

¿Qué es la Investigación Científica?

¿Qué es investigar?

Siempre oímos hablar de investigación, de descubrimientos, de explicación científica de fenómenos. Pero, nos preguntamos, ¿qué es realmente la investigación?. ¿Cómo hemos de hacer para investigar?.

Realmente, la metodología de la investigación científica y técnica es teoría aplicada del conocimiento. Los argumentos básicos son los propios de la teoría del conocimiento, que podemos establecer en cuatro puntos:

1. El mundo es materia y solo materia.

El mundo es materia en movimiento, habiendo ciertas fuerzas que mantienen cohesionada a la materia. Todos los procesos se pueden caracterizar por cambios en la situación material, energética o informativa de la materia en el contexto del espacio-tiempo.

2. El mundo, la materia, es cognoscible.

La necesidad del cerebro humano de conocer se manifiesta en una penetración cada vez más profunda en el sentido de las leyes que gobiernan al mundo, en un proceso que se relaciona, obviamente, con la transmisión y elaboración de la información.

3. La única verdad aceptable es el resultado del proceso cognoscitivo del mundo.

El reflejo de la realidad objetiva en el cerebro humano es la única verdad concreta, que posee tanto el aspecto relativo como el aspecto absoluto.

4. El único criterio de contraste de la verdad es la práctica.

Entendemos como práctica la interrelación general del hombre con el mundo material. Podemos detallar dos aspectos del concepto que denominamos práctica: la observación y el experimento, según que el hombre se dedique a observar o contemplar el fenómeno o proceso sin intervenir en él, o bien, si el hombre interviene de algún modo en el proceso o fenómeno que se investiga para que discurra en un sentido planificado de antemano.

En lo que respecta a la metodología a desarrollar en cada caso, ésta depende de las características típicas de los procesos que se intenta investigar. Existen fenómenos para cuyo estudio es conveniente actuar de un cierto modo y otros fenómenos que presentan caracteres limitativos que obligan a actuar de una forma alternativa y varia.

Cuando en determinados fenómenos o procesos se dispone de información suficiente es posible actuar en general mediante el esquema del Método Hipotético-Deductivo, más cuando estos procesos se desarrollan de forma muy complicada, dentro de configuraciones de extrema complejidad, o bien no se dispone de un aceptable volumen de información, no resulta en general posible modelarlos matemáticamente en una actuación inicial y estudiarlos de forma deductiva, sino que se hace precisa la introducción previa de métodos probabilísticos y de tipo estadístico a fin de determinar características propias y factores de interrelación. Un

ejemplo de tratamiento de estos fenómenos o procesos complejos es la utilización del método de las Cadenas de Markov.

El Método Hipotético-Deductivo:

Cuando aplicamos a las Ciencias de la Naturaleza y la investigación técnica el método deductivo de la Matemática nos encontramos con un desarrollo sistemático en varios pasos de actuación que constituyen lo que se ha dado en llamar Método Hipotético-Deductivo:

1. Construcción del modelo que describe el fenómeno o proceso a investigar.
2. Presentación de la hipótesis que intente explicar el fenómeno o proceso.
3. Diseño de una modelación matemática para el fenómeno o proceso.
4. Desarrollo matemático de la hipótesis presentada dentro del modelo diseñado hasta obtener alguna conclusión que se pueda contrastar.
5. Contraste mediante la práctica de las conclusiones que se hubieran obtenido.
6. Modificaciones de la hipótesis que intentaba explicar el fenómeno o proceso y vuelta a diseñar una nueva modelación matemática y a la repetición de los pasos anteriores.

El Método de las Cadenas de Markov:

Existen fenómenos y procesos que en general pueden ser considerados conjuntos cambiantes de situaciones o estados, donde los intentos de modelización dependen de coordenadas de diferentes tipos y de parametrizaciones variables.

Si suponemos que un determinado fenómeno que está en la situación k puede pasar a la situación $k-1$, o a la situación $k+1$, o bien quedarse en la situación k , podemos introducir la idea de probabilidad de que ocurra cualquiera de los tres hechos: $p_{k,k-1}$, $p_{k,k+1}$, $p_{k,k}$ para indicar, respectivamente, la probabilidad de los casos mencionados, cumpliéndose, obviamente:

$$p_{k,k-1} + p_{k,k+1} + p_{k,k} = 1$$

Análogamente, desde la situación $k+1$, puede pasar el fenómeno a la situación k o bien a la situación $k+2$, etcétera.

Se puede, en definitiva, considerar matrices probabilísticas (en donde las filas suman la unidad), y que para un ejemplo de orden 4 serían de la forma:

$$P = \begin{pmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & p_{1,3} & p_{1,4} \\ p_{2,1} & p_{2,2} & p_{2,3} & p_{2,4} \\ p_{3,1} & p_{3,2} & p_{3,3} & p_{3,4} \\ p_{4,1} & p_{4,2} & p_{4,3} & p_{4,4} \end{pmatrix}$$

En donde se cumple que $\sum_{b=1}^4 p_{a,b} = 1, \quad a = 1,2,3,4$

La idea es representar el proceso de avance de una situación general dada en el instante t a otra situación en el instante $t+1$ mediante la aplicación de la multiplicación de matrices:

$$S_{t+1} = S_t \cdot A$$

Es decir, serían operaciones del tipo:

$$(s_1^{t+1}, s_2^{t+1}, s_3^{t+1}, s_4^{t+1}) = (s_1^t, s_2^t, s_3^t, s_4^t) \begin{pmatrix} p_{1,1} & p_{1,2} & p_{1,3} & p_{1,4} \\ p_{2,1} & p_{2,2} & p_{2,3} & p_{2,4} \\ p_{3,1} & p_{3,2} & p_{3,3} & p_{3,4} \\ p_{4,1} & p_{4,2} & p_{4,3} & p_{4,4} \end{pmatrix}$$

Dando por resultado en cada instante $t+1$ relaciones de la forma

$$s_b^{t+1} = s_1^t \cdot p_{1,b} + s_2^t \cdot p_{2,b} + s_3^t \cdot p_{3,b} + s_4^t \cdot p_{4,b}, \quad b = 1,2,3,4$$

Los fines de la investigación:

En general el proceso de investigación puede tener fines cercanos, inmediatos, con el objeto de introducir los resultados que se obtengan en el desarrollo industrial de la producción (son las investigaciones que podríamos llamar de aplicación inmediata), o bien puede tener fines a largo plazo, más lejanos, tratando de desarrollar nuevas teorías o hipótesis que permitan encausar el avance de otras investigaciones de aplicación inmediata.

Los tipos de investigación pueden ser muy diferentes y prácticamente no clasificables por su extrema variedad. Sin embargo, podemos aventurarnos a enunciar algunos de los fines más frecuentes en la cotidianidad de la investigación científica:

1. Extracción de información de un fenómeno que tiene lugar, de un proceso que se desarrolla, de la actuación de un sistema.
2. Contrastar el desarrollo de un fenómeno, o el trabajo realizado mediante un determinado proceso, para comprobar que existe una correspondencia con condiciones de validez aceptadas previamente.
3. Elaboración y demostración de una teoría o modelo sobre el desarrollo de un proceso, vigencia de un fenómeno o funcionamiento de un determinado sistema.
4. Recogida de información desde bases de datos generales a fin de mejorar el diseño de un modelo, o descubrir carencias en la explicación de un proceso, o intentar optimizar técnicas ya desarrolladas, o construcción de máquinas automáticas.
5. Obtener metodología auxiliar para la investigación, tal como creación de métodos o instrumentos de medida y de contraste, criterios de observación

de procesos, criterios de análisis de fenómenos, o de optimización del funcionamiento de máquinas automáticas del control de procesos, etc.

¿Cómo construir un modelo?

La modelación es simplemente el estudio de una determinada situación a fin de realizar la elección de una solución óptima a un problema empleando algún criterio preestablecido.

Requiere en general varios pasos o pautas de actuación:

- Proceso informativo, que es la concreta y muy precisa descripción en el espacio y en el tiempo del fenómeno o proceso, con un preciso análisis de lo que ocurre, del porqué ocurre y de cuándo ocurre, y en qué condiciones puede o no ocurrir. Esta información es la que se volcará al lenguaje lógico-matemático en el segundo de los pasos de actuación.
- Proceso lógico-matemático, construido desde la información inicial, contiene la lógica del modelo, las implicaciones y consecuencias inmediatas desde lo más concreto de la información acumulada.
- Construcción algorítmica, que constituye el conjunto de los procesos o la metodología de cálculo a emplear. Generalmente, en nuestros días, mediante programas de ordenador.
- Cálculos básicos, que también se desarrollan principalmente en forma computacional.
- Interpretación y contraste, es el paso de obtención de conclusiones y de contraste con la práctica real.

Las expresiones matemáticas que constituyen el cálculo en el modelo han de elegirse de modo que representen adecuadamente el sentido físico de proceso que se investiga. En este sentido, el modelo más sencillo para aquellos fenómenos que presenten una adecuada información que permita construir esta formulación matemática es el modelo polinómico. En general, cuando hay suficiente información pueden ser construidos modelos bastantes determinados, mediante ecuaciones algebraicas (modelos estáticos), o mediante ecuaciones diferenciales (modelos dinámicos). Para procesos de gran complejidad o con información escasa es muchas veces necesario elaborar modelos probabilísticos, estocásticos.

El grado de complicación de un modelo puede en general llegar a ser tan grande como se quiera, como indica Ernesto Ráfales Lamarca en su libro (pp 59). Es necesario actuar de acuerdo con el fin o los fines que se persiguen en la construcción del modelo. En general, se comienza con un modelo sencillo, el cual va aumentando en complejidad a medida que se van teniendo en cuenta niveles de detalle más profundos en los fenómenos o procesos a explicar.

El grado de adecuación de un determinado modelo para la explicación de un proceso viene indicado por el parecido de los resultados de los cálculos que permite realizar con los resultados de los experimentos reales.

Bibliografía:

Ráfales Lamarca, E., "Metodología de la Investigación técnico-científica", Edit Rubiños, Moscu, 1993

Bunge, M., "La investigación científica", Ediciones Ariel, Barcelona, 1983

Carlos S. CHINEA
casanchi@teleline.es