teniendo en cuenta la epistemología de Hartmann, no quiere decir

que debemos desecharla sino más bien profundizarla y seguir ampliando nuestro *patios* de conceptos explicables.

Observemos la acotación de Eddington:

"[...] he identificado el dominio de la física con el de la ciencia exacta. Sin embargo, conviene establecer que esos dos términos no son sinónimos. [...] El punto esencial es éste: aun cuando parece que tuviéramos conceptos perfectamente definidos de los objetos situados en el mundo exterior, esos conceptos no forman parte del dominio de la ciencia exacta y de ninguna manera están confirmados por ella. [...]"

la del realismo de Russell:

"[...] Los datos de los sentidos, puede decirse, pertenecen a la psicología y son, en cierto modo por lo menos, subjetivos, mientras que la física es completamente independiente de consideraciones psicológicas, y no supone que su materia exista solamente cuando se la percibe."

"[...] Nosotros percibimos acontecimientos [campos de co-presencia], no sustancias; es decir, que lo que percibimos ocupa un volumen de espacio-tiempo, [...]"

y la de Fichte:

"La teoría de la ciencia parte, como hemos visto hace un momento, de una intuición intelectual, la de la absoluta espontaneidad del yo."

Si a estos dominios entendidos como *ciencia* le agregamos lo razonable; es decir aquello lógico cerebral, entonces incursionamos por un nuevo mundo presa de tantos autores del pensamiento humano.

Todos los prejuicios y condicionamientos que se tienen deben dejarse de lado al abordar una ciencia. Ya remarcaron esto, entre otros, Bacon:

"Los *ídolos de la tribu* tienen su fundamento en la misma naturaleza humana, y en la tribu o estirpe misma de los hombres, pues se afirma erróneamente que los sentidos del hombre son la medida de las cosas; más bien al contrario, todas las percepciones tanto de los sentidos como de la mente, están en analogía con el hombre, no con el universo. [...]"

y Poincaré:

"[...] Lo que llamamos nuestra intuición de la línea recta, o de la distancia, es la consecuencia que tenemos de estas asociaciones y de su carácter imperioso. ¿De dónde proviene este carácter imperioso?, es fácil comprenderlo. Una asociación nos parecerá tanto más indestructible cuanto más antigua sea. Pero estas asociaciones no son, para la mayor parte, conquistas del individuo, puesto que se ve la huella en el niño recién nacido; estas son las conquistas de la raza. La selección natural ha debido traer estas conquistas tanto más veloces cuanto más necesarias hayan sido. A este respecto, estas a que nos referimos han debido ser las primeras, puesto que sin ellas la defensa del organismo habría sido imposible. [...] Cuando se decapita una rana y se deja caer una gota de ácido en un lugar de la piel, trata de limpiarse el ácido con la pata más cercana y si esta pata le es amputada, se lo quita con la del lado opuesto. He aquí la [defensa] de que hablé antes, [...]. Se ve a qué profundidad de la subconsciencia es necesario descender para encontrar las primeras huellas de estas asociaciones espaciales, puesto que sólo las partes más inferiores del sistema nervioso entran en juego. ¿Cómo sorprendernos, por lo tanto, de la resistencia que nos oponen a toda tentativa hecha de disociar lo que después de tanto tiempo está asociado? [...]"

Ahora bien, para partir en toda *ciencia* necesitamos axiomas. Es decir, fundamentarnos de algo no *científico*, no explicativo, y que normalmente tiene substrato trascendente. Y es por ello que muchos han confundido a las disciplinas que estudian lo subjetivo con lo *científico* ya que no hay

demarcación en sus principios. Pero la cosa es muy diferente, al hablar de *ciencias*, hablamos de disciplinas "duras" y universales, mientras que las otras no los son. Ambas, repetimos y eso sí, y tal vez como toda la vida misma, éstas: *ciencias* y *humanísticas*, se sustentan en un algo único y trascendente, deviniendo todo nuestro pasar de la historia humana en un sostén de hilos sólo *comprensivos*. Tampoco escapó este concepto para Aristóteles:

"[...] el principio de la demostración no se demuestra."

Es interesante cómo Kant (1724-1804) analiza la posibilidad de que exista la ciencia. Esto lo hace a través de su confirmación (según él considera demostrado) de los «juicios sintéticos a priori». Dice Kant que todo pensamiento (y el pensamiento científico también) se reduce a juicios —oraciones. El saber científico reunirá entonces dos condiciones fundamentales que son: la «seguridad» (*a priori* o analiticidad) y la «progresividad» (*a posteriori* o sintético). Si la ciencia se compusiera sólo de juicios seguros, dice Kant, no sería más que una continua petición de principios; y por el contrario si la ciencia se compusiera sólo de juicios progresivos sería en verdad un saber útil, pero carecería de universalidad y sería riesgosa. Si entonces la ciencia existe, no podría existir con sólo juicios seguros y progresivos aislados —concluye Kant—, sino que será necesario que exista en ella una tercera clase de juicios que participen de la seguridad de los primeros y de la fecundidad de los segundos. Y a estos enunciados, que forzosamente deben darse, los llama Kant «juicios sintéticos y a priori». Tanto también podría haberlos llamarlos sintético-analíticos como *a posteriori-a priori*.

Más tarde la escuela de Viena a comienzos del siglo pasado estudia la demarcación científica. Una de sus figuras primordiales ha sido Popper. Con su idea de *falsación* (falseación) o *refutabilidad*, ha sugerido definir dentro de la ciencia solamente aquello que pueda ser cuestionado. En otras palabras, dentro de las cuestiones empíricas, o disciplinas fácticas, es ciencia todo aquello que pueda ser opinable. Así, toda subjetividad será considerada como tal; es decir, como no-objetiva y, por ende, no-universal o no-científica.

Esta posición empirista y pragmática, denominada positivista, separa para siempre la actividad filosófica de la ciencia. Demarca el límite entre ambas produciendo lo que se denominó «giro lingüístico» porque, desde esas primeras décadas del siglo XX, la filosofía se deberá ocupar solamente del análisis del lenguaje, y no se le aceptará su incursión en las ciencias. Deberá pues la filosofía conformarse con las verdades de la teorías *pragmática* y *coherentista* de la sintaxis, dejando a la ciencia la teoría *correspondentista* de la semántica.

Se traía ya desde Aristóteles el método científico como aquella posibilidad de *ejemplificar* (*deducción*) y/o *generalizar* las cosas (*inducción*). Algunos atribuyen a Bacon (1561-1626) el insistir por este segundo. Solamente en la escuela de Viena fue donde se propugnó seriamente la primera. La información empírica que se obtienen de los resultados observacionales de una actividad científica se piden sean contrastados para luego refutarla o dejarla activa hasta nuevas contrastaciones; es decir, que los resultados obtenidos por esta metodología conocidan como una metodología *hipotética deductiva* que sostiene solamente verdades sólo como especulativas hasta nuevas teorías, que a su vez también lo serán. Seguidamente se expresan en un diagrama de flujo estos conceptos.

En suma la actividad científica es, así vista y en verdad, un progreso negativo; es decir, que avanzará y aumentará su conocimiento cuando sus miembros, los hombres de ciencia, demuestren errores. En otras palabras, sus equívocos harán avanzar las teorías científicas hacia un «*criterio de acercamiento a una supuesta pseudo-verdad*».

Por lo tanto, finalmente, definiremos al dominio *científico* como aquél campo de lo razonablemente válido, lógico, universalmente objetivo, aprendible y comunicable; o sea, el dominio de la *episteme-logos* humana y que se encuadra dentro de la seriedad o atributo de las buenas costumbres. Empero, nada diremos de las influencias sociales y políticas que la circundan, es decir, de aquellos intereses ajenos a su temática que la orientan hacia otros caminos que no son los de su esencia.

↑ El trabajo histórico

Hablar de historia no implica actividad científica puesto que las miras descriptivas y analistas de su contenido son siempre subjetivas.

Según sus enfoques básicamente son:

- la *anacrónica* (o *asincrónica*), que la estudia desde lo actual
- la *diacrónica*, que la estudia desde el momento en que ocurre

y se piensa que lo adecuado será un mixto. Esto porque cada una de ellas aporta conocimientos importantes y distintos de la historia, como también pueden verse situaciones en que hay una correlación entre ambas. Por esto separarlas es no sólo desvincular los reales contenidos históricos sino también, y lo más grave, implicará distorsionarlos.

La historia de la ciencia así entendida es un *holismo*. Es una estructura dada en partes no parciales; unas a otras entrelazadas. Es decir, un orgánico conjunto y funcional.

Trabajar sobre una muestra *anacrónica* determinará necesariamente un *diacronismo*, puesto que todo historiador y marco social son, desde la psicología, inaprensibles sin historia personal.

Agreguemos a todo esto una necesaria "salubridad" intelectual del historiador. Deberá éste ser consciente y expresar su inclinación ideológica, su preferencia o no mítica, como asimismo delimitar bien el concepto de *ciencia* que tenga. Todos estos temas, dados como trascendentales kantianos, predisponen un marco de comprensión, descripción, explicación, correlación y posible predicción de los acontecimientos de la historia, ya sea esta entendida en su aspecto clásico o metahistórico filosófico.

↑ El comienzo pre-antiguo

Nos remontamos a los años -700 o más de la era cristiana. La culturas de Uruk, Babilonia y Ur, muestran conocimientos primitivos en astronomía, matemática, horóscopos y registros de desastres naturales (plagas, terremotos, etc.) con el fin de predecirlos. Así, podemos decir que los rasgos pre-antiguos de esta zona han sido, substancialmente, los de la *predecibilidad* científica.

Seguidamente fue el pueblo helénico para eso del -600, cuya hegemonía dada primero en Jonia y Sicilia, luego en Grecia, y más tarde en Alejandría, poseyeron una cultura superior a la anterior y su centro de atención fue la Naturaleza y sus límites a través de especulaciones racionales. Por ello, se debe a los griegos la fundación de la actividad *teórica* científica.

Estas especulaciones teóricas griegas han destacado figuras de importancia; entre otras, a saber: Hipócrates (-460/-375), Platón (-427/-347) y Eudoxo (-409/-356), Aristóteles (-384/-322), Tolomeo (120/180) y Galeno (131/201). Sus conceptos han emigrado hasta nuestros días.

↑ La biología griega

Se ha tomado como inicio del pensamiento científico a Tales (-620/-550) desde el momento que logró predecir con argumentos válidos un eclipse lunar en el año -585.

Ya en esas épocas la biología tenía sus propias investigaciones. El italiano pitagórico Alcmaeón (-VI/-V), considerado hoy como *padre de la biología*, descubre que la relación fisiológica entre el hombre y el animal es estrecha y que, a su vez, es la facultad del pensamiento su mayor diferencia; asimismo dijo que el cerebro se relacionaba con los órganos de los sentidos por medio de nervios con todas las facultades sensitivas y también con los pensamientos, empero localizaba la psique en la zona torácica.

Más tarde Hipócrates hizo un arte práctico de la medicina, ya que hasta ese momento era mera especulación sin contacto con los cuerpos físicos. Observa que la epilepsia tiene causa natural como las demás enfermedades y que los hombres la consideran divina porque no la

comprenden; y por todo esto se lo considera como el *primer desmitificador* de las enfermedades. Dio importancia a la correcta nutrición para lograr la salud. Otro gran aporte de Hipócrates ha sido, en ética, el denominado *Juramento Hipocrático* que, perteneciendo al clan de los Asclepiades, consistía en una ceremonia de admisión. Esto ha permanecido hasta nuestros días aunque algo modificado. Seguidamente lo exponemos:

1. Consagraré mi vida al servicio de la humanidad.
2. Guardaré a mis maestros el debido respeto y gratitud.
3. Practicaré mi profesión con conciencia y dignidad.
4. La salud de mis pacientes será el objetivo prioritario de mi trabajo.
5. Respetaré los secretos que me fueren confiados en todo aquello que con ocasión o a consecuencia de mi profesión pudiera haber conocido y que no deba ser revelado.
6. Consideraré a mis colegas como a mis propios hermanos y no formularé a la ligera juicios contra ellos que pudieran lesionar su honorabilidad y prestigio.
7. No permitiré que prejuicios de religión, nacionalidad, raza, partido político o nivel social se interpongan entre mi deber y mi conciencia.
8. No prestaré colaboración alguna a los poderes políticos que pretendan degradar la relación médico-enfermo restringiendo la libertad de elección, prescripción y objeción de conciencia.
9. Guardaré el máximo respeto a la vida y dignidad humanas. No practicaré, colaboraré, ni participaré en acto o maniobra alguna que atente a los dictados de mi conciencia.
10. Respetaré siempre la voluntad de mis pacientes y no realizaré ninguna práctica médica o experimental sin su consentimiento.
11. No realizaré experimentos que entrañen sufrimiento, riesgo o que sean innecesarios o atenten contra la dignidad humana.
12. Mantendré la noble tradición médica en lo que a publicidad, honorarios y dicotomía se refiere.
13. Procuraré mantener mis conocimientos médicos en los niveles que me permitan ejercer la profesión con dignidad y seguridad.
14. Si llegado el día en que mis conocimientos o facultades físicas o sensoriales no fueran las idóneas para el ejercicio profesional no abandonase éste voluntariamente, pido a mis compañeros de hoy y de mañana que me obliguen a hacerlo.
15. Hago estas promesas solemne y libremente, bajo Palabra de Honor, en memoria de todos los que creen o hayan creído en el honor de los médicos y en la ética de sus actuaciones.

Se cree que su médico yerno Polybos establece la *Doctrina de los Humores* que consistió en una receta homeostática para abordar la terapéutica de las enfermedades, doctrina que transmigró por más de mil años en la historia; seguidamente exponemos el cuadro:

	FRÍO	CALOR
HÚMEDO	flema (problema en el cerebro)	sangre (problema en el corazón)
SECO	bilis negra (problema en el bazo)	bilis amarilla (problema en el hígado)

Continuando con la biología, Aristóteles también incursionó este camino. Agraciado por un enorme capital donado por el emperador Alejandro, hizo para sí un gran jardín botánico y zoológico donde procuró obtener estudios al respecto. Claro que, en ese momento, no era de esperar otra cosa que muchos desaciertos pero, con una mira historicista diacrónica, podemos citar algunos con derecho.

Aporta Aristóteles el concepto de *entelequia* como finalidad interna realizadora inherente a los objetos mismos y dependiente del *primer motor inmóvil*. Mientras que en lo inanimado la

materia domina la forma en lo biológico se da al revés. Cada cosa de la Naturaleza trata de lograr la perfección que le es posible, aunque no como *evolución* sino porque nada ya que su interpretación será un *fijismo*. Asimismo realizó algunos trabajos en animales: más de cincuenta disecciones, trabajos sobre la embriología del pollo, describió el primer signo del embrión, describió el desarrollo del corazón y los grandes vasos, observó los latidos del corazón del embrión, diferenció arterias de venas, describió la trayectoria del uréter, etc. Aceptó la *Doctrina de los Humores* y localizó la inteligencia en el corazón. También hizo una taxonomía zoológica y aportes en la zoología marina. Escribió la siguiente frase: «La naturaleza pasa tan gradualmente de lo inanimado a lo animado que su continuidad hace que no se distinguan los límites entre ambas esferas; [...]»

Más tarde, Galeno, sistematizó la medicina.

[↑ La astronomía griega](#)

El problema consistía en dar una explicación teórica que correspondiese con la observación empírica.

Platón trata de superar el inconveniente. Describe al cosmos como un conjunto de ocho capas orbitales girando en torno a un eje y equidistantes de la Tierra. Las movi­dades cambian, contienen los cuerpos celestes, etcétera, pero esto no pudo explicar la retrogravi­dad de los planetas, sino que lo hará un hacedor divino llamado Demiurgo (el *en-sí* o sumo Bien) según "un modelo pree­stablecido". No hay creación, sino copia. En la estructura de la Tierra hay tres planos concéntricos: una por encima de la nuestra y otra por debajo: la de arriba no la vemos pues es pura y consiste en un paraíso; la del medio, la nuestra, es una pequeña depresión de la superior; y la inferior es el dominio de lo invisible donde "desaparecen los ríos de nuestra vista". Finalmente, por debajo de las tres se demarca el reino del *Tártaro* o *Hades* donde se realiza el juicio a los muertos. Por otra parte, un aporte importante de Platón es la denominada *maldición de la perfectibilidad del círculo*, nombre que adquiere propiedad cuando a toda cuestión científica se lo correlaciona ésta innecesariamente por añadidura, perdurando el prejuicio por más de mil quinientos años; aun hoy está para muchos en boga.

Eudoxo, discípulo de Platón, se atreve antes que nadie a proponer un modelo de estructuración cosmológico que superó al de su maestro. Lo mejoró con la intención de explicar las retrogradaciones planetarias aunque no lo logró en cuanto a la explicación de acercamientos. La superficie más alejada es para las estrellas y las internas para la de los planetas. Propuso un cosmos de más capas que Platón (27 en total) en torno a un eje excéntrico con varios centros de rotación, y explicó con ello la retrogravi­dad de los planetas. Fue un modelo teórico sin realidad física, y esto es importante, puesto que adelantará el criterio de la postura científica contemporánea.

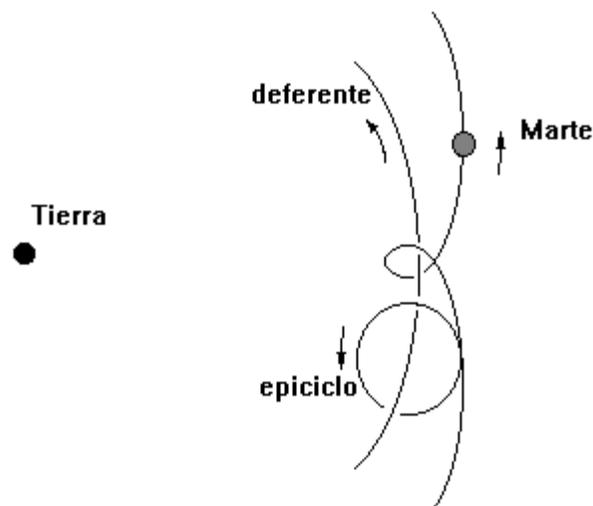
Luego de varios otros autores, desembocamos nuevamente en Aristóteles. En sus obras *De los cielos* y la *Física* pretendió explicar el firmamento desde las explicaciones terrestres. Sin ser un astrónomo profesional, ni matemático, hizo cosmología. También, hizo física reconociendo los principios del movimiento inercial que más tarde retomaran los autores del medioevo. Se opuso al modelo explicativo de Eudoxo y lo mejoró, proponiendo su propio modelo de interacción de movi­dades entre cuerpos celestes dado origen a su teoría de los mundos «supra-sub-lunar». Asimismo postuló las *teorías de lo corruptible-incorruptible*, de lo *mutable-inmutable*, del *quinto elemento o esencia* como el éter, etcétera. Sostiene con centro en la Tierra a los astros: Sol, Luna, Saturno, Júpiter, Marte, Venus y Mercurio. Admitió que los cuerpos celestes eran animados, empero no hizo una cosmogonía dogmática de ello. Aceptó que la Tierra era una esfera inmóvil. Observó la sombra terrestre sobre la Luna en los eclipses lunares. Observó la elevación de las estrellas según la latitud de observación. Dijo que no es posible admitir más que un solo centro de rotación en el sistema planetario. Que no hay centro del universo porque es finito y porque no hay en él arriba-abajo. Que no hay vacío en el universo porque las cosas se detienen y por ley del «aborrecer» u «horror al vacío» que impide que exista o se forme. Dijo que en lo supra-lunar la esfera de las estrellas es movida por el *primer motor inmóvil* como puro en *acto y forma*, que le

corresponde el éter sin cambio de orden, sin generación y sin descomposición. En cuanto a lo sub-lunar está en él dado todo el movimiento con cambio de orden, con generación y con descomposición o muerte.

Como teorías importantes destacables en Aristóteles que utilizaremos más adelante tenemos tres: una primera, que combate el atomismo de Demócrito porque ésta destruye su *teoría de la transustanciación* de las cosas, debido a que los corpúsculos no dan continuidad a la materia. Por ello observó Aristóteles el *synolon* en los objetos; esto es, que poseen una *materia* y una *forma* dada por ella y que los cambios son explicados por el paso de lo posible a lo dado; o bien, según sus términos, del *poder al acto*. Así las cosas, un calzado hoy blanco y mañana pintado de negro, seguirá siendo el mismo calzado, pues no hay un devenir de cambio; esto es, sigue siendo nuestro calzado blanco. Otra segunda, denominada como *teoría del primer motor inmóvil*. Esta se sustenta en las leyes de la causalidad, es decir, que toda sustancia movable es producida por otra anterior y así *ad infinitum*, hasta que deduce, Aristóteles, que tiene que haber alguna originaria que mueva a las demás pero que a su vez no es movida por ninguna otra. A esta sustancia originaria la denominó de esta manera. La tercera de importancia es la que podríamos llamar *teoría de la levedez-gravidez*. Ella se sustenta en el principio aristotélico que todas las cosas tienden a su propio lugar que les compete y se quedan allí en reposo absoluto; así, los elementos según su gravidez (no peso) y levedez (no liviandad) se dirigen al centro de la Tierra y al cielo supra-lunar respectivamente.

Ha sido Aristóteles y su Liceo de estudios un sistema inquieto en adquirir sabiduría, y por tanto, se le ha adjudicado a este autor el rótulo de ser el primero en definir y explicar en lo que consiste la ciencia.

Seguidamente adviene Tolomeo en la ciudad de Alejandría quien perfecciona el modelo cosmológico aristotélico y lo lanza por mil quinientos años a desdicha. En sus obras *Almagesto* y *Tetrabiblos* expone, aparte de astronomía, una célebre composición matemática. Se caracterizó por colocar a la Tierra como centro del universo. También midió el perímetro terrestre, la distancia entre la Luna y la Tierra con precisión, y la distancia entre el Sol y la Tierra aunque con bastante error. Sus teorías conllevan elementos *ad hoc* —correcciones arbitrarias *a posteriori* para que no sean refutadas en la observación empírica— como son los *ecuantes*, sin dar en ellos ningún tipo de explicación. Su modelo es denominado deferente-epiciclo; seguidamente lo mostramos.



Con el modelo planetario de Eudoxo se produciría una «doble y dual» escisión en la historia de la epistemología de la ciencia que adelantaría en miles de años sus recursos:

- 1º - lo teórico con *praxis* (aquí Newton → Física clásica)
- lo teórico sin *praxis* (aquí Eudoxo → Física teórica)

- 2º - el fenómeno con única explicación (línea de la Mecánica clásica)
- el fenómeno con múltiple explicación (línea de la Mecánica cuántica y ondulatoria)

Así vemos que en la historia se ha aceptado un modelo explicativo que satisfaga más nuestras inclinaciones que retomar por sus "astas al toro". Lejos hoy en día de las primeras y originarias circunstancias, les añadimos a la metodología nuestros llamados *modelos de analogía* que permiten "explicar" desde lo macroscópico del universo hasta lo microscópico de la bioquímica. Incluso hay quienes pretenden sumar y congregar la ciencia con la teología.

[↑ El comienzo medioevo](#)

La caída de la hegemonía helénica debida al imperio romano y luego la de éste por la árabe, ha determinado por mil años un período oscuro para el avance científico. Decimos oscuro porque no se ha visto su transformación ya que permaneciera oculta en sus pasos, pero se sabe que muchos de los geniales primitivos inventos fueron propulsados en aquél período. Los árabes y oriente hicieron, en verdad, grandes aportes en este tiempo.

Durante estos siglos poco se puede decir. La Iglesia, en formación, tomó las culturas helénica, judía y cristiana haciendo un mixto con Filón que desembocó en una patrística orientada más a los principios celestiales que al advenimiento científico. Influencias orientales chinas, hindúes y árabes construyeron los primeros principios de las ciencias en otras ramas. Así surgen con Filopón (VI) conceptos sobre la mecánica de los cuerpos, Jabir (VII), Razhes (865/925) y el médico Avicena (980/1037) la alquimia en la preparación de metales, destilaciones y tintes, y las primeras taxonomías químicas.

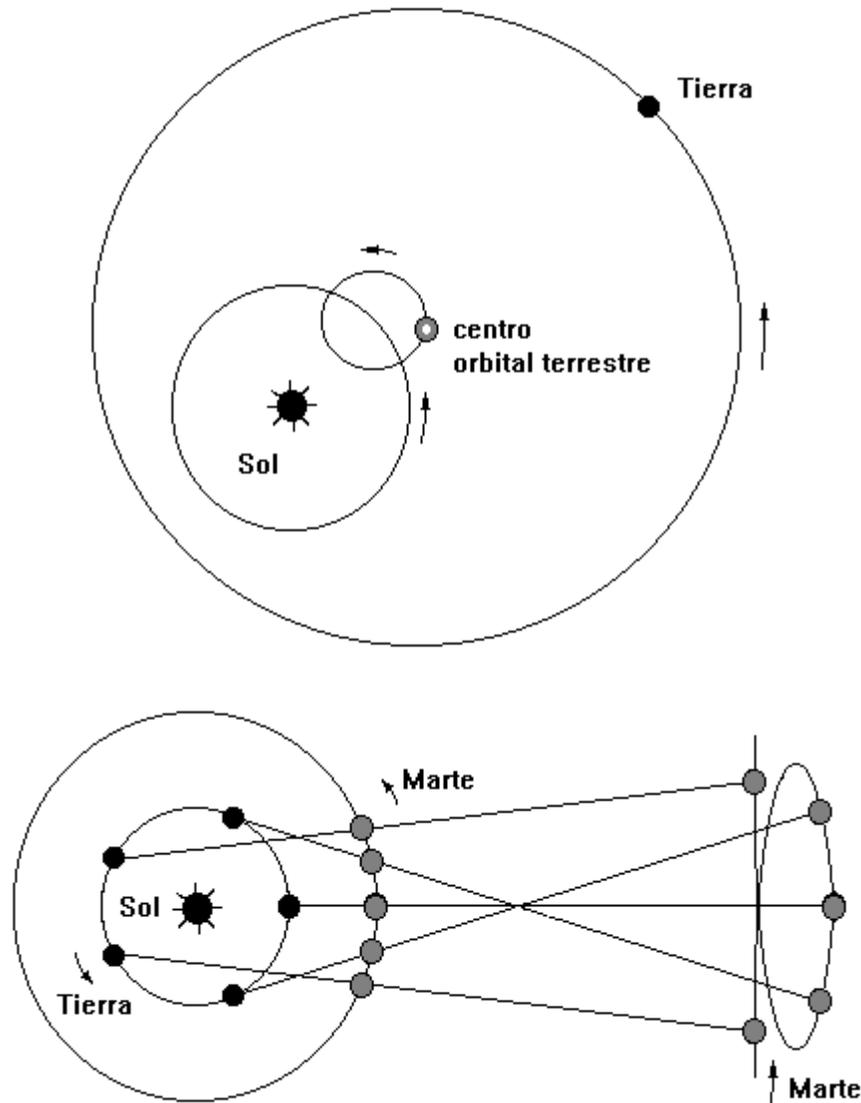
Geber (IX/X), precursor del *corpus* químico, compiló y organizó las experiencias; especulaba con las combinaciones *filosofales* para adquirir ciertos metales preciosos. El religioso Grosseteste (1168/1253) propone el criterio inducción-deducción aristotélico como *método científico*. Buridán, Oresme, Heytesbury y Bradwardine en el siglo XIV hacen aportes a la física de los cuerpos en movimiento.

Entramos en un período de escuelas universitarias con orientación eclesiástica denominado *escolástica*. Su exponente principal, Tomás (1227/1274), retraduce del árabe libros aristotélicos y en especial su libro *Filosofía primera* (la *filosofía segunda* para Aristóteles era su efecto, es decir, la que hoy denominamos como Física) o *Metafísica* así acuñado el nombre por Eudemo su discípulo. Este autor apropia para sí su contenido dándole una orientación religiosa. Fundamentalmente interpreta al *primer motor inmóvil* como si fuera el Dios bíblico, y todo encajaba perfecto; así Dios, estando arriba en lo *lívido* y supra-lunar regula la actividad *grávida* de lo terrestre sub-lunar. Y todos contentos.

Empero ya es una época donde se observa la rotación de la Tierra. El Renacimiento hace su gala con Leonardo de Vinci (1452/1519) no sólo en el arte sino también en el ingenio mecánico. La prensa tomada de los árabes se encuentra en plena expansión. En Europa se daban las primeras manifestaciones capitalistas y por ello se propulsaba todo avance tecnológico con el fin de aumentar productividades. Se vio la necesidad del cambio de calendario Juliano a Gregoriano para tener certeza en la emancipación de las navegaciones marítimas colonizadoras.

Entramos a Copérnico (1473/1543) quien escribe su libro *Sobre la revolución de las esferas celestes* en 1543, exponiendo su teoría donde la Tierra ya no es centro del universo; modelo que mejoró las inexplicabilidades de la retrogradación. Esto no sólo superó escollos

científicos sino sobre todo que venció la especulación teórica de Tolomeo. Ello disgustó a la Iglesia porque desmoronaba no sólo el modelo cosmológico acuñado por la *escolástica* sino también la física natural como estaba siendo entendida. Y esto primero es lo importante, porque si la Tierra no es centro, entonces: ¿de qué Dios me está hablando escolástico? Así en 1616 la Iglesia colocó su libro como prohibido. Su vida no fue sentenciada pues Copérnico congraciaba con el clero ya que era miembro distinguido de una iglesia. Seguidamente exponemos el modelo heliocéntrico de Copérnico.



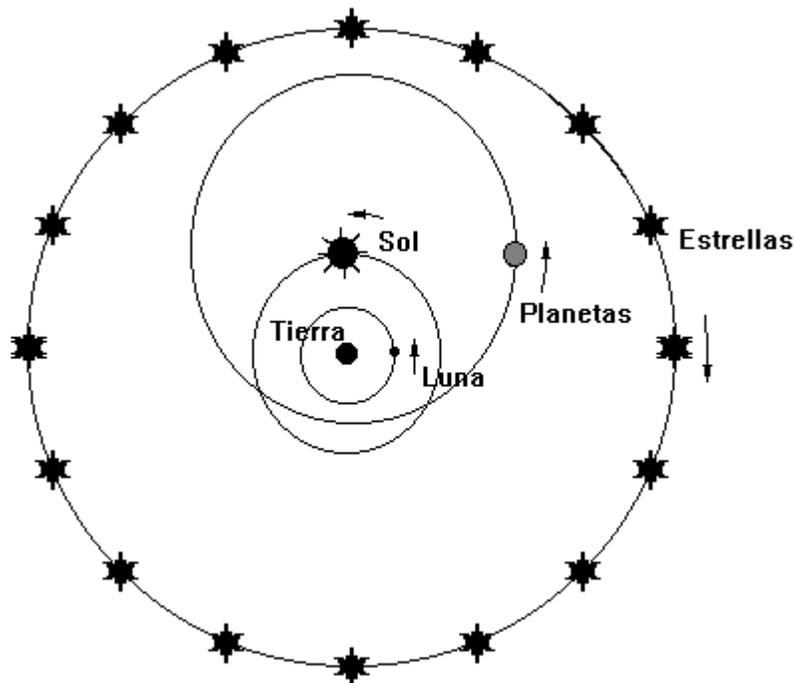
Las hipótesis de este científico fueron las siguientes:

- 1º) No hay ningún centro de todos los círculos o esferas celestes.
- 2º) El centro de la Tierra no es el centro del universo, sino solamente el de la gravedad [aristotélica] y de la esfera lunar.
- 3º) Todas las esferas rotan alrededor del Sol, que está en el punto medio; por consiguiente, el Sol es el centro del universo.

- 4º) La distancia de la Tierra al Sol es [...] imperceptible cuando se la compara con la altura del firmamento [de las estrellas fijas].
- 5º) Todo movimiento aparente del firmamento es resultado, no del movimiento del firmamento mismo, sino del movimiento de la Tierra, Ésta, junto con los elementos materiales que se encuentran cerca de ella, cumple una rotación completa alrededor de su eje cada día, mientras que el firmamento y los cielos superiores permanecen inmóviles.
- 6º) Lo que se nos aparece como el movimiento [anual] del Sol es el resultado, no del movimiento de éste, sino del movimiento [lineal] de la Tierra y su esfera, por el cual viajamos alrededor del Sol al igual que cualquier otro planeta. Por consiguiente, la Tierra tiene más de un movimiento.
- 7º) Las retrogradaciones y [las reanudaciones de] los movimientos directos aparentes de los planetas son el resultado, no de su propio movimiento, sino del de la Tierra. El movimiento de la Tierra por sí solo, por lo tanto, basta para explicar muchas anomalías aparentes en los cielos.

La biología ahora se presenta con el suizo Paracelso (1493/1541), científico puramente experimental, que hace aportes a la química y la combinación de los elementos para fines medicinales, dividiéndose a partir de él los médicos en paracelsistas (química artificial) y herboristas (hiervas naturales). Se lo considera fundador de la farmacopea. Niega la *transustanciación* aristotélica en los metales. Considera al organismo vivo como un «horno» donde se combustionan los alimentos.

Continúa la astronomía con Ticho Brahe (1546/1501) quien propuso una solución intermedia entre Tolomeo y Copérnico. Perteneció a la era pre-telescópica. Poseyó una pericia técnica astronómica asombrosa. Su modelo se representa seguidamente.



El holandés Leeuwenhoek inventa el telescopio (1608) y el microscopio, descubre los microorganismos (protistas, rotíferos, espermatozoides, glóbulos rojos, bacterias, hongos). Conoce a Huygens quien continuará estos estudios (entre otros).

Entra en escena una figura primordial, Galilei (1564/1642), tanto en su inteligencia como en su practicidad de vida. Digno personaje de filmar una película, utilizó el telescopio e hizo extraordinarios aportes tanto en astronomía como en física. Tuvo una primera censura por la Iglesia al revivir la postura de Copérnico y se debió retractar al respecto en 1616 jurando un voto de silencio, quien viola en 1618 al dar una opinión por cometas observados —total, diría, nada tendrían que ver con su juramento. Continúa infatigablemente sus estudios y sostiene la teoría de la *imperfectibilidad* y de la *corpuscularidad* (atomicidad), cosa que exalta a la Iglesia porque, respectivamente, le impide dignificar a Dios y a su vez le niega la Eucaristía —recordemos que este evento consiste en mantener, es decir, *transustanciar* aristotélicamente, la sangre y cuerpo de Cristo a través del vino y el pan. Como consecuencia, y debido a la simpatía que contaba con cardenales y el mismo Papa, para que no sea tan severa su condena, se lo condenó por el "pecado" anterior copernicanista a reclusión domiciliaria en 1633, donde murió ocho años más tarde, ciego.

Muchos autores han seguido los pasos científicos en este momento de la historia. Los temas que vendrán los encontramos ya en un desprendimiento del medioevo; es decir, en el surgimiento ilustrado del siglo XVI. Será con el avance de Francis Bacon (1561/1626) en su obra *Novum Organum* (1620) al proponer su «método experimental» de la «inducción» junto con sus tres tablas, y logrando además la primera clasificación de las ciencias. Dejamos atrás figuras como Anton Leeuwenhoek, Galileo Galilei, Ticho Brahe, Johann Kepler y Nicolás Copérnico, entre otros, para ocuparnos del nuevo renacer moderno. Surgen en este momento sociedades científicas paralelas a las Universidades como lo fueron la Academia del Lincei, el Círculo del padre Mersenne —a través de éste el sacerdote Marin de Mersenne (1588-1648) ayudó a Galileo, Torricelli, Pascal y Descartes—, la Academia Francesa, la Academia Montmort, el Colegio Gresham, la Sociedad Real (que aún hoy continúa) y la Academia Real de Ciencias.

[↑ El comienzo moderno](#)

Se presentará la evolución científica en un aspecto cronológico y meramente descriptivo dando prioridad a las fechas de descubrimientos e invenciones; y en segundo lugar, a los períodos de vida de sus autores. Asimismo, trataremos de englobar en cada párrafo las personalidades según la temática y disciplina que los ocuparon.

Es una época de floreciente surgimiento de ideas y descubrimientos. Daniel Sennert (1572-1637) es el pionero en aplicar la teoría atomista a la química diciendo que las sustancias sujetas a la corrupción-generación deben estar formadas por cuerpos simples, de los cuales surgían y se resolvían. Joachim Jung (1578-1657) también aplica esta teoría atomista a la química. Pierre Gassendi (francés, 1592-1655), sacerdote matemático y filósofo materialista refuta la escolástica y hace objeciones al mecanismo de la física cartesiana; es admirador del atomismo de Demócrito y Leucipo, y pretendió conciliar la teoría atomista con la «transustanciación» aristotélica. Por su parte, René Descartes (francés, 1596-1650), mecanicista, físico, biólogo, matemático, geómetra y filósofo aporta descubrimientos en óptica, es creador de la «geometría analítica», propone un «método de investigación» (como «duda metódica»), postula el dualismo de la sustancia en espíritu y materia, piensa en la existencia de «torbellinos» (corrientes circulares automantidas) distribuidos en todo el universo, acepta —involuntariamente— la existencia del vacío, considera a la materia con una continuidad dada por atomicidades, ubica a los sentimientos humanos en la glándula pineal, pensó en un universo como un gran mecanismo corpuscular gobernado por leyes inmutables, propuso una «conservación del momento» —y no de la «cantidad de movimiento» que es lo correcto—, como asimismo fundamentó el enfoque del «mecanicismo biológico» sentando las bases de la mira neurocibernética y computacional de la ciencia contemporánea; en 1637 determina la «tangente infinitesimal» en cada punto de una función. En biología Stellutti realiza en 1624 las primeras observaciones microscópicas de miembros en los insectos. Pedro Fermat (1601-1605), matemático, hacia 1629 calcula los «máximos y mínimos» de una función acercando el

concepto de «cociente de incrementos»; luego Roberval aporta trabajos sobre el cálculo de la tangente en cada punto de una función; más tarde De Sluse lo hace también en 1652, y Tschirnhaus en 1682. En astronomía se destaca Borelli (1608-1679) aplicando la fórmula de Huygens a los planetas y llegando a la conclusión de que la fuerza ejercida por el Sol a ellos debía ser atractiva. En física hidráulica no son menos los trabajos de Evangelista Torricelli (italiano, 1608-1647) en cuanto a la presión hidráulica (« $v^2 = 2gh$ ») y a la presión atmosférica, como asimismo realiza trabajos sobre el cálculo de la tangente en cada punto de una función; se juntan a ellos los de Venturi en presión hidráulica (« $\Delta p = \rho gh$ »), los de Pitot también dados en el mismo tema (« $\rho gh = \rho v^2 / 2$ »), y los de Edmundo Mariotte (francés, 1620-1684) con sus trabajos en la física de los gases y colaborador de Robert Boyle (irlandés, 1626-1691), descubriendo este último en 1660 una de las propiedades térmicas de los gases (« $p \cdot V = \text{constante}$ ») y a quien se le atribuye también la mejor exposición del «método experimental», y aplica la teoría atomista a la química negando a Aristóteles y a los alquimistas. Este período de análisis de fluidos lo podríamos cerrar con Blas Pascal (francés, 1623-1662) quien prosigue los estudios de vacío de Torricelli y descubre las leyes del equilibrio de los líquidos, inventa una máquina de calcular y la prensa hidráulica, como también contribuyó al cálculo diferencial.

La obra de Johann Baptista van Helmont (belga), químico, que se publicó en 1662 después de su muerte, dijo que el último principio constitutivo inerte de las sustancias materiales es el agua, que los hijos son engendrados por «causa eficiente» divina y no de los padres, que la enfermedad es una entidad con forma de vida propia, demostró la digestión ácida por la bilis, utilizó la balanza y con ella demostró que los pesos no cambian en los procesos de reacciones a productos, como asimismo acuñó el término «gas» del griego *chaos* y los estudió, y entendió la respiración como calentamiento animal por una transformación de la sangre en espíritu vital. Cristóbal Glaser (suizo, 1628-1672), químico, descubre el sulfato de potasa, y paralelo a Lémery (1645-1715) confeccionan preparativos de medicamentos y utilizan instrumentos. Stephan Hales (inglés, 1677-1761), naturalista, perfecciona los métodos para recoger gases bajo el agua y es uno de los pioneros en el estudio de la circulación de la sangre en los animales.

Pareciera que la historia se fuera dando de a temas. Ahora será la luz la preocupación. Su teoría corpuscular entrará a debilitarse por el reemplazo del concepto ondulatorio. Por ello, todas las investigaciones se orientarán a las interferencias, refracciones y difracciones lumínicas. Así tenemos a Willebrord Snell quien descubre —aparentemente— en 1621 la ley de difracción (« $n \sin \theta = n' \sin \theta'$ »), y a Grimaldi que observa el fenómeno de refracción de la luz en 1665. Seguidamente aparece el genio universal de Christian Huygens (1629-1695) —heredero de Galileo, puente entre Galileo-Descartes y Newton por otra— que hará trabajos en óptica y mejorará de Leeuwenhoek el microscopio y el telescopio (se fabrica para sí uno de cinco metros de longitud y hace importantes aportes en astronomía); realiza además trabajos sobre biología en la microscopía de los espermatozoides; especula sobre la «generación espontánea»; realiza aún más e incansables trabajos en mecánica: la teoría de la fuerza centrífuga y la cinemática del movimiento circular uniforme («fuerza a aceleración» que «huye del centro») en 1659 y hace aportes en ondas sobre la expansión (frente) de las mismas, y demuestra en 1670 que la teoría ondulatoria puede explicar los fenómenos tanto de reflexión como de refracción (fenómeno de «flexión» o del doblamiento de las ondas en su trayectoria) y la aplica como hipótesis a la luz (teoría que es negada en el ámbito científico por no aparecer como observables sus fenómenos de «flexión»). Interpretó al peso como una «tendencia» (y no como una «fuerza»); realizó trabajos pendulares, y dedujo de ellos la aceleración terrestre exactamente en $9,81 \text{ m/seg}^2$. También en matemática incursiona en las probabilidades, hace estudios sobre el cálculo de la tangente en cada punto de una función en 1693, y no deja a menos las invenciones múltiples (perfecciona el reloj, la bomba de aire, crea el proyector lumínico, etc.). Importantes en este momento, por otra parte, han sido también los estudios de difracción de la luz de Pohl, y los de óptica de Porro.

Seguidamente la cuestión histórica pareciera inclinarse a un nuevo mundo, a saber, hacia la matemática como la explicabilidad de la naturaleza. Empiezan a surgir dominios en esta área inesperados. Me refiero al «análisis de la matemática». Isaac Barrow (inglés, 1630-1677) determina la tangente en cada punto de una función como «cociente de incrementos» y la relaciona con el área de la curva originando con ello el «cálculo integral» (« $\int_a^b f(x) \cdot dx = f(b) - f(a)$ ») —aunque había nacido previamente con la geometría de Arquímedes. A su parte, Robert Hooke (1635-1703) mecanicista, perfecciona el microscopio y descubre las células (del corcho) y los microorganismos

(descritos por Leeuwenhoek), como también hace tareas sobre la energía en sistemas elásticos en 1678 postulando una ley que lleva su nombre (« $F = k.x$ »). También Godofredo Guillermo Leibniz (alemán, 1646-1716) conjuntamente con el próximo genio a aparecer, Newton, idean el «cálculo diferencial-infinitesimal» finalmente adoptado por la línea científica contemporánea. Coincide Leibniz independientemente muchos de sus resultados con los de Newton. En suma, define el primero su nomenclatura de la siguiente manera: incremento « dx », diferencial « dy », derivada « dy/dx ». John Ray realiza clasificaciones biológicas a fines del siglo XVII. Y será, Isaac Newton (inglés, 1642-1727) quien diera un puntapié inicial al balón científicista contemporáneo (aunque paradójicamente también se aplicara a estudios de teología, profesías, neoplatonismo, alquimia, y haya sido arriano negando la Trinidad bíblica y la idolatría de la divinidad de Cristo). Los antecedentes que prepararon su camino en «cinemática» (geometría del movimiento) fueron el previo concepto de aceleración, los atisbos del cálculo infinitesimal, la superación del «ímpetu» inercial del medioevo (de Filopón a Buridán) y la nueva visión de la caída libre (de Galileo); y en «dinámica» (fuerza del movimiento) han sido las tres leyes planetarias (de Kepler); resultando todo ello en las tres leyes fundamentales de la «mecánica»: 1º la del equilibrio de fuerzas (« $\sum F = 0$ »), 2º la del movimiento e inercia (« $F = d(mv)/dt$ »), y 3º la de acción y reacción de fuerzas (« $F_a = -F_r$ »); por otra parte, el camino usado para la postulación de su ley de gravitación universal (« $F = k.m_1.m_2/d^2$ ») fue considerar el cálculo kepleriano de las fuerzas ejercidas por el Sol y mostró que eran proporcionales a las masas planetarias, no sin embargo dejando de pensar en la existencia de un «éter» gravitacional —segunda interpretación del «éter», puesto que la primera fue la aristotélica como substrato del «motor inmóvil» supralunar. Logró también Newton la descomposición de la luz blanca e hizo trabajos en los campos de difracción y reflexión; prevee con su modelo gravitatorio la posibilidad teórica de cómo crear un satélite, e interpretó por ello a la Luna como un proyectil terrestre; calcula las mareas como consecuencia entre en Sol, la Luna y la Tierra; explicó el movimiento de los cometas; desarrolló la teoría de la hidrodinámica; propone la existencia de la «fuerza centrípeta» —aplicación de su tercera ley a la «fuerza centrífuga» de Huygens. En síntesis, la gran contribución de Newton es la integración conceptual de ideas en un solo esquema «dinámico-mecánico» y el «método de las fluxiones» equivalente contemporáneo al «cálculo diferencial-infinitesimal» (disputado con Leibniz su autoría). Define la tangente por la condición de tener dos puntos consecutivos y aporta en ello el concepto metafísico de la «derivada» («fluxión»), y del «momento de fluxión» infinitesimal que cuando pasa a ser finito determinará el «diferencial». En suma, define su nomenclatura de la siguiente manera: función «fluente», incremento « o », diferencial «momento y' o », derivada «fluxión y' ». Todo esto despertó críticas en autores como Hookes (quien le reclama el derecho de prioridad de la «fuerza centrípeta»), Leibniz (le reclama el derecho de prioridad infinitesimal) y Berkeley (quien critica el cálculo de las «fluxiones» —y algunas con fundamento); asimismo aventuró a muchos otros hombres de ciencia, entre ellos a Varignon (1654-1722) que realiza trabajos sobre la «regla del paralelogramo» vectorial y sobre los «momentos» resultantes a un punto; a Edmund Halley a descubrir el cometa que lleva su nombre y predecir su retorno para 1758; a Emmanuel Kant (1724-1804) tratando a la fuerza gravitacional como una influencia que se propagaba uniformemente por el espacio en todas direcciones, y sostenía que, por razones de simetría geométrica, la fuerza de gravedad debe ser inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Paralelamente hay todo un momento matemático especializado. L'Hospital (Guillermo Francois, marqués de L'Hospital, francés, 1661-1704) idea un método para hallar el «límite» de funciones que lleva su nombre y realiza en 1696 el primer tratado de «cálculo diferencial». La familia Bernoulli se destaca, y sobre todo en este «cálculo diferencial»; serán Daniel, Jacobo, Jaime (suizo, 1654-1705) y Juan (suizo, 1667-1748) sus mediadores, donde este último reclama (al parecer con fundamento) el derecho de autoría del método del hallazgo de «límites» de funciones de L'Hospital. Luego Colin Mac-Laurin (inglés, 1698-1746) aporta tareas sobre geometría y matemática; más tarde entra en escena el coloso Leonardo Euler (suizo, 1707-1783) que no deja capítulo alguno sin explotar: hace estudios sobre las funciones, en matemática diferencial, álgebra y física matemática. Juan Le Rond D'Alembert (francés, 1717-1783) aporta trabajos en matemática y a la física en la relación entre «impulso» y «energía cinética» aclarando el problema de la «conservación del movimiento»; José Luis Lagrange (francés, 1736-1813) con aportes al cálculo de probabilidades, a la astronomía y a la mecánica analítica interpretando a la «fuerza» como la causa del movimiento. Antonio Nicolás Condorcet (francés, 1743-1794) hace aportes en

matemática. Gaspar Monge (francés, 1746-1818) matemático, presenta los fundamentos de la «geometría descriptiva» y hace estudios sobre la composición del agua. Más tarde surgirá Ruffini (1765-1822) y florecerá A. L. Cauchy en 1821.

Seguidamente el empirismo, sobre todo el inglés, se hace notar. Surgen descubrimientos de observables y experimentos. Benjamín Franklin (estadounidense, 1706-1790) inventa el pararrayos. Charles Agustin de Coulomb (1736-1806) descubre en laboratorio para el 1784 la fórmula de la fuerza de cargas eléctricas (« $F = k \cdot q_1 \cdot q_2 / d^2$ »). Jaime Watt (inglés, 1736-1819) inventa el condensador separado y la máquina térmica eficiente (máquina de vapor de doble efecto) y hace estudios sobre la composición del agua. Hay trabajos de electricidad realizados por Borman, Gilbert, y por Alejandro Volta (italiano, 1745-1827) que descubre el potencial de contacto en diferentes metales y hace posible la pila que lleva su nombre.

La biología no ha quedado atrás. Carlos Linneo (1707-1778) diferencia los «tres reinos» de la naturaleza (mineral, vegetal y animal), realiza otras clasificaciones biológicas en aproximadamente 1735 y es defensor del «fijismo» y «creacionismo» de las especies, basándose en las premisas de la negación de las especies nuevas, de que no hay creación sino reproducción y que en toda especie siempre hay una unidad que le precede. Hemos tenido también el aporte de William Harvey en fisiología. Charles Bonnet (Georges Luis Leclerc, Caballero y luego Conde de Buffon, 1720-1793), «creacionista», es precursor del «transformismo» (aunque con una extraña teoría), antecesor a Lamarck en el «evolucionismo» y opositor de la taxonomía de Linneo, aportando un concepto poblacional de especie, y es partidario de la taxonomía de los individuos singulares pero no de las generalidades. Luis Galvani (italiano, 1737-1798), físico y médico, presenta una hipótesis de la acción de la electricidad sobre los músculos. Las primeras inquietudes evolutivas de las especies se las podría atribuir en el presente siglo XVIII a James Hutton al advertir que en las capas geológicas hay especies extinguidas, como también que hay otras existentes y no así con anterioridad, deviniendo su pensamiento en la negación de una «creación» única. Los primeros descubrimientos fundados del mecanismo de evolución de las especies aparecen seriamente en Jean Lamarck (francés, Jean Baptiste Pierre Antonie de Monet, Caballero de Lamarck, 1744-1829) postulando en 1809 su teoría de la «evolución por modificación»: 1º que el medio impone cambios en el comportamiento bajo la forma de nuevos hábitos y éstos son origen de todas las variaciones evolutivas, 2º que el motor evolutivo está dado por la necesidad o deseo interno de adaptación que se manifiesta por un sentimiento o impulso interno del organismo que lo induce a la formación del órgano apropiado, 3º que el uso y desuso de las partes del organismo conducen al mayor o menor desarrollo del órgano e incluso a su degeneración, y 4º que las modificaciones que se acumulan en un individuo a lo largo de la vida, se transmiten a la descendencia (herencia de los caracteres adquiridos). En otros términos, Lamarck inicia el denominado «transformismo» biológico, diciéndonos que todos los cambios son explicables, que la función hace al órgano, que no hay necesidad de pensar en ninguna divinidad, que las especies cambian con el tiempo, que el ambiente influye en la acomodación orgánica y que hay herencia de los caracteres adquiridos. Georges Cuvier (1769-1839) defensor del «fijismo» y «creacionismo» es opositor a Lamarck, que sin darle importancia al microscopio ni a la química, descubrió sin embargo las relaciones morfológicas orgánicas en un individuo biológico y funda con su «anatomía animal comparada» la «paleontología»; propugna una doctrina denominada de «catástrofes» biogeológicas que explicaría la pululante creación de las especies en cada nueva era geológica, debido a la voluntad divina y al origen que determinan los gérmenes sobrevivientes.

La historia parece seguir empecinada con el empirismo, tal vez por lo que ya sabemos todos: que es una época floreciente capitalista donde los subsidios a la ciencia tecnocrática se acrecientan. Surge entonces en medio del período otro de los tantos genios, me refiero a Pedro Simón Laplace (francés, 1749-1827) que realiza estudios sobre astronomía, matemática y cálculo de probabilidades, también sobre electrodinámica, y que a mi entender «permitirá resolver contemporáneamente el escepticismo causal de Hume a través de la transformada matemática que lleva su nombre». Se suele considerar como período de la «química neumática» la transición de los siglos XVII-XVIII. Para eso a mediados del siglo XVIII Joseph Black realiza trabajos sobre gases. Una floreciente figura, Antoine Laurent Lavoisier (francés, 1743-1794), revoluciona la química como científica y funda su nomenclatura, postula la ley de la conservación de la materia en la frase célebre: «Nada se crea, nada se pierde; todo se transforma», es pionero en confeccionar de un sistema coherente de conocimientos químicos, descubre la composición del aire y sus

propiedades, del diamante y de la combustión por el oxígeno, utiliza la balanza, supera la teoría del «flogisto» (vocablo del griego que significa «llama» y que consistía en el principio de inflamabilidad formulada por Stahl a principios del siglo XVIII) puesto que dijo que la materia del fuego no está en los materiales sino en el aire y el material del calor es un «fluido ígneo» alojado entre las partículas de los cuerpos entre otras más innumerables cosas; estudia junto con Laplace la naturaleza del calor e inicia la «termoquímica» en 1783, realiza estudios sobre la respiración y la transpiración desde el enfoque calorimétrico, e hizo trabajos en pólvora. Joseph Priestley (1733-1804) descubre el oxígeno en 1774 (desconociendo los trabajos de Scheele) y observa que el aire viciado por la respiración lo pueden restablecer las plantas. El químico Karl Wilhelm Scheele (sueco, 1742-1786) es el primero en descubrir el oxígeno, el cloro, el ácido arsénico, la glicerina, etc. Claudio Berthollet (francés, 1745-1822) químico, descubre las propiedades decolorantes del cloro, de la pólvora, etc. J.D. Van der Waals generaliza la ecuación de los gases de Boyle a partir de los trabajos de Regnault. Reynolds hace trabajos en fluidos (« $N = \rho v D / \eta$ »).

A continuación vemos un período de investigación de electricidad y magnetismo. Rowland lo hace. Jean C.A. Peltier descubre la fuerza electromotriz en la soldadura de distintos metales. Henry Cavendish (inglés, 1731-1810) es el primero en experimentar en 1798 en su laboratorio la fórmula de fuerza gravitatoria de Newton (« $F = k \cdot m_1 \cdot m_2 / d^2$ »), como asimismo hizo estudios de la composición del agua. Rumford (1753-1814) realiza trabajos en calorimetría y abandona la teoría del calor como fluido invisible. Thomas Johann Seebeck (1770-1831) descubre la fuerza motriz inducida en metales por temperatura (par termoeléctrico) como unión de los efectos Peltier y Thomson; Andrés María Ampère (francés, 1775-1836) experimenta en electricidad y magnetismo.

Viejos temas vuelven a ocupar la atención. Francisco J. Bichat (1771-1802) inicia los estudios de anatomía general y hace aportes en histología. Thomas Young demuestra en 1800 que la luz puede producir interferencias y se inclina al concepto ondulatorio. Joseph Louis Gay-Lussac (francés, 1778-1850) retoma los estudios de Jacques A. C. Charles y descubre con precisión en 1802 una de las propiedades térmicas de los gases (« $V = V_0 (1 + \beta \cdot \Delta t)$ »). Etienne Louis Malus (francés, 1775-1812) hace trabajos en fotoconductividad en 1809 (« $I = I_{\max} \cos^2 \theta$ »). Amadeo Avogadro (italiano, 1776-1856) realiza trabajos en química; J. Fourier los hace en matemática y calorimetría en cuanto a la propagación del calor. Karl F. Gauss (alemán, 1777-1855) se aplica a los sistemas de fuerza y hace el teorema de la «constricción mínima», y determina otro célebre teorema que lleva su nombre para la resolución de problemas de la electrodinámica (« $\oint D \cdot ds = q$ »). Juan Oersted (danés, 1777-1851) es el primero en observar los fenómenos magnéticos creados por corrientes eléctricas; José Fraunhofer (alemán, 1787-1826) hace trabajos en la difracción de la luz. Pedro Dulong (francés, 1785-1838) y Petit descubren en 1819 que la capacidad calorífica de los metales depende del número de moléculas y no de su masa. Juan Biot (francés, 1774-1862) y Savart descubren en 1820 el campo magnético que produce la circulación de corriente eléctrica en un conductor (denominada equívocamente «ley de Ampere» como « $H = \int i \cdot \text{sen} \theta \cdot dl$ »). Robert L. Stephenson (inglés, 1781-1848) inventa la máquina a vapor. Thomas Young y Augustin J. Fresnel (francés, 1788-1827) se aplican a la interferencia y la difracción en la luz donde muestran con evidencia la teoría ondulatoria y miden la longitud de onda lumínica; Georg Simon Ohm (1789-1854) descubre y postula una ley fundamental en la resolución de circuitos eléctricos que lleva su nombre (« $v = i \cdot R$ »); Juan Daniell (inglés, 1790-1845) inventa la pila que lleva su nombre, al igual que Weston; Miguel Faraday (inglés, 1791-1867) descubre las leyes de la descomposición de la electrólisis, la acción del campo magnético sobre la luz polarizada y la fuerza eléctrica motriz inducida (« $V = d\phi / dt$ ») fundamentales para la confección futura de los transformadores, motores y generadores eléctricos; Sadi Carnot (francés, 1796-1832) aborda con precisión por primera vez en 1824 el problema de rendimiento de un motor térmico (orientado al motor de vapor) y propone un ciclo para el motor térmico («ciclo Carnot»); José Henry (norteamericano, 1797-1878) experimenta en autoinducción eléctrica; Augusto Comte (1798-1857) hereda de Saint-Simón la necesidad de reorganizar la sociedad y tiene también influencias del empirismo y de los enciclopedistas del siglo XVIII (D'Alembert, Turgot, etc.), inicia el positivismo y funda la sociología como ciencia, enseñando a la misma como una necesidad en el «orden» y el «progreso», y destacando que la historia del conocimiento humano se ha dado por tres estadios: el teológico o ficticio, el metafísico o abstracto y finalmente al maduro positivo o científico; Charles Wheatstone (inglés, 1802-1875) idea en 1843 un circuito eléctrico para mensuras de electricidad

que lleva su nombre; H.F.E. Lenz (alemán, 1804-1864) experimenta en trabajos de autoinducción eléctrica.

Ya estamos a mediados del siglo XIX. Schleiden y Schwann formulan la teoría celular. Möbius (1790-1867) realiza trabajos en topología e idea la célebre cinta que lleva su nombre. El matemático Boole (1815-1864) hace grandes aportes al tema, e idea el álgebra que llevará su nombre y que fundamentará la binaria computacional actual. Charles Robert Darwin (inglés, 1809-1882), fisiólogo y naturalista, postula su teoría de la «evolución por selección» entre 1854-9 inspirado por su tenaz espíritu investigativo y por el economista Malthus (*Ensayo sobre el principio de la población*, 1798, justificando la lucha por la existencia de la sociedad en que el aumento poblacional es geométrico y el de la subsistencia de recursos es lineal), logrando con ello unir a su vez tres teorías: la del concepto de especie, la del concepto de adaptación y la del concepto de evolución propiamente dicha, deducidas a partir de la variación hereditaria, la multiplicación y la lucha por la supervivencia —criticada como tautológica en la frase de Spencer «la supervivencia del más apto», pero superada por recordar que los individuos de una especie varían entre sí (es decir que la selección natural es una pérdida diferencial) y posteriormente por Popper por considerarla *infalsable*. Así Darwin remarca los siguientes puntos para la «selección natural»: 1º que el crecimiento es geométrico y los recursos alimenticios lineales (Malthus), 2º que el número está acotado por los recursos alimenticios (Malthus), 3º que hay una necesaria lucha por la existencia (deducido de 1º y 2º), 4º que subsistirá el más apto (deducido de 3º), 5º que los cambios no son universales sino propios del hábitat, y 6º que hay herencia de los caracteres adquiridos (Lamarck). Destaca asimismo que esta «selección natural» —como el nombre lo indica— no es algo artificial, sino que es meramente un enfoque descriptivo y no orientado a nada ni a ningún tipo de prejuicio, como tampoco implica necesariamente la existencia un agente "seleccionador". Es interesante destacar en este tema el aporte del historiador Gilson; éste dice que Darwin no habló de «evolución» (del latín "lo inverso a «in-volución»") porque en realidad lo que tenía mentado era la «transmutación», puesto que este primer término es meramente filosófico sin aplicabilidad científica, y que el error se hubo propagado por dos de sus intérpretes seguidores. Por otra parte, encontramos en Darwin que excluye al «fijismo» pero no al «creacionismo», como también que deja sentadas las bases antropológicas para el estudio de la posibilidad de demostrar que el hombre evoluciona del simio. Cabe mencionar a Alfred Russell Wallace (1823-1913) que llegó también, independiente de Darwin, a la idea de evolución por selección natural.

El físico Jacobo Prescott Joule (1818-1889) experimenta en la propagación de la energía calórica y determina el «equivalente mecánico del calor», ofreciendo con ello la ley de calentamiento de los conductores por corriente eléctrica que lleva su nombre, como también descubre que el calor es una forma de energía en 1878. León Foucault (francés, 1819-1868) que trabaja sobre la teoría ondulatoria de la luz con la velocidad de la misma en medios líquidos con propagación rectilínea y difractados, como asimismo hace experiencias en el magnetismo del hierro. John Tyndall (1820-1893) realiza determinaciones de la cantidad de energía radiada por unidad de tiempo desde la superficie de un cuerpo. El antropólogo Rodolfo Virchow (1821-1902), defensor del «fijismo», hace estudios sobre patología celular. Louis Pasteur (francés, 1822-1895) niega la «generación espontánea», postula en 1865 su teoría de «los gérmenes en las enfermedades», funda la bacteriología y descubre la vacuna antirrábica. William Thomson (o lord Kelvin) (1824-1907) descubre la fuerza electromotriz en extremos de un conductor circulando una corriente cuando se lo sumerge a una temperatura no uniforme en su recorrido; propone medir la temperatura desde el cero absoluto («-273,2 °C»); estudia la antigüedad de la Tierra a través de principios termodinámicos (del enfriamiento total de su masa a la temperatura actual), e introduce el término «energía» (aunque esto también ha sido atribuido a Helmholtz, Rankine, Joule, Maxwell, etc.) y determinó diferentes maneras en que se presenta; Gustav Robert Kirchoff (1824-1887) postula dos leyes fundamentales de la resolución de circuitos eléctricos que llevan su nombre: la regla de las mallas (« $\sum i = 0$ ») y la regla de los nodos (« $\sum v = 0$ »). El matemático Jorge Riemann (alemán, 1826-1866) crea una geometría no-euclidiana. El genio del físico James Clerk Maxwell (escocés, 1831-1879) basado en especulaciones matemáticas explica la teoría de la luz como ondas electromagnéticas y lo demuestra teóricamente en 1873 indicando que un circuito eléctrico oscilante puede radiarlas, como también determina la expresión eléctrica-magnética de la velocidad de propagación (« $(\mu \epsilon)^{-1/2}$ »), ofreciendo con todo ello las «ecuaciones unificadoras

electromagnéticas» en el espacio libre ($\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = \iint \partial \mathbf{D} / \partial t \cdot d\mathbf{s}$, $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\iint \partial \mathbf{B} / \partial t \cdot d\mathbf{s}$, $\iint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{s} = 0$, $\iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$) y en medios dieléctricos.

Nos estamos acercando al fin del siglo. La física va dejando su ingenuidad para madurar en un tamiz profundo y académico. El químico Demetrio Ivanóvich Mendeleiev (ruso, 1834-1907) ordena los elementos en una tabla que lleva su nombre. Josef Stefan (1835-1893) basándose en Tyndall dedujo en 1879 la cantidad de energía radiada por unidad de tiempo desde la superficie de un cuerpo (« $R = e\sigma T^4$ »). Van de Gaaff inventa un generador de alta tensión que lleva su nombre. Guillermo Conrado von Röntgen (alemán, 1845-1923, Premio Nobel de Física en 1901) descubre casualmente los rayos X. Llega ahora el incansable genio creador de Thomas Alva Edison (estadounidense, 1847-1931) y observa por vez primera en 1883 la «emisión termoiónica» en la rectificación de la válvula diodo, y hace un sinnúmero de invenciones (película cinematográfica, lámpara incandescente, reproductor magnetofónico en 1887, etc.). Johann Jakob Balmer (1825-1898) determina y clasifica en 1885 el espectro de frecuencias del hidrógeno. El sacerdote y botánico Juan Gregorio Mendel (austríaco, 1822-1884) postula las leyes de la herencia que llevan su nombre luego de aproximados veinte años de experiencias, y que dicen: 1º ley: «todo individuo tiene un par de alelos para cada gen, los miembros de ese par se separan durante la formación de los gametos y se restablece el par durante el proceso de fecundación», 2º ley: «los distintos caracteres que se separan en los gametos lo hacen en forma independiente unos de otros». Ernesto Mach (austríaco, 1838-1916) filósofo, historiador de las ciencias, reduce todo el conocimiento a lo inmediatamente dado en la conciencia y elimina todo supuesto metafísico, haciendo con ello aportes en la epistemología científica. Alexander Graham Bell (1847-1922) inventa el teléfono. Alberto Abrahán Michelson (estadounidense, 1852-1931, Premio Nobel de Física en 1907) determina experimentalmente junto a Morris con gran precisión la velocidad de la luz («~300000 Km/seg»). El matemático Peano (1858-1932) asombra por sus aportes. Enrique Hertz (alemán, 1857-1894) demuestra experimentalmente la teoría de Maxwell en aproximadamente 1888 con un circuito radiador de ondas proponiéndolas en un medio «éter» — tercera concepción del «éter»— y las iguala al calor y a la luz, como trató también de basar la mecánica sobre la idea de eliminar el concepto de «fuerza». Otto propone un ciclo para el motor a combustión («ciclo Otto»), al igual que Rankine para el motor a vapor («ciclo Rankine»), y que Rodolfo Diesel (alemán, 1858-1913) para el motor a combustión («ciclo Diesel») e idea el motor a gas-oil. George Cantor hace aportes a la matemática en varios temas y especialmente determinando la racionalidad de los números infinitos («transfinitud»); Svante Arrhenius (1859-1928) realiza una interpretación del paso de corriente eléctrica en un electrolito. Guillermo Crookes (inglés, 1832-1919) físico y químico descubridor del talio y fabricante de los tubos de rayos catódicos.

Surgen dos familias notables. La primera, la Becquerel, con Antonio César (1788-1878) que hace estudios sobre electricidad, Alejandro E. (francés, 1820-1891, hijo de Antonio César) descubridor del cloruro de plata, Antonio Enrique (francés, 1852-1908, hijo de Alejandro, comparte con los esposos Sklodowska-Curie el Premio Nobel de Física en 1903) es descubridor de la radiactividad, y Juan (nacido en 1878, hijo de Antonio Enrique) que hace aportes al electromagnetismo. La segunda es la familia Curie (1859 al 1956), formada por María Sklodowska de (polaca, 1867-1934, comparte con Pedro Curie y Becquerel el Premio Nobel de Física en 1903, y el de Química en 1911), Pedro su esposo (francés, 1859-1906, comparte con María Sklodowska y Becquerel el Premio Nobel de Física en 1903), ambos descubren el radio y el polonio y hacen aportes al electromagnetismo; e Irene (francesa, 1897-1956, hija de Sklodowska-Curie, comparte con su esposo Federico Joliot el Premio Nobel de Química en 1935) física y química que descubren con su esposo el principio de radiactividad artificial.

De esta manera nos preguntamos sobre el bagaje que nos ha traído el siglo XIX. En resumidas cuentas, podemos decir que le debemos la invención de las máquinas eléctricas rotativas (motor y generador) y del transformador; la de la lámpara incandescente y la iluminación artificial en general; la invención de la fotografía y de la película cinematográfica; la del telégrafo (en 1901 Marconi une sin hilos USA con Inglaterra), del teléfono, de la teletipo, la del fonógrafo y de la radiodifusión; el descubrimiento de las leyes de la herencia y de las leyes de la evolución de las especies biológicas; los grandes cimientos arquitectónicos de la ingeniería civil en las edificaciones (torre Eiffel en el 1900, edificios, puentes, trenes subterráneos, etc.); la invención del submarino, del avión (el primer vuelo hecho por los hermanos Wright en diciembre de 1903) y del

helicóptero, del automóvil (se funda el automóvil Rolls Royce en mayo de 1904) y otros rodados; las invenciones de artefactos de comodidad domésticos: eléctricos y termodinámicos, como asimismo la simpleza de la hoja cambiante Gillette en 1901; el aumento de la «esperanza de vida» debido a la invención de vacunas y los primeros estudios sobre antibióticos; la instrumentación teórica y práctica de las ondas electromagnéticas; el aprovechamiento de las fuentes energéticas de gas y petróleo; la invención del disco magnetofónico; la ordenación sistemática de los elementos químicos; la invención de la anestesia, etc.

Entramos así, al siglo XX: «¿Cambalache y febril?»

Ya no se ven ni son tangibles de ningún modo los fenómenos físicos. Será entonces a la mejor manera de Eudoxo la posibilidad de abordar hipotéticamente los cometidos científicos. Es José Juan Thomson (inglés, 1856-1940, Premio Nobel de Física en 1906) quien mide en el 1900 la relación carga a masa del electrón y Enrique Antón Lorentz (holandés, 1853-1928, Premio Nobel de Física en 1902) quien lo hace con su masa y aporta trabajos sobre magnetismo, electricidad y la luz. Se perfeccionan los estudios sobre el electrón y la «emisión termoiónica» de Edison en 1903 a través de Owden Guillermo Richardson (inglés, 1879-1959, Premio Nobel de Física en 1928) y se convierte con ello el primero en estudiar la corriente eléctrica volátil obtenida de un material al calentarlo. Contemporáneo le será S. Dushman quien determina la máxima corriente eléctrica (saturabilidad) volátil obtenida de un material al calentarlo (« $J = A.T^2.e^{-\phi / kT}$ »). Patricio Blackett (inglés, nacido en 1897, Premio Nobel de Física en 1948) relaciona la gravedad y el campo electromagnético de los cuerpos estelares. La medicina hace su aporte con Alejandro Fleming (inglés, 1881-1955, que comparte con Florey y con Chain el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1945) y Howard Florey (inglés, 1898-1968, que comparte con Fleming y con Chain el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1945) que descubren la penicilina (antibiótico) en 1928 y la aplican. Ernesto Boris Chain (inglés, nacido en 1906, que comparte con Fleming y con Florey el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1945) aplicando la penicilina.

Surge entonces la era electrónica propiamente dicha. Es otro Fleming (estadounidense) quien introduce estudios a la electrónica de vacío en 1904 y crea la válvula de vacío diodo (1ª generación en electrónica), y poco más tarde Lee de Forest inventa en 1907 la válvula amplificadora triodo; Robert Andrews Millikan (estadounidense, 1868-1953, Premio Nobel de Física en 1923) mide entre 1908-1917 la carga del electrón aislado y verifica experimentalmente la teoría fotónica-eléctrica de Einstein a posteriori. Un nuevo genio asoma, me refiero a Ernst Rutherford (inglés, 1871-1937, Premio Nobel de Física en 1908) que hace trabajos en la radiactividad, en 1905 sugiere averiguar la antigüedad de las rocas a través del análisis radiactivo lo que permite a la geología determinar con precisión la edad del planeta que vivimos, y a la antropología y paleontología en la determinación de la antigüedad de los fósiles a través del isótopo carbono 14; es pionero en la verificabilidad experimental de la composición atómica núcleo-electrones y propone un modelo atómico en 1911 con un núcleo y electrones que giran a su alrededor, sostenidos por la fuerza eléctrica del núcleo versus fuerza centrífuga, aunque el mismo adolece del inconveniente de que la radiación propia electrónica desintegraría al átomo. Estos logros permite a Geiger idear el detector de radiactividad que lleva su nombre.

Entramos así al período cuántico, donde surge una primera escisión epistemológica con el abandono de la mecánica continua. Será Maximiliano Planck (alemán, 1858-1947, Premio Nobel de Física en 1918) quien propone un nuevo modelo atómico según los «niveles cuánticos» (fundación de la *mecánica cuántica*) en 1901 y descubre que la radiación de calor no es continua sino a «cuantos», determinando con ello el dualismo onda-partícula de las radiaciones. Seguidamente Niels Bohr (danés, 1885-1962, Premio Nobel de Física en 1922) propone una corrección en el modelo atómico de Rutherford en 1913 donde ya no hay radiación en el electrón al estar en una órbita, sino absorción-liberación de un «cuanto» en el cambio de órbita determinando los radios orbitales (múltiplos enteros de « $h/2\pi$ »), como también cuantifica (de Planck) la emisión fotónica (de Einstein) en longitudes de onda radiada (« $\Delta E = h.f$ »). Guillermo David Coolidge (estadounidense, nacido en 1873) crea en 1913 el tubo de rayos X. Irving Langmuir (estadounidense, nacido en 1881, Premio Nobel de Química en 1922) y Rogers postulan las leyes de la emisión termoiónica en 1913. La Compañía System Bell da uso comercial en telefonía de la válvula amplificadora de vacío en 1915. El químico Federico Soddy (inglés, 1877-1956, Premio Nobel de Química en 1921) logra avances en la radiactividad. Afloran trabajos en astronomía también. Es Alexander Friedmann que los hace teóricos sobre la movilidad del universo en 1922 y

propone tres modelos de expansión cósmica: el del Big-Bang a la contracción Big-Crunch, y los de la expansión y la limitación. Los astrónomos Edwin Hubble y Milton Humanson (estadounidense, 1891-1957) descubren cosmologías y verifican experimentalmente la expansión del universo (cobrando sentido la hipótesis del Big-Bang) en 1924.

Es momento ya para otro genio epistemológico y creativo: Alberto Einstein (alemán, 1879-1955, Premio Nobel de Física de 1921) quien postula la teoría de la relatividad general (fundación de la *física teórica*) entre 1905-25 otorgando plasticidad al espacio, al tiempo (« $t = t_0 [1 - (v/c)^2]^{-1/2}$ ») y a la masa (« $m = m_0 [1 - (v/c)^2]^{-1/2}$ »); también incorpora los fundamentos de la teoría corpuscular de la luz con precisión a través de su teoría de los fotones (paquetes mínimos de energía de luz) como «materiales», ofreciendo equivalencia entre la materia y la energía (« $E = mc^2$ »), y diciendo que éstos poseen energía cinética (« mc^2 ») y cantidad de movimiento (« mc ») tal cual lo material sólido ordinario; asimismo descubre el «efecto fotoeléctrico» como la emisión fotoeléctrica cuantificada por la luz en los metales (« $hf - U \geq mv^2/2$ »); y, desgraciadamente a su propio pesar, ofrece las bases teóricas para la confección de la bomba nuclear; indica que la velocidad de la luz es constante para todos los sistemas de referencia (por lo tanto que es relativa al referente fijo) y no depende de su fuente productora propia.

Estas cuestiones epistemológicas y empíricas producen una escisión humanística. La filosofía «gira» sus intereses a la sintáctica y la ciencia a la semántica, a través de los abocados pensadores del Círculo de Viena. Allí figuras como Rudolf Carnap, Ludwig, Bertrand Russell (inglés, nacido en 1872, Premio Nobel de Literatura en 1950), etc., hacen trabajos sobre lógica matemática. Enrique Poincaré (1854-1912) y A. S. Eddington tratan de interpretar, junto con Russell, esta nueva visión del mundo.

Entramos en un tercer período epistemológico. Le corresponderá a Luis Víctor de Broglie (francés, nacido en 1892, Premio Nobel de Física en 1929) fundar la *mecánica ondulatoria* trabajando sobre el concepto teórico del electrón como onda-partícula en 1924 (« $\lambda = h/p$ »), y proponiendo con esto otro modelo atómico, trayendo nuevas consideraciones. Grondhal descubre el rectificador de óxido de cobre (inicio de la electrónica de semiconductores) en 1926. Gödel, Turing y Church introducen estudios sobre la algorítmica computacional y plantean el «problema algorítmico de autoaplicabilidad de las variables computables» —imposibilidad de los mecanismos autónomos de poder autoaplicarse a su tercer esquema formal. El físico Jacobo Chadwick (inglés, nacido en 1891, Premio Nobel de Física en 1935) logra nuevos avances en la radiactividad. Germer y Davisson (quien comparte Davisson con Thomson el Premio Nobel de Física en 1937) y más tarde Thomson, Jorge P. (inglés, nacido en 1892, que comparte con Davisson el Premio Nobel de Física en 1937) trabajan sobre la *praxis* del electrón como onda-partícula y verifican experimentalmente a de Broglie en 1927 y 1928 respectivamente. C.T.R. Wilson (inglés, 1896-1959) idea una cámara de niebla para el estudio de los rayos cósmicos y la trayectoria de partículas que intervienen en reacciones nucleares.

Hemos llegado a un momento de proliferación tecnológica. Se logra la sintetización de polímeros (fabricación del plástico y su incorporación industrial en 1935); se inventa la cinta de grabación de audio, la película cinematográfica audible en 1927, como asimismo todo tipo de artefactos domésticos (la plancha en 1904, el lavarropas en 1907, la aspiradora en 1907, el lavaplatos en 1914, la fotografía color en 1917, la radio en 1920, el refrigerador en 1923, la batidora y la televisión en 1930, el ordenador computacional en 1934, el bolígrafo en 1944, el disco y el tocadiscos en 1946, el horneado a microondas en 1946); se vuelven a crear nuevos antibióticos, vacunas y otras (la a anestesia epidural en 1909, la cirugía estética en 1914); se perfeccionan los sistemas termodinámicos de frío (cámaras frigoríficas, heladeras, etc.) y mecánicos (la cremallera en 1912). Los armamentos entran a perfeccionarse, y se ingenia la bomba de gas tóxico en 1915.

La física no se deja esperar. Arturo H. Compton (estadounidense, 1892-1962, Premio Nobel de Física) amplía los estudios sobre rayos cósmicos y X, verifica la teoría corpuscular de Einstein en 1921 haciendo impactar un fotón con un electrón, y observando que se comportan como dos partículas en simple choque mecánico, propone, definitivamente, la doble interpretación onda-partícula de la luz. Wolfgang Pauli (austriaco, 1900-1958, Premio Nobel de Física en 1945) obtiene logros en el átomo (postula el principio de exclusión de los electrones que lleva su nombre). Max Born (alemán, 1882-1970, comparte con Bothe el Premio Nobel de Física en 1954) amplía la mecánica cuántica. La nueva interpretación epistemológica ahora la hace Werner Heisenberg (alemán, nacido en 1901, Premio Nobel de Física en 1932) al trabajar sobre el

concepto teórico del electrón como onda-partícula y explica su principio de incertidumbre (o de indeterminación: « $\Delta p \cdot \Delta r \geq h$ »), y provee con ello un nuevo «giro» a la concepción del modelo atómico. Emerge sin esperar el genio de Erwin S. Schrödinger (austríaco, 1887-1961, que comparte con Dirac el Premio Nobel de Física en 1933) demostrando definitivamente la dualidad onda-partícula de la materia (su ecuación independiente del tiempo es la siguiente: « $\nabla^2 \psi + \square \psi \cdot (W-U) \cdot 8\pi^2 m/h^2 = 0$ »), trabaja sobre el concepto teórico del electrón como onda-partícula de Broglie y llega a postular un nuevo modelo del átomo; sus estudios han determinado la verdadera introducción a la electrónica de semiconductores; también hace aportes a la biología con su concepto de «entropía negativa» y la hipótesis del «error» de la evolución dialéctica-cibernética de Darwin-Lamarck. No menos han sido los estudios de su compatriota Pablo A. M. Dirac (inglés, nacido en 1902, quien comparte con Schrödinger el Premio Nobel de Física en 1933) que postula matemáticamente la existencia de la antimateria, y la función irracional —de distribución « δ »—; y será Carl D. Anderson (estadounidense) quien observara y verifica a Dirac en 1932 por primera vez el electrón de carga positiva (positrón).

Ya entramos a una etapa gloriosa. Los avances físicos son también epistemológicos, dejando más un pensamiento que una inmanente realidad. Enrique Fermi (italiano, 1901-1954, Premio Nobel de Física en 1938) es precursor de la técnica neutrónica para la disgregación del átomo, trabaja en los niveles cuánticos de los materiales semiconductores (su función de probabilidad es « $f_{(E)} = [1 + e^{(E-E_f)/kT}]^{-1}$ ») y logra los primeros experimentos sobre la pila atómica junto a Szilard y Zinn. F. Strassmann y Hahn (alemanes) obtienen la fisión del núcleo de uranio en 1939 con el bombardeo de neutrones. Otón Stern (estadounidense, 1888-1969, Premio Nobel de Física en 1943) es descubridor del momento magnético del protón. Donald W. Kerst idea en 1941 el acelerador de inducción magnética (betatrón) para alcanzar grandes velocidades de las partículas subatómicas lo que permitirá a los físicos del futuro seguir estudiando el comportamiento y estructura del átomo.

Ni Julio Verne se lo hubiera imaginado. Es época de la fabricación del televisor comercial en la década de 1940; del radar y sonar en la década de 1940; del microscopio electrónico, de la computadora (valvular y analógica según el modelo de von Neumann); se crean las técnicas de comunicación (modulaciones AM, FM, heterodinaje, etc.); aparece la transmisión de imagen por el facsímil; se implementa la energía nuclear motriz eléctrica; hay profundas invenciones de tecnología armamentista (bomba atómica en 1945, bombas defoliantes, etc.); en la tecnología espacial (cohetes, satélites, etc.); como también se logra la creación de la película cinematográfica a color, y no menos las pululantes invenciones en artefactos domésticos.

Arribamos a la era cibernética. N. Wiener (estadounidense) la define como *feed-back* (analogía del mecanismo de control en barcos de navegación) y funda la teoría del control automático en 1948; E. Shannon (estadounidense) por su parte funda la teoría de la información en 1948. Llegamos así a un momento culminante, donde Juan Bardeen (estadounidense, nacido en 1908, que comparte con Brattain y Schockley el premio Nobel de Física en 1956, y con Cooper y Schrieffer en 1972) y Gualterio Houser Brattain (estadounidense, nacido en 1902, que comparte con Bardeen y Schockley el premio Nobel de Física en 1956) inventan el transistor de contacto puntual en 1948 (2^{da} generación en electrónica). Esto induce a W. Schockley (estadounidense, quien comparte con Bardeen y Brattain el premio Nobel de Física en 1956) mejorarlo con el transistor de unión (o también llamado de juntura) en 1951, determinando con ello la confección de distintos componentes electrónicos desde aproximadamente 1949 y es el inicio de la electrónica moderna.

La biología pareciera celarse. La racionalidad positivista que estudiamos pretende una cosa, a saber: crear la vida artificialmente. Surge Miller Stanley (estadounidense) que sintetiza artificialmente los aminoácidos a principios de la década de 1950 aunque no logra las cadenas peptídicas de las proteínas —con la intención de crear proteínas. Eccles, Sperry y Penfield realizan trabajos fisiológicos y psicológicos en comisurotomía cerebral. Christian Barnard (sudafricano) logra el trasplante de corazón en 1967.

La ingeniería sigue en boga. Se logra la gran integración de materiales electrónicos semiconductores (3^{ra} generación en electrónica) —circuito integrado o «*chip*» que determinará la invención de la computadora (con "*chip*" y digital). Se mejoran notablemente los equipos electromédicos (ecógrafos, tomógrafos, resonancias magnéticas, etc.) y electrónicos en general (aplicación del rayo láser para 1960, el logro del cassette de cinta de voz en 1960 y de video en

1964, etc.); se determina la completitud de la molécula de ADN en la década de 1960; el hombre llega a la luna en 1969; se inventan los sintetizadores (de música, voz, etc.); hay nuevos descubrimientos de partículas subatómicas, nuevos trasplantes e implantes de órganos y de miembros; se empieza a pensar en una biología molecular; se crean sistemas satelitales geológicos, climatológicos, etc.; surgen nuevos sistemas armamentistas amenazadores: bombas defoliantes, químicas y bactericidas, proyectiles autodirigidos, sistemas satelitales de control y marcialidad, etc. Y la humanidad encuentra la revolución social-cultural con la invención de los anticonceptivos en píldora para 1960, y el nacimiento del primer ser humano fecundado *in vitro* en 1978.

¿Vuelve el hombre a preguntarse por sus orígenes tal cual la inquietud antigua? Stephen Hawking (inglés) estudia el comienzo de universo a través de la teoría del Bing-Bang y realiza trabajos teóricos sobre los «agujeros negros» y «supercuerdas» del cosmos; el médico Sperry (estadounidense, Premio Nobel de medicina en 1980) demuestra la existencia de la doble conciencia cerebral en 1980; Ilya Prigogine (Premio Nobel) incursiona en la holística de los sistemas vivos celulares y sociales; Bill Gates (estadounidense, dueño de la Empresa Microsoft que la funda en 1975) crea el «sistema operativo de discos» (D.O.S.) a principios de 1980 y posteriormente copia de la Empresa Aple la idea de «ventanas» y crea Windows aproximadamente en 1985.

Lo último. Esto, si vemos lo pasado, no es menos que aquello. Hay en estos años invenciones informáticas asombrosas (cinta grabadora de vídeo, discos flexibles y rígidos, alta integración de "chips" originando lo que algunos denominan 4^a generación en electrónica, etc.); devienen la implementación de los enlaces a microondas y fibras ópticas; emergen los robots de alta tecnología como paridos de la gran madre industria tecnocrática; surgen factores de gran comunicabilidad social (prensa sofisticada, red de telefonía celular en 1980, sistema INTERNET, radionavegación satelital, sistemas de comunicación satelital como INTELSAT e INMARSAT, etc.); Francine Patterson observa lenguaje e intelección en gorilas; hay logros en las fecundaciones, en la elección del sexo y en la crianza embrionaria por medios artificiales de laboratorios; descubren restos fósiles de microorganismos en meteorito extraterrestre; hay avances en la teoría de la fuerza gravitatoria en 1997; y no menos todavía es el logro de la clonación animal en 1998.

[↑ Conclusiones generales](#)

Concluyendo, el hombre en su cultura y posición frente a la vida necesariamente debe haber cambiado. Han ocurrido, especialmente en el siglo recién pasado, determinaciones epistemológicas que debieron aguzar su ingenio y posición frente a la Naturaleza, como asimismo algunas situaciones que afrontar en cuanto a que pareciera advertir el toque de su *identidad personal*. Tal vez halla sido el siglo XX el más rico en la historia de la ciencia.

Haciendo una revisión de los temas más importantes que hemos visto, podemos concluir los siguientes:

- Eudoxo y la teorización sin correspondencia empírica
- Aristóteles y Tolomeo
- Escolástica y Tomás
- Copérnico y Galileo
- Mersenne y el movimiento Universitario
- Kant y el progreso científico
- La Escuela de Viena y el «giro lingüístico»
- El método hipotético deductivo

Se tomará conciencia que la ciencia va avanzando en un sentido de despeje de teorías equivocadas más que de la adquisición de nuevas absolutas. Ejemplificador ha sido en la historia la *gravedad*, estimada conocida por todos nosotros pero que pasó de fracaso en fracaso: desde la *gravidez* de Aristóteles, a la *atracción de masas* de Newton, y finalmente *al menor camino realizable de un móvil* según Einstein.

Ya con Eudoxo nuestras expectativas de rigor en la ciencia terminaron antes de empezar. Falta agregarle las ambigüedades de los intereses del marco social y político en que se vive para que sean completas en su decepción. Por todo ello al hablar de ciencia, en verdad, trae consigo el tema tres contradicciones a su substrato anhelado por todos, a saber: busca los desaciertos, se rige por la política y sus hipótesis no tienen generalmente correspondencia empírica.

La ciencia, así vista, es un conjunto orgánico que muestra que se desarrolla en miras de una *supuesto criterio de pseudo-verdad*. Las hipótesis que ha propuesto han ido desde los extremos de la especulación a los más serios esfuerzos del ser humano. Sus enunciados, y volviendo a Kant, muchos de ellos con el rigor de la *seguridad analítica* se han juntado con la *progresividad de la síntesis*. Distanciada cada vez más de la metafísica especulativa y teológica cobran, inclusive en el análisis del lenguaje, una significación cada vez más correspondentista con la realidad.

[↑ Bibliografía](#)

- ALBERT, A. L.: *Electrónica y Dispositivos Electrónicos*, s/c, Reverté, s/f.
- ARISTÓTELES: *Metafísica* (-384/-322), trad. por Marino Ayerra Redín, Bs. As., Tres Tiempos, 1982.
- ARISTÓTELES: *Poética* (-384/-322), trad. por Juan David García Bacca, México, Univ. Nac. Aut. de México, 1946.
- BACON, Francis: *Novum Organum* (1620), trad. por Clemente Hernando Balmori, Bs. As., Losada, 1949.
- BOIDO, Guillermo: *Pensamiento científico*, en rev. *Oro ciencia CONICET*, Módulo 2, Bs.As., s/e, 1994.
- BOIDO, Guillermo: *Noticias del planeta Tierra*, Bs. As., A-Z, 1996.
- CROMBIE, A. C.: *Historia de la ciencia*, s/c, Alianza, s/f, tt. I-II.
- *Diccionario Enciclopédico de la Lengua Castellana*, Bs. As., Vigeo y Codex, 1974.
- EDDINGTON, Arthur S.: *La naturaleza del mundo físico* (1937), trad. por Carlos María Reyles, 2ª ed., Bs. As., Sudamericana, 1952.
- FICHTE, Juan Teófilo: *Primera y Segunda Introducción a la Teoría de la Ciencia* (1794-1797), trad. por José Gaos, Madrid, Revista de Occidente, 1934.
- HALPERÍN DONGHI, Leticia: *Lavoisier*, s/c, Centro Editor de América Latina, 1967.
- HARTMANN, Nicolai: *Metafísica del conocimiento* (1921), trad. por J. Rovira Armengol, Bs. As., Losada, 1957, tt. I-II.
- KANT, Immanuel: *Crítica de la Razón pura* (A 1781 y B 1787), trad. por Pedro Ribas, Madrid, Alfaguara, 1978.
- KRAGH, H.: *Introducción a la historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica, 1989.
- KRAUSS, s/n: *Electromagnetismo*, s/d.
- MILLMAN, Jacob y HALKIAS, Christos C.: *Dispositivos y circuitos electrónicos*, trad. por José María Galán, Madrid, Ediciones Pirámide (Mc Graw-Hill), 1978.
- POINCARÉ, Henri: *Ciencia y método*, trad. por M. García Miranda y L. Alonso, Bs. As., Espasa-Calpe, 1944.
- REY PASTOR, Julio, PI CALLEJA Pedro y TREJO César A.: *Análisis Matemático* (1952), 7ª ed., Bs. As., Kapeluz, 1963, t. I-III.
- RUSSELL, Bertrand: *Nuestro conocimiento del mundo externo* (1914), trad. por Ricardo J. Velzi, Bs. As., Losada, 1946.
- RUSSELL, Bertrand: *Análisis de la materia* (1927), trad. por Eulogio Mellado, 2ª ed., Madrid, Taurus, 1976.
- SAGÁN, Carl: *Cosmos* (1980), trad. por Miguel Muntaner i Pascual y M. del Mar Moya Tasis, Barcelona, Planeta, 1992.
- SCHRÖDINGER, Erwin: *Mente y materia* (1956), trad. por Jorge Wagensberg, 4ª ed., Barcelona, Tusquets, 1990.
- SEARS, Francis W. y ZEMANSKY, Mark W.: *Física general* (1952), trad. por Albino Yusta Almarza, 4ª ed., Madrid, Aguilar, 1957.

- TOULMIN, Stephen y GOODFIELD, June: *La trama de los cielos*, Bs. As., E. U. de B. A., 1963.
 - van VLACK, Lawrence H.: *Materiales para ingeniería*, s/c, Continental, s/f.
-