

CAPÍTULO I - LA METODOLOGÍA DE TRABAJO: LA CIENCIA

*“...pero la gallina ni siquiera quiso oírlo.
–¿Puedes poner huevos? –le preguntó.
–No.
–Pues entonces, ¡cállate!
Y el gato le preguntó:
–¿Puedes arquear el lomo, o ronronear, o
echar chispas?
–No.
–Pues entonces, guárdate tus opiniones cuando
hablan las personas sensatas...”*

HANS CHRISTIAN ANDERSEN
“EL PATITO FEO”

La curiosidad es una actitud humana, asociada a la actividad científica y vinculada directamente a la búsqueda de la verdad.

Sin embargo resulta muy difícil asegurar que algo es verdadero.

En Matemáticas una conclusión es verdadera si respeta los axiomas en los que se basan los cálculos o demostraciones que estamos haciendo.

En casos de criminología y en otros muchos eventos relacionados a la actividad humana, el establecimiento de la verdad puede resultar (y resulta) discutible.

En actividades deportivas hay varias clases de verdad.

Determinar si un jugador, o equipo deportivo, es mejor que otro, es una tarea ímproba. Pero los resultados son de una verdad absoluta.

Todavía recuerdo el mundial de fútbol de 1966, en Inglaterra, donde los argentinos nos declaramos “campeones morales” (después de no haber sido campeones materiales, claro) aduciendo que habíamos perdido un partido, justamente contra el equipo anfitrión, por razones extra-deportivas.

... Mal arbitraje, por supuesto. ☺

Si jugamos mejor o peor que Inglaterra, es imposible de demostrar.

Que perdimos el partido, es una verdad incontrovertible.

Pero éste no es un libro de deportes, de modo que ¿Para qué traigo a colación estos ejemplos?

Porque, a diferencia de las actividades deportivas, las actividades científicas trabajan con hechos y datos mucho más “exactos” que los vinculados a las otras actividades humanas.

... ¿o no?

Bueno, ... de eso trata este capítulo.

Lo que intento demostrar en este desarrollo es que la ciencia, como actividad humana que es, no se diferencia mucho de otras actividades humanas. Y, el establecimiento de **la verdad** es una de las piezas claves de este análisis.

Nota: La base de algunos de los análisis presentados en este capítulo ya fueron incluidos en el libro “La Relatividad Conceptual”, publicado en 2005. En esta oportunidad el análisis se profundiza algo más, focalizándolo en el contexto algo diferente que presenta esta obra.

La Verdad

Definiciones

Las siguientes definiciones están tomadas del sitio web de la Real Academia Española:

<http://www.rae.es>

Verdad:

1. Conformidad de las cosas con el concepto que de ellas forma la mente.
2. Conformidad de lo que se dice con lo que se siente o se piensa.
3. Propiedad que tiene una cosa de mantenerse siempre la misma sin mutación alguna.
4. Juicio o proposición que no se puede negar racionalmente.

La Verdad Inútil

No todo conocimiento verdadero es útil.

Para comprobar esta afirmación podemos recordar el caso del paciente que le describe un complicado conjunto de síntomas a su médico de cabecera y, después de algunas preguntas preliminares, termina por admitir que no es la primera vez que sufre dichos síntomas.

Con esa valiosa información el médico termina diciéndole a su paciente que no sabe cuál es la enfermedad que origina esos síntomas recurrentes pero, con certeza... acaba de pescársela nuevamente. ☺

Aunque en los párrafos previos sólo he resumido un cuento sencillo (que no pretende ser verdadero), si prestamos atención a los discursos políticos, y también a algunas explicaciones que pretenden ser científicas, veremos que las verdades inútiles son bastantes frecuentes.

Pero no voy a dar más ejemplos pues los ejemplos reales pueden resultar ofensivos y porque este capítulo está destinado a verdades “útiles”, desde las cotidianas hasta las que reconocemos, o proclamamos, como verdades científicas.

La Verdad Cotidiana

Recuerdo una escena de adolescencia, cuando estaba yo tratando de convencer a mi madre sobre la conveniencia de emplear un rodillo, en lugar de una brocha para pintar una pared. Antes de que yo pudiera exponer mis argumentos, mi madre me dijo que ella prefería usar la brocha, puesto que:

- Hacía más rápido.
- Le llevaba menos esfuerzo.
- Consumía menos pintura, y
- El trabajo quedaba mejor.

También recuerdo haber abierto la boca para dar mis propios argumentos, y dejarla abierta, cuando me di cuenta de que esos eran exactamente los argumentos, que pensaba usar yo para convencerla de la conveniencia de usar el rodillo.

¿Quién tenía razón?

Aunque yo demostrara que yo podía hacer más rápido y mejor la tarea con un rodillo que con una brocha, eso no demostraba que ella obtuviera el mismo resultado. Particularmente si mi madre no colaboraba.

¿Cómo se mide el esfuerzo de pintar en forma comparativa?

¿Quién decide cuando está más cansado?

El consumo de pintura, que a primera vista sería un dato indiscutible, en realidad es una variable muy abstracta. Si digo que no me gustó la primera pasada de pintura, puedo hacer una segunda y una tercera, y... Y esto vale también para el esfuerzo.

Y el cuarto punto es estético.

¿Qué significado objetivo tiene la afirmación de que una pintura es más bella que otra? ¿Tiene demostración este punto?

Esta anécdota permite esbozar la tesis que defiendo en este desarrollo.

En lo personal creo que muchas veces la verdad es subjetiva. Cada uno posee su “propia” verdad.

Por otra parte, la verdad puede depender de las herramientas disponibles, de la experiencia y de la moda.

En resumen, si el poseedor de “la verdad” no logra convencer a los equivocados, quizás debamos admitir que “la verdad” está equivocada. Esta afirmación debe tomarse como un juego de palabras muy cercano a la verdad. ☺

Por lo tanto, en primera aproximación puede decirse que la verdad “cotidiana” no existe, sino que se proclama y se define. Este punto es consecuencia directa de los puntos anteriores.

Nota: Con independencia de lo dicho, yo tenía razón. ☺

Las siguientes son algunas definiciones de La Verdad, realizadas por personajes famosos, con las cuales me siento razonablemente identificado.

- “Casi ninguna verdad es absoluta, completa, eterna, inamovible...”. Fernando Savater, filósofo español nacido en 1947.

- “Los hombres no piden la verdad. Sólo quieren que se les disfrace la mentira”. Louis Dumur, escritor suizo, 1863-1933.
- “Basta a menudo cambiar de existencia para creer en la verdad que se negaba”. Hugo de Lamennais, pensador francés 1782-1845.
- “Si tu intención es describir la verdad, hazlo con sencillez. La elegancia déjasela al sastre”. Albert Einstein, físico, 1879-1955.

La Verdad Científica

Habiendo cerrado el capítulo de las verdades “cotidianas” es oportuno que analicemos la verdad como parte de las teorías científicas. En principio, como mencioné en la introducción, éste es un tipo de verdad demostrable donde no serían válidos los conceptos que esboqué en el apartado sobre la verdad genérica o cotidiana. Sin embargo quiero analizar algunos puntos que no son tan simples como aparentan.

En primer lugar conviene analizar cómo se alcanza la verdad mediante el método científico.

Sin lugar a dudas la experimentación es uno de los pilares fundamentales de las demostraciones científicas. Para que una teoría científica sea aceptada debe ser capaz de justificar los resultados experimentales disponibles. Y además debe hacerlo en forma más sencilla, o completa, que otras teorías.

Sin embargo, lo que no suele analizarse en detalle, es que los resultados experimentales exitosos no necesariamente demuestran la “verdad” o “falsedad” de una teoría científica. Detrás de cada medición experimental hay una serie de suposiciones, que hacen que el análisis de los resultados esté condicionado.

Si se acepta que el movimiento de los planetas (con una Tierra estacionaria) es debido al trabajo de seres celestiales que le imprimen sus caprichosos desplazamientos con respecto al fondo fijo de estrellas, cada dato experimental sólo demuestra la eficiencia de estos seres para realizar su tarea.

Pero si se acepta la ley de la gravitación de Newton, o la curvatura del Espacio-Tiempo de Einstein, los datos experimentales permiten

verificar la capacidad de estas teorías para describir el funcionamiento del mundo físico.

Cómo se observa, la selección de un modelo, condiciona el análisis de los datos experimentales. Y esto ocurre siempre.

... **¡Siempre!**

En alguna medida, esta dependencia entre el dato y el modelo explicativo es la razón por la que siempre han existido líneas de pensamiento que desarrollan modelos de la realidad tratando de independizarse de los datos experimentales.

Desde mi punto de vista, estas escuelas de pensamiento dejan de lado una pieza fundamental asociada a que todos nuestros procesos mentales se originan a partir de la interacción con el mundo físico. Y nuestra interacción con la realidad (mediante los sentidos) es un experimento continuo. De modo que resulta imposible prescindir de los experimentos.

Todo lo que hacen las diferentes teorías es idealizar, de una u otra forma, los datos experimentales.

Un ejemplo muy ilustrativo (y divertido) es el del científico que, al no descubrir orejas en las arañas, decidió estudiar la relación entre los ocho apéndices de los arácnidos y la recepción de señales sonoras. Para ello amaestró una araña para que al oír un silbato subiera por una rampa y, a continuación, fue cortando, una a una, las patas del pobre bicho hasta que, al cortar la octava la araña dejó de subir por la rampa. De esta forma llegó a la siguiente conclusión:

- La araña sin patas es sorda.

En esta breve relación no cabe entrar en detalles con respecto al esfuerzo que hizo la pobre araña para trepar con una sola pata. 😊

Por supuesto que este cuento resulta gracioso (aunque cruel) porque “sabemos” donde está la falacia del científico. Sin embargo casi todas las teorías antiguas (Flogisto, transmutación con la Piedra Filosofal, etc.) se nos antojan similares a esta historia, ahora que “sabemos” las verdades de la termodinámica y la teoría atómica.

Adicionalmente el ejemplo citado sirve para ilustrar otro punto importante de las “verdades” científicas. Habitualmente se acepta que

cuantos más experimentos se realicen, más “probada” resulta la teoría en la que se basan. De este modo, si el científico del cuento, hace su experimento repetidas veces y además convence a otros científicos para que realicen la misma experiencia, se habrá avanzado en la consolidación de la teoría. Y aún más: Se podrán hacer predicciones valederas, tales como que “todo insecto sin apéndices móviles (alas incluidas) también es sordo”.

Y para seguir con el ejemplo y mostrar el destino habitual de todas las teorías científicas, con el tiempo aparecerán detractores que mencionarán cosas tales como que las serpientes oyen perfectamente aunque no tienen patas. Y los defensores de la teoría dirán (por ejemplo) que sólo se aplica a animales sin esqueleto interno. Y finalmente, después de largos debates, se “aceptará” que la teoría era equivocada. ☺

Nota: Durante la revisión de los primeros manuscritos, uno de mis amables revisores me mencionó que, si no exactamente las patas, al menos algunos sensores vinculados a éstas, son empleados por las arañas para detectar sonidos. Aceptando la validez de dicha información, esta situación no hace más que confirmar lo complejo que resulta validar o rechazar los resultados de los experimentos científicos. En la actualidad, en ciertos espectáculos musicales, debido a la elevada potencia acústica empleada, podemos comprobar que todo nuestro cuerpo percibe la “música”. Pero... ¿Se puede aplicar el concepto de “oír” a estos fenómenos? Y, por otro lado... ¿Podemos garantizar que una araña percibe las perturbaciones del aire sólo con los receptáculos ubicados en sus patas?

Además no hay que perder de vista que el objetivo del cuento no es validar la existencia, o no, de la capacidad de audición de las arañas a través de sus patas. El “error” del experimentador es el de interpretar que la araña no camina porque no oye la orden y no porque no tiene patas. En otras palabras, aunque no hubiera perdido la capacidad de audición a la obediente araña le hubiera resultado imposible subir a la rampa.

Una vez que se entiende este proceso de búsqueda de la verdad mediante el método científico, uno puede:

- Quedar decepcionado pues nunca habrá de estar seguro de haber alcanzado la verdad,
- o
- Aceptar que mediante esta vía, lentamente, se irá obteniendo una imagen de la realidad más satisfactoria.

Y esto último es la llama que alimenta la pasión por la ciencia y sus métodos.

Cabe citar como ejemplo que, en la actualidad, se entiende mucho mejor el funcionamiento de las estrellas que lo que parecía posible a fines del siglo XIX. Y este conocimiento derivó en numerosas aplicaciones tecnológicas de las que disfrutamos en la actualidad.

El ejemplo de la araña es particularmente apto para demostrar que sin un modelo adecuado, los experimentos, por si solos, no conducen a alcanzar la “verdad”.

Durante muchísimo tiempo se aceptó que el hecho de que las piedras cayeran al pie de las torres desde las que eran abandonadas a su propio peso, era una prueba irrefutable de que la Tierra estaba inmóvil. En este modelo se aceptaba que, si la Tierra estaba en movimiento, una vez que la piedra abandonaba la mano, dejaba de recibir el impulso de ésta y, por lo tanto, al no tener quién la impulse, debía sufrir un retraso respecto al desplazamiento de la Tierra. Una situación parecida a lo que le ocurre a un paracaidista cuando se arroja desde un aeroplano.

Hasta que no se postuló (y aceptó) la ley de inercia en su concepción actual, no fue posible refutar esa “demostración”.

En consecuencia el modelo interpretativo es al menos tan importante como el experimento. Y en realidad, cuando se diseñan experimentos para probar la validez de una teoría, es porque se dispone de un nuevo modelo, que recurre a explicaciones diferentes para justificar el comportamiento de la “realidad”. Mientras no se dispone de modelos alternativos, las deficiencias del modelo en uso se “emparchan” o se aceptan como excepciones.

La Inducción y la Deducción como Base para Sustentar Teorías Científicas

En principio el método científico recurre a dos vías alternativas y complementarias para elaborar los conceptos (teorías) que permiten acercarnos al entendimiento de la realidad: El método inductivo y el método deductivo.

El método inductivo se basa en la acumulación de datos cuya tendencia nos permite extrapolar o generalizar el comportamiento de los sistemas en estudio. La veracidad de sus conclusiones se ven reafirmadas con la generación de más y más datos que apunten en la misma dirección.

El método deductivo es básicamente un proceso intelectual. En este caso una mente creativa imagina una explicación razonable para un conjunto de datos y elabora una teoría que permite compatibilizar la información proveniente de fuentes diferentes. La imagen adecuada para ilustrar este método es la del detective que logra resolver el rompecabezas de un crimen.

Ninguno de los dos métodos es garantía de éxito en la búsqueda de la verdad. Sólo el esfuerzo continuado y la crítica permanente nos permiten aspirar a ir perfeccionando nuestra imagen de la realidad.

La teoría de la gravitación universal de Newton es un excelente ejemplo de la aplicación de ambos métodos. Mediante el método inductivo se llegó a generar la “teoría” de que todos los cuerpos son atraídos por la Tierra. Esta teoría que ahora nos parece trivial y auto-evidente presentó sus serias dificultades.

¿Cómo explicaba esta teoría que las llamas fueran en sentido contrario a la caída de los cuerpos?

Ahora esto es muy sencillo de explicar (como ya dije la teoría atómica y la termodinámica son herramientas actuales). En la antigüedad se consideró al fuego un elemento independiente con comportamiento especial.

Bien, el genio de Newton consistió en suponer que la Luna también caía hacia la Tierra y asumir las consecuencias de esta afirmación. En

principio esto no es más que continuar con el método inductivo, sin embargo existe una profunda revolución de ideas asociadas al hecho de suponer que la órbita de la Luna no es más que la trayectoria de una caída permanente hacia la Tierra. Newton “dedujo” que el fenómeno que hacía caer las piedras (y las manzanas) era el mismo que mantenía la Luna en su órbita, cuando la evidencia aparente indicaba que la Luna no se cae desde su posición.

Y sin embargo la teoría de la gravitación de Einstein fue capaz de explicar fenómenos que no era posible justificar con la teoría de Newton.

¿Tiene sentido preguntarse si Newton debía haber desarrollado la teoría que elaboró Einstein?

En absoluto.

La teoría de Einstein carecía de sentido en el contexto en que fue elaborada la teoría de Newton. Del mismo modo la teoría de los Quarks tuvo sentido una vez que se cimentó sólidamente la teoría atómica y los primeros bosquejos del mundo subatómico.

*Nota: El camino de búsqueda de la verdad no es lineal. Con cada paso que damos no estamos necesariamente más cerca de la verdad. Seguramente (y los ejemplos son numerosísimos) muchas nuevas teorías nos alejan momentáneamente del camino “correcto”. Tal como yo lo entiendo, la principal aspiración de la ciencia es la de acercarse todo lo posible al conocimiento de la realidad y, dado que las herramientas de que dispone no son perfectas, es natural que se cometan errores. **La teoría subyacente (la teoría científica, definida en sus propios términos) es la de que el conocimiento, tomado como entendimiento de la realidad, es posible.***

Por supuesto que existen numerosas personas (incluidos numerosos científicos) que afirman que pretender “entender” la realidad no es una tarea razonable y que a lo único que podemos aspirar es a describirla y predecirla.

Por razones de principio (en este punto no puede haber otras razones) prefiero enrolarme con los que creen que es posible (muy al final del camino) entender los “por qué” y no sólo los “qué” o los “cómo” de la realidad.

Estoy dispuesto a hacer el esfuerzo. ☺

De modo que es el momento de avanzar un poco más y tratar de entender cómo aprendemos o incorporamos y aceptamos los conocimientos científicos.

El Aprendizaje de Conceptos Científicos

“La cuestión del desarrollo de los conceptos científicos en la edad escolar es, ante todo, una cuestión práctica de enorme importancia, que puede resultar primordial desde el punto de vista de las tareas que se le plantean a la escuela a la hora de enseñar al niño el sistema de conocimientos científicos...”

L. S. VYGOTSKI

“PENSAMIENTO Y LENGUAJE”.

Mi formación universitaria es netamente científica (Licenciado en Química) y mi actividad principal se desarrolla en un área técnica (el petróleo). Sin embargo imparto cursos regulares de capacitación sobre temas técnicos y escribo reportes y notas técnicas desde hace muchos años.

Por lo tanto, mi interés en la transmisión de conocimientos obedece a una necesidad práctica. Quiero saber cómo impartir mejor los conocimientos que deseo transmitir.

Pero también me interesa la transmisión de conocimientos por sí misma dado que es esta actividad la que permite que nos integremos y participemos del “tejido” social.

Sin embargo, es conveniente que aclare nuevamente que este desarrollo, como muchos de los temas que analizo en este libro, deben tomarse sólo como una contribución personal, posiblemente equivocada, seguramente incompleta y básicamente intuitiva del tema.

Bien, yo aprendí ciencias. Y creo que sé diferenciar razonablemente bien un procedimiento científico de otro que no lo es.

Mi visión del mundo es netamente científica.

Pero el aprendizaje de ciencias tiene dos grandes partes: El método científico y los conocimientos científicos. Uno es la forma y el otro el contenido.

Pero el contenido puede dividirse, a su vez, en dos grandes grupos:

- Los **experimentos** individuales. Que son los que aportan datos científicos.
- Los **modelos**. Que interrelacionan los datos observados y permiten realizar adecuadas predicciones.

***Analogía:** Para los que conocen la arquitectura interna de las computadoras es fácil identificar lo que yo llamo dato de la realidad con cualquier dato almacenado en una posición de memoria o registro del ordenador. Los modelos son el equivalente de los programas (Lenguajes, sistemas operativos, graficadores, sistemas contables, etc.) que manejan los datos de acuerdo con un esquema propio. Un mismo juego de datos puede significar diferentes cosas para diferentes programas de ordenador.*

Los datos se adquieren en forma directa. Sólo participan nuestros sentidos y la memoria para registrar un nuevo dato.

Voy a definir tentativamente a todo dato como un dato científico. En consecuencia toda información proveniente de lo que llamamos realidad es un dato científico.

Lo que intento analizar en este desarrollo es ¿Cómo incorporamos un nuevo modelo científico en nuestros cerebros?

***Nota:** En el resto de este capítulo voy a emplear el término “concepto científico” como sinónimo de “modelo científico”.*

Para un niño, los viejos modelos ya conocidos (la teoría de la evolución, el heliocentrismo, la teoría atómica) en algún momento, la primera vez que se topan con ellos, son nuevos modelos.

Para un científico especializado, los nuevos modelos son realmente nuevos modelos.

El niño/estudiante incorpora estos modelos guiado por un tutor. El científico que descubre un nuevo modelo “hace camino al andar”.

Las dos formas de incorporación me interesan y en las dos he participado. Casi todos hacemos descubrimientos de mecanismos o modelos novedosos en nuestras áreas de especialización. Quizás se trate de modelos viejos, pero si se descubren por propio esfuerzo los pongo en la segunda categoría.

Agrego un punto más antes de detenerme a resumir lo que he expresado hasta ahora.

Para que un modelo científico sea considerado como tal debe proporcionar una relación causal (causa-efecto) entre los datos almacenados.

Pero..., con esta aclaración no es suficiente. Si asumimos que los rayos son el resultado de la ira de Zeus también incluimos una relación causa-efecto.

Es necesario ampliar la definición.

La relación causal debe ser demostrable.

La relación entre Zeus y los rayos es sólo una justificación de los hechos. Una demostración es algo mucho más profundo.

Nota. Desde la época del Discurso del Método, estos temas deben haber sido desarrollados en extenso por mentes mucho más brillantes que la mía. Por lo tanto cabe preguntar ¿Por qué no busco lo que han escrito otros pensadores? La respuesta es compleja pero obedece básicamente a que yo no estoy buscando definiciones rigurosas, sino operativas que me permitan aplicar mis propias reglas de análisis. De esta forma espero ayudar al lector a poner mis propios desarrollos dentro de un contexto adecuado. Si transmito adecuadamente mi propia visión de la ciencia y la forma de incorporarla a nuestro acervo intelectual, posiblemente resulte más fácil encuadrar la presente obra.

¿Qué es, pues, una demostración de una relación causal?

¡Ups!

Supongo que es algo así como “un procedimiento que nos permite generar causas y determinar y cuantificar los efectos relacionados”.

Veamos la aplicación al caso de Zeus y sus dichosos rayos.

¿Puedo generar la ira de Zeus?

Seguramente existen procedimientos establecidos para enojar y calmar al Gran Jefe del Olimpo.

Pero dudo que logremos una respuesta repetitiva.

Por otro lado con un equipo no muy complejo podemos generar chispazos eléctricos “a voluntad” a partir de cargas electrostáticas artificiales.

Resumen Parcial

Luego de esta algo extraña introducción puedo resumir el camino que he recorrido hasta este punto.

- He identificado el objetivo de este apartado. Quiero analizar los mecanismos por los cuales incorporamos nuevos modelos o conceptos científicos en nuestra mente.
- Asumo que todo dato que recibimos de la realidad (mediante nuestros sentidos o instrumentos), es un dato científico.
- He definido como modelo científico a todo marco que establezca una relación causa-efecto demostrable entre los datos que nos proporciona la “realidad”.
- Intuyo que el mecanismo de incorporación de estos nuevos conceptos es diferente en la mente del especialista (donde el proceso es espontáneo) y en la mente del estudiante (donde el proceso es guiado por algún tutor). La respuesta a este punto debería surgir a lo largo del análisis que sigue.

Nota: Yo asocio a la ciencia con el concepto causa-efecto. En este punto habrá muchos que podrían señalarme que algunas teorías modernas como la teoría cuántica y la teoría del caos han desvirtuado el concepto tradicional de causalidad. Por ahora me aferro a mi definición. Más adelante voy a avanzar un poco más en este tema. 😊

Incorporación de nuevos conceptos científicos en los especialistas

En la primera versión de este apartado suspendí la redacción en el punto anterior por razones familiares. Cuando me retiré de la computadora había puesto el título dedicado a los estudiantes antes de éste, dedicado a los especialistas.

Pensaba seguir el orden “cronológico” del aprendizaje.

Pero me temo que estoy en condiciones de desarrollar mejor este segundo punto y recién después analizar la mente del estudiante que alguna vez fui.

Nota: Cabe aclarar que, como muchos, soy un eterno estudiante. Sin embargo la experiencia nos quita mucho de la visión ingenua de nuestros primeros años.

Por falta de otros ejemplos conocidos, en los párrafos que siguen voy a usarme como ejemplo para describir el proceso.

Voy a exponer los datos.

Yo no soy investigador científico, ... pero soy muy curioso.

Manejo regularmente muchos resultados de mediciones rutinarias sobre muestras de rocas y petróleo. Para generar estos datos (datos de la realidad), se emplean aparatos y rutinas asociados a tecnologías ya probadas y aceptadas.

Los resultados se almacenan y se procesan en forma estadística. Se les da un orden, se los pone en contexto.

Estos datos usualmente terminan en un reporte que recibe un especialista para realizar sus propios análisis e interpretaciones y tomar decisiones.

Periódicamente surgen datos anómalos.

Los primeros que surgen se los chequea (repeticiones, muestras duplicadas, revisión de aparatos y metodologías empleadas, etc.)

Si los datos anómalos persisten se los cataloga como excepciones y se los deja a un costado.

Llega un momento (pueden pasar años desde la primera anomalía detectada o puede ocurrir desde la detección de las primeras anomalías) que las anomalías acumuladas son lo suficientemente voluminosas como para llamar la atención.

Quizás en el camino leo o escucho algo relacionado al tipo de anomalías que estoy mencionando (hay innumerables grupos o tipos de anomalías y no menciono ninguna en particular puesto que son sólo entendibles para otros especialistas)

De lo que estoy seguro es que, en algún momento, mi mente comienza a tratar de encontrar un patrón para catalogar estas anomalías.

Supongo que se trata del momento en que me doy cuenta que las anomalías no son algo ajeno a la medición rutinaria sino una parte “natural” de estas mediciones. Por lo tanto requieren una explicación convincente.

En otras palabras el modelo que estoy empleando no describe adecuadamente los datos de la realidad.

Resumo hasta este punto:

- Parto de un modelo aceptado.
- Recojo datos de la realidad.
- Detecto y acumulo anomalías.
- Las anomalías llaman mi atención.
- Comienzo a cuestionar el modelo que estoy empleando.

La actitud siguiente es siempre la misma: Imagino algún “parche” para que el modelo siga siendo funcional.

Estos “parches” no son un nuevo modelo o concepto científico. Son sólo “ampliaciones” más o menos consistentes del modelo preexistente.

Finalmente llega un momento en que el número de parches es tan grande que el modelo deja de ser funcional.

El modelo entra en crisis.

Es necesario desarrollar un nuevo modelo.

Esta es la tarea creativa por excelencia. He pasado varias veces por este proceso.

Cuando descubro que debo generar un nuevo modelo nunca sé por donde empezar. En general empiezo por cualquier punta y confundo partes fundamentales con partes accesorias. Dejo de ser el experto y me transformo en novato.

Puedo identificar esa confusión. ☹

En algún momento, en general coincidente con el empleo de alguna frase o palabra clave, las cosas comienzan a tomar forma coherente.

Hasta que no identifico el corazón del nuevo modelo sólo obtengo justificaciones “ad-hoc” de las diferentes anomalías.

Ejemplo Personal

Una de las últimas veces que pasé por este proceso (que fue el resultado de una crisis extendida durante muchos años) todas las cosas tomaron sentido cuando pude verbalizar el siguiente juego de conceptos:

- Cuando circula un sólo fluido por un medio poroso (como un tubo relleno de arena) los caudales que se inyectan, los que circulan por el tubo y los que se producen son idénticos. De hecho no es necesario especificar a cual de estos procesos se hace referencia cuando se dice “caudal de fluido”.
- Cuando circula más de un fluido por un medio poroso (Ejemplo: agua desplazando petróleo previamente acumulado en ese medio poroso) se puede estar inyectando sólo agua, produciendo sólo petróleo y conduciendo cosas diferentes a lo largo de todo el tubo.

A partir de ese momento, habida cuenta que los desarrollos de flujo multifásico actuales sólo modelan la conducción de fluidos, pude ver claramente la falla del modelo preexistente. Hasta ese momento (en que identifiqué la diferencia entre los tres verbos) sólo había podido hacer parches en el modelo en uso. Visto retrospectivamente mi aporte a la teoría es tan trivial que me da vergüenza mencionarlo como aporte. Sin embargo me resultó difícilísimo llegar a darle forma.

Comentario: *Una vez adoptado el nuevo modelo ya resulta imposible recurrir a la visión que otorga el modelo anterior.*

Ejemplo Tomado de la Historia de la Ciencia

El pasaje del modelo geocéntrico al modelo heliocéntrico

Nota: *Este viaje es sólo imaginario. Las situaciones y ejemplos que voy a usar son seguramente una mezcla de cosas que he leído (cuyo recuerdo seguramente no es exacto), cosas que he analizado en el pasado y ocurrencias del momento en que estoy escribiendo.*

Puedo recordar la sorpresa con que, hace muchos años, escuche a mi padre explicarme que la Tierra no está apoyada sobre algo rígido, sino que está “flotando” en el vacío.

A esa edad mi padre era una fuente confiable de información. Pero me estaba diciendo algo que me resultaba imposible aceptar.

Si la Tierra no está apoyada sobre algo ¿Por qué no se cae?

Nota: Ahora sé que, en realidad, el concepto intelectualmente más satisfactorio es el de admitir que la Tierra “cae” permanentemente hacia algún centro de atracción gravitatoria (del mismo modo que la Luna “cae” permanentemente hacia la Tierra), pero en ese momento mi padre prefirió decirme que la Tierra flota en el espacio.

La sorpresa que recibí con la explicación de mi padre me permite vislumbrar la sorpresa equivalente (increíblemente mayor) de quienes llegaron a imaginar por primera vez este modelo. Era el modelo que explicaba más cosas y de forma mucho más simple. Pero le faltaban tantas piezas y había que dejar de lado tantos modelos anteriores que el proceso de aceptación del nuevo modelo sólo puede calificarse de traumático.

Me atrevo a afirmar que Copérnico no empezó sus estudios con el modelo heliocéntrico en su cabeza. Por el contrario, debe haber sido un estudioso aplicado del modelo ptolemaico. El concepto heliocentrista debe haberse abierto camino en su cabeza luego de agotar las instancias por entender y aceptar el modelo vigente en ese momento.

Voy a tratar de enumerar algunas anomalías existentes para el modelo geocéntrico y los “parches” empleados para mantener su validez.

Asumiendo que la Tierra es el centro del Universo, el modelo más simple es el de una Tierra plana, que hace de base para toda la estructura. Además esta forma permite imaginar cielos e infierno separados por la Tierra.

Cualquier otra forma debe estar apoyada sobre algo y por mucho que imaginemos siempre terminamos con algo de extensión infinita sobre lo que descansa la Tierra.

Si la Tierra era una media esfera sostenida por tres elefantes gigantes, estos elefantes debían estar apoyados sobre algo.

De acuerdo, ... una inmensa tortuga.

Y la tortuga nadaba en un mar de leche infinito.

... ¿Por qué leche? ¿Para que la tortuga se pueda alimentar sin desplazarse? ¿Toman leche las tortugas? ☺

Por lo tanto todos los indicios de que la Tierra es redonda

- La sombra de la Tierra en la Luna durante los eclipses.
- La redondez de los otros cuerpos identificables en el Universo (la Luna y el Sol).
- Los barcos que se “hunden” en el horizonte,
- ...

Debían justificarse mediante algún tipo u otro de “parche”.

La Tierra como centro del Universo se acompañaba de una Tierra estática (sin movimiento). Y éste era el modelo más simple para explicar por qué no percibimos ningún movimiento de traslación o rotación de nuestro hogar.

Esto obligaba a asumir que los que se movían en el transcurso del día y la noche eran los demás objetos “celestes”. Y esto conducía directamente a un Universo no muy grande. De otra forma la velocidad de traslación de las estrellas sería pasmosa, aún sin considerar las restricciones que impone la relatividad.

Y... ¿Como justificar que todas las estrellas se movían uniformemente, manteniendo las distancias entre ellas?

Lo más simple fue asumir que las estrellas eran solidarias a una gran esfera (la esfera celeste) que giraba alrededor de la Tierra.

Parche gigantesco... pero necesario.

Etc, etc...

Y ese modelo con una increíble cantidad de parches se mantuvo “victorioso” durante casi 2.000 años.

... Hasta que el peso de las anomalías y los parches obligó a desarrollar un nuevo modelo.

En algún momento alguien pensó algo así como ¿Qué tal si el centro del Universo no es la Tierra sino el Sol?

Casi con certeza no fue Copérnico el primero en plantearse la pregunta.

Nota: Hasta donde he averiguado, los primeros filósofos griegos (cuándo no) ya lo habían propuesto unos dos mil de años antes.

Pero Copérnico fue el que se sintió con fuerzas como para llevar adelante la tarea.

¿Cómo llega a gestarse la pregunta fundamental que da lugar a un nuevo modelo científico?

Ésta es una parte primordial del análisis que estoy tratando de realizar.

En primera instancia parece que la proposición de un nuevo modelo no es un proceso científico de causa-efecto.

Es un proceso creativo.

... Como el de un artista

... Significa ver las cosas desde un ángulo que nadie las vio antes.

Por supuesto que hay una causa (las anomalías acumuladas y los parches insatisfactorios), pero la consecuencia no es predecible. Muchas veces con los mismos datos se generan teorías competitivas. Como las corrientes filosóficas y las metodologías psicoanalíticas, o los modelos cosmológicos (Big Bang, Estado Estacionario), etc.

Por eso digo que es un proceso creativo. No hay dos artistas que pinten el mismo cuadro frente a un estímulo visual determinado.

Y, llegados a este punto podemos plantear la pregunta básica de este desarrollo:

Pregunta: ¿Cómo incorpora un nuevo modelo científico el especialista?

Respuesta: A través de un proceso creativo que le permite alejarse del camino conocido. Y el proceso creativo es desencadenado por una crisis (latente o manifiesta) en el modelo que estaba manejando antes de desarrollar uno nuevo.

Los otros especialistas, los que no desarrollaron el nuevo modelo, pueden incorporarlo o no. Desde el punto de vista práctico los especialis-

tas que observan pasivamente la creación de un nuevo modelo científico caen dentro de la categoría de “estudiantes” que voy a tratar en detalle en el próximo apartado.

Nota: Los especialistas que estaban luchando (conciente o inconscientemente) con el viejo modelo no entran en la categoría de estudiantes pasivos pues ya estaban sufriendo la crisis que les permite aceptar el nuevo modelo en cuanto lo ven surgir. No lo crearon ellos pero lo sienten como propio en cuanto lo ven.

Incorporación de nuevos conceptos científicos en los estudiantes

Espero que mi intento por recuperar la visión del mundo que tenía en la época de estudiante no sea del todo infructuoso.

Vale recordar que defino como concepto o modelo científico a todo marco que establezca una relación causa-efecto demostrable entre los datos que nos proporciona la “realidad”.

Todo aquello que no cuadre dentro de esta definición es un dato de la realidad o un concepto o modelo no científico (no causal).

Ya establecí que defino como estudiante a todo el que recibe un modelo sin desarrollarlo por sí mismo. Con este punto de vista Einstein (que dio los primeros pasos para cimentar la teoría cuántica) era un estudiante de la teoría cuántica propuesta por Bohr. Bohr (y un grupo de genios de similar talla) realizó el parto creativo. Einstein nunca terminó de aceptarlo.

Fue un insigne estudiante rebelde.

Para analizar la incorporación de modelos científicos en los estudiantes también me voy a proponer como conejillo de indias. Después de todo soy el estudiante con el que he tenido mayor contacto a lo largo de toda mi vida. 😊

Y sigo siendo un estudiante.

... Un estudiante rebelde como habrán comprobado quienes hayan analizado mis escritos hasta este punto.

Realizando la introspección necesaria identifico dos formas en que se me transmitieron los conceptos o modelos científicos.

- Transmisión Informativa. En este caso me contaron el cuento completo de la A hasta la Z (en realidad de la Z hasta la A).
- Transmisión Formativa. En alguna medida me permitieron participar de las mismas dudas que tuvieron que resolver los verdaderos creadores. De este modo pude vislumbrar algo del parto creativo, aunque sólo sea un muy pálido reflejo del mismo.

Ejemplos

Típica enseñanza Informativa

Si cuando se introduce el modelo científico denominado “Teoría Atómica” se lo hace con una frase tal como “*La materia está formada por átomos*”, no sólo se empieza desde la “Z” (el final del cuento) sino que no se permite que el estudiante desarrolle algún tipo de duda previa a la explicación del docente.

Es muy raro que la información proporcionada de esta manera genere algún tipo de impacto emocional en el estudiante. De hecho, si la información se entrega de esta forma, usualmente se la archiva como un dato más de la realidad.

No como un modelo.

Típica Enseñanza Formativa

Ésta la logra, por ejemplo, un docente que en vez de dar una tabla con valores numéricos indicando las dimensiones de los planetas y las órbitas planetarias, les pide a sus alumnos que construyan un modelo a escala del sistema solar, empleando, por ejemplo una pelotita de Tenis para representar al Sol.

Si los alumnos deben buscar por sí mismos las dimensiones del sistema solar, si además deben adquirir nociones de escalamiento, y finalmente descubren que su modelo no les entra en el recinto escolar, habrán terminado por comprender (no por conocer, lo cual es anecdótico) las dimensiones del sistema solar.

Algunos terminarán fascinados por la experiencia y se la contarán a sus familiares. Otros la mirarán con más o menos entusiasmo. Y un grupo pequeño posiblemente quiera seguir experimentando con dimensiones mayores u otras variantes que ni siquiera fueron propuestas por el docente.

Nota: En algunos casos, con ayuda docente o en forma autodidacta, he re-hecho el camino formativo sobre algún modelo que me fue proporcionado con un procedimiento informativo.

Ejemplo personal

Estaba cursando el quinto año de la escuela primaria, cuando la maestra (maravillosa “señorita” Rita) nos pidió que definiéramos un triángulo con nuestras propias palabras.

El resultado fue sorprendente y divertido. Luego de intentar algo así como “es una figura triangular” y otras variantes poéticas, al cuarto o quinto intento, alguien (¿María Eugenia?) llegó a aproximarse a una definición razonable diciendo algo así como “es una figura con tres líneas rectas que se cortan”.

La “malvada” señorita dibujó las tres líneas cortándose en un solo punto. Cumplía con la definición, pero no era un triángulo.

Después de este intento nuestra maestra decidió darnos la respuesta.

Nota: Sólo para completar la historia, si mal no recuerdo, lo que dijo fue: “es el espacio (o la figura) geométrico delimitado por tres líneas rectas que se cruzan de a pares”.

La definición oficial resultó irrefutable. No había manera de hacer una figura que cumpliera con la definición y que no fuera un triángulo.

Evidentemente esta forma de introducir la necesidad de definiciones no ambiguas fue tan buena que hoy (más de 40 años después del hecho) la estoy usando como ejemplo de enseñanza formativa.

En su momento nos resultó muy claro que si no disponíamos de definiciones rigurosas, iba a ser muy difícil avanzar en el mundo de la Geometría.

Si, por el contrario, la maestra hubiera empezado el día dándonos directamente la definición de triángulo, la clase hubiera sido mucho más aburrida y yo difícilmente conservaría recuerdo de ella.

Primeras Conclusiones

Ya he identificado al desarrollo de un nuevo modelo explicativo como un ejemplo de proceso creativo (no gobernado por relaciones directas del tipo causa-efecto). Por lo tanto, si queremos ser dueños de nuestras decisiones, es importante que aprendamos a fomentar estos procesos en nuestra mente. Y la ciencia, con sus rigurosos métodos de duda, validación e interpretación es, posiblemente, una de las actividades humanas que nos ofrece más posibilidades para ejercer nuestro libre albedrío.

Sin embargo, para incorporar un modelo científico funcional en nuestra mente necesitamos haber participado, en alguna medida, del proceso creativo que conduce a dicho modelo. En caso contrario el modelo científico opera sólo como un dato de la realidad y no como un mecanismo de interrelación de otros datos de la realidad.

En otras palabras, para valorizar al ser humano como individuo creativo, la ciencia no puede ser solamente una herramienta de descripción y cuantificación de la realidad. La búsqueda de la verdad científica debe ser un proceso abierto.

Algunas palabras sobre la enseñanza de ciencias

Si bien este tema no está vinculado directamente al contenido de esta obra, creo que el análisis previo quedaría incompleto si no incluyo también mis propias conclusiones respecto a lo que considero una forma adecuada de impartir la enseñanza de ciencias en los estudiantes.

Como se verá, mis ideas al respecto están estrechamente vinculadas a los análisis que he presentado en este desarrollo.

Desde mi punto de vista, la educación científica debe reproducir en pequeña escala el mecanismo de desarrollo del modelo científico que se pretende proporcionar a los estudiantes.

En resumen, la secuencia que identifico como adecuada (en función de mi propia experiencia) sería algo así como:

- Proporcionar datos de la realidad al estudiante. Puede ocurrir que el tema sea tan conocido que el estudiante ya tenga datos disponibles. De otro modo es conveniente que también participe de la obtención de algunos datos.
- Dejarlo que use sus propios modelos para explicar estos datos. Si el estudiante emplea el modelo que estamos tratando de introducir, el docente debe ser capaz de demostrarle que ese modelo no sirve. Excepto que el estudiante sea particularmente brillante el docente siempre puede brindarle contraejemplos que invaliden la teoría “oficial”. Sólo es necesario emplear los mismos ejemplos contra los que tuvo que luchar, en su momento, el modelo aceptado.
- Guiar al estudiante para que sistematice los datos disponibles: Tablas, gráficos, modelos a escala, etc.

Todo lo anterior es mucho más productivo en grupos de trabajo. Parte del aprendizaje se hace en forma más “libre” o “natural” discutiendo con pares. En estos casos no existe la “vergüenza” inevitable de proponer ideas ridículas frente a alguien que sabe más que nosotros. Consecuencia: Los grupos deben ser parejos.

Recién cuando el caos se hace evidente, debe el docente orientar a los estudiantes hacia la solución “correcta”.

Una vez establecido el modelo científico es conveniente dedicar algún tiempo a discutir, en forma libre o guiada, las consecuencias del mismo. Esta etapa es la de afianzamiento o uso del modelo. Es una etapa fundamental dado que un modelo no es un dato de la realidad, sino un mecanismo de análisis de la realidad. Por lo tanto, el empleo del modelo con fines predictivos o de análisis lo ubica en nuestra mente como herramienta y no como dato.

Temas Relacionados

Mientras iba desarrollando los conceptos de este capítulo me fueron surgiendo una serie de “dudas” o análisis complementarios, que creo conveniente analizar en forma independiente.

Conceptos no-científicos

A lo largo de este desarrollo he tratado de analizar la forma en que incorporamos a nuestra mente los conceptos o modelos científicos.

Pregunta: ¿Existen modelos o conceptos no-científicos?

Respuesta: Sí, por supuesto.

Son aquellos modelos que no se basan en correlaciones causa-efecto demostrables.

Ejemplos:

- Los hombres son más inteligentes que las mujeres. ☺
- El hombre tiene alma. Los animales no.
- Sólo se vive una vez.
- El ser humano es bueno por naturaleza.
- El ser humano es malvado por naturaleza.
- Todo lo que sube tiene que bajar.
- La verdad no está en los extremos.
- ...

Como se observa, estos ejemplos no son datos de la realidad sino modelos de interrelación de datos. Muchos de estos modelos adoptan la forma de refranes o dichos de “sabiduría” popular. Otros los manejamos sin darnos cuenta.

Magnitudes

Las magnitudes físicas como la masa, la velocidad, el tiempo, etc., no son ni datos ni modelos científicos. Son sólo categorías intermedias que agrupan “tipos” de datos.

Emociones

Las emociones como el temor, la vergüenza, la tranquilidad, el odio, etc. no son ni datos ni modelos. Son sólo condicionantes de ambos. Particularmente de los modelos.

Su mayor influencia se produce sobre los modelos no-científicos.

Ejemplos:

Difícilmente un estado de ira altere los resultados de una medición de distancias o velocidades.

Sin embargo un estado de insatisfacción global puede hacerme creer con mayor convicción que soy la persona menos comprendida en un grupo de trabajo. Y el modelo que reza “Nadie me valora adecuadamente” es un típico modelo no-científico con el que procesamos los datos que recibimos en el ámbito laboral.

¿Todos pueden realizar un aprendizaje científico?

En principio creo que sí. Pero, como todas las actividades humanas, ésta admite grados diferentes para los diferentes individuos.

No creo que todos puedan llegar a desarrollar el mismo grado de eficiencia en el manejo de modelos científicos. Sin embargo creo que vale la pena impartir en forma generalizada esta metodología de operar con los datos de la realidad.

La influencia de los modelos en el procesamiento de datos

Ya mencioné que el modelo más simple para un Universo geocéntrico es el de una Tierra plana.

Si la Tierra es el objeto principal del Universo puede adoptar la forma que quiera. Además la experiencia nos indica que el suelo que pisamos es básicamente plano. Pero el argumento más sólido para plantear la hipótesis de una Tierra plana está subyacente. Forma parte de nuestra necesidad de simplificar las cosas.

Nos impide plantear cosas más complejas.

Tratemos de verlo de la siguiente forma: Si la Tierra es plana no necesita tener límites. Se extiende por siempre. Y si alguna vez se termina, eso ocurre tan lejos de nosotros que no nos afecta. Es como la explosión final que sabemos que va a sufrir el Sol.

Va a ocurrir. Pero falta tanto que podemos dejar el problema para más adelante. ☺

Si la Tierra no es plana debe tener otra forma...

... ¡Ups!

Elijamos la forma más simple. Supongamos que se trata de una esfera (“redonda” como decimos vulgarmente). Eso trae un problema que todos nos hemos planteado de chicos. ¿Por qué no se caen los que están en la parte de abajo?

Porque... nosotros estamos arriba ¿verdad?

Cuando uno desconoce la teoría gravitatoria no tiene forma de explicar estas cosas.

Conclusión: Si la Tierra no es plana, necesitamos teorías complementarias.

Es más fácil suponer que la Tierra es plana y que nosotros nos mantenemos sobre la superficie por alguna razón “natural” que no requiere explicaciones.

Lo que estoy tratando de expresar es que los modelos simples impiden hasta el planteo de ciertas preguntas motivadoras. Una Tierra redonda con gente que vive sobre sus pies en cualquier punto de la superficie y agua que no se “cae” por los bordes, requiere (inevitablemente) que nos preguntemos ¿Por qué todos los objetos permanecen sobre la superficie?

La idea de atracción hacia el centro de la Tierra es mucho más elaborada pero se vincula con la pregunta indicada.

Una Tierra plana no requiere explicaciones. Si alguien preguntara ¿Por qué el agua no se cae de la Tierra? la respuesta (que no es una respuesta, sino una verdad inútil) sería algo así como: “Por la misma razón que no se cae la sopa del plato”.

... Y no haría falta desarrollar una teoría de atracción universal. ☺

Una Revisión del Método Científico

“...

Creo que nuestro futuro depende del grado de comprensión que tengamos del Cosmos en el cual flotamos como una mota de polvo en el cielo de la mañana.

Estas exploraciones exigen a la vez escepticismo e imaginación. La imaginación nos llevará a menudo a mundos que no existieron nunca. Pero sin ella no podemos llegar a ninguna parte. El escepticismo nos permite distinguir la fantasía de la realidad...”

CARL SAGAN – “COSMOS”.

En principio, todos los que estamos vinculados (laboral o intelectualmente) a la actividad científica creemos saber de qué se trata el método científico.

Desde la época de Descartes se ha escrito mucho al respecto.

Por otra parte, muchos filósofos de la ciencia difieren notablemente a la hora de explicar cómo funciona el método científico. Dentro de esta línea, quizás el caso más llamativo sea el de Paul K. Feyerabend, quien publicó en 1975 un pequeño libro titulado “Contra el método”, que ha tenido (y tiene) mucha influencia sobre los pensadores actuales.

Pero yo no voy desarrollar un análisis de todo lo escrito al respecto. En este punto recomiendo fervientemente el libro “¿Que es esa cosa llamada ciencia?” de Alan F. Chalmers.

Yo voy a hablar, según mi costumbre, de cosas que el lector no va a encontrar en la literatura fácilmente accesible.

Y, en este caso, quiero analizar la posibilidad de hacer ciencia no experimental.

... Ciencia basada en la observación y en las conjeturas.

Claro que esto, para muchos, no es ciencia.

La ciencia, se dice, nace con Galileo y la revolución científica... ¡De la mano del método experimental!

Esta vinculación entre ciencia y experimento es tan marcada que suele afirmarse que todo lo que no se puede medir no forma parte de la actividad científica.

Entiéndase bien. Por supuesto que no voy a negar el valor de las experiencias de laboratorio como parte fundamental del desarrollo científico.

Lo que quiero hacer es revalorizar un aspecto de nuestra interacción con el mundo natural que no merece ser menospreciado como herramienta para ayudarnos a acercarnos a la verdad.

Dentro de la misma línea argumental, se dice que los antiguos griegos no desarrollaron un verdadero método científico pues no diseñaron experimentos para comprobar sus teorías.

Yo sostengo que, a veces, la mentada necesidad del experimento nos inhibe de liberar nuestra mente de las invisibles ataduras impuestas por la enseñanza y la práctica dirigida por expertos.

Como todo condicionamiento, es difícil darse cuenta que lo hemos incorporado.

Veamos si logro explicarme por vía del ejemplo.

Hay ciertas ramas del conocimiento humano que están más preparadas para incorporar el concepto que trato de transmitir.

Yo me especialicé en una actividad (la físico-química experimental) donde estoy acostumbrado a repetir experiencias y a aplicar la metodología de “aislar variables”. En el laboratorio es posible, muchas veces, realizar una misma experiencia estudiando por separado el efecto de la temperatura, de la presión del sistema, de la forma del recipiente, de los materiales empleados, de la velocidad de flujo, etc., sobre los resultados experimentales.

Pero interactúo frecuentemente con profesionales de la Geología dónde no todos los objetos de estudio pueden trasladarse al laboratorio.

¿Se puede estudiar acabadamente un terremoto en el laboratorio?

¿Es posible aislar y estudiar por separado todas las variables que afectan el vulcanismo?

¿Podemos experimentar con las variables que afectan la deriva de los continentes?

Éstos y muchos otros fenómenos (por ejemplo, los relacionados al comportamiento de la atmósfera) sólo pueden observarse y cuantificarse globalmente cuando se producen.

Ni qué hablar de los estudios de las emociones humanas.

Entonces, ¿Podemos decir que, dado que no podemos aplicar el “método científico” en toda regla, estas ramas del conocimiento no son realmente científicas?

... creo que no.

Ya definí, en este capítulo, lo que entiendo por modelo científico

*Un modelo científico es todo marco que establece una relación causa-efecto **demostrable** entre los datos que nos proporciona la “realidad”.*

Voy a ampliar esta definición.

*Un modelo científico es todo marco que establece una relación causa-efecto **justificable** entre los datos que nos proporciona la “realidad”.*

¿Hay mucha diferencia entre demostración y justificación?

... Muchísima.

Una demostración es algo absoluto.

Justificaciones, de un mismo fenómeno, puede haber muchas.

Entonces reformulemos nuevamente las definiciones.

Un modelo científico **aceptado** es todo marco que establece una relación causa-efecto **demostrable** entre los datos que nos proporciona la “realidad”.

*Un modelo científico **en desarrollo** es todo marco que establece una relación causa-efecto **justificable** entre los datos que nos proporciona la “realidad”.*

¿Cuál es la intención de este aparente juego de palabras?

... Simplemente elevar el estatus de las especulaciones explicativas para que las aceptemos como parte del proceso científico.

... Una parte inevitable.

Como ya dije, los modelos preceden a los experimentos.

No se diseña un experimento hasta que se dispone de un modelo para interpretarlo.

Veamos algunos ejemplos:

- No creo que Foucault hubiera concebido su famoso péndulo, de no estar convencido de la rotación de la Tierra.
- Cuando Galileo dirigió su telescopio hacia Júpiter, identificó correctamente las cuatro lunas “Galileanas” que orbitan alrededor de nuestro gigante planetario. Pero Galileo ya tenía en mente un modelo que rechazaba el supuesto de que todos los objetos giran alrededor de la Tierra. Un observador netamente Ptolemaico (geo-centrista) difícilmente hubiera “visto” lo mismo que Galileo con el mismo telescopio.
- Michelson no hubiera desarrollado su famoso (y “fallido”) experimento, si no hubiera existido una teoría (teoría del éter) con un medio soporte estacionario para los fenómenos de transporte de las ondas electromagnéticas.
- Sin la teoría atómica actual, era razonable buscar la piedra filosofal para transmutar el Plomo en Oro. Con la teoría actual, esas experiencias se han dejado de lado.
- Todos los que hemos estudiado los principios de la termodinámica hemos dejado de buscar un móvil perpetuo. Más aún, cuando escuchamos que alguien lo está buscando (o que proclama haberlo creado) ni nos molestamos en leer sobre el tema.
- Nunca se hubiera buscado la desviación de los rayos luminosos en las cercanías de objetos masivos, si no se hubiera dispuesto de una teoría (La Relatividad General de Einstein) que predecía este efecto.
- Y así hasta el infinito... (aunque esta expresión va a ser revisada más adelante) ☺

Claro que, a veces, se hacen experiencias sin disponer de un modelo explicativo.

A veces por accidente. Como el descubrimiento de las propiedades antibióticas de la penicilina.

A veces por diversión. Típicamente cuando se dice algo así como “¿Qué pasaría si...?”.

Pero la norma es que las experiencias científicas regularmente tienen un respaldo (teoría) que las enmarca y permite su “correcta” interpretación.

Por lo tanto, **todos** los modelos científicos pasan por la etapa de mera justificación hasta que se demuestra su validez.

... Aunque la validez sólo sea (inevitablemente) provisoria.

En otras palabras, al igual que las verdades cotidianas, los modelos científicos más que “verdaderos” sólo podemos calificarlos de “aceptados”.

Entonces, resumiendo lo escrito hasta este punto ¿Por qué la corriente actual de pensamiento (la corriente dominante) juzga que la verdadera ciencia es la experimental y todo aquello que no admita contraste experimental no es ciencia?

Creo que esa postura se toma “simplemente” porque es la más sencilla. Nos evita tener que emitir juicio sobre especulaciones no respaldadas por experimentos especiales. Si alguna especulación novedosa simplemente explica las cosas que ya tienen explicación por medio de otros modelos ¿Para qué molestarse en incorporar explicaciones alternativas?

Sin embargo, como ya hemos visto, los modelos condicionan muy fuertemente la interpretación de los experimentos. Por lo tanto, la prueba experimental es sólo de valor relativo.

Las pruebas de la evolución estaban a la vista mucho antes de que Darwin presentara su teoría.

Lo que no había era un modelo interpretativo.

O... mejor dicho, se empleaba otro modelo para “ver” la realidad.

Peor aún... Darwin no demostró experimentalmente su teoría. ☺

“Sólo” observó e interpretó.

Hasta donde yo sé no se logró, en el laboratorio, un cambio de especie por supervivencia de los más aptos. O, por lo menos, estoy seguro de que Darwin no lo hizo.

¿Por qué se considera, entonces, que la teoría de la evolución es una teoría científica?

Bueno... quizás porque es muy convincente. O, mejor dicho, porque fue presentada de forma muy convincente. Porque insisto... las evidencias eran abrumadoras incluso antes de que Darwin naciera.

Resumo mi postura.

No estoy pidiendo (sería un pedido absurdo y absolutamente retrógrado) que se abandone el método experimental en la ciencia.

Mi pedido (si es que puede definirse de esa forma) es el de ampliar la ciencia para dar cabida, como parte indispensable del desarrollo científico, a los modelos explicativos de datos pre-existentes.

En otras palabras... admitir el disenso con las explicaciones oficiales como parte integral de la actividad científica.

De esta forma espero colaborar en evitar que se empleen frases tales como "Los científicos dicen..." para que se transformen en expresiones tales como "La mayoría de los científicos opina..." o, simplemente "Algunos científicos piensan que...".

De otra forma la ciencia estaría adoptando como parte de su modelo operativo lo que se conoce como "Principio de Autoridad" en el que la verdad una vez aceptada no puede cuestionarse.

... Como en algunas afirmaciones religiosas.

En alguna medida, lo que estoy sugiriendo es recuperar la duda sistemática como parte del edificio de la ciencia.

¿Un edificio endeble, por culpa de la duda?

... Bienvenido sea.

Si es endeble podemos perfeccionarlo. ☺

Si es rígido, ... tal vez estemos tocando los barrotes de nuestra prisión intelectual. ☹

Resumiendo desde otro punto de vista.

Los experimentos no demuestran

... Los experimentos aportan datos de la realidad.

... Los datos que alimentan los modelos.

... Modelos que crea nuestro libre albedrío... Tal vez. ☺

Pregunta final ¿La ciencia ya no incorpora la duda sistemática?

Bien... no existe un decreto oficial en tal sentido, pero la corriente dominante del quehacer científico tiende a relegar las dudas básicas al campo de la filosofía y quedarse sólo con la “realidad” comprobable de los datos experimentales.

En lo personal no creo que se pueda hacer ciencia sustentable si no se hace participar la duda filosófica como parte del desarrollo del conocimiento.

Y también creo que no se puede hacer buena filosofía si no se participa del proceso científico “convencional”.

En otras palabras, ciencia y filosofía nunca debieron perder la identidad común.

De acuerdo con la Real Academia Española

Ciencia

Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales.

Filosofía

Conjunto de saberes que busca establecer, de manera racional, los principios más generales que organizan y orientan el conocimiento de la realidad, así como el sentido del obrar humano.

Bueno... no suenan tan diferentes. ☺

Incluso se diría que la filosofía humaniza la ciencia ¿verdad?

