Un paso ... hacia el METODO CIENTIFICO

F. CARLOS DE LA VEGA LEZAMA

Un paso. . .
hacia el METODO CIENTIFICO

PROPOSITOS ETICOS DE LA CIENCIA

La ciencia manejada sin conciencia, produce la ruina del alma.

Niceto Mata

Resulta evidente que el propósito fundamental de la ciencia es obtener conocimiento acerca de los fenómenos del Universo dentro de normas éticas; este conocimiento debe traducirse en bienestar para la humanidad sin producir daño a la naturaleza, no sólo para cumplir un código moral sino porque este daño se revierte tarde o temprano hacia el hombre. El daño ecológico, la extinción de especies animales y vegetales, podría dar fin a la especie humana si se sobrepasan los límites tolerables. Gran parte de la investigación científica y del conocimiento que la ciencia aporta beneficia a la especie humana, porque le ofrecen mejores condiciones de vida y existencia prolongada. Hasta ahí todo marcharía bien, pero cuando los gobiernos con aspiración hegemónica mundial, los empresarios mal asesorados pero deseosos de enriquecerse, los militares irracionales y otros sujetos ignoran que finalmente ellos y sus familiares también son pasajeros de esta frágil nave espacial llamada Tierra, los buenos propósitos de la ciencia desaparecen. En eso colaboran científicos geniales pero desprovistos de toda ética y sentido de previsión hacia la extinción de vida saludable en el Planeta. Lo anterior demuestra que los propósitos éticos de la ciencia, como pueden ser el control práctico de algunos fenómenos naturales y la adquisición de conocimiento sistemático, aunque persisten, son relegados frecuentemente a último término; y la humanidad sufre ya las consecuencias.

No se puede negar que existen intentos de apegarse a la razón; lo demuestra la Declaración de Helsinki acerca de la investigación científica en seres humanos dirigida especialmente a los médicos, y otros llamados de atención a los investigadores acerca del trato a los animales de

laboratorio* sometidos a veces a tortura y sacrificio injustificable.

De cualquier manera, el verdadero científico debe recordar siempre que lo primero será resolver problemas mediante la adquisición de conocimiento sistematizado sin causar daño a las formas de vida necesarias para el mantenimiento del medio ambiente saludable. Algunos avances tecnológicos, en ocasiones poco importantes para el bienestar humano, han costado miles de vidas y han esterilizado o envenenado atmósfera, ríos, lagos, mares y tierra. El daño genético para muchas especies es ya grave, y sin embargo todavía los irracionales acumulan bombas nucleares «para mantener la paz», en lugar de hacerlo mediante el respeto y la justicia que cuestan menos y no causan daño.

Do we care about research animals? The answer is an unqualified yes. Dep. of Health, Education and Welfare. Public Health Service. National Institutes of Health. DHEW publication No. (NIH) **9:**355.

LIMITACIONES DE LA CIENCIA

> Cuántos rodeos he tenido que dar, cuántas paredes he caminado a tientas en la obscuridad de mi ignorancia para encontrar la puerta que da a la luz de la verdad...
>
> *Johannes Kepler*

Se vio que la ciencia exige una serie de requisitos y condiciones para la obtención de conocimiento. A este conjunto se le llama rigor científico: cuando se cumplen o aumentan las posibilidades de que dicho conocimiento quede firmemente establecido. A pesar de todo, se cometen frecuentemente errores que obligan a pensar con cautela y a tener *in mente* que la verdad de hoy puede ser mentira al día siguiente. J. Conan Ryan dice: "Se podría escribir un gran volumen de hallazgos experimentales erróneos que se han hecho en física, química, biología y otras ramas de la ciencia, que han sido impresos en los últimos cien años, y otro volumen igual para anotar las ideas abortivas, teorías contradictorias y generalizaciones equivocadas del mismo periodo."

Lo anterior no es falla precisamente de la ciencia, sino de sus artesanos, de la falta de progreso técnico u otras causas, y debe servir para que los investigadores sean más acuciosos y apliquen todo el rigor científico a sus indagaciones. Pero aun así, puede haber cierto grado de incertidumbre sin que por ello el progreso científico se detenga.

Los requisitos y condiciones que la ciencia impone a sus trabajadores constituyen su fuerza principal y al mismo tiempo su gran debilidad, pues cualquier terreno donde no puedan operar le está vedado; tal sucede con la religión, el amor, moda, justicia y otros que no caben en el mundo ordenado, racional que deben vivir los científicos durante su trabajo.

Toda incursión científica en las áreas mencionadas, en las que existen fuertes componentes emotivos, imágenes y percepciones personales, no admite la racionalidad del método científico; podrá penetrar en ellas de manera indirecta, asomarse, pero será difícil formular marcos teóricos, hipótesis y predicciones.

Lo anterior no invalida a la ciencia, sino señala ciertos límites de su acción y deja al hombre en libertad de construir y vivir en ocasiones un mundo no racional pero apasionante. Si la ciencia cumple su cometido en donde se le necesita y no causa daño a la vida, logra su propósito.

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DE LA CIENCIA

Para que el científico, el investigador, pueda trabajar con mayor eficacia, conviene que tenga en cuenta ciertos principios básicos que facilitan su labor. Como sucede en toda disciplina donde no existen dogmas, algunos de estos principios han sido cuestionados, igual que el mismo método científico; sin embargo, es innegable que llaman la atención sobre hechos importantes. El lector juzgará su validez.

Principio de causalidad. Todo efecto tiene una causa y la misma causa, bajo iguales circunstancias, tendrá siempre el mismo efecto.

Este principio ha sido muy discutido, pero, si el científico no confiara en su validez operacional, no podría esperar aplicabilidad de los resultados de la investigación. Nada sería comprobable.

Por otra parte, en todos los órdenes de la actividad humana (social, político, económico, de salud y desde luego en la ciencia y la tecnología) debe distinguirse claramente lo que es causa de lo que es efecto; la incapacidad para hacerlo origina fracasos. En las enfermedades infecciosas la fiebre no es causa sino efecto, y como tal debe ser tratada; dar antitérmicos para hacerla "desaparecer" en lugar de atacar la causa puede ser mortal; igualmente la destrucción de casas es efecto del huracán, no su causa, reconstruirlas no evitará nuevos huracanes aunque es posible que un diseño adecuado las haga menos vulnerables. El investigador debe tener muy claro qué busca: causas o efectos. Nadie debe olvidar que para llegar a la solución de un problema hay que ir a las causas, pues mientras éstas persistan harán sentir sus efectos.

Principio de incertidumbre de Heissemberg. La simple medición experimental de un fenómeno o de un proceso puede alterarlo. En ocasiones tan sólo la observación directa o instrumental lo modifica porque añade una o más variables.

Por ejemplo, la medición experimental de la distancia entre la Tierra y la Luna mediante la emisión de señales de radar que chocan en la superficie del satélite y "rebotan" hacia la Tierra puede modificar en grado mínimo la posición de aquél debido al impacto de las pequeñas partícu-

las sobre su superficie. La desviación mínima del satélite aporta un pequeño margen de error en la medición. En otros casos, la modificación del resultado podrá ser significativa, sobre todo si el investigador desconoce la importancia de su intervención en el fenómeno.

Principio de interdependencia. Ningún fenómeno sucede como hecho aislado, siempre tiene conexión con algunos que han acontecido y a su vez será causa de otros, o por lo menos contribuirá a su realización o perturbará ciertas condiciones que lo afectan. De esta manera, se puede afirmar que todo fenómeno y todo proceso tienen relación inmediata con los más cercanos, y lejana o poco estrecha con otros; por ello algunos científicos hablan de "conocer los fenómenos del Universo y descubrir sus relaciones mutuas...". Basta pensar en un fenómeno cualquiera para confirmarlo.

Principio de aproximación paulatina (aproximaciones sucesivas). Sería excepcional que un problema quedara resuelto en la totalidad de sus aspectos por medio de una sola investigación; habitualmente se obtiene una cierta proporción de la solución, e investigaciones subsecuentes continúan aportando cierta parte de ella hasta obtener cifras aceptables y soluciones aplicables. Por ejemplo, ningún fármaco es eficaz en el 100 por ciento de los casos, pero si se logra una eficacia de 60 ó 70 por ciento, se cuenta ya con un recurso valioso; otras investigaciones aumentarán dicha proporción y es posible que se llegue a 90 ó 95 por ciento. Lo importante en ocasiones es conocer el margen de certeza o de probabilidad, y esto también es muy útil.

Principio de continuidad. Está muy relacionado con el anterior; la ciencia recibe constantemente aportaciones, es un proceso continuo cuya velocidad puede variar, pero toda aportación es sumativa y frecuentemente descarta errores; de esa manera, el conocimiento se "renueva" y crece constantemente.

Principio de factibilidad. Toda indagación debe ser posible llevarla a la práctica con los recursos disponibles o con aquellos que se pueda lograr. Si el investigador o el equipo de investigadores se ubica dentro de la realidad, obtendrá fruto; de lo contrario; quedará varado en cualquier momento y sólo habrá pérdida. Sin embargo, a pesar de una buena planeación, pueden aparecer obstáculos imprevistos.

Principio de jerarquía. Es conveniente que el investigador tenga presentes las necesidades y problemas de su institución, comunidad o país, y en todo caso conceda prioridad a lo urgente. Investigar sobre un nuevo barniz fluorescente para las uñas de las damas, cuando lo que se requiere es tecnología para aumentar la producción de alimentos, revela inmadurez y dificulta la consecución de recursos. Por otra parte, el desperdicio en un país pobre es falta grave.

En la práctica, los principios señalados no funcionan aisladamente, se refuerzan unos a otros, y en conjunto constituyen una base sólida para

el investigador, especialmente para el que se inicia, porque lo ubican en la realidad a través de una visión integral de sus posibilidades. El hecho de que en ocasiones se les cuestione, no les resta validez, simplemente muestra que las condiciones en que se realiza la investigación científica pueden ser muy variadas y que, para cada caso, algunos principios son más importantes que otros, o bien que en ciertos casos son tan obvios que parecen no ser importantes.

Corresponde al lector, e igualmente a cada investigador, examinarlos cuidadosamente y aplicarlos con criterio científico.

DECLARACION DE HELSINKI

(Recomendaciones para guiar a los médicos en la investigación biomédica que involucre seres humanos. Adaptada a la 18a. Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, 1964, y revisado por la 29a. Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, 1975).

INTRODUCCION

Es la misión del médico velar por la salud de las personas. Su conocimiento y conciencia deben estar completamente dedicados a cumplir esta misión.

La Declaración de Génova de la Asociación Médica Mundial une al médico con las palabras: "La salud de mi paciente será mi primera consideración", y el Código Internacional de Etica Médica declara que: "Cualquier acto o consejo que pudiera debilitar la resistencia física y mental de un ser humano debe ser usada únicamente en su propio beneficio."

Los propósitos de la investigación biomédica que involucra seres humanos deben ser mejorar los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos, y entender la etiología y patogénesis de la enfermedad.

En la práctica médica diaria, la mayoría de los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos implica riesgos. Esto también se aplica *a fortiori* a la investigación biomédica.

El avance de la ciencia médica se fundamenta en la investigación que en última instancia debe descansar, en parte, en la experimentación con seres humanos. En el campo de la investigación biomédica, debe reconocerse una diferencia fundamental entre la investigación médica, en que la meta principal es el diagnóstico o la terapéutica, y aquélla en que el objetivo esencial es puramente científico y no hay ninguna implicación diagnóstica ni terapéutica en la persona sujeta a investigación.

Debe ponerse especial cuidado en la realización de una investigación que pueda afectar el medio ambiente y debe ser respetado el bienestar de los animales que se utilizan en la investigación.

Debido a que es fundamental que los resultados de los experimentos

de laboratorio se apliquen a seres humanos para incrementar el conocimiento científico y aliviar el sufrimiento de la humanidad, la Asociación Médica Mundial ha preparado las siguientes recomendaciones como guía para cualquier médico en investigación biomédica que involucre seres humanos. Estas recomendaciones deberán sujetarse a revisiones futuras. Debe señalarse que los lineamientos aquí mencionados son únicamente una guía para los médicos en todo el mundo, y no los excluye de responsabilidades criminales, civiles y éticas ante las leyes de su propio país.

I. Principios básicos

1. La investigación biomédica que involucra seres humanos debe sujetarse a los principios científicos generalmente aceptados y deberá estar basada en experimentaciones adecuadas de laboratorio y animales, así como en el conocimiento de la literatura científica.
2. El diseño y ejecución de cada procedimiento experimental que involucre seres humanos deberá estar claramente formulado en un protocolo experimental, el cual será enviado a un comité independiente para su consideración, comentarios y guía.
3. La investigación biomédica que involucre seres humanos debe ser conducida sólo por personas científicamente calificadas y bajo supervisión de un médico clínico competente. La responsabilidad para los sujetos humanos debe siempre descansar sobre una persona médicamente calificada y no en el sujeto de experimentación, aun cuando éste haya dado su consentimiento.
4. La investigación biomédica que involucre seres humanos no puede ser llevada legítimamente a cabo a menos que la importancia del objetivo esté en proporción a los riesgos inherentes.
5. Todo proyecto de investigación biomédica que involucre seres humanos debe ser precedido de una cuidadosa evaluación de los riesgos predecibles en comparación con los posibles beneficios para el sujeto o para otros seres humanos. En lo que concierne a los derechos del sujeto, éstos siempre deben prevalecer sobre el interés de la ciencia y de la sociedad.
6. Se debe respetar el derecho de cada sujeto a salvaguardar su integridad. Deben tomarse todas las precauciones para respetar la vida privada y para minimizar el impacto del estudio en la integridad física y mental, y en la personalidad del sujeto.
7. Los médicos deben abstenerse de participar en proyectos de investigación sobre seres humanos, a menos que los riesgos sean previsibles. Los médicos deben detener la investigación si los peligros que conlleva sobrepasan a los beneficios potenciales.
8. En la publicación de los resultados, el médico está obligado a preservar la veracidad de los mismos. Los reportes de experimentación que

no estén de acuerdo con los principios estipulados en esta Declaración no deberán ser publicados.
9. En cualquier estudio con seres humanos, el médico, con cada sujeto potencial, debe ser informado de los objetivos, métodos, beneficios anticipados, peligros potenciales y molestias que el estudio pueda provocar. El individuo debe conocer la libertad que tiene para abstenerse de participar en el experimento o retirarse del mismo si así lo desea. El médico obtendrá el consentimiento informado, de ser posible por escrito.
10. Cuando se tenga el consentimiento informado para el proyecto de investigación, el médico debe cuidar que el sujeto no esté en una relación dependiente, ya que podría consentir bajo presión. En ese caso, el consentimiento informado deberá obtenerlo un médico que no participe en la investigación y que sea completamente independiente de esta relación.

CAP. 4. Instructivo general

11. En caso de incompetencia legal, el consentimiento informado debe ser obtenido del guardián legal de acuerdo con la legislación nacional. En caso de que la incapacidad fisicomental impida obtener consentimiento informado, o cuando el sujeto sea un menor, el permiso del familiar responsable remplaza al del sujeto, de acuerdo con la legislación nacional.
12. El protocolo de investigación debe contener siempre las consideraciones éticas involucradas, así como los postulados de la presente Declaración.

II. Investigación médica en combinación con la asistencia (investigación clínica)

1. En el tratamiento de la persona enferma, el médico debe ser libre de usar un nuevo diagnóstico y una medida terapéutica, si considera que ofrece la esperanza de salvar una vida, restableciendo la salud o aliviando el sufrimiento.
2. Los beneficios potenciales, riesgos y molestias de un nuevo método deberán ser ponderados con las ventajas de la mejor prueba diagnóstica actual y métodos terapéuticos.
3. En cualquier estudio médico, cada paciente, incluyendo a los del grupo control si existe, deberá ser informado del mejor método diagnóstico y/o terapéutico.
4. La negativa del paciente a participar en el estudio nunca debe afectar la relación médico-paciente.
5. Si el médico considera que no es esencial obtener consentimiento

informado, las razones específicas de esto deberán ser descritas en el protocolo experimental de investigación para después transmitirlas a un comité independiente.

6. El médico puede cambiar la investigación médica por la asistencia con el fin de adquirir nuevos conocimientos médicos, sólo en la medida en que la investigación médica esté justificada por su posible valor diagnóstico y terapéutico para el paciente.

III. Investigación biomédica no terapéutica que involucre sujetos humanos (investigación biomédica no clínica)

1. En la aplicación científica de la investigación biomédica realizada sobre seres humanos, es el deber del médico permanecer como protector de la vida y la salud de las personas.
2. Los sujetos deberán ser voluntarios, ya se trate de personas sanas o de pacientes para quienes el diseño experimental no esté relacionado con sus enfermedades.
3. El investigador, o grupo de investigadores, deberá interrumpir la investigación si considera que ésta pudiera ser dañina al individuo.
4. En la investigación humana, el interés de la ciencia y la sociedad nunca deberá estar por encima de las consideraciones relacionadas con el bienestar de los sujetos.

Ejemplo de forma de aceptación para participar en una investigación:

A quien corresponda:

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio _____
_____
que se realizará en la Institución _____
_____ cuyos objetivos consisten en _____
_____

Estoy consciente de que los procedimientos, pruebas y tratamientos para lograr los objetivos mencionados consistirán en
_____
_____
y que los riesgos a mi persona serán: _____
_____

Es de mi conocimiento que seré libre de retirarme de la presente investigación en el momento que yo así lo desee. También que puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos y beneficios de mi participación en este estudio. En caso de que decidiera retirarme, la atención que como paciente recibo en esta Institución no se verá afectada.

Nombre _____ Firma _____

Dirección _____

Fecha _____.

Testigo _____ Dirección _____

Testigo _____ Dirección _____

TRABAJO CIENTIFICO Y TRABAJO TECNICO

No se debe confundir el trabajo cerebral del investigador científico con repostería de laboratorio.

F. Arana

Frecuentemente, quien apenas se inicia confunde estas dos actividades a pesar de que haya estudiado (¿o memorizado?) el concepto de ciencia como disciplina que procede mediante postulación y prueba de hipótesis. Resulta obvio que trabajo científico y técnico se asocian, y quizá éste sea el origen de la confusión; sin embargo, el trabajo técnico se realiza fundamentalmente por medio de destrezas, de habilidades, en tanto que el trabajo científico es esencialmente cerebral, requiere razonamiento, creatividad, intuición, juicio y otras funciones mentales elevadas. Frecuentemente el científico reúne la habilidad técnica y las cualidades mentales citadas; pero a menudo un técnico hace mejor y más rápidamente lo primero. En todo caso, será siempre deseable que el científico, el investigador, domine el trabajo técnico, pues en ocasiones debe construir por lo menos parte de su equipo e instrumental.

A veces una simple encuesta se confunde con trabajo científico y hasta aparecen artículos que el vulgo profesional califica de científicos, por ejemplo, "Frecuencia del síndrome diarreico postapendicectomía". Para lograr la cifra correspondiente el "investigador" consulta mil historias clínicas del archivo de un hospital, y anota el número de casos en que se presentó la diarrea. Obviamente esto puede realizarlo cualquier persona que sepa leer, el resultado será sólo una cifra. Otra cosa sería investigar la causa de la diarrea y proponer medidas para evitarla. En este caso hay un problema que requiere todo un proceso de investigación que no es trabajo técnico, aunque en algunas etapas lo requiera. Cuando el investigador o el equipo de investigadores requiere examinar una muestra de gran tamaño para **recoger datos** (por ejemplo tomar presión sanguínea y frecuencia cardiorrespiratoria a mil sujetos) conviene que se auxilie de técnicos, de ayudantes, y dedique su tiempo a otras actividades relacionadas con el problema que investiga.

Incidentalmente se ha citado "equipo de investigación"; debe señalarse que esta forma de trabajar es productiva y en ocasiones necesaria si el problema debe ser examinado desde diferentes puntos de vista, o la solución reclama enfoque multidisciplinario, como podría requerirlo la desnutrición en el medio rural, puesto que tiene causas socioeconómicas, culturales, ecológicas, políticas y quizá otras. El médico estudiará y aportará elementos que él maneja, pero el sociólogo, el economista y otros profesionales pueden aportar puntos de vista diferentes.

El calificativo "multidisciplinario" o "interdisciplinario" se aplica al *equipo*, cada elemento humano aporta los conocimientos de su especialidad (y en algunos casos algo de otras), su apertura mental, su disposición para valorar las aportaciones de los demás y otros elementos. El equipo planteará el problema, las hipótesis y diseñará la investigación; los técnicos a su vez recogerán y procesarán datos, harán encuestas, pero después nuevamente los científicos entrarán en acción para examinar resultados, discutirlos y establecer conclusiones.

En resumen, puede decirse que entre el científico y el técnico existe la misma diferencia que entre el diseñador de un vehículo y quien tornea a la perfección los engranes o el que suelda en forma magistral las estructuras que soportan el motor. Todos hacen falta; el soldador y el tornero nada harían sin un diseño adecuado del vehículo y el diseñador, a su vez, necesita de los técnicos porque ellos llevan a la práctica la idea concebida por él. Después vendrá otro técnico que conducirá el vehículo y hará observaciones que retroalimenten el diseño. Sería deplorable exigir al diseñador el torneado de las piezas y la soldadura de partes y, por otro lado, cabe preguntar lo que podrían hacer los técnicos con los datos acerca de la aerodinámica y estabilidad del vehículo. Esto no excluye que haya técnicos extraordinarios con capacidad para observar y diseñar; es el mismo caso del científico que tiene habilidad técnica.

A pesar de lo anterior es frecuente encontrar en publicaciones trabajos técnicos o simples descripciones que se han calificado como investigaciones científicas sólo porque se llevaron a cabo mediante aparatos o se utilizaron formatos cuidadosamente elaborados; por ejemplo: "Frecuencia de la miopía en alumnos de una institución", "Hipertensión en habitantes del poblado X", "Características morfológicas de las células *Y* o *Z*", "Evolución del concepto etiopatogénico de la úlcera gástrica"...

Obviamente una labor de esta clase no implica el cumplimiento de las etapas del método científico que se estudian más adelante.

Entre diseñar un tornillo que "sangre" cuando la vibración del avión ha comenzado a dañar los metales (ya existe este tornillo) y simplemente colocar 100 de ellos, hay gran diferencia; lo primero requirió una investigación, lo otro actividad manual.

"INSTRUMENTOS MENTALES" DEL CIENTIFICO

Para llevar a cabo su labor, el científico dispone de ciertos "instrumentos mentales" que, utilizados con la habilidad necesaria, le pueden llevar a las grandes realizaciones; conviene referirse a los siguientes:

Observación, del lat. *observare:* acción y efecto de observar. Observar: examinar atentamente a simple vista o con el auxilio de instrumentos, con el fin de captar la naturaleza física de las cosas, su movimiento, el desarrollo de un fenómeno, de un proceso, sin perder nada que en algún momento pueda ser importante; la observación repetida por medio de todos nuestros sentidos (vista, oído, tacto, olfato, sabor, equilibrio o cualquier otro que seamos capaces de desarrollar) nos dará idea cabal del objeto o proceso observado. Frecuentemente una nueva observación revela algo que no habíamos advertido.

Razonamiento: acción de razonar, encontrar y exponer argumentos para fundamentar, probar y exponer alguna cosa. Encadenar una serie de ideas para llegar a una conclusión lógica.

En todo proceso científico se utiliza el razonamiento, desde la definición y el planteamiento de un problema, la formulación de hipótesis y predicción correspondiente, diseño de la investigación, consideración de variables, apreciación y análisis de resultados, hasta la discusión y conclusiones; todo debe ser razonado y razonable; sin embargo cada situación debe fundamentarse en conocimiento establecido. Mediante el razonamiento es posible desarrollar los siguientes procesos:

Inducción, del lat. *inducere:* elevar lógicamente el entendimiento desde los fenómenos, hechos o casos, a la ley o principio que los contiene o que se efectúa en todos ellos uniformemente. Ir de lo particular a lo general. Ej.: si todos los frutos de esta clase, que muestran color verde, son inmaduros, probablemente este color es signo de inmadurez.

Deducción, del lat. *deducere:* método por el cual se procede lógicamente de lo universal a lo particular. Ej.: Si todos los fenómenos de esta clase tienen cierta característica, éste, que pertenece al mismo grupo, debe tenerla o probablemente la tenga.

Un paso...

hacia el

METODO CIENTIFICO

F. CARLOS DE LA VEGA LEZAMA

Sección de Graduados de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional. Becario de la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) del IPN.

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
México, D.F. 1994

Análisis: etimológicamente deriva del gr. *analysis* = descomposición; significa descomponer un todo en sus partes constituyentes para conocerlas, investigar su naturaleza y descubrir sus características esenciales. Método que va de lo compuesto a lo sencillo; estudio minucioso de un proceso, doctrina o idea descomponiéndola en sus integrantes.

Síntesis, del gr. *synthesis:* proceso de integración de las partes para formar un todo cuyas características y función no son necesariamente la suma de las de sus componentes. Mediante la síntesis se logra una visión totalizadora, unitaria y breve de ideas y hechos. Los conceptos **síntesis** y **análisis** son opuestos y ambos necesarios como métodos de estudio y expresión.

Extrapolación: aplicar a un objeto, o a un fenómeno aparentemente similar, lo observado en otro. Procedimiento que, cuando se aplica con prudencia y sobre la razón, puede dar ayuda, aunque el científico debe ser muy cauto, pues cada sistema, debido a sus características propias, responde de manera diferente en cada condición. Ejemplo: el conejo puede comer impunemente hojas de belladona; sin embargo el hombre sufriría trastornos serios y aun la muerte. En este caso, extrapolar que si al conejo, un mamífero, no le dañan las hojas de belladona, al hombre, otro mamífero, tampoco le dañarán, constituye un error.

Creatividad, del lat. *creare.* En el caso presente se aplica a la capacidad de concebir, diseñar, dar forma a una idea o a un objeto de acuerdo con una visión nueva o una necesidad; hacer algo nuevo. En ciertas ocasiones se aplica a la cualidad de aprovechar material aparentemente poco útil en la construcción de un instrumento valioso y necesario para desarrollar y llevar a la práctica una idea.

Intuición. La intuición, del lat. *intuitio,* es también un instrumento mental del científico ya que implica percepción clara, íntima, instantánea, de una idea o de un hecho, tal como si se le tuviera a la vista; es ver con los ojos de la imaginación, en cierto modo anticiparse a un suceso.

Memoria: capacidad de traer a la mente ideas o hechos que se relacionen con el problema que se investiga. Esto llega sólo hasta cierto límite, pues afortunadamente el investigador cuenta con recursos tecnológicos y documentales que le ayudan y permiten a su mente concentrarse en otras actividades.

Los "instrumentos mentales" señalados no son recursos aislados, se retroalimentan mutuamente y el investigador los combina de manera que su acción se multiplica y el resultado mejora. Salta a la vista, por ejemplo, que el razonamiento puede inducir la creatividad; la observación, facilitar el razonamiento y la creatividad, profundizar la observación. A su vez, todos ellos contribuyen al desarrollo de la intuición; pero ésta presta el mismo servicio a las demás; de esta manera la mente funciona como un todo.

Debe señalarse a la **motivación** como elemento subyacente a la acti-

vidad humana. Dentro del vasto e importante papel que ésta desempeña se encuentra el de constituir el impulso, la energía y determinación para llevar adelante toda empresa; es un sustrato indispensable en la investigación científica.

OBSERVACION

Definición: Seguimiento o examen de un fenómeno o de un objeto para captar su desarrollo y características. Puede ser casual o intencional.

TIPOS

a) Observación sensorial directa, de naturaleza:
- visual
- auditiva
- olfatoria
- gustativa
- térmica
- por propiocepción u otra forma de sensibilidad

b) Observación instrumental

Implica ampliación de nuestros sentidos y se realiza mediante mecanismos que captan, amplifican y registran fenómenos. Ej. termómetro, telescopio, microscopio, osciloscopio, cámara fotográfica y de cine o de televisión, grabadora magnetofónica o de videocasetes, computadoras.

Los sistemas de registro son particularmente importantes debido a que el fenómeno puede ser estudiado repetidamente, la proyección puede retardarse para observar detalles y, además, dicho registro constituye un documento que puede ser comparado con otros, o servir como complemento a observaciones pasadas o futuras.

ETAPAS DEL METODO CIENTIFICO

Dos cosas instruyen al hombre: el instinto y la experiencia.

Pascal

Investigar es preguntar a la Naturaleza, la calidad de la respuesta depende de nuestra habilidad para formular la pregunta y de la capacidad para entender dicha respuesta.

A. Ardila

En páginas anteriores ha sido conceptuado el método científico como un conjunto de etapas lógicamente ordenadas que conducen a la obtención de conocimiento sobre los fenómenos del Universo; por tanto no es necesario ni conveniente memorizarlas sino entender que se inicia por una de ellas y de ahí se originan las demás en forma lógica, haciendo uso de una herramienta mental llamada razonamiento.

Las etapas que se estudiarán constituyen la parte medular del método y, bajo ciertas condiciones, pueden variar su contenido; quizás se agregue alguna, pero sería difícil justificar la eliminación de cualquiera de ellas. A este respecto no debe olvidarse que en ciencia no hay esquemas rígidos ni dogmas, y los señalamientos o pautas que ofrece el método científico constituyen una ayuda, especialmente para quienes se inician en la investigación y enseñanza de la ciencia; cada investigador frente a un problema debe proceder de acuerdo con las necesidades del caso. Por ello también cualquier modelo más o menos específico que se ofreciera constituiría sólo un ejemplo.

Antes de iniciar el estudio de las etapas del método científico, conviene dejar establecido el significado de algunos términos de uso frecuente y son los siguientes:

1. *Investigar.* El diccionario de la lengua castellana explica que esta palabra significa llevar a cabo diligencias para encontrar algo o resolver un problema. En el terreno científico, investigar significa buscar conocimiento, tratar de acercarse a la verdad mediante los diferentes méto-

dos, procedimientos y técnicas de indagación que utiliza el científico. No se trata solamente de aportar datos o cifras sino de llegar al conocimiento explicativo de los fenómenos del Universo, de la Naturaleza en cualquiera de sus campos: físico, químico, biológico, social u otros.

2. *Investigación.* Es todo proceso que en caso de lograr su meta, aporta conocimiento que sirve para enriquecer el acervo de la humanidad o de un sector determinado, y que cuando se emprende o desarrolla con sentido ético puede reflejarse en el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano, en el mantenimiento del equilibrio de la Naturaleza y el conocimiento de todos sus componentes y finalmente, en el mejoramiento del ambiente. Desafortunadamente la ambición de poder, a menudo hace todo lo contrario y aun llega el caso de realizar investigación para dañar al hombre, Naturaleza y ambiente, por ello si la investigación no va animada por propósitos éticos, la sobrevivencia del hombre se verá sumamente comprometida y eventualmente podría desaparecer como ha sucedido con numerosas especies vegetales y animales. Es necesario recordar que el descuido o mala intención en muchos casos ha dañado a los habitantes de pequeñas o grandes comunidades.

3. *Investigador.* De acuerdo con lo anterior, este término designa o se aplica a toda persona que en forma racional y ética trata de aportar conocimiento sobre los fenómenos del universo a través de un proceso ordenado de búsqueda y con este conocimiento intenta solucionar problemas de cualquier área científica o tecnológica. La categoría de investigador no se adquiere por nombramientos sino a través de una labor tesonera apoyada por una formación filosófica y científica unida a vocación decidida y motivación intensa. El elemento más valioso del investigador es su trabajo intelectual en el que utiliza instrumentos mentales que han sido señalados.

Hay que insistir en que la labor del investigador no es coleccionar datos y cifras sino algo más elevado según se verá durante el estudio de las etapas del método científico. Debe ser además un comunicador eficaz para que dé a conocer con objetividad, brevedad, claridad, precisión, orden, sencillez y aun con elegancia sus ideas, metas y logros.

Es conveniente y en muchos casos necesario que el investigador tenga también preparación técnica; pero entre el buscador de la verdad y el trabajador técnico existe diferencia esencial, aunque suele pasar inadvertida en algunas instituciones o círculos "científicos".

En términos generales, las etapas que se tratarán son las siguientes:

1. Detección, delimitación y planteamiento de un problema.
2. Antecedentes y estado actual del problema.
3. Justificación.
4. Propósitos y objetivos de la investigación.
5. Hipótesis.
6. Diseño de la investigación y consideración de variables.

7. Resultado.
8. Discusión.
9. Conclusiones.
10. Problemas pendientes.
11. Resumen y bibliografía.

*1. DETECCION, DELIMITACION Y PLANTEAMIENTO DE UN PROBLEMA**

> Sin un problema bien definido y correctamente planteado, no puede haber investigación.
>
> *R. P. Medawar*

Para quien ha dedicado una parte de su vida a la investigación científica, encontrar un problema no representa mayor obstáculo, generalmente durante su actividad indagatoria ha visto surgir varios que requieren investigación y aun antes de terminar la que lleva a cabo tiene ya en su mente otros, en ocasiones tan importantes como el que motivó su investigación actual, o quizá más. Es frecuente que el investigador científico ansíe terminar su búsqueda con el fin de dedicar su atención a alguno de los que ha detectado y que a menudo se expresan en el capítulo "problemas pendientes" de su informe final y pueden servir como temas de investigación. Sin embargo, para quien se asoma por primera vez a esta actividad —y especialmente para el estudiante que busca tema de tesis o debe presentar un proyecto de investigación para acreditar sus estudios de método científico—, las cosas son diferentes; a menudo durante su carrera profesional o en su actividad diaria no fijó su atención en algún tema interesante porque tenía su mente ocupada en la adquisición de conocimientos y destrezas. Por ello, cuando llega el momento de presentar su primer proyecto (protocolo), se encuentra desorientado. En ocasiones se angustia e invierte buena parte de su tiempo tratando de descubrir dentro de su cabeza algún problema; a veces da la impresión de que trata de inventar. De cualquier manera, mientras no ha podido cubrir la primera etapa, todo el proceso se encuentra detenido y es ahora cuando requiere orientación para que inicie su tesis o una investigación, consulte artículos científicos de calidad, visite investigadores especializados que le informen acerca de problemas que requieren atención, y platique con personas que vivan en contacto con la problemática científica. Si el estudiante aprovecha esta oportunidad, generalmente respira con alivio porque ha vencido este obstáculo inicial que lo detuvo

*En el protocolo o en el informe final, estos tres puntos se enuncian como "exposición del problema".

y se da cuenta de que no había por qué angustiarse. El investigador debe acudir a donde se encuentran los problemas, de la misma manera que el reportero debe ir a donde se origina la noticia.

Sobra decir que la observación, otro de los valiosos instrumentos mentales del científico, es la llave para el descubrimiento de problemas que requieren solución, y el trabajador científico debe saber aprovechar todas las oportunidades que esta habilidad brinda. Don Santiago Ramón y Cajal, en su sabio y ameno libro *Los tónicos de la voluntad,* dice lo siguiente: "No hay temas agotados, puede haber, eso sí, investigadores agotados..." Muchos temas que parecieron haber quedado finiquitados cobran actualidad cuando un investigador inquieto encuentra que pueden lograrse soluciones mejores, y esta inquietud es el motor del progreso. Un ejemplo es el siguiente: el hombre resolvió hace casi un siglo el problema de "volar", de viajar por el aire, lo hizo mediante la utilización del globo aerostático inflado con aire caliente. Sin embargo su inquietud por perfeccionar el vuelo, le llevó al diseño de máquinas impulsadas por motores de combustión interna y así surgieron, después de ensayos, pruebas y también errores, los aviones de hélice y los dirigibles. La investigación sobre este problema pudo haberse detenido ahí, puesto que el avión de hélice utilizado durante la Segunda Guerra Mundial llegó a alcanzar velocidades de 700 km/h y se contaba con aparatos tetramotores capaces de transportar toneladas de carga o un número considerable de pasajeros, pero desde antes de que terminara la guerra, los científicos, aún no satisfechos, continuaron investigando hasta perfeccionar el avión movido por motores de retroimpulso que alcanza velocidades mucho mayores que la del sonido, y han diseñado ya proyectiles que llegaron a la Luna y a Saturno, del que hemos contemplado vistas impresionantes. Cabría preguntarse si la investigación sobre vuelo ha terminado o aún nos esperan sorpresas mayores. Todo depende de la conformidad que el mundo tenga ante los logros actuales o de su deseo de alcanzar nuevas metas.

Por otra parte, el investigador experimentado sabe que conviene trabajar con un problema a la vez y no con un conjunto de problemas; por ello, cada uno de éstos debe delimitarse cuidadosamente, es decir, aislarse de otros problemas para poder ser estudiado en forma conveniente. Algún autor ha expresado la opinión de que la genialidad de Johan Gregor Mendel, padre de la genética, está en haber escogido sólo **un aspecto** de las plantas de chícharo para derivar de ahí sus leyes; si, en lugar de fijar su atención en el color de las flores, hubiera intentado trabajar al mismo tiempo en el tamaño de éstas, el patrón de implantación de las hojas en el tallo, nervadura de las hojas, longitud del tallo y de la raíz y otras características, es probable que la genética hubiera nacido tiempo después y las leyes que este hombre genial legó a la humanidad hubieran tardado muchos años en ser conocidas. De aquí la ne-

cesidad de trabajar preferentemente con un problema y no con un conjunto de ellos. Más adelante se entenderá mejor este punto. De la misma manera que en ocasiones al investigador novel le resulta difícil detectar un problema específico, puede causarle retraso en su trabajo el no saber delimitarlo. Un ejemplo de los muchos que pueden observarse es el siguiente: un estudiante de posgrado pensó con anticipación acerca de su tema de tesis y lo ubicó en el área del tabaquismo; sin embargo, fue necesario hacerle notar que éste no es un problema sino un conjunto del que debería tomar **uno solo** para investigarlo con toda propiedad. Con el fin de ilustrarlo se le mostró la siguiente lista de temas de investigación relacionados con el tabaquismo.

1. Origen del tabaquismo
2. Historia del mismo
3. Adquisición del hábito tabáquico
4. Prevención del hábito tabáquico
5. Cuadro clínico del tabaquismo agudo y crónico
6. Daño orgánico producido por el tabaquismo
7. Impacto social del tabaquismo
8. Aspectos económicos del tabaquismo
9. Tabaquismo en el niño y el adolescente
10. Acción del tabaquismo en la mujer embarazada y en el feto
11. Tabaquismo y cáncer
12. Tabaquismo en el no fumador
13. Relación entre tabaquismo y otras formas de drogadicción
14. Relación entre tabaquismo y alcoholismo
15. Efecto nicotínico inmediato y tardío
16. Aspectos psicológicos del tabaquismo
17. Incremento del tabaquismo en la juventud actual
18. Impacto de la televisión en la adquisición del hábito tabáquico
19. Tabaquismo y delincuencia juvenil
20. Tabaquismo entre los médicos.

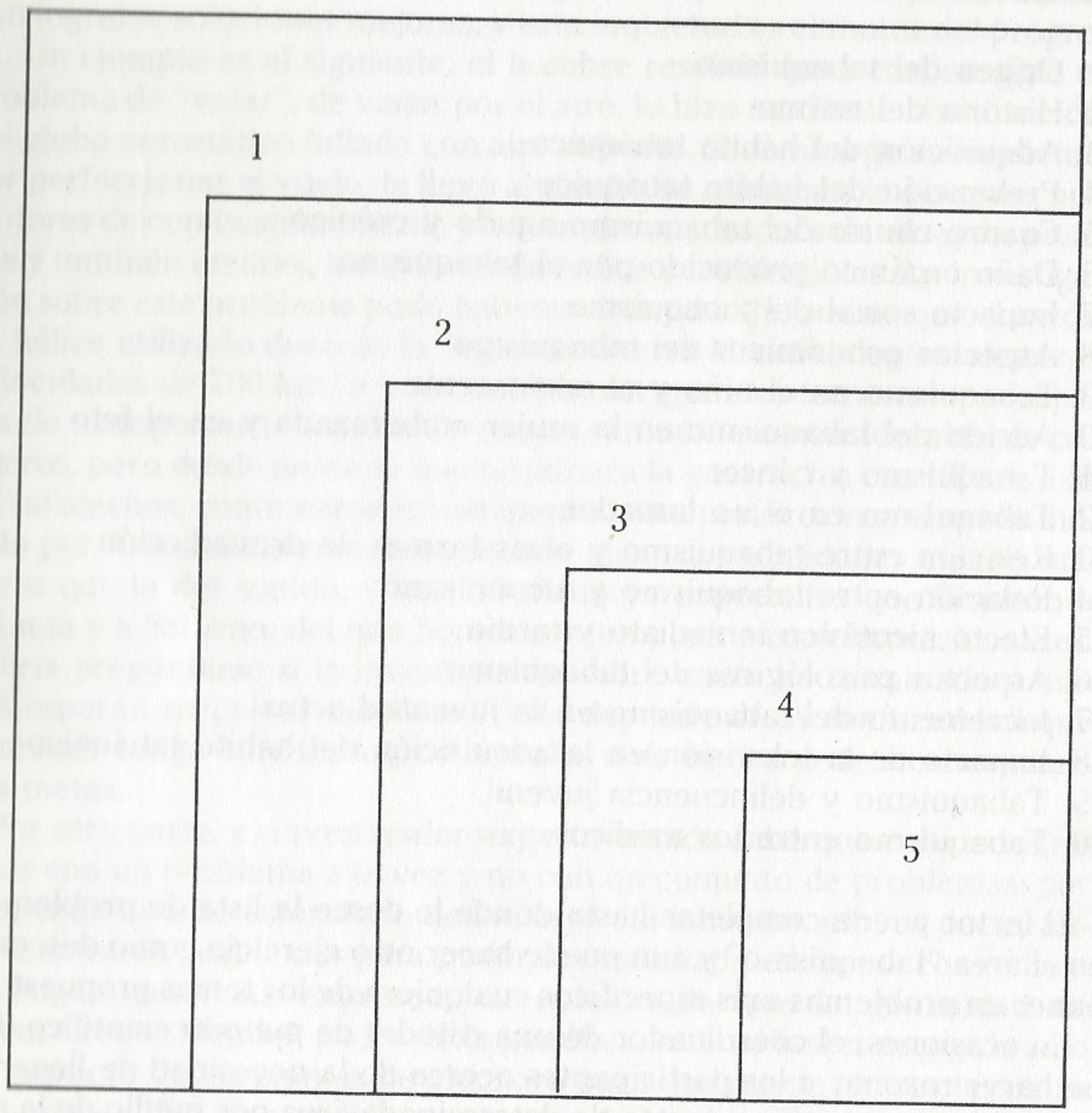
El lector puede completar hasta donde lo desee la lista de problemas en el área "tabaquismo" y aun puede hacer otro ejercicio como descomponer en problemas más específicos cualquiera de los temas propuestos.

En ocasiones, el coordinador de una cátedra de método científico debe hacer razonar a los participantes acerca de la necesidad de llegar a un problema específico dentro de determinada área por medio de la reducción gradual de ésta como lo sugiere el siguiente ejemplo tomado de la realidad. (Véase cuadro 1.)

Un alumno trata de ubicar su investigación en el área de diabetes sacarina; sin embargo, ésta contiene una cantidad muy grande de problemas; por ello, se le invitó a pensar en algo cada vez más específico y

se inclinó por *tratamiento de la diabetes.* A pesar de todo, esto ofrecía aún numerosos problemas, constituía un campo muy vasto, y entonces pensó en *tratamiento del coma diabético.* Al hacerle notar que aún se trataba de un conjunto de problemas, optó por *tratamiento insulínico del coma diabético* y, sin embargo, reflexionó que había diversos tipos de insulina y no podría investigar con todos. Finalmente, se decidió por *insulina X en coma diabético.* El cuadro siguiente permite notar la reducción paulatina de las áreas hasta llegar a un problema específico que puede ser investigado sin tener que enfrentarse a las complicaciones que ofrece trabajar sobre varios problemas a la vez.

CUADRO 1



1. Area de la diabetes (área "máxima")
2. Tratamiento de la diabetes
3. Tratamiento del coma diabético
4. Tratamiento insulínico del coma diabético
5. Insulina X en el coma diabético

Nótese la reducción paulatina de las áreas, lo que implica eliminar problemas y variables y concentrar la investigación en uno solo.

Una vez detectado y delimitado el problema, el investigador pasará a otro de los aspectos iniciales que deben cubrirse: plantearlo correctamente, es decir, presentarlo en forma apropiada para su estudio, con el enfoque y desde la perspectiva que muestra su disciplina, pero siempre dentro de la realidad.

Un problema bien planteado presenta condiciones favorables para su estudio. Los ejemplos ilustran más que las descripciones generales y conviene examinar algunos.

Si la desnutrición en países subdesarrollados se plantea siempre como problema de salud, se comete un error grave. Es cierto que tiene aspectos biomédicos como son las enfermedades carenciales que pueden llevar a defectos del desarrollo y a la muerte, pero en realidad intervienen en su génesis factores ecológicos, socioeconómicos, culturales, políticos y otros, que deben ser tomados en cuenta si se desea resolver el problema. El enfoque unidisciplinario no sería real y jamás llevaría a la solución.

Esto mismo puede decirse de las parasitosis intestinales que no son sólo un problema médico; las acciones "heroicas" de desparasitación jamás lo resolvieron, pues a las pocas semanas la población estaba igualmente enferma, ya que persistían los factores socioeconómicos, culturales y de otras índoles. El enfoque puramente biomédico abarcaba sólo una pequeña parte del problema. Desnutrición y parasitosis intestinales prácticamente han desaparecido en países donde el nivel socioeconómico y la educación se han elevado, y a ello se ha sumado una política acertada de salud y desarrollo.

Finalmente, hay un tema de gran actualidad: la drogadicción*. Existe

---

* La OMS recomienda utilizar el término **farmacodependencia** como sinónimo de **drogadicción,** a pesar de que esto, en opinión del autor de estas notas y de otras personas enteradas, constituye un error; el farmacodependiente necesita sustancias que le ayuden a recuperar, a conservar su salud o por lo menos a sobrellevar su padecimiento para no morir o convertirse en un inválido; tal es el caso del diabético insulinodependiente, del hipertenso o del cardiaco y muchos otros. Los fármacos son de fabricación, distribución y venta legal. Las drogas, de acuerdo con el concepto actual, son sustancias que dañan la salud, producen sensaciones y efectos anormales sobre la conducta, y su producción, distribución y venta son ilegales; a causa de ellas se cometen delitos de toda clase y se generan graves conflictos sociales y políticos, nacionales e internacionales.

El farmacodependiente deja de utilizar el medicamento cuando ya no lo necesita, y está ansioso de que llegue este momento; el drogadicto, en cambio, hace todo lo contrario y frecuentemente muere como consecuencia de su adicción. Aplicar a un fumador de tabaco o mariguana, al alcohólico o al que utiliza cocaína o heroína el calificativo de farmacodependiente es deformar la realidad.

un gran país donde el número de drogadictos alcanza cifra de millones (se habla de alrededor de 20 millones), quienes consumen (en 1987) estupefacientes por valor de 190 mil millones de dólares al año (cantidad que dio a conocer su mandatario); se trata de *un problema interno* de dicho país; sus investigadores sociomédicos, psicólogos y otros deberían encontrar la causa de esa cifra impresionante que ha convertido al país en un mercado casi prodigioso, donde la demanda crece continuamente y con ello estimula la oferta de drogas exógenas, aunque también se producen internamente, sólo que en cantidad insuficiente. El verdadero problema es *encontrar la causa de que existan tantos drogadictos,* pues resulta lógico que de no ser así, no habría consumo; sin embargo, sus autoridades, prensa manipulada y otros medios de difusión culpan a los países productores de drogas, cosa tan ilógica como decir que los causantes de que existan alcohólicos son los fabricantes de bebidas. En ese mismo país, cuando se impuso la "ley seca", no sólo había muchos alcohólicos sino que reinaron las mafias y el crimen organizado, proliferó el contrabando de licores igual que los establecimientos y destilerías clandestinas, la policía se asoció en muchos casos a los fabricantes y distribuidores ilegales, y el país cayó en un caos que obligó a las autoridades a derogar la citada ley.*

El planteamiento irreal, equivocado (¿amañado?), del problema de la drogadicción no llevará a la solución; mientras aquél país sea un mercado promisorio, los productores internos y externos tendrán un estímulo generoso; los distribuidores y el aparato de comercialización, por su parte, tendrán una labor remunerativa... y el problema seguirá su curso ascendente, aunque la droga suba de precio.

Si cada uno de los problemas mencionados se plantea correctamente, de acuerdo con la realidad después de observar cuidadosamente las condiciones en que se presenta, se podrá proponer un esquema de solución basado en hipótesis reales, sostenidas por conocimiento establecido. Si existen recursos se podrán poner en marcha los mecanismos de solución o por lo menos se tendrá una imagen real del problema y de la forma en que se le puede atacar.

Lo anterior subraya la necesidad de cumplir las etapas iniciales de toda indagación, como son la detección del problema, su delimitación y

---

* La novedad tecnológica más reciente para iniciar la drogadicción en niños son las hojas de papel en que vienen estrellitas, estampas y tatuajes de sabor dulce y fuertemente impregnadas con ácido lisérgico. Aparecieron en Estados Unidos en 1988, pero ya tienen distribución muy amplia, al parecer hasta en México.

planteamiento adecuado. El siguiente cuadro muestra algunas consecuencias del incumplimiento de esta primera etapa de toda investigación científica.

CUADRO II

Problema mal delimitado, mal planteado
→ hipótesis equivocada
→ resultado falso
→ conclusiones engañosas
→ tiempo y esfuerzo perdidos
→ recursos desperdiciados
→ el problema persiste

La observación cuidadosa de la realidad, la lectura de buenos trabajos de investigación y el consejo de expertos son elementos indispensables para no indagar acerca de un problema inexistente, ya resuelto o que ofrezca pocas oportunidades de ser estudiado por no contar con infraestructura científica, tecnológica o de otra clase. Lo ideal es que el investigador, aunque modesto, trate de aportar un pequeño grano de arena para la construcción de ese edificio siempre creciente y nunca terminado que se llama ciencia. Para saber si el problema ha sido estudiado y hasta dónde, conviene cumplir ahora la segunda etapa del método científico.

2. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

Antes de entrar a este punto, debe insistirse en que la división del trabajo científico en etapas que se estudian aparentemente en forma aislada no implica que el investigador olvide en ningún momento que existen las demás. Si bien al operar debe llevar el orden adecuado, tendrá *in mente* una visión integral de los pasos esenciales con el fin de correlacionarlos.

Todo investigador debe formularse ciertas preguntas que habrá de contestar cuidadosamente si desea que su trabajo sea válido; entre ellas están las siguientes: ¿En qué momento surgió el problema? ¿Alguien se ha ocupado de él, dónde y desde cuándo? ¿Qué aportación hizo? ¿Cuál es su estado actual?

Resulta obvio que la contestación para el trabajador científico conocedor de su área puede ser fácil, pero en todo caso es necesario recopilar toda la información que sea posible mediante pregunta a los expertos, consulta bibliográfica (libros, revistas, memorias de congresos o simpo-

sios, *abstracts, index medicuss, excerpta medica*), solicitud de datos en centros de informática y todo aquello que permita cubrir sus requerimientos. Ya en este momento se advierte la correlación que existe entre estas primeras etapas del proceso indagatorio; se debe estar en posesión de información lo más completa posible para no emprender el estudio de lo que ya se conoce, a menos que se le dé al problema un enfoque nuevo.

Deberá tomarse en cuenta que en un mundo cambiante los problemas evolucionan, surgen o dejan de existir; por ello, se insiste, la búsqueda de información ocupa estas primeras etapas del trabajo indagatorio; con ella se dará fundamento a toda la estructura de la investigación, incluido el marco teórico y la hipótesis.

Aunque no es este el lugar más indicado para tratar la técnica de consulta bibliográfica, conviene señalar algunos puntos, puesto que la bibliografía resulta un capítulo importante; los criterios útiles respecto de ella son: número de documentos consultados, procedencia, calidad (confiabilidad) y actualidad o antigüedad de los mismos.* Estos dos aspectos son importantes, cada uno en su sitio: lo antiguo ilustra sobre el origen y evolución del problema, enriquece la parte histórica; lo nuevo ayuda a definir el estado en que se encuentra el problema.

La búsqueda de antecedentes evita investigar lo ya conocido y permite dar a ciertos problemas enfoques nuevos; un buen director de tesis o un competente promotor de investigación científica, conocedores de su área, presta ayuda valiosa y hace notar al dirigido, mediante el ejemplo, que el investigador científico debe ser también un escritor idóneo que se sujeta a las normas de la comunicación científica.

3. JUSTIFICACION

Aunque todo investigador debe tener libertad para trabajar en el problema que le interese, a veces es difícil que lo haga con sus propios medios, especialmente si la indagación requiere inversión cuantiosa; en este caso, debe recurrir a la ayuda de instituciones y éstas obviamente apoyan el estudio de problemas científicos importantes, o que afectan al país o a la comunidad.

El investigador, según se vio, no debe sentirse desligado de los problemas de su medio y de su área de trabajo. Nadie le impide pensar en otros que le interesen personalmente, pero primero debe tomar en cuenta la utilidad de su investigación y encontrar argumentos que apoyen sólidamente su deseo de estudiar el problema que ha elegido, así como expresar con toda claridad qué se evitará o qué se ganará al resolverlo. Dicho problema puede ser importante en el área biomédica, social, industrial, tecnológica, económica, educacional u otra; por ello, debe estar bien enterado de los que existen en su área y tener idea clara de su importancia.

Toda justificación debe apoyarse en cifras cuando sea posible, por ejemplo, número de casos, decesos o invalidez causada por un padecimiento; cantidad de accidentes que podrían evitarse, gastos que ahorrarían, dependencia y fuga de divisas que resultarían innecesarias, y así en cada ocasión. Conviene que el lector piense en lo fácil o difícil que sería quedar convencido de que es necesario hacer alguna aportación; es seguro el apoyo si los argumentos son valiosos y las cifras lo justifican. No debe olvidarse que una investigación requiere inversión de recursos (económicos, de material, equipo, tiempo, esfuerzo) que deben fructificar y que cada día se encarecen; el tiempo se acorta, las distancias se agrandan, las técnicas se complican y así sucesivamente. El primero ante quien el investigador debe justificar su proyecto de investigación es él mismo, y en este proceso nada se debe inventar sino apoyarse en la realidad. Una justificación sólida impulsa a trabajar y a buscar todo apoyo posible.

4. PROPOSITOS Y OBJETIVOS

Es muy raro que se pretenda resolver mediante una sola indagación un problema importante, aunque sí puede hacerse con una de sus partes; por ello conviene que el investigador sepa con toda claridad lo que se propone hacer respecto del problema y las metas que espera alcanzar. Por eso se habla de propósitos y objetivos o metas.

En ocasiones podría no ser fácil distinguir el contenido de los términos citados, y algunas instituciones, mediante formatos más administrativos que científicos, inducen a confusión mayor. Para aclarar un poco, se ofrece ejemplo:

Propósito: Estudiar la acción de la sustancia *x* sobre células tumorales en cultivo.

Objetivos:

a) Determinar la dosis tóxica (mortal) sobre dichas células.
b) Precisar las dosis adecuadas para detener simplemente su reproducción.
c) Descubrir posibles efectos tardíos de la sustancia *x* sobre ellas.
d) Determinar cuánto tiempo después de haber aplicado la sustancia y detenido la reproducción, ésta se reinicia.

---

* De la Vega, L.C. *La comunicación científica*, Ed. Dirección de Bibliotecas y Publicaciones, IPN, pp. 45-49, 1990. México.

Los objetivos de una investigación deben expresarse claramente porque constituyen la meta. En la medida que éstos se alcancen, el trabajo habrá tenido éxito.

5. HIPOTESIS

> Lo importante en ciencia es formularse la pregunta correcta.
>
> *Von Bekesy*

Cuando el investigador pretende resolver un problema, no se lanza a ciegas para tropezar con algo, no dice "voy a hacer esto para ver qué pasa", ni pretende ofrecer explicaciones irracionales o sobrenaturales acerca del fenómeno que estudia; en lugar de ello, piensa en una explicación lógica, posible y probable y, con base en ésta, formula una predicción sobre lo que espera encontrar; parte de lo conocido para explicar lo desconocido y busca confirmar su suposición; es decir, formula hipótesis que mediante su investigación someterá a prueba. La *hipótesis* puede resultar verdadera o no, pero en este caso formulará otra y nuevamente la someterá a prueba. Debe recordarse que entre los conceptos sobre lo que es ciencia fue enunciado uno que dice: "disciplina que procede mediante postulación y prueba de hipótesis". La hipótesis es el elemento rector de toda investigación; sin ella sería imposible diseñar el camino que se va a tomar para tratar de resolver el problema. De la misma manera que sin un problema bien delimitado y correctamente planteado no habrá investigación, sin hipótesis no habrá diseño de aquélla. Los razonamientos científicos que dan base a la hipótesis constituyen un ***marco teórico***

Lo anterior explica por qué se define la hipótesis como suposición basada en conocimiento establecido, o como explicación posible o probable de un fenómeno.

Para resaltar la importancia de la hipótesis conviene analizar los dos párrafos siguientes que nos muestran también el sitio especial que ocupa en el protocolo o proyecto de investigación.

"La hipótesis es el factor determinante de todo trabajo experimental, se va en busca de algo que espera uno encontrar o se da una explicación que se cree poder confirmar; de la hipótesis depende toda nuestra labor y todo el material y dispositivos que se empleen. (Véase apartado 3.) *Por ello merece un enunciado suficientemente claro para que sea comprendida cabalmente.* Alrededor de la hipótesis se estructura todo el trabajo

y ella le imprime todo su espíritu; su enunciado debe preceder al del diseño experimental pues éste no podría existir sin aquélla."

> Conan, J.B., *Science and common sense*, New Haven, Yale University Press, 1961, p. 62.

"La hipótesis que nos proponemos probar es una parte tan importante del diseño de toda indagación científica, *que no puede ir sólo implícita o incluida en algún capítulo* de acuerdo con nuestro proyecto o protocolo; *requiere un lugar especial y éste se encuentra antes del enunciado del material y método*, que ahora se menciona como diseño experimental; denominación más amplia y lógica puesto que así queda todo comprendido como un proyecto de trabajo que se desarrollará de acuerdo con una idea..."

> Russell, B., *An approach to the Methodology of the Science*, Ed. Mundo Nuevo, Colombia, 1959, p. 56.

Resulta evidente que, si la hipótesis es una suposición basada en conocimiento establecido, debe existir antes de su enunciado una exposición breve de dicho conocimiento que le sirva de base: el ***marco teórico*** que puede ir como un inciso específico, aunque en realidad empieza a configurarse desde la exposición del problema. Finalmente, la hipótesis se completa con la ***predicción*** correspondiente en la que se expresa lo que el investigador espera ver realizado.

Antes de poner ejemplos que ilustren lo anterior, cabe señalar que hipótesis es un término latino que deriva de las raíces griegas *hipo*, lo que está abajo, lo que sostiene, y *thesis*, conclusión, proposición que se apoya en razonamiento; en este caso la etimología resulta ilustrativa.

Como ejemplos de hipótesis conviene que el lector analice lo siguiente:

> En una investigación acerca del efecto letal de las radiaciones ionizantes, surgió la duda acerca del papel que podría jugar la infección en la muerte de los animales radiados, y se formuló la siguiente hipótesis apoyada en un marco teórico resumido:
>
> "Es posible que las radiaciones no sean necesariamente mortales sino que depriman el sistema inmunitario, así el animal no resiste las infecciones que se presentan; por tanto, *si* es la infección lo que mata a los animales y no las radiaciones, *entonces*, al suministrarles oportunamente antibióticos, el número de fallecimientos debe reducirse significativamente."

Nótese que la primera parte enuncia conocimiento establecido, es decir, que el sistema inmunitario, al deprimirse, deja de proporcionar elementos de defensa y esto puede ser aprovechado por gérmenes oportunistas que causarán la muerte de los animales. La segunda parte constituye la hipótesis; se aprecia primero una suposición: *si es la infección la causante de los decesos...* y en seguida la predicción: *entonces*, al suministrarles oportunamente antibióticos, *el número de fallecimientos debe reducirse significativamente*.

Es notable la cautela con que se deben hacer los enunciados; a primera vista, en el ejemplo citado, debería decirse que al dar oportunamente antibióticos ningún animal morirá, pero en biomedicina las cosas no pueden ser tajantes, existen factores llamados ***variables*** (se tratarán más tarde), que deben ser tomados en cuenta. Sin embargo, si la cifra de decesos no resulta significativa, la hipótesis probablemente no fue acertada. Debe notarse también que la hipótesis se enuncia como verdadera suposición y no como aseveración. Haber dicho por ejemplo: "las radiaciones no son mortales y los antibióticos impiden las infecciones y permiten la supervivencia de los animales"... significaría hacer una aseveración y acaso una ***conclusión***, no una hipótesis.

Otro ejemplo:

> Al investigar el Dr. Christian Eijkman (holandés) a fines del siglo pasado sobre el origen del *beri-beri* (nombre cingalés que significa "débil-débil"), sus observaciones lo llevaron a suponer que en la cáscara del arroz existía algún factor que impide la aparición de la enfermedad, y formuló la siguiente hipótesis: "Probablemente en la cáscara del arroz existe un factor que se opone al desarrollo del *beri-beri* y, si esto es así, los sujetos que ingieran arroz con porciones de cáscara no presentarán la enfermedad."

De aquí surgió otra hipótesis:

> "Si la falta de un factor contenido en la cáscara del arroz desencadena *beri-beri*, al administrar dicha cáscara a pacientes de esta enfermedad, éstos curarán."

Nótese que estas hipótesis se complementan y de aquí un nuevo tipo de ellas, las complementarias.

Algunos científicos de la época del Dr. Eikjman desconfiaron de las ideas de este investigador genial por muchos conceptos y enunciaron que la verdadera causa del *beri-beri* eran las malas condiciones de higiene de las cárceles, lugares donde el padecimiento causaba más estragos. El investigador recogió la inquietud, rasgo honesto de un verdadero hombre de ciencia, y formuló la siguiente hipótesis:

> "Si la causa del *beri-beri* son las malas condiciones de higiene de las cárceles, entonces este padecimiento no se observará en los internos de aquéllas que ofrezcan buenas condiciones."

Lo anterior desencadenó una nueva investigación que demostró la validez de aquella que había propuesto, origen carencial del *beri-beri* y la inconsistencia de la relacionada con las condiciones de higiene. No es necesario hacer notar que el diseño de la investigación en cada caso era especial, el necesario para poner a prueba la hipótesis.

Por otro lado, no debe pensarse que las hipótesis siempre son ciertas y es útil transcribir algunas ideas del químico G. N. Lewis:

"El científico es un hombre práctico y sus fines también, no busca lo último sino lo aproximado. No habla del último análisis sino más bien de la siguiente aproximación. No son suyas las estructuras tan bellas y delicadamente diseñadas en las que una sola imperfección causaría el colapso total. El científico construye despacio pero con albañilería gruesa y sólida.

"Si está descontento con cualquier aspecto de su trabajo, aun cuando fuera en la base misma o el fundamento de éste, puede remplazar dicha parte sin afectar el resto; debe, eso sí, quedar satisfecho de su trabajo ya que aunque la ciencia nunca está completamente en lo correcto, tampoco está completamente equivocada, y parece mejorar de una década a otra." (Recuérdese el principio de las aproximaciones sucesivas.)

Hasta ahora se han tomado ejemplos del área biomédica aunque el método científico se aplica en todas (fisicomatemáticas, sociales y administrativas, economía...); en cada una se plantean hipótesis y se someten a prueba con las modalidades correspondientes, como en el siguiente caso:

> El gerente de una empresa industrial tuvo conocimiento de que la música podría estimular la productividad del trabajador; después de consultar con el consejo ejecutivo, decidió instalar bocinas en los lugares de trabajo y ofrecer la música que creyó adecuada. De manera intuitiva se formuló una hipótesis que podría ser la siguiente:
>
> "Si laborar en un ambiente con música estimula la actividad del trabajador, esto debe traducirse en mayor productividad o en la elevación de la calidad del producto."
>
> Ahora el gerente deberá hacer una evaluación de la productividad y de la calidad del producto elaborado para confirmar su hipótesis y, si el resultado no la apoya, se abrirá una nueva investigación y se diseñarán nuevas hipótesis para someterlas a prueba, pues es posible que no hubiera tomado en cuenta algunas variables, por ejemplo: tipo de música o volumen del sonido. Los expertos en la materia ya pasaron por estas etapas y pueden ofrecer consejos basados en investigaciones llevadas a cabo con rigor científico; de otra manera serían engañosas.

No es raro que el investigador formule dos hipótesis en espera de que una de ellas resulte cierta, en tal caso se habla de hipótesis alternas o alternativas.

Finalmente, en ocasiones se deben tomar en cuenta y someter a prueba varias hipótesis de las que una o más pueden resultar ciertas en mayor o menor grado. Se trata de hipótesis múltiples como las del siguiente caso:

Los resultados de una campaña de planeación familiar en una comunidad fueron menores que lo esperado, el problema era, ¿por qué? ¿A qué se debió?

Los encargados de conducir dicha campaña empezaron a realizar observaciones que explicaran el resultado y, de ellas, surgieron varias posibilidades que pueden generar hipótesis.

El éxito de la campaña no llegó al nivel esperado debido a:

a) factores religiosos
b) "machismo"
c) ignorancia del proceso de reproducción
d) falta de información
e) mala conducción por personal impreparado.

En este caso salta a la vista que todas estas causas pueden actuar en cierta medida y por ello cabe establecer cinco hipótesis o una que cubra los aspectos señalados como la siguiente:

"Si el resultado pobre de la campaña de planeación familiar obedeció a los factores señalados, entonces, al neutralizarlos, dicho resultado será mejor."

Obviamente, el siguiente paso será hacer un diseño de investigación tomando en cuenta las variables correspondientes.

Una de las preocupaciones, a veces poco productivas, de algunos autores es hacer clasificaciones, y las hipótesis también han sido objeto de ellas; sin embargo, lo importante es formularlas correctamente y que funcionen como base del diseño de una investigación; para ello es preciso haber detectado, delimitado y planteado con claridad el problema por investigar. No es ocioso insistir en que el método científico consta de una serie de etapas que deben ser cubiertas en orden, lo que facilita el paso a la siguiente. Por lo demás, toda persona formula constantemente hipótesis que espera confirmar o desechar aunque no haya estudiado un libro o asistido a un curso de método científico. Existen numerosas obras que permiten profundizar sobre esto y aun confundirnos seriamente.

6. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

Para llegar a algo importante se necesita tener gran energía y disposición, y acumular un enorme trabajo.
M. Lebedinsky

Se da este nombre a la planeación cuidadosa, detallada del material y método que se emplearán para poner a prueba la hipótesis propuesta, que constituye el elemento básico del diseño. Para llegar a esta etapa fue preciso delimitar y plantear el problema por investigar, conocer sus antecedentes y estado actual, justificar firmemente su estudio y, finalmente, formular una suposición basada en conocimiento establecido (en un **marco teórico**) y enunciar una predicción acerca de lo que el investigador espera encontrar. Cabe recordar que a pesar de que el investigador proceda por etapas, debe tener *in mente* una visión panorámica de todo el proceso desde que se inicia y en todo momento.

El diseño de la investigación requiere creatividad y experiencia (o consejo de persona que la posea) y debe hacerse tomando en consideración varios factores, entre los que destacan: **a)** el tipo de investigación que se realizará, **b)** las variables que pueden influir en el desarrollo y resultado de la investigación, y **c)** medidas de seguridad.

a) *Tipos de investigación*

De acuerdo con el propósito de ofrecer esquemas sencillos, comprensibles, pero lógicos, la base de la clasificación que se ofrece es la siguiente: existen en la Naturaleza fenómenos y procesos a los que sólo es posible asistir como espectadores, lo que permite **observar** su desarrollo, registrarlos por medio de recursos tecnológicos y analizarlos, interpretarlos y así lograr conocimiento que permita hacer generalizaciones y aun predicciones. Tal sucede por ejemplo con la trayectoria de un cometa, un eclipse y otros fenómenos cuyo desenvolvimiento no puede modificar el hombre. En estos casos, la investigación es **observacional.** En biomedicina se realiza frecuentemente este tipo de indagación cuando no es posible o lícito provocar un fenómeno o proceso que cause daño a la salud del hombre, o bien no se puede provocar en los animales de experimentación, por ejemplo el alcoholismo (véase la Declaración de Helsinki). Resulta obvio que ésta y otras adicciones o dependencias surgen en el sujeto humano debido a factores múltiples. Si alguien se prestara a ingerir crónicamente alcohol, se podrían estudiar en él los efectos sobre su organismo, el daño que produciría, pero de ninguna manera mostraría un cuadro representativo del alcoholismo como entidad biopsicosocial. Esto mismo se aplica a los animales a quienes de alguna manera se les in-

Un paso. . .
hacia el METODO CIENTIFICO
Primera edición, 1990
Segunda edición aumentada, 1994

Derechos reservados conforme a la ley
© D.R. 1994. Sobre la presente edición
INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
Dirección de Publicaciones,
Tresguerras 27, 06040 México, D.F.

ISBN 968-29-2564-9, primera edición
ISBN 968-29-6180-7, segunda edición aumentada

Agradecimiento

a la *Dra. Ma. Guadalupe López de C.*, por la impecable elaboración del manuscrito y sus atinadas sugerencias.

al *Ing. Miguel Angel Tenorio*, celoso guardián de nuestro idioma, del buen decir y del mejor escribir.

a *Lic. Blanca Pastor Téllez*, por sus acertadas observaciones en cuanto a redacción y estilo.

trodujera el tóxico. En biomedicina y ciencias sociales, a menudo la investigación debe ser observacional.

Existen, por otra parte, fenómenos y procesos que el investigador puede reproducir bajo condiciones controladas, por ejemplo la multiplicación celular, acción de sustancias sobre plantas, animales o en el mismo ser humano cuando ya existen estudios previos que lo permitan; igualmente puede experimentarse con un tipo de motor, un combustible, un prototipo electromecánico, un modelo experimental o a escala, procesos de síntesis, etcétera. En este caso la investigación es **experimental** aunque de todas formas el investigador debe **observar** constantemente la marcha de su indagación.

Finalmente, en ocasiones el investigador no puede observar el fenómeno porque ocurrió tiempo atrás (o requeriría un lapso de observación muy prolongado como en el caso de la fosilización) o no puede reproducirlo como sucedería con la erupción del Vesubio o la Revolución Francesa; entonces debe recurrir a documentos* que le permitan reconstruir por lo menos parte de los hechos, hacer extrapolaciones o deducciones y, de ese modo, lograr conocimientos o formular hipótesis que a su vez requieran nueva búsqueda. Así se ha logrado conocer culturas antiguas, informarse sobre glaciaciones, desplazamiento de las aguas del mar y muchos otros procesos que el hombre actual no puede presenciar y mucho menos desencadenar. En estos casos se trata de investigación **documental.**

Desde el momento en que el investigador plantea su hipótesis y la predicción correspondiente, intuye si su indagación será fundamentalmente observacional, experimental o documental. De cualquier manera, la consulta bibliográfica (que en ocasiones puede ser investigación bibliográfica) interviene en todas ellas como lo hace la observación en los dos primeros tipos descritos.

Conviene que el estudiante o el investigador novel conozcan el significado de algunos términos que se aplican en determinados casos a diversos trabajos de investigación.

Cuando por medio de documentos se indaga sobre un fenómeno que sucedió antes del momento actual, se dice que la investigación es **retrospectiva;** en caso contrario (de ahora en adelante) será **prospectiva.** Si implica el seguimiento de un proceso durante cierto tiempo, será **longitudinal;** pero si se toma el fenómeno o un grupo de ellos en determinado momento de su desarrollo, se trata de indagación **transversal.**

En ocasiones se oculta cierto aspecto de la investigación, sea a los sujetos de estudio o al personal relacionado con ella, y esto da lugar a que la indagación se considere como estudio **ciego.** Existen casos en que por

---

* Documento es todo objeto que proporciona información o sirve de prueba. Puede ser también un escrito.

sus características es **doble ciego;** ignoran ciertos aspectos los dos sectores o se restringe la información sobre uno o más aspectos durante la indagación, aunque siempre hay un registro o existe una persona que en cualquier momento puede aportar datos completos. Lo anterior tiene por objeto eliminar emociones y factores subjetivos que pueden constituir una variable importante y restar validez o confiabilidad al resultado. El estudio puede ser **unicéntrico** o **multicéntrico,** según se realice en uno o más lugares. Ocasionalmente se utilizan otros términos cuyo significado debe indagarse para emplearlos con propiedad.

INVESTIGACION MEDICA

Comprende diversas áreas tales como:

Clínica. Se realiza en contacto directo con el paciente y, en ocasiones, con sus familiares; se auxilia con datos de laboratorio y gabinete y tiene por objeto indagar sobre la naturaleza de los padecimientos (evolución, diagnóstico y tratamiento) y todos aquellos aspectos que requieren mayor conocimiento. Igual que todo tipo de investigación tiende a ser multidisciplinaria. Es indudable que la interacción entre el clínico y otros profesionales —como el bioquímico, bioelectrónico, computador y otros que en determinados casos deben intervenir—, lleva a lograr mejores frutos. Una de sus finalidades es establecer las bases para el diagnóstico integral.

De laboratorio y gabinete. Se lleva a cabo con el paciente, sus secreciones, líquidos orgánicos, excreciones, células, tejidos, órganos, sistemas o aun puede comprender el organismo completo. Ejemplos: citohistológica, hematológica, microbiológica y parasitológica, radiológica, electrofisiológica, bioquímica y en ocasiones mediante instrumentos que permitan evaluación funcional general o especial.

Epidemiológica. Busca datos acerca de padecimientos o cambios en el estado de salud comunitaria o regional, o de mayor amplitud como localización y dispersión de una enfermedad, de agente causal, vector, morbimortalidad, incidencia, frecuencia, prevalencia, mecanismos de producción y otros; todo ello para lograr la prevención y control de enfermedades y mejorar la salud individual, familiar y comunitaria.

Sociomédica. Estudia el comportamiento de individuos, grupos humanos o comunidades frente a problemas como enfermedades infecciosas y parasitarias, alcoholismo, drogadicción, aborto, prostitución, maltrato a menores. Trata de obtener datos sobre la relación entre los problemas de salud y los patrones culturales y socioeconómicos, y aprovechar éstos o modificarlos por medio de campañas como las de educación higiénica, planificación familiar y otras que deben tomar en consideración no sólo el estado de salud comunitaria, sino las respuestas posibles de la población, sus capacidades y el papel que puede desempeñar.

Educación en salud. Trata de encontrar la mejor manera de impartir conocimientos y habilidades, fomentar actitudes e ideales tanto a estudiantes de ciencias de la salud como al personal médico, paramédico y auxiliar; a la comunidad, familia e individuo, con el fin de promover y mejorar la salud, prevenir enfermedades, curar y rehabilitar al paciente; todo de acuerdo con la realidad de cada región o país según el nivel de educación del grupo al que se dirige la enseñanza.

Tecnología en salud. La medicina ha mejorado su acción debido a los avances de la tecnología en todos los campos; muchos recursos preventivos, de diagnóstico, curativos y de rehabilitación obedecen a este aporte constante de conocimientos y técnicas. Muchas labores que tenía que realizar el médico o sus auxiliares con sus propias manos, con lentitud y poca eficacia y aun en condiciones de poca comodidad, ahora se realizan en condiciones mucho mejores y cada día aumenta su eficiencia. Los instrumentos, equipos e instalaciones actuales son sorprendentes por su complejidad. La tecnología ha hecho surgir especialidades insospechadas hasta hace poco, como son la biotecnología y la ingeniería genética, cuyos campos de investigación y posibilidades apenas empiezan a explorarse.

Se trata de investigación multi e interdisciplinaria en la que se asocian la biología, medicina, bioquímica, biofísica, electrónica, mecánica y otras, según lo requiera el problema por investigar.

Administración en salud. Busca mejorar el funcionamiento de centros y unidades de atención de salud, la prestación de servicios, diseño de metas y objetivos, cobertura de salud, economía y optimización de recursos, manejo de personal, planeación administrativa y aspectos conectados con ella.

La enumeración anterior no implica que tan sólo existan estas áreas o que no puedan crearse otras; cabe también señalar que todas ellas no son autónomas ni funcionan de manera aislada sino se auxilian mutuamente y así se logran imágenes unitarias, integrales de los problemas de salud y sus soluciones posibles. Cada área de investigación puede lograr extensión y profundidad que haga sentir la necesidad de crear subespecialidades o áreas menores; de ahí surge la recomendación de estudiar los problemas, investigar, mediante equipos multidisciplinarios para obtener mejores resultados.

b) *Consideración de variables*

El nombre de **variables** se aplica a todo factor cuantitativo o cualitativo capaz de alterar la marcha o el resultado de la investigación. No existen dos objetos o sujetos exactamente iguales ni dos conjuntos de circunstancias o condiciones que no muestren alguna diferencia, así sea poco importante (no significativa) o resulte decisiva (significativa); por ello, al

trabajar con individuos u objetos ubicados dentro de un medio ambiente, habrá que tener presentes estas diferencias o variables.

Supongamos que se trata de investigar la velocidad promedio de corredores deportivos; si para ello se toman todos los que se encuentran dentro de una ciudad, la disparidad tan grande que muestran quitaría toda certidumbre al resultado, pues no se tuvo en cuenta que hay hombres y mujeres; lo que implica una variable **cualitativa** importante: el sexo. Resulta obvio que los valores de velocidad serían diferentes según el caso; pero aun dentro del grupo de sujetos del mismo sexo existen diferencias **cuantitativas** importantes como son el peso, estatura, proporcionalidad, grado de entrenamiento, estado nutricional y otras. Por ello, al hacer el diseño de la investigación se deberá tener en cuenta estas variables y eliminarlas o reducirlas al mínimo por medio del señalamiento de criterios de inclusión o de exclusión; así se lograría una muestra uniforme y representativa de un universo. Cuando esto no sea posible, por lo menos se deben conocer las variables y tratar de cuantificarlas, para dar al resultado valor confiable. Así, en este ejemplo, se tomarían corredores velocistas del mismo sexo, grado de entrenamiento en la distancia que se correría, límites de edad, peso, talla (en las grandes distancias el factor resistencia a la fatiga cuenta más que la velocidad) y otras características que permitan reducir la dispersión de valores.

De la misma manera, si se va a trabajar con células o con animales de laboratorio, se buscará que sean de la misma especie (variable cualitativa) y tengan características similares con el fin de **reducir** las variables. El investigador debe hacer uso de sus instrumentos mentales (observación y razonamiento especialmente) para prever las variables que pueden surgir en cada caso.

Hasta aquí se han mencionado variables que corresponden a sujetos u objetos de experimentación (intrínsecas a éstos), pero existen otras que pertenecen al medio o a las condiciones en que se realiza la investigación, por ejemplo: gravedad, presión atmosférica, temperatura, humedad, cantidad de luz, presencia de radiaciones y otras que en determinado momento pueden surgir.

Cabe recordar que el eclipse anular de Sol que sería observable en nuestro país el mes de mayo de 1984 no pudo ser bien estudiado debido a espesos nublados (variables climáticas o atmosféricas), lo que frustró la intención de instituciones nacionales y extranjeras. Los cambios climáticos suceden a veces en pocas horas y resultan difícilmente predecibles.

Salta a la vista que los factores ambientales mencionados pueden afectar al objeto, sujeto o al fenómeno que se estudia. No da el mismo rendimiento un atleta a temperatura ambiente de 20°C que a 5 ó a 40°C, y lo mismo se puede decir de las demás variables. Una manera de evitar su influencia es hacer competiciones intramuros, bajo condiciones controladas.

Existen diversas clasificaciones de variables, aunque aquí por ahora se consideran sólo las mencionadas:

Intrínsecas	—	del sujeto u objeto de estudio.
Extrínsecas	—	del medio en que se trabaja.
Cualitativas	—	sexo, especie.
Cuantitativas	—	(medibles) como temperatura y humedad, y dos tipos más que se analizan en seguida: independientes y dependientes.

Las variables **independientes** cambian (o se les hace cambiar) en forma autónoma, libremente dentro del estudio, por ejemplo: temperatura, humedad y luz; cuentan en la medida que afectan la marcha de la indagación o su resultado. Las segundas, **dependientes,** cambian a causa de la acción de las independientes, por ejemplo: la velocidad del corredor depende tanto de sus variables intrínsecas como de las condiciones climáticas, de la calidad del aire ambiente y otras más; por ello será una variable dependiente. Es frecuente que el problema por indagar sea una variable dependiente; por ello conviene controlar, reducir al mínimo o eliminar las independientes con el fin de obtener resultado confiable, apegado en lo posible a la realidad. Por otra parte, las variables independientes suelen influir entre sí, por ejemplo: el estado nutricional modifica peso y estatura, y éstos a su vez actúan sobre la fuerza física. Por ello, los términos dependiente e independiente pueden tener cierto grado de relatividad.

Cuando se trata de reproducir un fenómeno natural, es útil que las condiciones sean lo más cercanas posible a las naturales, de otra manera se estarán "fabricando" resultados, aunque en ocasiones el investigador altera una variable precisamente para conocer su acción, por ejemplo: la temperatura, humedad o gravedad en la reproducción celular.

Supongamos que se va a investigar la acción deletérea de un fármaco sobre seres en desarrollo; resulta evidente que si se sumerge el embrión en una solución de dicho fármaco (o aun en agua destilada), se han alterado condiciones naturales e introducido variables que se sumarán a la acción de una sustancia extraña. Un experimento de esta clase podría tener poco valor científico. Razonablemente, R.P. Medawar, Premio Nóbel de Medicina 1969, dice en su libro *Consejos a un joven científico:* "La investigación científica no consiste sólo en crear situaciones que no existen en la Naturaleza."

Debe tenerse en cuenta que, si entre individuos de la misma especie existen diferencias a veces importantes, las que puede haber entre los de especies diferentes son mayores y resulta peligroso extrapolar resultados. El concepto **especie** implica un conjunto de características o variables cualitativas y cuantitativas.

Se ha hecho referencia a los tipos de variables más frecuentes pero existen otras **(imprevistas, recurrentes, intercurrentes)** cuyo significado resulta obvio.

c) *Medidas de seguridad en la investigación científica*

La lectura atenta de la Declaración de Helsinki y la reflexión correspondiente ilustran acerca del cuidado y respeto que el investigador debe mostrar por el ser humano que acepta ser incluido como sujeto de investigación, igual que para quienes figuran dentro del equipo de investigadores, para las instalaciones y material, y el medio en que se trabaja. En todo centro de investigación debe existir una comisión u organismo encargado de la seguridad con el fin de prever todo riesgo y no exponer a nadie ni a nada a los peligros previsibles. La manipulación de bacterias, virus, sustancias radiactivas o que pueden causar daño a la salud de pacientes, investigadores y aun animales o plantas no relacionados con la investigación, debe ser sumamente cuidadosa; todo descuido resulta criminal y el daño puede ser mortal o irreversible. Se ha dado el caso de institutos que buscan cómo dañar al mundo y han sido los primeros en lamentar bajas en su personal. Así, el verdadero investigador científico al servicio de la humanidad (no al de un enfermo mental o al de un sector enajenado por la ambición de poder) debe pensar en el mal que un diseño equivocado o una técnica que se descuide puede causar aun a personas ajenas a sus planes de trabajo; los miles de muertos en Italia, India y otros lugares a consecuencia del descuido criminal que permitió el escape de sustancias tóxicas como la dioxina, son testimonio de lo que puede suceder; y todo ello aparte del formidable daño ecológico que el descuido o la intención malsana causan.

Un buen proyecto de investigación debe contener también las medidas de seguridad que se aplicarán para evitar deterioro de la salud de los seres vivos o daño ecológico. Los ríos y lagos muertos, los mares contaminados y la tierra estéril son un aviso serio y de muy mal augurio para las generaciones futuras.

Una vez definido el tipo de investigación y consideradas las variables previsibles, así como las condiciones de seguridad, se puede emprender el diseño, que consta de dos grandes capítulos estrechamente relacionados pero que no deben mezclarse: **material** y **método.** Habrá que tratar en primer lugar el material o sea el conjunto de elementos tangibles que se utilizarán en la indagación.

d) Material

I. material de estudio

Según el caso, éste puede estar constituido por seres vivos (células, plantas, animales, humanos), sustancias problema, alguna comunidad, un grupo de ellas o cualquier otro elemento que sea portador del problema o vaya a servir para experimentar u observar algún aspecto importante del mismo. Se tendrán presentes los criterios para lograr una muestra uniforme, numéricamente representativa del universo correspondiente. En ocasiones el número de individuos o casos que podrían integrar una muestra o grupo de estudio es pequeño y el investigador debe emprender un análisis descriptivo minucioso del mismo; en otras, en cambio, se cuenta con un número suficiente y esto permitirá el análisis estadístico. Cada investigación requiere consideración cuidadosa. En los tratados de bioestadística se explican los procedimientos de muestreo.

Es frecuente que para realizar la investigación se requiera que una parte de la muestra no sea sujeta a ella, sino que sirva como patrón de comparación. Tal es el caso de pacientes a quienes se les da, en lugar del medicamento que se investiga, un placebo. Con ello se dispondrá de un elemento de contraste o de comparación llamado grupo **testigo.** Algunos investigadores le aplican el nombre de grupo **control,** denominación discutible desde el punto de vista semántico.

Cabe señalar que, para que una muestra integrada por seres vivos sea útil, sus componentes deben tener, hasta donde sea posible, las mismas características (especie, sexo, edad, peso y otras, según el caso) pues sólo así se podrán reducir al mínimo sus variables. De este modo, la investigación marchará mejor y el resultado será confiable. Para ello se deben fijar **criterios de inclusión** que sirvan como guía; esto es válido tanto para el grupo problema o de estudio como para el grupo testigo. Si los criterios de inclusión son claros y alcanzables, resulta innecesario señalar **criterios de exclusión** pues todo sujeto que salga de lo señalado queda automáticamente fuera de la muestra.

II. Recursos

a) Físicos: instalaciones, equipos, instrumental. Cada uno de estos términos habla por sí sólo, pero su contenido debe ser especificado con toda claridad para no dejar dudas.

Un ejemplo puede ilustrar al respecto:

"El trabajo se realizará en las instalaciones de medicina nuclear del hospital X y se utilizarán los equipos de marcado de sustancias y centelleo marca *z* que reúnen las condiciones de eficacia y seguridad para la investigación. Además, se contará con una centrífuga refrigerada marca

W, modelo *Y*, equipo para tinción y observación de tejidos y células por contraste de fase, marca y modelo tal.

"El instrumental para las biopsias será el que se expresa a continuación. Se dispone sólo del mencionado en los cinco primeros incisos; el resto debe ser adquirido."

La amplitud de las enumeraciones y características del equipo e instrumental puede originar que se hagan apartados menores, y el lector debe notar la necesidad de expresar qué se tiene y qué se solicita. Habitualmente en la solicitud de compra deben incluirse marcas, modelos, cantidad y cotizaciones, especialmente si se espera recibir apoyo económico. El capítulo de los costos es importante no sólo para instrumental y equipo sino en todos los renglones, pues lo que se tenga que adquirir o pagar (sueldos, honorarios, animales de laboratorio, material de consumo de toda clase, publicaciones, gastos de informática) debe mencionarse para contar con un presupuesto real y con los elementos de trabajo necesarios, y así evitar tropiezos e interrupciones.

b. Material de consumo. Dentro de este rubro debe considerarse todo aquello que se utilizará en la investigación y no servirá para otro propósito. Equipo e instrumental pueden volver a usarse, se suman a los elementos de trabajo del investigador, en tanto que el material de consumo que va desde útiles de escritorio, sustancias, alimento para animales de laboratorio, jaulas, rollos de película y otros que deben ser igualmente especificados y cotizados, deberán calcularse según la investigación correspondiente y el tiempo que ésta dure. No se debe olvidar que de cada elemento se darán los datos necesarios, como son cantidad, capacidad, procedencia o clase, costo, índice de pureza, calidad y todo aquello que indique, sin lugar a dudas, lo que se desea y con la precisión debida.

c) Recursos humanos. En virtud de su importancia, este rubro puede colocarse en primer lugar; de cualquier manera comprende a todas las personas que tomarán parte en la indagación: investigador o investigadores, asesores, técnicos, trabajadores manuales, secretarias y toda aquella persona que aporte trabajo. La investigación científica, especialmente la multidisciplinaria, exige cada día mayor número de personas; existen algunas en que toman parte profesionales biomédicos, ingenieros, trabajadores sociales, psicólogos y otros. Salta a la vista que el investigador solitario ha dejado de existir.

Acerca de cada participante, cualquiera que sea su rango, debe señalarse su papel, el tiempo que dedicará al proyecto, sueldo u honorarios. Algunas instituciones exigen los *curricula vitarum* con el fin de conocer el nivel de competencia de cada uno. Cabe señalar que en ocasiones la investigación requiere el auxilio de varias instituciones y esto debe especificarse en los términos señalados, después de obtener por escrito

la anuencia de sus directivos.

Una enumeración o relación completa del material da seguridad al investigador y satisface al organismo que patrocina o apoya la investigación.

Lo anterior deja ver la acuciosidad que deben poner los investigadores para enunciar el material de su indagación; confirma también el concepto de que el diseño es la "planeación cuidadosa, detallada" de los elementos necesarios para realizarla. Esto mismo es válido para el siguiente inciso que se refiere al **método.**

e) Método

En el capítulo correspondiente se dijo que método es un modo ordenado de decir y hacer las cosas para alcanzar un fin; es también el procedimiento que sigue la ciencia para encontrar la verdad y enseñarla. De acuerdo con esto, el método que se emplee en una investigación es el conjunto de etapas en que se cumplen técnicas y procedimientos para poner a prueba la hipótesis, utilizando para ello el material señalado. Esta concepción del método hace innecesario el uso del plural. El empleo del término **material** en lugar de materiales da la razón.

Debido a que el método se caracteriza por el *orden* con que se trabaja, su enunciado debe revelarlo; en este inciso se describirá en forma secuenciada lo que se va a hacer, todo con la precisión necesaria. El investigador debe ser el primer convencido de que las etapas no pueden saltarse o alterar su secuencia. Si se van a emplear técnicas o procedimientos conocidos, simplemente se citan, pero, si hay modificaciones o se utilizan otros diseñados por el equipo investigador, deben describirse. No hay que perder de vista que la persona que lea el protocolo de investigación o el informe final debe quedar muy bien enterado del método y, si llega el caso, se podrá repetir el experimento con toda precisión.

Ya existe una corriente científica que tiende a evitar siglas poco claras o arbitrarias y epónimos que en ocasiones son conocidos sólo por un número muy reducido de especialistas. Cuando se empleen siglas no consagradas por el uso universal, escríbase primero el término completo y después, entre paréntesis, las siglas o abreviaturas.

El enunciado ordenado de las técnicas y procedimientos de la indagación permite cuantificar el tiempo que consumirá cada etapa y calcular el total. Este enunciado que se presenta en un cuadro recibe el nombre de **cronograma** y a menudo es indispensable para la estimación de costos.

Ya que el número de problemas por investigar es casi infinito, resulta difícil ilustrar mediante dos o tres ejemplos este punto; además, este documento crecería. Por ello se invita al lector a estudiar trabajos de investigación de buena calidad, especialmente del área que le interesa. Debe recordarse que el investigador es en ocasiones un trabajador de tiempo

completo y se aprende también de la experiencia de los demás. Estas lecturas son un recurso valioso en los cursos de método científico, sobre todo si se someten a un análisis cuidadoso.

CRONOGRAMA

Toda indagación debe desarrollarse dentro de un tiempo calculado por el investigador, tomando en cuenta posibles contingencias; de otra manera podría durar más de lo razonable, consumir más recursos de los previstos o estancarse y aun perder actualidad. Por ello debe señalarse el tiempo que requiere cada etapa y hacer lo posible por cumplirla sin sobrepasarse como sucede a menudo. Existe además otro factor; cuando una institución apoya la investigación con dinero, instalaciones, equipos, personal u otro recurso, exige que todo se cumpla dentro del tiempo previsto pues, excederse en gastos, uso de equipo o en otro renglón, significa en ocasiones suspensión de la ayuda. Quien programa la investigación se responsabiliza y se interesa por terminarla en el tiempo calculado.

Para realizar el cálculo, el investigador debe ubicarse en la realidad y conceder a cada etapa el tiempo que requiere; se da por hecho que las ha ordenado cuidadosamente y dispone de los elementos necesarios. La exposición de dichas etapas y del tiempo que requerirán (sin caer en los extremos de reducir a lo imposible o dar plazos excesivos) constituye un **cronograma** (del griego *cronos,* tiempo y *grama* escrito o trazo). La suma total del tiempo en que se realizará cada etapa da al investigador la duración aproximada o fija de la indagación. El hecho de que el cronograma vaya al final del diseño de la investigación implica que se han tomado en cuenta todos los pasos necesarios, incluido el análisis y sistematización de resultados, tratamiento estadístico, discusión, conclusiones, exposición de problemas pendientes y elaboración del informe final.

Un buen cronograma resulta útil en la labor del investigador porque le estimula en el cumplimiento de su propósito y le asegura el apoyo para futuras investigaciones; además, revela el orden y disciplina con que trabaja.

Cuando, por causas ajenas a la voluntad de quien hace la indagación, se retrasa alguna etapa, se debe investigar y exponer con claridad los motivos ya que pueden surgir sucesos imprevistos como son algunos fenómenos naturales importantes, huelgas y muchos otros que no son previsibles en el momento de elaborar planes. En ocasiones un suceso imprevisto derrumba toda la labor de investigación, como sucedió en la Ciudad de México a raíz del terremoto del 19 de septiembre de 1985; pero felizmente esto no es frecuente.

7. RESULTADO

La única elegancia que puede permitirse
el escritor científico es la brevedad.
G. Marañón

El verdadero científico simplifica las cosas, no las complica.
C. Bernard

Una vez que el diseño de la investigación ha sido terminado y se cuenta con los elementos de trabajo necesarios, se pone en marcha una etapa más de la investigación; hay que empezar a trabajar, a poner a prueba la o las hipótesis y estar atento para encontrar lo esperado, o lo imprevisto, y anotarlo cuidadosamente.

Resulta obvio que no siempre lo esperado va a surgir en forma espectacular, habrá que observar todo muy atentamente y registrar la marcha de la indagación en un diario, pues el investigador no puede retener en la memoria un número ilimitado de datos. Deberá tomarse en cuenta todo incidente, todo detalle que en ocasiones parece poco importante, la marcha general del proceso, el comportamiento del instrumental y equipo, del recurso humano, material de trabajo, sustancias y en general **todo.** Recuérdese que en cada elemento de esta clase se encuentra una o más variables; algunas conocidas, previstas y controladas; otras en las que no se pensó, pero que pueden alterar el resultado. Por tanto, habrá que anotar quizá muchos datos, pero, al hacer el análisis y discusión de resultados, se verá su utilidad. En esas anotaciones puede estar la clave de algún problema.

En cierto tipo de indagaciones la observación debe ser constante porque el proceso no se detiene; una vez en marcha, continuará día y noche. Por ello el investigador puede requerir colaboración de personal de laboratorio, técnicos en alguna rama u otros auxiliares. Piénsese en lo que sucederá si una incubadora se daña, se suspende el suministro de electricidad o surge cualquier otra falla durante el experimento; en consecuencia, antes de emprenderlo, se debe contar con los elementos necesarios y, en ocasiones, habrá que construirlos o adaptarlos. Cuando se examinó el **principio de factibilidad** se vio que aquello que de momento no se puede llevar a cabo, que no es **factible** (del latín *factum,* hecho) debe posponerse en lugar de interrumpirlo después de haber invertido recursos.

Para el registro de resultados, esperados o imprevistos, y también para su clasificación, ordenamiento y sistematización, el investigador debe utilizar los medios auxiliares de la comunicación científica como son las

gráficas, tablas, cuadros sinópticos, diagramas de flujo, películas, fotografías y esquemas. Cada uno de estos recursos ahorra tiempo porque evita a veces grandes descripciones, y permite comparar datos y fenómenos en un espacio reducido del informe final. Las películas y fotos facilitan el acercamiento a la realidad en forma objetiva; los esquemas, por su parte, simplifican las ideas y las hacen accesibles. Además de lo anterior, el ordenamiento de los datos permite su tratamiento estadístico cuando es necesario.

Respecto del registro por medio de películas, videocasetes, fotografías y micrografías, debe decirse que constituye un avance tecnológico de gran importancia ya que con él se capta el fenómeno o proceso y se aporta un documento que puede ser examinado cuantas veces sea necesario y compararlo con otros registros, variar su velocidad en algunos de ellos y examinarlos paso a paso o en tiempo muy breve, menor que el natural. Ante un documento de esta clase puede haber diferencias de interpretación, pero el fenómeno es evidente. Estos recursos aumentan las posibilidades de observación porque amplifican nuestro universo sensorial; su costo se compensa con los datos e imágenes que aportan, con su precisión, ahorro de tiempo y el enriquecimiento de los archivos científicos.

Lo ideal es que todo investigador cuente con los recursos necesarios, conozca sus indicaciones y sepa obtener de cada uno el mayor fruto. Cierto tipo de investigación resulta imposible sin recursos tecnológicos que permitan aprovechar la capacidad del investigador; en otras áreas en cambio, es suficiente un buen equipo humano y recursos físicos modestos.

Se dijo que la investigación científica debe estar libre de prejuicio, y aunque el investigador es un ser humano, debe despojarse de toda pasión o emoción a pesar de que su mayor deseo sea ver confirmada su hipótesis. Su objetividad y honradez deben predominar sobre cualquier otra tendencia. Sabrá también que un resultado negativo logrado con todo rigor científico puede tener tanta validez como el positivo, pues elimina algo que no conducía a la verdad.

En ocasiones es difícil modificar actitudes y por ello puede haber inclinación a falsear o "inventar" resultados, a alejarse de la objetividad; pero esto tarde o temprano se descubre y el investigador quedará en entredicho. Por tanto, es mejor declarar que el problema sigue en pie, aunque se eliminó una causa de error; así, la puerta para la investigación en ese campo seguirá abierta y el investigador contribuyó al esclarecimiento del problema.

Análisis e interpretación del resultado

Este es un aspecto de la investigación, que como todo el proceso exige la utilización eficaz de los instrumentos mentales del científico. En esto el investigador demuestra su preparación científica, filosófica y cultural pues debe dar a los datos recogidos el valor que requiere la búsqueda de la verdad; un análisis defectuoso o una interpretación errónea pueden alterar o anular la labor desarrollada o por lo menos indicar la inmadurez y falta de juicio, de reflexión crítica de quien pretende aportar conocimiento.

Por supuesto que la utilización cuidadosa de los instrumentos mentales (observación, razonamiento, capacidad de análisis, de síntesis, inducción, deducción y extrapolación juiciosa si cabe) debe regir todo el proceso indagatorio, desde la detección, delimitación y planteamiento del problema hasta la conclusión y los problemas pendientes; por ello el investigador requiere formación sólida y no simplemente el aprendizaje de habilidades, destrezas y manejo de instrumental y equipo; esto es técnica y aunque es útil, es sólo un instrumento de la investigación y no la investigación misma.

Un ejemplo puede ilustrar: el hecho de que un cultivo de células, una porción de tejido o un fragmento de órgano reaccionen de determinada manera, no implica que el organismo integrado lo hará en la misma forma. Téngase en cuenta que estos microfragmentos retirados del organismo se encuentran aislados y han perdido toda relación neurohumoral, ambiental y de comunicación con el resto del organismo y por ello los datos que muestren tienen valor relativo pues una cosa es el organismo integrado con su metabolismo complejo, sus reacciones de naturaleza muy diversa y otra los microfragmentos colocados en un medio de cultivo y sometidos a estímulos o agresiones que no se presentan en condiciones reales, naturales, ni fisiológicas.

Otra desviación frecuente es pensar que lo observado en animales de laboratorio sucederá necesariamente en el organismo humano; los efectos pueden ser no solamente diferentes sino en ocasiones opuestos, por ejemplo: se puede alimentar impunemente conejos con hojas de belladona; pero si al hombre se le da a comer una ensalada con hojas de esta planta probablemente sufrirá efectos letales. Inclusive medicamentos de uso más o menos extenso desencadenan efectos y reacciones colaterales en dos sujetos humanos que lo reciban, a pesar de que se trata de individuos de la misma especie y en ocasiones de una misma familia.

Lo anterior es aplicable también a otras áreas científicas pues existen

variables diversas que hacen dispares los resultados, por ejemplo el mismo combustible en motores aparentemente similares, bajo circunstancias ambientales que varían, da resultados muy diferentes; incluso en máquinas del mismo tipo el diferente ajuste o calibración de algunos de sus mecanismos hace variar su rendimiento y si esto sucede en ellas que ni remotamente tienen la complejidad de un organismo vivo, es fácil imaginar lo que puede suceder en éstos.

El número de ejemplos podría llegar al infinito; pero un lector inteligente no los necesita, le basta con la utilización de sus instrumentos mentales y la reflexión crítica para proceder con cautela.

Se verá más adelante que toda conclusión debe ser limitada al material utilizado en el experimento y podrá ser objeto de generalización cuando las experiencias se hayan multiplicado y la observación se realice directamente en el complejo que ha presentado el problema, y aún así la observación a largo plazo puede dar a conocer deficiencias o efectos indeseables.

8. DISCUSION

"La pasión, la emoción y el prejuicio no forman parte del discurso científico, ni contribuyen a aumentar el grado de verdad o la validez de su argumento."

"La discusión, para que sea útil, debe estar libre de falacias."

H. Padilla

Este término deriva del latín *dicutere,* que significa disipar, resolver, examinar y ventilar atenta y cuidadosamente una materia por medio de investigaciones y razonamientos muy certeros sobre sus circunstancias, lo que encaja perfectamente en el capítulo presente y se ajusta mejor que el término **comentario,** utilizado con frecuencia. Una breve consulta al diccionario ilustra.

El término, aplicado a la metodología científica, corresponde a un apartado en que se **examina** y **razona** lo encontrado, se le analiza desde todo punto de vista, se busca su explicación y se compara con lo que obtuvieron otros investigadores en busca de coincidencias o divergencias. Finalmente, el resultado debe correlacionarse en lo posible con la realidad. El capítulo de la discusión es lo que da valor al trabajo y confirma las razones que se tuvieron para todo el planteamiento y diseño de la investigación. El tratamiento estadístico del resultado es importante pero no es todo; la discusión, en cambio, es la etapa analítica y explicativa del trabajo y la que da las bases para establecer la conclusión. Por ello no puede ser un simple comentario o una nueva exposición de resultados como ocurre a menudo. El estudio y reflexión sobre el método científico, y la lectura de trabajos de investigación de calidad ilustran sobre lo que debe ser la discusión.

9. CONCLUSION

Conclusión viene del latín *concludere;* significa acabar, finalizar una cosa, determinar y resolver sobre lo que se ha trabajado; inferir o deducir una verdad a partir de otras que se admiten o demuestran. Esto da idea del contenido de este capítulo. Es, en suma, la declaración final que enuncia si la hipótesis sometida a prueba ha sido confirmada, pues, en última instancia, todo el proceso de indagación se enfoca a esto. Sin embargo, la conclusión o conclusiones, que derivan fundamentalmente de una discusión fuertemente analítica, comprobación estadística y otros procesos, debe ser enunciada con la propiedad debida; en primer lugar

con **cautela,** sin hacer declaraciones categóricas, pues la "verdad" de ahora puede ser la mentira de mañana; por esta razón a menudo se emplean frases como las siguientes: "El resultado de esta investigación parece apoyar o apoya la hipótesis propuesta, ya que se obtuvo una confirmación de X% ..." o, bien, "El proceso que se ha seguido parece no confirmar la hipótesis propuesta, en virtud de...".

Adviértase la prudencia con que se enuncia la conclusión, a la vez que se deja la puerta abierta a nuevas indagaciones que podrían realizarse bajo otras condiciones o con material diferente. Por otra parte, para exponer una conclusión, bastan unos pocos renglones; el enunciado mismo, igual que el texto de todo documento de esta clase, debe ajustarse a las características del lenguaje científico que son:

Objetividad — con apego estricto a la realidad, sin emoción, imaginación ni sensaciones o expresiones subjetivas.

Brevedad — mediante el empleo del menor número de palabras, apropiadas y correctamente enlazadas.

Claridad — para que la idea llegue sin distorsión ni interferencia al lector.

Precisión — exactitud en cantidades, fechas, lugares, personas, instituciones...

Orden — que exponga las ideas en una secuencia lógica.

Sencillez — mediante el empleo de palabras y términos usuales, pero no vulgares.

Estilo impersonal — evita emplear expresiones como "nosotros", "yo", "pensamos", "nuestro laboratorio", "se nos ocurrió" y otras por el estilo. En su lugar, se puede decir: surgió la idea, en el laboratorio donde se hizo el estudio, el grupo de autores o investigadores.

10. PROBLEMAS PENDIENTES

No hay temas agotados, hay sí, investigadores agotados.

S.R. y Cajal

Pocas veces una investigación resuelve un problema en todos sus aspectos, lo más frecuente es que aclare alguno y qu 'en otros pendientes, sea de la misma área o de otras, tal como si la indagación hubiera hecho surgir nuevos problemas e inquietudes. Mientras más apegado a la solución de su problema se encuentre el investigador, menos atención podrá dedicar, al mismo tiempo, a ciertos hallazgos, aunque debió anotarlos en su diario como todo lo que se observa en el curso de una indagación científica.

La historia está saturada de hechos de esta clase que en ocasiones pasaron inadvertidos o no se les concedió importancia. Por ejemplo, el DDT (dicloro-difenil-tricloroetano) fue descubierto alrededor de 1855 por un químico alemán quien vio caer las moscas intoxicadas en su laboratorio, pero seguramente por estar demasiado interesado en otros aspectos de su trabajo menospreció el hecho y, así, la época de los insecticidas residuales (que está llegando a su fin) se retrasó casi un siglo. El descubrimiento de los antibióticos pudo tener una historia parecida si no se hubiera concedido atención a unos cultivos contaminados con el hongo *Penicillium notatus.*

Otro caso puede ser el siguiente: una investigación muy bien llevada a cabo demostró que no es la falta de espacio dentro del tórax lo que hace al tubo cardiaco doblarse y girar durante el desarrollo embrionario, pues una vez "determinado", lo hace aunque le sobre espacio; después el problema fue: ¿a qué obedecen estos movimientos morfogenéticos?

En los casos citados se prestó o no atención a un hallazgo que era trascendente o bien se eliminó una interpretación equivocada, pero el problema siguió en pie. Por ello, el investigador debe anotar cuidadosamente todo lo que observe en el curso de su indagación; un hallazgo aparentemente poco importante o alguna dificultad surgida durante el trabajo puede merecer atención más adelante. En ocasiones el hallazgo ha relegado a segundo término el problema original.

Finalmente, la anotación de los problemas pendientes o surgidos durante la investigación abre nuevas líneas de trabajo para el investigador o para otras personas. En un departamento donde se hace investigación siempre habrá problemas pendientes que servirán como temas de trabajo para el mismo personal o para alumnos, residentes u otras personas que estén en busca de temas.

11. EL RESUMEN

Gramaticalmente, este término significa exposición sumaria, sucinta de ideas o datos; resumir es expresar en pocas palabras lo esencial de lo dicho o escrito más extensamente. En un trabajo científico, el resumen expone con brevedad las ideas esenciales y, por ello, hacer resúmenes es todo un arte que puede dominar quien se lo proponga si tiene idea de lo que significa y se ejercita en forma conveniente. Casi sobra aclarar que un resumen no debe ser relato de actividades como se ve con frecuencia en libros y revistas.

En la Conferencia Internacional sobre Resúmenes, llevada a cabo (no "celebrada", como suele decirse) en junio de 1973 en la ciudad de Washington, D.C., EUA., se acordó lo siguiente:

"El resumen analítico ha de tener la mayor concisión posible; su texto sólo excepcionalmente podrá tener más de doscientas palabras, de tal manera que una vez impreso pueda montarse en una ficha (tarjeta) de 12.5 x 7 cm."

Este acuerdo se aplicó al resumen que aparece al final de un artículo científico en una revista, pero encaja perfectamente en las necesidades del informe final de una tesis o de cualquier investigación científica.

Cabe señalar la diferencia entre resumen y síntesis o condensación, aquél fue definido como la expresión abreviada de las ideas y datos centrales o básicos de un artículo o informe científico; la síntesis es una exposición menos extensa que el documento original, y existen diversos grados de ella. Por ejemplo: un escrito de 20 páginas puede sintetizarse en 15, 10 o cinco, y esto a veces se logra simplemente mejorando la redacción. El resumen analítico en cambio consta de un número reducido de palabras y tiene por objeto informar sobre el tema que se trata sin entrar en detalles pero mencionando las ideas y hechos importantes. El resumen orienta y motiva a la lectura del documento. Por ello constituye, junto con el título, la tarjeta de presentación del autor o autores. Un título breve y claro y un buen resumen dan a conocer la calidad del escritor o investigador.

A continuación se dan dos ejemplos diametralmente opuestos; el lector notará la diferencia.

"La falta de interés científico en el deporte acuático ha permitido su práctica fuera de control a pesar del número creciente de aficionados, lo que expone a peligros graves. Esto motivó al estudio del reflejo de inmersión que promueve una serie de cambios en la esfera cardiopulmonar y actúa como mecanismo de adaptación y de defensa contra la hipoxia. Su estudio en 60 individuos, hombres y mujeres, mostró que en los jóvenes la respuesta es más intensa que en los sujetos de edad avanzada; en los deportistas más que en los sedentarios y en los nadadores de fondo más que en velocistas. Se confirmó que la vía aferente es trigeminal, la integración es mesencefálica y la vía eferente, vagal. Quedó demostrada también la prioridad del reflejo sobre la deuda de oxígeno que crea el ejercicio. Mediante ensayos terapéuticos con este reflejo se logró corregir algunas arritmias cardiacas clínicas."

(135 palabras)

"Para el presente estudio se utilizaron 28 pacientes enfermos de toxoplasmosis y se revisaron cuidadosamente 350 expedientes clínicos de enfermos de la misma causa. A estos últimos se les administró medicamento durante 30 días a la dosis de *x* mg por kilo de peso corporal, repartidos en tres tomas a razón de una cada ocho horas. A todos ellos se les tomó sangre de la vena cefálica mediante punción en ayunas para la dosifica-

ción de metabolitos. Se examinó clínicamente a los pacientes diariamente y, cuando se descubría algún signo o síntoma anormal, se les sometía a pruebas de laboratorio y suspensión o disminución del tratamiento..."

El "resumen" continúa en esta forma y sería inútil seguir con el relato de actividades que contiene. Debe notarse que, en cuanto al problema que trata, no existen datos, propósitos, ni nada que oriente debidamente, lo que contrasta con el primer resumen que ilustra y motiva hacia la lectura del artículo.

12. LA BIBLIOGRAFIA

Ya que en todo proyecto o informe final de una investigación se citan datos e ideas tomados de libros, revistas u otros escritos, es habitual citar las fuentes de información que se utilizaron para permitir al lector consultarlas y formular un juicio de valor acerca de ellas.

Cabe señalar que la bibliografía debe apreciarse conforme a tres parámetros por lo menos:

1. *Número.* Debe contener un número de fichas **suficiente** para dar apoyo a ideas y hechos que se citan. Aunque algunas instituciones señalan un número mínimo (que en ocasiones es muy elevado y aun puede resultar excesivo y repetitivo), lo importante es la suficiencia. Existen problemas sobre los que hay literatura muy vasta, pero también sucede lo contrario, por lo que el juicio sobre número, igual que sobre procedencia y fecha, debe ser crítico.
2. *Procedencia.* Resulta obvio que existen autores, investigadores e instituciones de la más alta calidad y prestigio, merecedores de toda confianza, cuyo nombre es garantía de veracidad y apego a las más elevadas normas científicas.
3. *Fecha de publicación.* Ciertos trabajos requieren la utilización de bibliografía muy reciente, sobre todo cuando el problema a que se refieren y los avances que consignan resultan decisivos; en estos casos se debe contar con artículos o publicaciones del año o aun del mes en curso. Otros temas, en cambio, requieren aspectos históricos, ya que el origen del problema se puede remontar a milenios; entonces las fichas antiguas tienen gran mérito.

En resumen, la evaluación de la bibliografía debe tomar en cuenta las necesidades del trabajo y no es prudente adoptar cartabones rígidos que generalmente son impuestos por personas ajenas a la investigación científica, pero muy leales a su sillón burocrático.

El enunciado de las fichas bibliográficas debe ajustarse a normas internacionales sencillas y muy útiles: la ficha es el conjunto de datos que

permite identificar a quien o a quienes escribieron el artículo o libro, el nombre de éste; cuándo, dónde y qué editorial lo publicó, o a cuál revista pertenece; la edición, volumen y número, si se trata de una revista, y la página o páginas donde se localizan las ideas que importan en el caso.

Al final de este folleto se ofrece bibliografía sobre método científico, cuyas fichas pueden servir como ejemplo, igual que las de cualquier buen libro o revista científica. Caben, sin embargo, algunas recomendaciones, como son: no poner grados académicos de los autores, escribir completo sólo el primer apellido y representar el resto del nombre con iniciales mayúsculas, poner el título de un artículo entre comillas y subrayar el nombre de la publicación (libro, revista, memoria de congreso u otra) y utilizar las abreviaturas ya aceptadas mundialmente. Se insiste en la necesidad de analizar capítulos bibliográficos de buena calidad para tener ejemplos válidos.

A lo largo del texto de una comunicación científica, se colocará como exponente algebraico el número que corresponde a cada libro o revista consultada. Es inútil encerrarlo entre paréntesis y, cuando sean varios, se separarán con comas como en el siguiente ejemplo:

"...pollos sometidos a ingravidez no desarrollan hueso[3] lo que puede hacer suponer que la gravedad es un inductor de osteogénesis,[4,6,11]."

El orden en que aparecen los números bibliográficos será el mismo que llevará la ficha correspondiente en la bibliografía final. Sin embargo, algunas editoriales acostumbran el orden alfabético y, en tal caso, se coloca el número al final de la ficha y entre paréntesis.

Los datos para formular una ficha bibliográfica de un libro deben tomarse de la carátula interna donde generalmente se encuentran todos. En el caso de la revista, se utiliza desde la cubierta (nombre, vol. y núm.). Como toda actividad, ésta requiere ejercicio razonado.

En un fichero bibliográfico caben también manuscritos anónimos y datos recogidos mediante entrevista. En este caso se citará el nombre del entrevistado, fecha de la entrevista y lugar donde labora.

Los cursos de comunicación científica son útiles para éste y otros aspectos que debe dominar el investigador científico o el tesista.

PROLOGO

Lo que caracteriza al método científico es su sencillez, a pesar de que en sus formas refinadas puede parecer complicado.

B. Russell

Cabe preguntar, ¿para qué un librito más sobre método científico si existen cientos, miles quizá, de publicaciones valiosas?

La pregunta es razonable y debe responderse. Dentro de esa vasta literatura existen libros muy elevados, con grandes discusiones filosóficas que pocos entienden; otros más tocan temas especializados, y aun existen muchos que son muy generales y poco explícitos acerca de los aspectos básicos. Gran número de estos últimos están hechos a base de extensa consulta bibliográfica aunque no por ello dejan de tener mérito. Para lograr el presente cuaderno se siguió un proceso diferente: a lo largo de diez años de impartir el curso de método científico fue posible detectar los problemas a que se enfrenta el estudiante, sus dudas e inquietudes, y esto sirvió de base. Se partió de la realidad para volver a ella en lugar de tomar la teoría y "encajarla" en los problemas cotidianos, básicos y comunes que se presentan a quien se inicia. Se hizo siempre lo posible por encontrar soluciones lógicas; enseñar a pensar y razonar, en lugar de buscar alguna pieza que se acomodara en cada caso. Después de esto, el alumno podía comparar lo que concibió con la teoría que puede encontrar en los libros elevados y, si su motivación se lo pedía, se asomaba al campo no siempre diáfano de la filosofía de la ciencia que en ocasiones requiere toda una vida.

Así, poco a poco surgieron pequeñas notas, apuntes dispersos a los que finalmente se les dio coherencia, se les integró, y constituyeron un recurso auxiliar que, unido a la lectura y discusión de trabajos científicos, proyectos de investigación, ejercicios de planteamiento de problemas e hipótesis y otras actividades que se realizan a lo largo del quehacer científico, resultaron útiles en lo general aunque no sustituyen a la literatura consagrada.

METODO CIENTIFICO E HISTORIA CLINICA

Correlación entre historia clínica y método científico

Es conveniente proceder siguiendo el orden de las etapas del método científico; la primera de ellas es detección, delimitación y planteamiento de un problema. Debe tomarse en cuenta la recomendación de Robert Peter Medawar* acerca de que sin un problema bien delimitado y correctamente planteado no es posible la investigación científica; y en el caso del paciente es un problema de salud el que le hace acudir al médico.

En la mayoría de casos es el paciente el primero que detecta su problema y lo hace a través de su malestar, molestias, incapacidad, aparición de fenómenos anormales o algún otro síntoma que llama su atención; rara vez es el médico quien descubre el problema de salud durante un examen rutinario en el que aparecen por ejemplo cifras alteradas de la química sanguínea, orina, perfil de lípidos, signos anormales en una radiografía u otros métodos exploratorios que de manera imprevista ponen de manifiesto algo anormal. Es obvio que en estos casos el problema tenía nivel subclínico, es decir, no había causado molestias o bien el paciente se había adaptado a un determinado estado que le parecía normal en vista de sus condiciones de vida, edad u otras circunstancias; por ello son relativamente pocas las ocasiones en que el médico manifiesta al paciente que existe un problema en lugar de que suceda lo contrario, como es habitual.

Los datos anteriores ponen de relieve un problema o acaso más de uno, por ello se habla de su delimitación pues no es lo mismo enfrentarse a uno solo que hacerlo a un conjunto como en el paciente diabético con cifras elevadas de glicemia, excreción de glucosa por la orina y que al mismo tiempo manifiesta signos de hipertensión arterial u otro padecimiento concomitante. Esto mismo sucede en un politraumatizado donde pueden coexistir lesiones de las extremidades como fracturas, contusio-

* Premio Nobel de Fisiología 1969.

nes, heridas importantes de partes blandas y al mismo tiempo traumatismo craneoencefálico, fractura de costillas con herida de pulmón y posiblemente otras lesiones. Cuando se hace investigación de laboratorio, aislar un problema para enfrentarse sólo a él y tratar de descartar todos aquellos que lo rodean simplifica la investigación en cierto grado, ya que se le aisla y se evita la acción de diversas variables. Si el investigador trata de probar la acción de medicamentos antineoplásicos en un cultivo de tejidos o de células, elimina hasta donde sea posible otros factores (variables) lo que le permite enfocar su atención directamente a lo que espera realizar. Sin embargo, en el paciente las cosas no son así pues no es posible eliminar las interacciones entre órganos, aparatos y sistemas y debe prestarse atención al sujeto como organismo íntegro, ya que no se puede pensar en que sólo una cierta región del organismo está enferma. Esta es una situación que debe tener en cuenta el médico y aunque de cualquier manera tiene que conceder prioridad a determinado problema, no puede cerrar los ojos ante otros que coexisten; habrá que minimizarlos o eliminarlos para eventualmente concentrar su atención en el principal.

Si el paciente que padece una hernia muestra aumento de su glicemia e infección renal, el médico deberá eliminar en primer lugar estas dos variables para simplificar el caso hasta donde sea posible y concentrar su atención en el problema quirúrgico con el fin de lograr éxito terapeútico. Por lo anterior se acostumbra fijar criterios de inclusión para determinados casos y métodos terapeúticos; es decir, eliminar hasta donde sea posible las variables. Esta es una diferencia importante entre la investigación de laboratorio que casi siempre se realiza en condiciones ideales creadas por el investigador y la atención a la salud de pacientes, en donde pueden concurrir diversas circunstancias que deben ser tomadas en cuenta. De cualquier manera deben delimitarse los problemas y conceder en ocasiones atención individual a cada uno; es más, a veces un solo problema puede afectar diferentes órganos por lo que se habla con frecuencia de "complicaciones".

Frente a situaciones de esta clase el médico debe utilizar con destreza sus instrumentos mentales como son la observación, razonamiento, capacidad de análisis, de síntesis y todo aquello que le permita lograr una perspectiva unitaria del paciente como organismo completo. Para ello contará con los datos que éste o sus familiares (en ocasiones ambos) le revelen y con aquellos que él mismo obtenga a través de la observación minuciosa.

Desde el momento de estar frente al paciente, el médico tomará en cuenta elementos como actitud de éste, movimientos anormales, facies, color de la piel y otros muchos que un observador cuidadoso puede recoger aún antes de haber escuchado al enfermo o a los familiares exponer el caso.

El interrogatorio sobre el estado actual y antecedentes, que se mencionan en la lista de elementos de la historia clínica, ayudarán junto con la exploración física minuciosa e intencionada a establecer el estado actual del paciente y hacer un planteamiento correcto de su estado de salud.

Debe hacerse notar que en clínica frecuentemente se imbrican las etapas ordenadas que fueron expuestas cuando se estudió el método científico en general y en ocasiones conviene reiniciar el interrogatorio, incluidos los antecedentes tanto personales como familiares, verificar datos obtenidos mediante la exploración, con el fin de clarificar hasta donde sea posible el panorama que constituye el caso clínico que se examina. Si todo lo dicho se ha cumplido con la debida atención y eficacia, ayudará a plantear el problema en toda su magnitud y con estricto apego a la realidad como lo requiere la ciencia.

Resulta no sólo inevitable sino útil que el médico se plantee subhipótesis escalonadas que le permitan orientar gradualmente su exploración con el fin de llegar al diagnóstico que en realidad constituye la hipótesis definitiva del proceso indagatorio. Casi no es necesario recalcar que la justificación de este proceso resulta obvia y más aún cuando se trata de cuadros patológicos serios que comprometen la integridad física, psicológica o la vida del paciente. Por ello no se insiste como en otros casos, acerca de establecer la justificación de dicho proceso indagatorio, lo que no significa que pierda importancia; ésta resulta obvia para el paciente y debe ser correctamente valorada por el médico. Por otra parte, el capítulo de antecedentes es importante para lograr una imagen real del sujeto en cuanto se refiere a factores hereditarios, hábitos, costumbres de toda clase, lugar de residencia, tipo de actividad y otros datos que aportan orientación para la atención de su salud.

Completarán el panorama clínico la exploración físicofuncional del paciente y pruebas de laboratorio y gabinete.

En algunos medios empieza a generarse una costumbre que dista mucho de ser científica o humanística y es indigna de ser seguida por el médico, como es la de exigir al paciente toda una serie de pruebas de laboratorio y gabinete antes de haber tenido el primer contacto con él; esto puede ser consecuencia de una formación deficiente del médico o bien una costumbre cómoda, productiva o sencillamente un acto inmoral. El conjunto formado por interrogatorio del enfermo, los familiares en su caso, exploración clínica, pruebas de gabinete, laboratorio y el empleo de los instrumentos mentales del médico, permitirán no sólo orientación diagnóstica sino el diseño del tratamiento que debe instituirse.

Resulta también evidente que el propósito del médico frente a un paciente es la restauración de la salud hasta donde sea posible o la recomendación de medidas que permitan una sobrevivencia aceptable y la utilización de sus capacidades restantes en el peor de los casos.

Debe quedar claro que el diagnóstico es en todo comparable a una hi-

pótesis que va a ser sometida a prueba mediante el tratamiento que comprenderá todas las medida higiénicas, dietéticas, medicamentosas, psicoterapeúticas, quirúrgicas o de otra clase, que al dar resultado demostrarán que tanto la hipótesis como el diseño terapeútico que se hizo han tenido éxito; por tanto el tratamiento es en todo comparable a un diseño experimental, en el que se especifican las medidas y recursos que se emplearán con miras a la recuperación de la salud del paciente. No utilizar en estos casos términos vagos o inexactos que sólo dificultarían el trabajo del clínico; debe señalarse con toda claridad la secuencia en el uso de los recursos y conviene hacer un cronograma como en una investigación experimental y un seguimiento del paciente para anotar la marcha del tratamiento y todas las incidencias que se presenten. Esto no sólo servirá como guía sino también contribuye al conocimiento de la historia natural de la enfermedad y de la eficacia de los recursos terapeúticos que se utilizan.

Transcurrido el tiempo que el médico en forma inteligente, racional, haya fijado para seguimiento del paciente, se podrá hacer la evaluación de resultados sometiéndolo a exploración tantas veces como sea necesario hasta quedar convencido el médico del efecto que tuvo el tratamiento.

La historia clínica comprenderá todos estos aspectos para que en el futuro pueda ser consultada por quienes se dedican a la investigación de tipo documental que en medicina constituye una fuente importante de conocimientos, ya que si el número de expedientes es significativo podra inclusive ser sometido a tratamiento estadístico y enriquecerá la experiencia no sólo del médico sino de las instituciones y de la medicina mundial. En este campo las instituciones que se preocupan por llevar este tipo de registros y facilitarlos para la consulta de los interesados contribuyen grandemente a la difusión del conocimiento que quedará establecido hasta que nuevas investigaciones o nuevos recursos terapeúticos modifiquen favorablemente los sistemas o pongan de manifiesto las posibles fallas que hubo durante la instauración del tratamiento. El capítulo de resultados compete por tanto no sólo al caso particular de un paciente sino contribuye a normar criterios y establecer reglas generales o al menos conceptos aplicables y útiles.

Después de tener conocimiento amplio sobre el resultado de la aplicación de recursos terapeúticos, el cuerpo médico estará en condiciones de formular pronósticos; es decir, de hacer también predicciones acerca del curso que pueden tomar los procesos de salud y enfermedad al utilizar determinadas medidas terapeúticas.

Así, padecimientos que antiguamente eran mortales o graves, mediante la utilización de elementos cada vez más eficaces, han hecho que el pronóstico se haga benigno. El médico puede y debe establecer o tratar de hacer pronósticos acerca de sus pacientes de acuerdo con el conocimiento

que se tenga de la etiología, patogenia y terapeútica de la enfermedad y de esta manera sentar las bases de conceptos generales en el tratamiento.

Al final de cada caso se podrán establecer conclusiones de acuerdo con el diseño de tratamiento que se haya llevado a cabo e igual que en la investigación de laboratorio será posible señalar problemas pendientes, que serán objeto de nuevas investigaciones, acerca de etiología, patogenia, métodos diagnósticos y terapeuticas. La observación del paciente puede ayudar también a la evaluación de los recursos terapeúticos; por ello frecuentemente se retiran del mercado fármacos que son substituidos por otros con menores efectos colaterales, menor toxicidad o carentes del riesgo que tuvieron los anteriores. Por otra parte, las técnicas quirúrgicas, por ejemplo, progresan en la medida que lo hace la tecnología biomédica y lo que en un principio eran grandes intervenciones muy traumáticas, con grandes riesgos y en ocasiones poca eficacia, son substituidos por tratamientos menos agresivos, sencillos, y su poder invasor puede disminuir o bien ser neutralizado mediante utilización de sistemas mejorados.

Es conveniente meditar sobre la amplia relación que existe entre el método científico y la historia clínica, porque la utilización racional de aquél permitirá modificar el estado de salud del paciente, el trauma familiar, y podrá favorecer la situación socioeconómica de la familia, de la comunidad y de las instituciones del país.

Lo expuesto indica que el médico clínico puede realizar investigación también muy valiosa si se trata de hacer de cada caso patológico un motivo de estudio científico, su experiencia se enriquecerá y podrá hacer aportaciones valiosas.

HISTORIA CLINICA

(Estructura)

El formato para la Historia Clínica tiene diferencias institucionales que responden a necesidades administrativas y de organización; sin embargo, existe coincidencia en los capítulos médicos y médico asistenciales que debe llenar este documento. Por ello se ofrece el siguiente esquema como referencia para la aplicación del método científico en la clínica; es misión del maestro avezado en esta área cubrir o ampliar en su caso los aspectos que se enuncian.

1. *Ficha de identificación*
   (Nombre, sexo, edad, residencia, ocupación)

2. *Habitus* exterior (Inspección general para captar desde el principio aspectos anormales)

3. *Interrogatorio y exposición del paciente o sus familiares*
   — Estado actual enfocando los fenómenos en orden cronológico.
   — Antecedentes (personales no patológicos y patológicos, hábitos y costumbres).
   — Antecedentes familiares (idem).
   — Interrogatorio por aparatos, sistemas y órganos en su caso.
   — Terapeútica empleada.

4. *Exploración física general*
   (Recolección de datos generales del organismo y signos específicos).

5. *Petición de pruebas* de laboratorio y gabinete con base en síntomas, signos e impresión diagnóstica.

6. *Formulación de diagnóstico integral* con base en diagnósticos parciales o subdiagnósticos (sindrómico, etiológico, patogénico, anatómico y otros).

7. *Tratamiento integral* (etiológico, sintomático si cabe) que cubra higiene, dieta, medicamentos, cirugía, psicológico, psiquiátrico u otros.

8. *Observación de resultados* y seguimiento clínico, de laboratorio y gabinete del paciente. Este seguimiento tiene longitud variable en cada caso.

9. *Discusión del caso* por parte del médico, con sus colegas, con otros científicos y profesionales según lo exija el caso.

   Debe hacerse notar que el término *discusión* significa aporte de argumentos en pro o en contra de una idea y puede ser realizada por una sola persona.

10. *Conclusiones*

11. *Recomendaciones y problemas pendientes*

TITULO DEL PROYECTO

La gentileza del escritor es la claridad.

Ortega y Gasset

La experiencia docente en cursos y talleres del método científico muestra que uno de los problemas del alumno es dar título adecuado a su proyecto de investigación, cosa que se observa aun en personas que aparentemente han trabajado ya en esta actividad. En los alumnos la causa es obvia: inexperiencia, en tanto que en los segundos podría ser descuido, pero en ocasiones saltan a la vista otras fallas. Por lo anterior, conviene hacer algunos señalamientos.

Las recomendaciones que es costumbre hacer son especialmente dos:

- que el título sea breve
- que enuncie claramente el problema por investigar y por tanto concuerde con el contenido del proyecto o del informe final.

Acerca de la primera, es obvio que deben evitarse los títulos verbosos ("kilométricos"), redundantes o que causen confusión; para cumplirla, es preciso tener idea muy clara del problema, propósitos de la investigación y en general de todo el proceso indagatorio. El pensamiento de R. P. Medawar que dice "sin un problema bien definido y correctamente planteado no hay investigación" es también la clave para lograr un título correcto. El defecto más importante, y más grave, que puede originarse es que título y contenido del proyecto, informe final o tesis sean dos cosas diferentes, y no hay que buscar mucho para encontrar ejemplos. Es evidente que cuando el problema no se ha definido ni hay idea de lo que se va a buscar, tampoco habrá título adecuado. Todo lector cuidadoso, después de leer el proyecto o informe final se da cuenta de este defecto que se ilustra con los siguientes ejemplos:

Nombre original	Nombre correcto
Origen de la leucocituria.	Relación entre leucocitosis y leucocituria.
Anticonceptivos y embarazo extrauterino o ectópico.	Dispositivo intrauterino, posible factor de embarazo ectópico.
Persistencia de rabia en la población humana.	Causas de abandono de la vacunación antirrábica.
Relación entre SIDA y hemofilia.	Riesgo de SIDA por trasfusión en el hemofílico
Evaluación del papel terapéutico de la sulfa-metoxi-piridazina en enfermos renales crónicos estudiados en el Servicio de Urología del Centro Médico de la Ciudad de México, D.F.	Sulfa-metoxi-piridazina en infección urinaria crónica.

El análisis de estos ejemplos deja ver que en algunos casos el problema no estaba definido; en otros el "investigador" descuidó la expresión adecuada de su idea y, en el último, trató de incluir en el título todo el contenido del trabajo; de cualquier manera el título no orientaba hacia el tema o resultó verboso.

En ocasiones el autor del proyecto inicia éste con una idea, pero durante su desarrollo surge otra que atrae su atención y lo desvía. Por lo anterior es aconsejable que una vez decidido el tema de la indagación el proyectista o investigador no lo pierda de vista. Es indudable que a lo largo de ella surgirán otros problemas que merecen atención e inclusive pueden resultar más importantes pero, en tal caso, cada tema, cada problema pendiente, merecerá su tratamiento por separado.

EL PROTOCOLO DE INVESTIGACION

El científico debe tener una mente bien formada, observadora, cautelosa en sus apreciaciones y juicios, abierta a todas las corrientes del pensamiento, libre de prejuicios y, en sus momentos de trabajo, alejada de toda emoción y atenta a todo lo objetivo.

Síntesis conceptual

La palabra **protocolo** deriva del latín *protocollum* y éste, a su vez, del griego *protos,* primero, y *kollao,* pegar, engomar. Etimológicamente su significado no guarda relación con el uso que le dan por ejemplo los notarios para quienes el protocolo es un escrito que queda registrado legalmente y da fe de alguna operación testamentaria, de compra-venta o de otro tipo. En relaciones internacionales y aun dentro de la propia esfera oficial, el protocolo señala una serie de normas que deben cumplirse durante las recepciones y otras ceremonias. La idea general sobre el significado del término parece referirse a algo que fue dispuesto y quedó escrito, establecido.

Cuando se refiere al método científico, en investigación, el protocolo es un escrito que contiene un proyecto claramente expresado y detallado, de tal manera que puede ser comprendido o aun llevado a cabo por alguna persona competente del área a que corresponde dicho proyecto. En la Sección de Graduados de la Escuela Superior de Medicina del IPN el término más utilizado es **proyecto de investigación.**

Casi sobra decir que por ser tan numerosos los temas de investigación científica y corresponder a cada uno un protocolo, el número de éstos es prácticamente infinito; debido a ello, sólo se pueden señalar normas generales y corresponde al investigador, utilizando sus cualidades mentales elevadas (razonamiento, creatividad), hacer el mejor diseño de acuerdo con el problema por investigar y los recursos disponibles, tal como se expresó en el capítulo "Etapas del método científico".

Los capítulos de que consta el proyecto o protocolo son:

1. Exposición del problema (delimitación y planteamiento).
2. Antecedentes y estado actual del mismo.
3. Justificación de la investigación.
4. Propósitos y objetivos.
5. Hipótesis (apoyada en un marco teórico y con su predicción).
6. Diseño de la investigación (incluida la consideración de variables y cronograma).
7. Bibliografía básica.

En ocasiones, los primeros cuatro puntos se agrupan en una introducción, separándolos por los subtítulos correspondientes o sin ellos, pero guardando el orden y separación debidos; los demás merecen consideración especial. De cualquier manera lo que caracteriza al citado documento escrito es su capacidad informativa; su lectura no debe dejar dudas ni ambigüedades. La redacción debe ajustarse a las normas del lenguaje científico, como son objetividad, brevedad, claridad, precisión, orden, sencillez y estilo impersonal. Por ello no constituye un documento verboso, farragoso, pesado; un buen proyecto se puede presentar en unas cuantas páginas escritas a máquina. Las grandes descripciones o digresiones acerca de procesos que ya se encuentran en libros de texto, de métodos y técnicas reconocidas, no tienen lugar; nuevamente debe insistirse en que los documentos científicos valen por su contenido y no por su extensión.

Para ilustrar acerca de la estructura de un protocolo o proyecto de investigación se anexa una guía evaluatoria que, al ser leída cuidadosamente, muestra que la estructura que se da a conocer es el reflejo de las etapas del método científico.

No debe confundirse el protocolo de investigación con los formatos o cuestionarios que las instituciones requieren para conceder apoyo económico o simplemente para llevar un registro. Estos cuestionarios son documentos de carácter administrativo formulados en ocasiones por personas no familiarizadas con la metodología científica y a veces son tan confusos que requieren un instructivo para su llenado. A menudo, el instructivo desorienta aún más. De cualquier manera, el investigador debe llenar dichos cuestionarios con datos tomados de su protocolo científico y añadir su ficha de identificación, *curriculum,* cotizaciones y otros más. Debe aclararse que a pesar de que las instituciones citadas pertenezcan al sector educativo, cada una tiene su propio formato en el que se adivina el deseo de distinguirse de las demás, especialmente en la laboriosidad de llenado; pero éste es un fenómeno de la burocracia mundial, que se agudiza en ciertos medios.

CRITERIOS PARA LA EVALUACION DE UN PROYECTO DE INVESTIGACION Y DEL INFORME FINAL

(Están diseñados de acuerdo con el método que se ha expuesto en el presente documento y, por tanto, para poder aplicarlos, se debe estar enterado del mismo.
Existen otros formatos que entran en más detalles y en ocasiones resultan complicados.)

1. Analizar el título del trabajo para ver si se ajusta a dos características: brevedad y claridad respecto del problema que trata.
2. Lectura y análisis del resumen, que debe ser la exposición abreviada de las ideas centrales del trabajo y no un relato de actividades. Recuérdese que el resumen de un artículo que se publica en una revista debe tener como máximo 200 palabras. El resumen de una investigación puede encajar en esta norma y sin embargo contener los siguientes puntos:

   a) Identificación del problema
   b) Datos sobre antecedentes y estado actual
   c) Justificación
   d) Propósitos y objetivos
   e) Hipótesis
   f) Plan general de la indagación
   g) Resultado y conclusiones

   Lo anterior puede ir expresado con tanta brevedad que en ocasiones no se llega a las 200 palabras.

3. Revisar si existen los tres puntos básicos relacionados con la exposición del problema: detección, delimitación y planteamiento. La lectura de este capítulo no debe dejar duda en el lector, de su exposición

clara dependen las demás etapas de la investigación.

4. Hacer una evaluación de la justificación de la investigación para ver si es realmente importante y desde qué punto de vista (científico, académico, social u otro). En este inciso debe señalarse lo que será evitable si el problema se resuelve o lo que se adelantará en cualquiera de los campos mencionados. Si la justificación se acompaña de cifras, resultará mejor.
5. Señalamiento de propósitos y objetivos: qué intención mueve al investigador y qué metas espera alcanzar. Lo anterior debe explicarse con toda claridad y desglosando sus diferentes aspectos con el fin de compararlos con los logros expresados al final.
6. Verificar si existe la (o las) hipótesis enunciada (s) con toda propiedad, como suposición basada en conocimiento establecido que está contenido en el marco teórico. Recuérdese que toda hipótesis termina con una predicción que explique lo que el investigador espera encontrar. No olvidar que el marco teórico comienza a formularse desde la exposición del problema.
7. Examinar el diseño de la investigación (material y método) cubriendo como mínimo los puntos siguientes:

   a) Tipo de investigación (observacional, experimental, documental).
   b) Material de estudio y testigo logrados mediante técnica de muestreo con el fin de que los grupos resulten representativos de un universo. Se deben explicar los criterios de inclusión o de selección cuando proceda, pues hay casos en que el material de estudio es una sustancia de la que se explicarán todas las características importantes para la investigación.
   c) Recursos humanos, instalaciones y equipos, instrumental, material de consumo, medidas de seguridad para la investigación y sede de la misma.
   Cuando se trata de una indagación apoyada económicamente por alguna institución, se agregarán costos de cada renglón, así como lo relativo a recursos humanos, salarios, horario y tiempo de contratación si el formato así lo exige.
   d) Método. Exposición detallada y clara de lo que se hará para llevar a cabo la investigación. Deben estar citados o descritos* técnicas y procedimientos en la secuencia en que se realizarán para someter a prueba la hipótesis.

Hasta aquí la estructura del proyecto, pero debe advertirse que en ocasiones se pide también una bibliografía básica que apoye los planteamientos de la indagación y que se completará para hacerla definitiva en el informe final.

*Cuando son conocidos sólo se citan.

8. Análisis de resultados. Examínense cuidadosamente los enunciado tablas, gráficas, fotografías para ver si están enunciados en forma temática, bien ilustrados y suficientemente explicados. En caso que se muestre tratamiento estadístico, deben examinarse por lo n nos los elementos básicos y ver si concuerdan con lo expuesto, c el propósito del trabajo y prueban los aspectos y metas enunciad Recuérdese que pueden señalarse resultados no esperados pero tr cendentes.
9. Discusión. Considérese que este capítulo revela la seriedad, hone dad y calidad científica del autor. Búsquese la explicación del res tado, su porqué y si se le compara con el de otros autores o con que se esperaba; si se le correlaciona con la realidad. En la discusi no deben repetirse resultados sino **discutirse,** argumentar con el de dar solidez científica a lo encontrado.
10. Conclusiones. Deben ser el enunciado de la consecuencia final trabajo y se estructuran alrededor de la hipótesis; redactadas en f ma muy breve y clara, con toda la prudencia que requiere un hec científico que tendrá que ser demostrado por la realidad o desech do; los resultados no deben citarse como conclusiones. En este ca tulo, igual que en la discusión, no deben citarse, excepto en la for de **consecuencia final.**
11. Problemas pendientes son todos aquellos que surgieron durante investigación pero no fueron resueltos por ésta, sino que esperan n vas indagaciones. No es raro que resulten más interesantes que problema original y deben estar enunciados en la forma más cla posible.
12. Exáminese con cuidado la bibliografía para confirmar que el núm ro de documentos consultados presta apoyo firme a las ideas expues por el investigador y si su procedencia las coloca en nivel técni y científico adecuado. Respecto de la actualidad o antigüedad, se be ser crítico, pues el trabajo puede requerir la consulta de obras día o antiguas, según sea necesario. Las fichas deben estar expre das en la forma que lo piden las reglas internacionales y las editor les e instituciones, con toda uniformidad.
13. Aunque el título fue revisado al principio desde el punto de vista su redacción y explicitud, es el momento de confirmar la concordan que hay entre dicho título y el contenido del trabajo.

Hasta aquí lo que corresponde a las etapas del método científico y estructura del informe final; pero habrá que hacer una evaluación ac ca del estilo científico en la redacción y de la presentación, limpieza pulcritud que requiere todo documento de esta clase.

Con los elementos señalados será posible incluso dar al trabajo una lificación numérica como lo hace el catedrático y como debe hacerlo

do investigador antes de hacer entrega del informe final o tesis.

No está por demás señalar que el director de tesis y el coordinador de un equipo de investigadores asumen plenamente la responsabilidad de los conceptos escritos y de la forma en que el trabajo se presenta.

EXPOSICION DEL TRABAJO CIENTIFICO

Háse de hablar como en testamento, que a menos palabras menos pleitos.

Gracián

La culminación de la labor científica es ser dada a conocer en forma escrita, como artículo, tesis o informe final, o bien expuesta frente a un auditorio; es en esta etapa donde el investigador muestra todas sus cualidades y su habilidad como escritor o expositor; el orden, disciplina y honestidad con que trabajó se reflejan en estas ocasiones en que sus resultados e ideas salen a la luz, quedan expuestas a la discusión y a la crítica, y a veces a la refutación malévola, que nunca falta. Sin embargo, si el investigador ha sabido llevar adelante su labor, siempre saldrá airoso.

Dos son las cualidades que debe poseer el investigador científico: su capacidad para desarrollar un trabajo ordenado que cubra las etapas del método científico y ser capaz de mostrar sus resultados en forma que puede despertar discusión, pero no anulación.

Para lograr una buena exposición, el investigador debe tener dominio del lenguaje, capacidad de síntesis (pues casi siempre va contra el reloj), mentalidad fuertemente analítica y saber utilizar los auxiliares didácticos de la comunicación científica, como son las fotografías (diapositivas), esquemas, gráficas, cuadros sinópticos, tablas y diagramas de flujo.

La utilización inteligente de estos recursos le permitirá, en el corto tiempo de que disponga, dar a conocer su labor. No debe olvidarse que el trabajo científico es valioso no por su extensión sino por su contenido y que existen trabajos de Premio Nóbel escritos en unas cuantas cuartillas que pudieron ser leídas en 10 ó 20 minutos y expresaron todo lo que el expositor deseaba.

Debe evitarse una serie de defectos que, aunque en su mayoría fueron expuestos en páginas anteriores, es hora de señalar, para que el investigador-expositor no caiga en ellos, lo que se logra si se trabaja correctamente y se revisa el trabajo tantas veces como sea necesario, y lo da a leer a personas preparadas que hagan una verdadera crítica que siempre será saludable.

Entre los defectos mencionados se encuentran en primer lugar los relacionados con el título que en ocasiones es verboso (con exceso de palabras) o bien no explica o no coincide con el contenido del trabajo; para evitarlo, es preciso tener una idea clara de lo que se desea y mantenerla siempre presente. Si se tiene un tema, un problema, bien delimitado y bien planteado se habrá eliminado una causa de error que no es rara.

Otro vicio que se observa en la exposición del trabajo científico es la dispersión, la verbosidad, evitable si se toma en cuenta lo anterior y se recuerdan las cualidades del lenguaje científico. Resulta desagradable para un expositor el aviso de que su tiempo se terminó antes de dar fin a su discurso científico; por ello conviene ensayar una y otra vez hasta llegar a ajustarse al tiempo disponible, eliminando lo no indispensable.

El uso de imágenes proyectadas (transparencias, cuadros, tablas y otros recursos) debe ser inteligente; para ello habrá que seleccionar el material, tomar aquel que hable por sí mismo, que no requiera explicación sino atención, y con ello se ahorrará tiempo.

Al enunciar resultados, hay que hacerlo con la modestia de todo verdadero investigador científico. (Este calificativo deben darlo los demás, no la propia persona.) No se debe olvidar que lo que hoy nos parecen verdades inconmovibles pueden ser superadas mañana; por ello la prudencia, cautela y modestia deben ser virtudes perennes; son los demás quienes deben calificar nuestro trabajo.

Finalmente existe otra habilidad muy deseable: saber responder con la mayor sencillez las preguntas que se hagan, sin convertir cada respuesta en una disertación didáctica sino con la brevedad debida; para ello en primer lugar debe entenderse la pregunta.

En las sesiones de exposición de trabajo científico no faltan los ergoclastas o destructores del trabajo ajeno; el expositor honesto y ante todo hábil debe salir airoso de toda pregunta malintencionada, torpe o que sea sencillamente fruto de alguna ocurrencia para hacerse notar; la seriedad y seguridad del investigador en su labor le ponen a cubierto de contingencias de esta clase que no son raras.

No olvidar que los aspectos técnicos de una indagación son importantes, pero no son la investigación en sí; ésta se compone fundamentalmente de ideas correctamente enlazadas, de razonamientos y análisis, de planeación inteligente que constituyen la parte medular.

Lo anterior revela la necesidad de que el trabajo se ajuste desde el principio a las normas científicas, que sea ordenado y metódico desde su inicio; si esto se cumple no habrá que temer al episodio final.

PALABRAS FINALES

La meta que ha sido bien definida y planeada, debe alcanzarse; de lo contrario, todo será sólo tiempo y esfuerzo inútil.

A. Rosenblueth

La actividad del investigador científico es tan elevada como la del buen maestro, la del profesional idóneo o la del buen gobernante; se cumplirá mejor en la medida que la persona ponga toda su inteligencia, tiempo y esfuerzo al servicio de ella.

Todo el que estudia debe conocer alguna forma de descubrir la verdad y ponerla en práctica siempre que sea necesario; por lo demás en toda disciplina y aun en la vida cotidiana las oportunidades para ello surgen a cada momento. Sin embargo, tomar la carrera de investigador científico implica una serie de circunstancias; algunas conciernen a la propia persona y otras al medio en que trata de desenvolverse.

Entre las primeras cuentan especialmente la vocación y la preparación filosófica, científica y técnica. De la misma manera que no sería posible hacer de todo ser humano un compositor, pintor, escultor o corredor olímpico, tampoco lo sería que todos fueran investigadores científicos; la vocación y la motivación de cada quien resultan elementos decisivos para la elección de la actividad y fundamentalmente para el éxito y la satisfacción personal; por algo un apóstol hindú dijo hace siglos "vale más un buen ladrón que un mal santo..." Por otra parte, la experiencia diaria muestra que el éxito acompaña a quien se deleita con su trabajo.

Para llegar a serlo, el investigador debe poseer cultura científica y un cerebro bien educado, formado a través del estudio y la experiencia; la investigación no es una actividad empirista o imitativa, pensar que el simple hecho de estar junto a un investigador y verlo trabajar es suficiente para formar a otro es tan absurdo como creer que con sólo ver tocar a un buen pianista y sin recibir la preparación teórica y técnica corres-

pondiente se puede llegar a ser concertista. Para algunas personas esto puede resultar difícil de entender.

La formación del investigador científico dura muchos años, se puede decir que toda su vida, igual que la del médico en cualquiera de las especialidades o la de un ingeniero en el área de la electrónica y otras muchas. En ocasiones una parte importante de su existencia gira alrededor de un problema, y cuando éste fue resuelto ya hay otros diez que están esperando estudio. Ha sucedido que la vida no alcanzó y otro u otros siguen adelante. Por ello, se insiste, sin una vocación y una motivación intensa, no se pueden alcanzar logros significativos.

El otro aspecto es que la investigación trascendente, en cualquier campo, exige recursos. Ello explica que sean los países desarrollados en todas las áreas los que marchan a la cabeza de la investigación y hacia ellos se fugan los cerebros bien educados y poco o nada aprovechados. Otro apóstol hindú, el Swami Vivekananda, dijo hace tiempo: "No se hizo religión ni ciencia para estómagos vacíos". Los moradores de países pobres debemos conformarnos con pocos recursos y aprovecharlos plenamente; es aquí donde se necesita mayor preparación, creatividad y conciencia de lo que significa aportar solución a los problemas que tiene el país y no perder tiempo y otros recursos en juegos de laboratorio o en repetir lo que ha quedado establecido.

Lo anterior explica por qué en ningún país existe una multitud de investigadores y tampoco existen multitudes de grandes artistas, matemáticos, filósofos o literatos; además no alcanzarían los vastos recursos para dar ocupación y dotar de lugares de trabajo y material a todos ellos. Lo que hacen los países desarrollados es seleccionar, escoger prospectos, estimular su formación y finalmente ponerlos a trabajar, darles un nivel de vida decoroso y recibir cada año premios de ciencias y avances científicos y tecnológicos. Nada de simulación ni de gasto irracional, desperdicio o evasiones; la nación confía en sus investigadores y les dice: éste es el problema, pidan lo necesario y calculen para cuándo tendrán la solución. Puede haber retrasos y fracasos, pero aun éstos son lecciones aprovechables.

En nuestro medio hacen falta verdaderos investigadores; aunque también se necesitan recursos para su labor pues si se fugan seguiremos en la dependencia científica, tecnológica, económica y de toda clase. Los países poderosos, en cambio, reciben un generoso donativo que generalmente aprovechan y arraigan gustosos.

Todos debemos ser buscadores de la verdad y por tanto investigadores en cierta medida, aunque debido a nuestra diversidad de intereses, no todos podamos dedicar nuestra vida a la investigación de tiempo completo, pues para el verdadero investigador, igual que para el profesional honesto, para el artista de corazón y para otros muchos, no existe horario de trabajo.

BIBLIOGRAFIA SOBRE METODO CIENTIFICO

ARANA, F.: *Método experimental para principiantes.* Ed. Joaquín Mortiz, S.A., México, D.F.; 4a. ed., 1977.

BERNAL, J. D.: *La ciencia en la historia.* Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM, México, 1966.

BUNGE, M.: *La investigación científica.* Ed. Ariel, Barcelona, 1969.

———: *La ciencia, su método y su filosofía.* Ed. Siglo Veinte, Buenos Aires, 1975. 123 pp.

Gaceta Médica de México, "Metodología de la investigación científica". Mesas Redondas Académicas, vol. 100, núm. 7, julio-diciembre, 1970: 723-769.

GARZA, M.: *Técnicas de investigación.* Colegio de México.

GORTARI, E. DE: *El método dialéctico.* Editorial Grijalbo, México, 1970.

———: *Ciencia y conciencia en México.* Secretaría de Educación Pública, México, 1973.

———: *Introducción a la lógica dialéctica.* Fondo de Cultura Económica.

——— GORSKI/TAVANTS: *Principios de lógica.* Colección 70, 1971.

GUTIÉRREZ, S.L.: *Introducción al método científico.* Ed. Esfinge, S.A. México, 1a. ed., 1980, 272 pp.

JEFREY, J.W.; GARLAND, E.A.; JAIME, F.G.C. y FIGUEROA, J. S. DE U.: *Biología e investigación científica.* Ed. Fondo Educativo Interamericano, S.A. 1970, Bogotá, Cali, México, Panamá, San Juan Santiago, Sao Paulo; pp. 1-89.

KEDROV, M.B. y SPRIRKIN: *La ciencia.* Ed. Grijalbo, México, 1968.

LEBEDINSKY, M.: *Notas sobre metodología.* Serie Cuadernos Culturales, Ed. Quinto Sol, México, sin fecha, 132 pp.

PADILLA, H. (selector y prologuista): *El pensamiento científico.* Antología. Ed. ANUIES, México, 1974. 303 pp.

POINCARE, H.: *La ciencia y la hipótesis.* Colección Austral (379), Espasa Calpe, España, 1963.

ROSENBLUETH, A.: *El método científico.* Ed. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, México, 1971. 94 pp.

RUSSELL, B.: *La perspectiva científica.* Ed. Ariel, México, 1976, 221 pp.

SERRANO, J.A.: *Programa de metodología de la ciencia.* Prog. desarrollo del ciclo superior de la enseñanza media. ANUIES, Ed. Edicol, México, 1976. 85 pp.

SIERRA, B.R.: *Técnicas de investigación social.* Teoría y ejercicios. Ed. Madrid Paraninfo, 1979. pp. 67-86.

TECLA, A. y GARZA, A.: *Teorías, métodos y técnicas de la investigación social.*

n virtud de la sencillez, la elementalidad de los conceptos que se
resan aquí, el erudito no encontrará nada de valor, igual que un lite-
o un poeta nada aprenden de un cuaderno de lectura destinado a
betizar. El objetivo de las páginas que siguen es sólo ayudar al estu-
nte a asomarse al método científico y a comprender sus aspectos
icos, a promover la formación de criterio para evaluar trabajos cien-
cos, especialmente dentro del área biomédica, y darle a conocer las
es para el diseño de proyectos de investigación. Se incluye también
una nota sobre cómo dar título apropiado a éstos, que es uno de los
oblemas no sólo del estudiante. En suma, se trata de enseñarlo a pensar
utilizar los valiosos instrumentos mentales que posee el hombre co-
son la observación, el razonamiento y la creatividad.
Si los propósitos expresados se cumplen, se habrá dado un paso hacia
método científico.

El Autor

CONTENIDO

	Pág.
Introducción	11
Conceptos sobre ciencia, método y método científico	13
Propósitos éticos de la ciencia	19
Limitaciones de la ciencia	21
Principios fundamentales de la ciencia	23
Declaración de Helsinki	27
Trabajo científico y trabajo técnico	33
"Instrumentos mentales" del científico	35
Etapas del método científico	39
1. Detección, delimitación y planteamiento de un problema	40
2. Antecedentes y estado actual del problema	46
3. Justificación	47
4. Propósitos y objetivos	48
5. Hipótesis	49

Ed. de Cultura Popular, México, 10a. ed. 1979. 140 pp.
WALKER, M.: *El pensamiento científico.* Ed. Grijalbo, México D.F., 1968. 196 pp.
WILHELM, S.: *¿Qué es la ciencia?* Breviarios, Fondo de Cultura Económica (11), México, 1970.
WOOLF, A.: *Essentials of the scientific method.* George Allen & Unwin, Ltd., Londres.

Impreso en los Talleres Gráficos
de la Dirección de Publicaciones
del Instituto Politécnico Nacional,
Tresguerras 27, 06040 México, D.F.
Mayo de 1994. Ejemplares: 3,000.

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

. Diseño de la investigación 54
a) Tipos de investigación 54
b) Consideración de variables 57
c) Medidas de seguridad en la investigación científica 60
d) Material 61
e) Método 63
. Resultado 65
. Discusión 67
. Conclusión 67
. Problemas pendientes 68
. El resumen 69
. La bibliografía 71

ítulo de proyecto 73

l protocolo de investigación 75

riterios para la evaluación de un proyecto de
ıvestigación y del informe final 77

xposición del trabajo científico 81

alabras finales 83

ibliografía sobre método científico 85

INTRODUCCION

La tarea del científico no consiste sólo en coleccionar hechos sino en descubrir su esencia, su naturaleza interna: comprender sus relaciones y conocer las leyes de su movimiento y desarrollo.

V.I. Lenin

El método científico auxilia constantemente al hombre no sólo en la investigación elevada sino en sus problemas cotidianos, aunque a veces lo ignora y en otras se resiste a reconocerlo; inclusive, existen científicos que se expresan despectivamente de él, pero siguen sus etapas con todo rigor. Es fácil demostrar lo primero por medio del siguiente ejemplo.

Un padre de familia despierta sobresaltado por ruidos extraños, trata de escucharlos con toda atención (observación) y, cuando lo ha logrado, se pregunta: ¿qué sucede? (problema); de inmediato se formula varias suposiciones (hipótesis): ¿será un familiar? ¿Será un ladrón que hurga al amparo de la obscuridad? Quienquiera que sea, él lo descubrirá (propósito). Traza su plan (diseño de la investigación) y se dispone a llevarlo a cabo. Armado de su revólver y con una linterna en la otra mano, baja silenciosamente de su cama y camina descalzo. A pesar de que casi oye latir apresuradamente su corazón y siente sus músculos tensos, trata de acercarse al comedor, de donde proceden los ruidos. Cuando está ahí, los localiza con mayor precisión y apunta su revólver a la vez que lanza el haz luminoso. En ese momento ve que sale disparado el gato del vecino por una ventila abierta (resultado). Inspira profundamente y sonríe un poco; nada de lo que supuso salió cierto, sus hipótesis resultaron falsas y esto es una conclusión. Por las dudas prueba la cerradura de la puerta que da al jardín y la abre fácilmente, lanza una maldición a quien corresponda y se propone revisar cada noche las cerraduras y cerrar las ventilas o poner una protección que permita el paso del aire pero no el de los gatos buscadores de comida (problemas pendientes). Vuelve a su cama y reflexiona acerca de que no es posible hacer una generalización

(una ley), pues en caso de ruidos no siempre se tratará de un gato intruso. En ese momento su esposa le ordena dormir, él murmura algo y se voltea.

Lo anterior es una muestra de la aplicación cotidiana del método científico sin ayuda de computadoras u otros equipos complicados, pero obviamente en la ciencia no todo es tan simple, en ocasiones requiere trabajo cerebral intenso y la consideración de factores que pueden alterar la marcha de la investigación o su resultado (las variables). No es aventurado afirmar que el método comenzó a plasmarse en la mente del hombre desde que éste contó con algunas facultades mentales elevadas, aunque en opinión de investigadores e historiógrafos fue hasta Galileo (1564-1642), hace 300 años, cuando se constituyó en algo importante, y de 150 años a la fecha ha sido ya una fuerza incontenible que afecta nuestra vida, organización política, social, económica y prácticamente todo proceso histórico de la humanidad.

Es innegable que el viaje de Colón a América tenía como base un conocimiento establecido pero incompleto; por ello, su hipótesis acerca de encontrar las Indias Occidentales no fue confirmada, pero el viaje aportó nuevos conocimientos y la historia está llena de casos como éste.

El panorama actual de la ciencia es amplio en todas las áreas del saber y cada día aparecen nuevas; el conocimiento humano se multiplica y el edificio científico continúa en construcción aunque algunas piedras que parecían estar muy firmes deben ser sustituidas, lo que sucede a menudo; la verdad de ahora puede ser la mentira de mañana y esto exige que el investigador cultive ciertas cualidades como la de ser persona bien informada, observadora, cautelosa en sus apreciaciones y juicios, abierto a todas las corrientes del pensamiento, libre de prejuicios y, en sus momentos de trabajo, alejado de toda emoción y atento a todo lo objetivo.

CONCEPTOS SOBRE CIENCIA, METODO Y METODO CIENTIFICO

> Basta ya de enseñar a leer, escribir y repetir palabras y números; ahora hay que *aprender y enseñar a pensar.*
>
> *J. J. Rousseau*

Es frecuente oír en todas partes las palabras **ciencia, científico, método** y **método científico;** sin embargo, resulta poco probable que quienes las utilizan puedan explicar con acierto su significado (aunque debe reconocerse que definir términos tan amplios y de contenido profundo resulta tan difícil como definir el hombre o la vida). A pesar de esto, quien estudia método científico y se propone introducirse a la investigación de esta clase debe tener una idea clara de lo que encierran los términos citados; así no caerá en el error de calificar de científico lo que no es y tendrá *in mente* las implicaciones de una palabra tan importante, y a menudo tan mal utilizada, como **ciencia.**

Para llegar a esta idea se ha recurrido a conceptos vertidos por científicos; cada uno ha manifestado un contenido del término citado, una propiedad o una característica, y el conjunto proporciona una base conceptual que permite formar una idea apegada a la realidad y por tanto útil.

A primera vista podría tenerse la sensación de que en ocasiones lo expresado por ciertos autores resulta subjetivo o inexacto, pero, si se sabe leer un poco entre líneas y se medita, es fácil notar que todo es útil. Por ello es indispensable detenerse a reflexionar sobre cada concepto y no simplemente leerlo; la lectura sin análisis crítico resulta tan improductiva como ver un buen guiso sin probarlo. Un autor científico expresa que existen tres grandes grupos de "lectores": los que ven desde lejos letras y palabras, los que absorben todo pero no retienen nada, y los que digieren y asimilan lo importante. Estos últimos son "piedras preciosas raras".

Antes de enunciar las ideas de algunos científicos, conviene como en casi todos los casos, ir a la etimología y al significado sencillo que podemos encontrar en un buen diccionario.

Etimológicamente el término **ciencia** deriva del latín *scientia,* de *sciens,* instruido, ciente; el diccionario lo conceptúa como "conocimiento cierto de las cosas por sus principios y causas. Cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado que constituye un ramo particular del saber humano".

"Ciencia es la disciplina que exige que sus generalizaciones estén basadas en pruebas rigurosas que hayan sido *verificadas* o sean susceptibles de *verificación.*"

A. Rosenblueth

"Ciencia es el sentido común organizado y a la vez conocimiento *verificable.*"

R. Woodger

"Ciencia, como su nombre lo indica, es en primer lugar, conocimiento."

B. Russell

"Ciencia es el *conjunto ordenado y sistematizado de conocimientos.*"

P.W. Weisz

"La ciencia es una disciplina que trata sólo con creencias que puedan ser *verificables* mediante observación, directa o no, y mediante la experimentación. Se distingue por sus procedimientos, por su *enfoque empírico,* la forma en que colecciona y organiza datos, la forma en que los utiliza, llega a conclusiones, hace sus *generalizaciones* y prueba sus *predicciones.*"

Baker, Allen, George, Figuero
«Biología e Investigación Científica»

"La ciencia experimental tiene una gran prerrogativa: investiga sus conclusiones por medio de la experiencia."

Roger Bacon (1210-1292)

"Ciencia es simplemente hacer lo que a uno le viene en gana con su ingenio, *sin límites ni barreras.*"

H. Spencer

"Ciencia, disciplina que actúa mediante la *postulación y prueba de hipótesis.*"

M. Walker

"Las ciencias de la naturaleza y la sociedad alcanzan un tipo de cono cimientos cuyos rasgos esenciales son la *racionalidad y la objetividad*

"Son válidos:	*no son válidos:*
conceptos	sensaciones
juicios	emociones
raciocinios	imágenes"

A. Azimo

"Ciencia es una disciplina que actúa mediante *postulación y prueba d hipótesis.*"

H. Poincar

El análisis de lo anterior muestra que la ciencia tiene una serie de pro pósitos, atributos y procedimientos, como son:

- Lograr conocimiento ordenado y sistematizado
- Actuar mediante postulación y prueba de hipótesis
- Llevar a cabo experimentación u otra forma de verificación
- Hacer predicciones y comprobar su certeza
- Utilizar conceptos, juicios y raciocinio.

Véase que el término **ciencia** tiene un contenido muy amplio y quien lo utiliza debe ser consciente de ello; calificar como científico lo que no ha sido logrado o no se desenvuelve con todo el rigor que implica la ciencia, resulta falaz. En su momento se discutirá la distinción entre trabajo técnico y trabajo científico, pero desde ahora el lector debe hacerse a la idea de que la palabra *ciencia* va "cargada" de un contenido riguroso que refleja lo que debe hacer el científico para aportar conocimiento, buscar generalizaciones y ayudar a establecer leyes.

En conclusión: con los señalamientos anteriores y con otros más que pueden añadirse, es posible formular algún concepto de ciencia. Uno de ellos puede ser el siguiente sin que ello signifique que sea el mejor, simplemente ha sido integrado con lo expuesto.

Ciencia: disciplina que mediante postulación y prueba de hipótesis busca el conocimiento explicativo de los fenómenos del Universo, su predicción, sus relaciones mutuas y el establecimiento de leyes generales.

Para llegar al significado de *método* y *método científico* se puede utilizar el procedimiento anterior.

El mismo diccionario explica que el término método "deriva del latín *methodus* y éste, a su vez, del griego *metos,* con, y *odos,* vía; en general significa modo de decir y hacer ordenadamente una cosa. Forma de proceder, hábito, costumbre que observa cada quien. Procedimiento que se sigue en la ciencia para encontrar la verdad y enseñarla. Tiene dos formas o maneras: analítico y sintético".

Esta definición es suficientemente explicativa pero aún se puede recurrir a conceptos vertidos por algunos autores:

"Método es un modo ordenado de proceder para alcanzar un fin determinado."

F. Arana

"El método es la manera de abordar la realidad, de estudiar los fenómenos de la Naturaleza y la sociedad."

H. Rosenthal

"Para el materialismo científico, el método sólo es justo cuando refleja las leyes objetivas de la propia realidad."

M. Lebedinsky

"Método es el conjunto de etapas secuencial y lógicamente ordenadas para alcanzar un fin."

C. Bernard

"Método científico: modo racional de lograr conocimiento sobre los fenómenos y procesos del Universo, descubrir sus relaciones y establecer leyes generales."

Varios autores

"Lo que caracteriza al método científico es su sencillez a pesar de que en sus formas más refinadas puede parecer complicado.

"El método es científico cuando revela las leyes del mundo objetivo, cuando define las particularidades del objeto estudiado y su reflejo en la conciencia. El método se encuentra en íntima relación con la teoría."

B. Russell

Lo anterior es suficiente para hacer resaltar cualidades y características del método científico; entre ellas, destaca el orden que implica, su relación con la realidad y el hecho de ser la forma *racional* (con el uso de la razón) de lograr conocimiento. A esto se puede añadir alguna particularidad como lo hacen diversos autores; pero de cualquier manera deben quedar claros los conceptos y conservar su sencillez.

Científicos como B. Russell, M. Lebedinsky y R.P. Medawar, opinan que no es necesario complicar el método científico; hacerlo puede obedecer a razones como no haberlo entendido o temer que los demás lo aprendan y se pierda prestigio. Existen, según algunos, científicos elitistas que forman en ocasiones mafias poderosas que retrasan el progreso de hombres y naciones.

Si se ha comprendido el significado de los términos *ciencia, método* y *método científico,* se esta en condiciones de abordar las etapas de éste. Se hará atendiendo especialmente a las necesidades de los alumnos y con el propósito de ayudarles a resolver los obstáculos que la experiencia docente pone de manifiesto.