

---

## CAPITULO 1

# Entender el conocimiento científico

### *1. Ruta crítica de la investigación científica*

La tarea principal del científico consiste en producir nuevos conocimientos objetivos sobre la realidad. Se llama objetivo a este tipo de conocimiento por dos razones: es un conocimiento que explica las causas, efectos y propiedades de los fenómenos (hechos), tal como existen y suceden en el mundo social y natural (el universo); además, permite que todo investigador que cumpla con tres requisitos, pueda producir o reproducirlo.

Los tres requisitos son: a) la persona que investiga un fenómeno debe estar dispuesta a utilizar el método y la ética científica; b) debe tener preparación metodológica para su empleo correcto y, c) debe contar con los recursos necesarios para llevar la indagación a buen término.

El camino para llegar al conocimiento científico u objetivo es el método científico. Etimológicamente, *método* viene del griego *methodos*, de *meta*, con, y *odos*, vía. Se trata, por lo tanto, de un modo razonado de ingadación, de una estrategia, un procedimiento o un camino planeado deliberadamente en sus principales etapas, para llegar al objetivo de conocer un fenómeno en los aspectos que nos interesan.

A lo largo de este libro el estudiante se dará cuenta que este camino no es lineal, que no es como una carretera. Hay pasos adelante y hacia atrás, nuevos comienzos y desviaciones, porque es imposible, que al inicio de la investigación el estudiioso visualice todos los detalles, obstáculos y sorpresas que se puedan producir en el camino de la investigación. Se trata, pues, de un proceso cibernetico, lo cual quiere decir, que el sujeto investigador retroalimenta y, si es necesario, modifica su actividad a través de lo que aprende de sus fracasos y éxitos durante el proceso.

Sin embargo, las principales etapas del método de la investigación científica no varian, hecho por el cual podemos sintetizarlas en dos esquemas. El primero presenta una sinópsis (resumen) de los cinco pasos del método que son imprescindibles en cualquier investigación que merezca el atributo "científico" y, el segundo proporciona los cinco pasos estratégicos con sus subpuntos desglosados. La enumeración representa el orden en que han de realizarse los cinco pasos del método.

*Esquema 1: El método científico*

1. Planteamiento del problema;
2. Composición del marco teórico;
3. Formulación de las hipótesis;
4. Contrastación de las hipótesis;
5. Conclusiones y resultados.

*Esquema 2: Ruta crítica de la investigación científica*

**0. Interés de conocimiento** → Me gustaría saber...  
Tengo que investigar...

Al decidirse investigar un interés de conocimiento,  
este se convierte en:

01. Tema de investigación y  
título de la misma

**1. Planteamiento del problema**

- 1. Delimitación en el espacio
- 2. Delimitación del tiempo
- 3. Delimitación semántica
- 4. Oraciones tópicas
- 5. Delimitación de recursos

*Eventualmente: replantear tema/título de la investigación*

**2. Marco Teórico**

- 1. Teorías
- 2. Conceptos y conocimientos
- 3. Métodos
- 4. Descripción científica del objeto de investigación (presente y/o pasado)

*Eventualmente: replantear tema/título de la investigación*

### **3. Formulación de las hipótesis**

Se define si se usan:

1. Hipótesis de constatación (una variable)
2. Hipótesis de relación causal (dos variables)
3. Hipótesis de relación estadística (dos variables)

Se realizan:

4. Definición de conceptos/variables
5. Operacionalización de variables (cuando sea necesario)

*Eventualmente: replantear tema/título de la investigación*



### **4. Contrastación de las hipótesis**

Se seleccionan:

1. Los métodos de contrastación:
  1. por observación
  2. por documentación
  3. por experimento
  4. por encuesta

*Última posibilidad de replantear tema/título de la investigación*

2. Se aplica método escogido



### **5. Conclusiones y resultados**

1. Evaluación de datos obtenidos
2. Inferencia, si son consistentes con hipótesis,  
y, por ende, si hipótesis fue comprobada



### **6. Reporte de investigación**

## 2. ¿Qué es el conocimiento científico y para qué sirve?

El término ciencia abarca cuatro aspectos de la realidad contemporánea: a) las instituciones cuyo quehacer consiste en realizar actividades vinculadas con la ciencia, sobre todo, las universidades y centros de investigación públicos y privados; b) el método científico que es un procedimiento o una estrategia particular para interpretar el universo de una manera objetiva; c) las teorías y conocimientos científicos elaborados a lo largo de los últimos 2500 años de la historia humana, y, sobre todo, desde la génesis de la ciencia moderna en el siglo XVI; d) el sujeto cognosciente o investigador: el científico. De estos cuatro elementos discutiremos principalmente el aspecto del método científico.

Para que el ser humano pueda actuar y sobrevivir en el mundo natural y social (el universo), necesita comprender o interpretarlo adecuadamente. A diferencia de los animales, no realiza tal tarea únicamente con los sentidos biológicos (olfato, vista, oído, tacto y gusto), sino en gran medida con el uso del lenguaje, es decir, con palabras, símbolos, imágenes, etcétera. El lenguaje humano es, obviamente, una facultad cerebral o neurológica única en el planeta, de la cual carecen los demás entes biológicos.

Las sensaciones de los sentidos biológicos –o percepciones– son, en el fondo, solamente la materia prima para la comprensión que realiza el ser humano del mundo; materia prima que su cerebro convierte en fracciones de segundos mediante el uso de lenguajes en una interpretación o compren-

sión –también llamada apercepción– de la situación que vive.

Por ejemplo, si una persona *A* cruza la calle y repentinamente aparece un carro a alta velocidad, la sensación visual le permite percibir el acercamiento del carro. Pero su cerebro realizará inmediatamente y de manera automática, un análisis muy complejo sobre una serie de factores (variables) de la situación, entre ellos: la distancia entre el coche y *A*; la velocidad y dirección de desplazamiento de ambos y las condiciones de la superficie de la calle. El resultado de este análisis permitirá juzgar a *A*, si se encuentra en peligro y, en consecuencia, debe tomar las medidas del caso: por ejemplo, regresarse a la vereda de partida o correr para llegar a la banqueta de enfrente. Si esta interpretación de la situación real que rodea a *A* es adecuada (realista), él se salva de un accidente. En cambio, si se equivoca en la comprensión de la situación, tendrá un percance peligroso.

Este pequeño ejemplo muestra la extrema importancia de los diferentes sistemas de interpretación humanos –porque son la base de su actuar cotidiano– y la necesidad de saber, en qué grado puede confiar en los resultados de esa interpretación, es decir: el nivel de confiabilidad de los resultados de cada uno de esos sistemas.

En la interpretación del mundo el ser humano se apoya en dos tipos de lenguajes: los históricos o naturales y los artificiales o formales. Los históricos son aquellos que una persona habla cotidianamente, como el castellano, el náhuatl, el quichua, el alemán, el inglés, etcétera. Por lenguajes artificiales se entienden, sobre todo, las matemáticas y las lógicas; la gramática tiene elementos de ambos,

dado que trata de aplicar reglas racionales y coherentes a los lenguajes históricos. Lo que distingue a ambos tipos de lenguajes de la comunicación de los animales es, que utilizan símbolos (abstractos) en la apercepción de la realidad, hecho por el cual los llamaremos también sistemas simbólicos del hombre.

Reflexionaremos brevemente sobre algunos de estos sistemas de interpretación o sistemas simbólicos (de símbolos) que el ser humano ha desarrollado a lo largo de su historia, como son el sentido común, el pensamiento mágico, el pensamiento religioso y el arte; advirtiendo que el conocimiento científico es un tipo particular o único dentro de los sistemas simbólicos que tenemos a nuestra disposición.

Todas las formas de pensamiento mencionadas cumplen determinadas funciones en la vida del *homo sapiens*, lo que explica que han persistido a lo largo de su historia. Sin embargo, existen varias diferencias importantes entre la ciencia y los demás sistemas de interpretación. En primer lugar, el razonamiento científico es el único tipo de pensamiento que no le es natural o congénito al ser humano. Este no lo desarrolla espontánea o biológicamente –determinado por su genética–, sino por medio de un esfuerzo mental deliberado y disciplinado. En este sentido podríamos considerarlo un pensamiento artificial, frente al carácter natural de los demás sistemas simbólicos. Esta característica explica su aparición relativamente tardía en la historia humana, a tal grado que se considera la génesis de la ciencia moderna a partir del siglo XVI, vinculada a la gran obra del físico italiano Galileo Galilei (1564-1642). Asimismo, el término "científico"

apenas comienza a utilizarse desde 1841, cuando es acuñado por el historiador inglés William Whewell. También el número de científicos en el mundo es reducido, aunque creciente. A finales de los años setenta fue estimado por el premio nobel Peter B. Medawar entre 750 mil y un millón.<sup>(1)</sup>

La segunda particularidad de la ciencia radica en el hecho de que constituye el único sistema simbólico capaz de generar un conocimiento objetivo (certero) sobre los fenómenos del universo, tal como ya explicamos en páginas anteriores.

La tercera particularidad consiste en que produce y expresa sus conocimientos, siempre cuando sea posible, de una manera cuantitativa, no cualitativa: tiende, por ejemplo, a no utilizar enunciados cualitativos como: "el objeto X es muy grande", sino a decir, "el objeto X mide 20 por 80 por 90 centímetros".

Finalmente, el lenguaje y las reglas del quehacer científico permiten comunicar sus resultados de una manera intersubjetiva –quiere decir, independiente de las opiniones *particulares* de las personas–, y por ende, comprobables por toda persona que tiene la inteligencia y preparación, la disposición y los recursos para emplear las reglas de este quehacer.

Mencionemos de paso, que también el arte genera interpretaciones objetivas del mundo. Sin embargo, las comunica a través del lenguaje cualitativo y predominantemente subjetivo del artista, por ejemplo, por medio de la plástica, de la pintura, de la novela, la música, etcétera; hecho por el cual, la demostración de su verdad se vuelve mucho más complicada que en el caso de la ciencia, que opera esencialmente con lenguajes matemáticos y lógicos

con referentes (fenómenos) empíricos precisamente definidos.

Al inicio de todos los esfuerzos interpretativos que hiciera el hombre del mundo circundante, estuvo la necesidad y el deseo de comprender el por qué de los fenómenos (sequías, enfermedades, inundaciones, la muerte, etc.), para poder protegerse de ellos y, si fuera posible, controlarlos para su propio provecho. Sin embargo, los sistemas interpretativos con los cuales estaba dotado de manera natural, eran inadecuados para tal tarea. Porque con frecuencia, los fenómenos no son lo que parecen y no parecen, lo que son. Quiere decir que hay una diferencia entre la *apariencia* y la *esencia* o realidad verdadera (objetiva) de las cosas. Estamos familiarizados con este fenómeno por el mundo social, donde a menudo las personas no son lo que aparentan o no aparentan lo que son; pues bien, algo semejante sucede con los fenómenos naturales y el ser humano se encuentra, en consecuencia, ante un problema epistemológico (del griego: *episteme* = saber y *logos* = tratado) o de conocimiento de la realidad objetiva que lo ha acompañado a lo largo de su historia.

Podemos comprender la diferencia entre la apariencia y la esencia de los fenómenos, también como la diferencia entre las verdades mentales o subjetivas y las verdades reales u objetivas. Un ejemplo de este problema epistemológico, causado por las diferencias entre la apariencia y la esencia –entre lo percibido y lo real– de los fenómenos, es la puesta del sol o la salida de la luna. Todas las tardes presenciamos con nuestros propios sentidos, como el sol "se pone". Pese a que subjetivamente lo observamos tal cual –es decir, que el fenómeno se

presenta como una realidad objetiva ante nuestro sentido común-, no existe la "puesta del sol" en términos cosmológicos. En la mecánica celeste, el sol no "se pone" y la luna no "asciende" en el cielo. Lo que causa dicha percepción es, que el globo terráqueo está en constante rotación sobre su eje, y a cierta hora del día este movimiento nos da la impresión de que se está poniendo el sol o que está en ascenso la luna.

Igualmente podemos ilustrar la relación entre la realidad mental (lo percibido) y la realidad objetiva con un episodio del *Don Quijote* de Miguel de Cervantes, donde el héroe de la novela contempla la luna y llega a la conclusión, que se trata de un cuerpo con tamaño y forma de un plato que irradia una luz, cuyo color varía entre blanco, amarillo y anaranjado. Sabemos por el conocimiento científico que la luna es un astro satélite muy grande de la tierra, con forma esferoide y que no irradia luz propia, sino que refleja la que recibe del sol.

Otros ejemplos ilustrativos son las pinturas artísticas. Pese a que la pintura se aplica sobre un plano horizontal, un buen artista logra darle una perspectiva de profundidad que nos induce a ver la imagen desde un primer plano hasta trasfondos muy alejados. Y lo mismo es válido para una proyección de una película tri-dimensional.

Ese tipo de percepciones del mundo que no revelan las diferencias entre la verdad mental (lo percibido) y la verdad real de los fenómenos, pertenecen al sistema de interpretación que llamamos sentido común. Lo que complica enormemente esa problemática es que el sentido común forma también, en cierta manera, parte de la realidad objetiva, es decir, de la realidad objetiva de nuestros sentidos y del

cerebro; por el simple hecho de ser la forma natural, biológica-genética en que el ser humano percibe el cosmos. De ahí que no basta la comprensión de uno de esos "engaños" de la apariencia de un fenómeno para suspender, de una vez por todas, el mecanismo de percepción respectivo e interpretar el mundo en su verdad objetiva.

De hecho existen sólo dos posibilidades para escaparse de las verdades mentales engañosas. Una consistiría en que nuestras estructuras biológicas —incluido el cerebro— sufrieran un cambio genético, de tal manera que la percepción objetiva se volviera el sistema interpretativo dominante del hombre. Esto es, obviamente, poco probable. El segundo camino para evitar las falacias del sentido común en lo posible, radica en el análisis del universo mediante el método científico que tiene la capacidad de hacernos pasar de la verdad mental (subjetiva) a la verdad objetiva.

Tan engañosos como pueden ser los sentidos y la "lectura" de la realidad por los sistemas interpretativos naturales, como deficientes han sido los remedios que el ser humano ha aplicado en la historia para conjurar esta realidad. Desconociendo las leyes o relaciones reales de causa y efecto que rigen el universo —porque estas se revelan cabalmente sólo a la indagación científica— y, por ende, incapaz de influenciarlas de manera real y eficiente en su beneficio, el hombre recurrió a la magia para tal fin.

Debido al escaso desarrollo de sus capacidades de explicación objetiva del mundo, lo comprendió a la manera de entender del grupo social del cual formaba parte: proyectó lo que vivía y veía en su pequeño cosmos social, sobre el cosmos natural. Observaba, por ejemplo, que en su sociedad había

hombres que mandaban, que tenían poder y fuerza, y proyectaba esta imagen sobre el universo: lo antropomorfizaba. El universo se regía por dioses más fuertes y menos fuertes, buenos y malos, valientes y cobardes, quienes mandaban la guerra y la paz, la lluvia y la sequía, el huracán y la tranquilidad, la salud y la enfermedad. Zeus y Afrodita en la cosmogonía griega; Júpiter y Venus en la romana; Tlaloc y Coatlique en la mexica; Kukulcán y Chac Mool en la cultura maya; Odín y Thor en la germánica; en fin, los hombres y mujeres de todas las culturas antropomorfizaban la realidad objetiva en esta etapa de su evolución: interpretaban los fenómenos del cosmos conforme a las características y propiedades de su propio ser humano y convivencia social –es decir, en analogía a su vida social– para hacerlo entendible y controlable.

En su entorno social habían aprendido que para satisfacer a los poderosos convenía complacerles. Regalos, tributos, reverencias, obediencia y sumisión, todos estos fueron (y son) elementos, para congraciarse la benevolencia de los poderes terrenales. Dado que el universo y sus "funcionarios" dominantes –dioses y demonios– operaban básicamente como el pequeño cosmos social, los medios de complacencia habrían de tener el mismo efecto sobre los primeros como sobre los segundos. Si se producía una sequía, significaba que el Dios de la Lluvia estaba descontento con los hombres y que, por ende, se le tenía que hacer una ofrenda para implorar su auxilio. Si no reaccionaba, mostraba que seguía con enojo o que la ofrenda no era lo suficientemente valiosa. En consecuencia, se aumentaba gradualmente la intensidad y el valor de las ofrendas, hasta finalmente entregar lo más va-

lioso que tenía el grupo social: un niño, como nos relata la Biblia de la cultura hebrea, o una virgen, como sucedió en múltiples otras culturas históricas.

Como vemos en este ejemplo, el pensamiento mágico –incapaz de descubrir las relaciones causales reales que imperan en el mundo– establece relaciones ficticias o falaces de causa-efecto, hecho por el cual no puede influenciar los acontecimientos reales y sus determinantes decisivos. Entre un fenómeno meteorológico como la lluvia y el sacrificio de un ser humano no existe ninguna relación de dependencia real, de ahí que el ritual mágico podía calmar las angustias respectivas de los creyentes, mas no producir la tan necesitada lluvia.

Las analogías antropomorfizantes del pensamiento mágico recibieron un poderoso estímulo del efecto de la imitación. Al disfrazarse el cazador como el animal que pretendía cazar o al imitar la voz de una presa, se atraía a esta y la captura se facilitaba. En este contexto la simulación y los símbolos utilizados proveían un poder real y el hombre primitivo generalizó tal experiencia hacia otros contextos, convirtiéndose ambos elementos en mecanismos importantes de la magia.

De hecho, el gran antropólogo inglés e investigador de la magia, James Fraser, considera que las dos grandes principios de la misma consisten en la ley de semejanza y en la ley de contacto o contagio. El pensamiento mágico presupone que lo semejante produce lo semejante –p.e., que una mujer fértil que se pare al lado de un árbol que no da frutos, puede transmitirle su "fertilidad"–, y que un objeto material que haya estado en contacto con una persona o un principio divino mantiene ese contacto; hecho por el cual puede servir en la magia negra para

causarle daños al propietario original o, en la magia blanca, como medio de protección a quien lo use o venere.

En la práctica, los dos principios aparecen generalmente juntos, y el pensamiento mágico actúa en forma positiva o negativa. La primera, que Fraser llama también hechicería, trata de producir un hecho deseado y se expresa mediante la forma: "Haz esto para que acontezca esto otro." La segunda, entendida por el antropólogo también como la obediencia del hombre ante un tabú, tiene el propósito de evitar un acontecimiento que se teme. "La magia negativa o tabú dice: 'No hagas esto para que no suceda esto otro'."<sup>(2)</sup>

Contrariamente a lo que suele pensarse, el pensamiento mágico no es cosa del pasado. Los ejemplos de su presencia abundan. En algunas ocasiones, se toca madera porque se supone que trae buena suerte. Al despegar un avión, algunos pasajeros se persignan o, cuando compran un carro, lo bautizan con "agua bendita", para protegerse de eventuales accidentes. Muchos cristianos católicos depositan su óbolo para un santo a fin de que les proteja de las enfermedades o que les cure de un mal. Otras personas compran "pirámides cósmicas" que supuestamente atraen la "energía cósmica" que los mantiene joven; en fin, la lista de ejemplos de la persistencia de esta forma ineficiente de influenciar la realidad objetiva es muy larga.

Ante las deficiencias del pensamiento mágico, del sentido común y, en general, de todas las formas de interpretación naturales, se hace imperativa la siguiente pregunta: ¿por qué el hombre no trata de abolirlas para ya sólo pensar de manera objetiva? La respuesta es triple.

En primer lugar, para la gran mayoría de las actividades cotidianas no se requiere la generación del conocimiento profundo y preciso que proporciona la ciencia. Dado que se trata de quehaceres rutinarios y habituales, es suficiente el uso de conocimientos no-científicos, reflejos condicionados y conductas innatas.

En segundo lugar, sería imposible que alguien razonase constantemente de manera científica para interpretar y conocer el mundo, o que "traduzca" sus observaciones de sentido común en lenguajes científicos, como ilustran dos breves ejemplos.

Cuando una persona se acerca a una silla y la jala para sentarse en ella, realiza –sin darse cuenta– un cálculo extraordinariamente complejo en tres dimensiones: espacio (físico), tiempo y movimiento. Tiene que coordinar con gran precisión la velocidad y los tiempos del movimiento horizontal (acercarse a la silla) y vertical de su cuerpo (sentarse) con los del objeto (jalar la silla), para posarse en el momento adecuado. Sin embargo, pese a que todos los seres humanos realizan este tipo de operaciones –llamados movimientos voluntarios– constantemente, muy pocos serían capaces de analizarlas de manera científica, dado que se trata de complejos procesos de retroalimentación (*feedback*), en los cuales intervienen los propioceptores musculares y articulares; los receptores de la retina; la meta, fijada hacia el futuro; y la coordinación cerebral de todos estos factores. Se requeriría, por ende, de elevados conocimientos en disciplinas (ciencias) como la física, la matemática, la neurofisiología, entre otras, para describir o analizar objetivamente dicho proceso.

El segundo ejemplo se refiere a una simple proposición de la vida común, como: *Veo a mi amigo Juan paseando por la calle*. Según el lenguaje científico y el grado de minuciosidad de la descripción que se escoja dicho enunciado podría especificarse de múltiples maneras. Ilustraremos dos: Lo que observo en realidad, es "una sucesión de imágenes coloreadas que se mueven sobre un fondo estacionario". Estas imágenes, por "medio de los reflejos condicionados de Pavlov", traen a mi cerebro la palabra "Juan", hecho por el cual afirmo que veo a mi amigo Juan.

Prefiriéndose el lenguaje de la física, la descripción del encuentro con Juan sería como sigue: "Pequeños conglomerados de luz, llamados '*quanta* de luz', salen disparados del sol y algunos de ellos logran llegar a una región en donde existen átomos de un cierto género, que forman la cara, las manos y la vestimenta de Juan. Estos átomos no existen por sí mismos, sino que son sencillamente una manera compendiada de aludir a acontecimientos posibles.

Algunos de los *quanta* luminosos, cuando chocan con los átomos de Juan, trastornan su estructura interna. Ello es causa de que resulte su piel tostada por el sol y se produzca vitamina D. Otros son reflejados, y de éstos, algunos penetran por mis ojos. Allí causan una alteración complicada de los bastoncillos y los conos, que a su vez engendra una corriente a lo largo del nervio óptico. Cuando esta corriente alcanza el cerebro, produce un resultado. El resultado que produce es lo que llamo, 'veo a mi amigo Juan'. "(<sup>3</sup>)

La tercera razón por la cual son insustituibles los sistemas naturales de interpretación por la ciencia,

consiste en que cada uno de estos sistemas o lenguajes cumple una función específica para el ser humano. El arte, por ejemplo, responde a una necesidad estética, es decir, un deseo existencial de estar en un medio agradable a los sentidos y que se logra mediante determinados equilibrios de formas, colores, contrastes, perspectivas, estructuras, etcétera.

La religión, a su vez, ha sobrevivido durante quinientos años al desarrollo de la ciencia moderna, simplemente porque muchos seres humanos no soportan una situación existencial de impotencia y desprotección frente a las fuerzas inmensamente superiores de la naturaleza (enfermedades, sismos, muerte, etc.) y de la sociedad (pobreza, injusticia, aislamiento, desempleo, opresión), sin disponer de paliativos y consolaciones subjetivos, como son la metafísica, la magia y el esoterismo, entre otros.

La segunda interrogante del título, *¿para qué sirve el conocimiento objetivo?*, ya ha sido contestada de manera implícita: el conocimiento científico sirve –de hecho, es el único medio disponible–, para conocer el mundo real (objeto de investigación) tal como objetivamente existe y opera. De ahí, que la utilidad del pensamiento objetivo no se limite al análisis de los temas de investigación académicos, sino que debe emplearse también en situaciones personales de gran trascendencia –selección de carrera, casamiento, procreación de niños, para mencionar sólo algunas–, donde una decisión equivocada puede tener consecuencias irrevocables para las personas. En resumen: el método científico tiene su lugar, donde el conocimiento de un fenómeno o de la realidad tiene que ser libre de distorsiones, preferencias individuales o ilusiones por

parte del sujeto cognoscente (que interpreta), tanto en situaciones profesionales como personales.

La finalidad de la ciencia es, por ende, eminentemente práctica: se trata de la dominación de los procesos reales en beneficio del hombre, y así ha sido desde su origen, como ilustra el siguiente ejemplo de la geometría. Es probable que la geometría nació de las necesidades prácticas de la apropiación –y, en menor medida, de la producción– del excedente económico (plusproducto social) por parte de las élites dominantes en las primeras sociedades de clase (Babilonia, Egipto, China).<sup>(4)</sup>

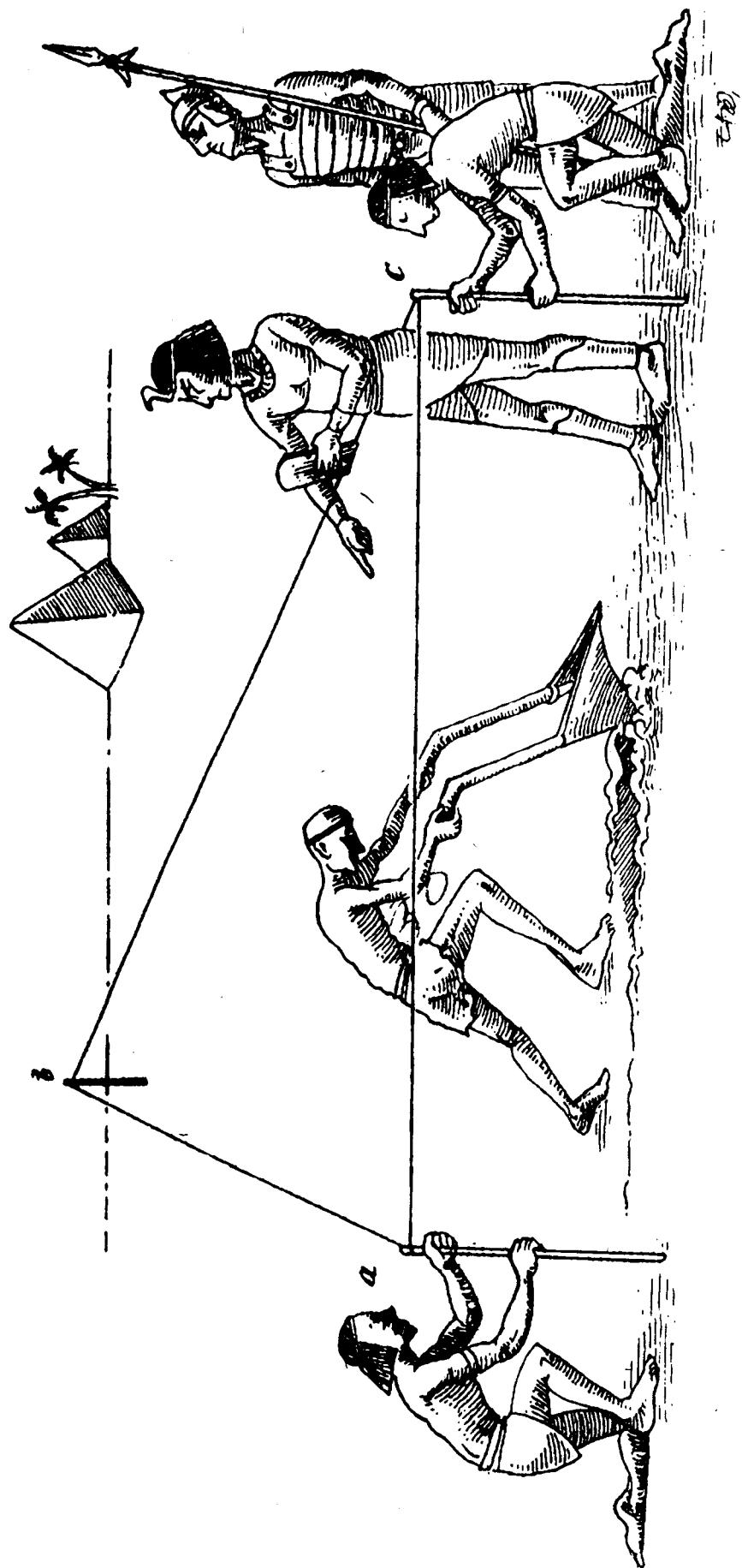
Una buena ilustración de este contexto se encuentra en los relatos de Herodoto sobre los orígenes de la geometría entre los egipcios. A través de toda la tradición historiográfica de los griegos se revela que la génesis de la geometría se debió a las distribuciones periódicas de los campos. Sin embargo, en los textos de Herodoto se encuentra una explicación más a fondo de los motivos de estas reparticiones periódicas, realizadas después de las recurrentes inundaciones de los campos por parte del río Nilo.

Dice el historiador que dichas reparticiones de tierras se realizaban a fin de que los campesinos cumplieran con sus deberes tributarios e impositivos frente al faraón, para el año venidero. Al llegar el momento de llevar acabo la repartición de la tierra se presentaba un funcionario del faraón (del Estado) en la aldea correspondiente, acompañado por un topógrafo. Estos topógrafos se llamaban en la traducción griega *arpenodaptos* (*arpedoes*, griego: cuerda, hilo), lo que literalmente quiere decir "fijador" o "tendedor de cuerda". Si estos agrimensores manejaban la cuerda para la delimitación de

los campos de cultivo con la virtuosidad adecuada, virtualmente todas las figuras (triángulos, rectángulos, polígonos, círculos, etc.) y operaciones geométricas (dividir ángulos, p.e.) posibles podían ser ejecutadas manualmente: colocándose postes y vinculándolos entre sí con las cuerdas de diferentes maneras.

Al realizarse estas operaciones durante largas décadas de manera manual en los campos del valle del Nilo, era sólo una cuestión de tiempo, hasta que los topógrafos y funcionarios del faraón aprendieran, que se podía realizar dichas operaciones también en forma simbólica, es decir, mediante símbolos en papiros; dándose, de esta forma, origen al nacimiento de la matemática. (Mencionamos, de paso, que el "manual de geometría" más antiguo de los hindúes tiene también por título *Las reglas del arte de cuerdas*). Véase gráfica en la página 38.

Lamentablemente, el poder del conocimiento objetivo ha sido utilizado no sólo para el control de los procesos naturales, sino también para la dominación y explotación del hombre. Pero cuando este fenómeno se da, es necesario entender que no es responsabilidad de "la ciencia", sino de las relaciones sociales en que es utilizada. El dicho: *saber es poder*, es indudablemente correcto y lo es cada vez más, en la medida en que se tecnifican las economías. Pero el poder del saber objetivo se puede utilizar tanto para la dominación del hombre como para su emancipación. La televisión, por ejemplo, puede utilizarse como un medio de educación masiva, o como medio de manipulación con fines mercantiles y políticos, como es el caso hoy día en nuestras sociedades. Es tarea de los científicos críticos y de la sociedad civil en general, evitar el



El origen práctico de la geometría

abuso de este poder en detrimento de las mayorías y de sus derechos humanos.

Un buen ejemplo histórico de la íntima vinculación entre el conocimiento objetivo (científico) y su (posible) función ideológica (de legitimar los intereses de las élites dominantes), lo encontramos en el llamado Castillo de Kukulcán en la ciudad maya de Chichen-Itzá, en México. Esta construcción (pirámide) tiene 24 metros de altura y en cada uno de los cuatro lados, 91 escalones, en total: 364. Toman do en cuenta la plataforma superior, estos elementos son interpretados por los arqueólogos como representación de los 365 días del año.

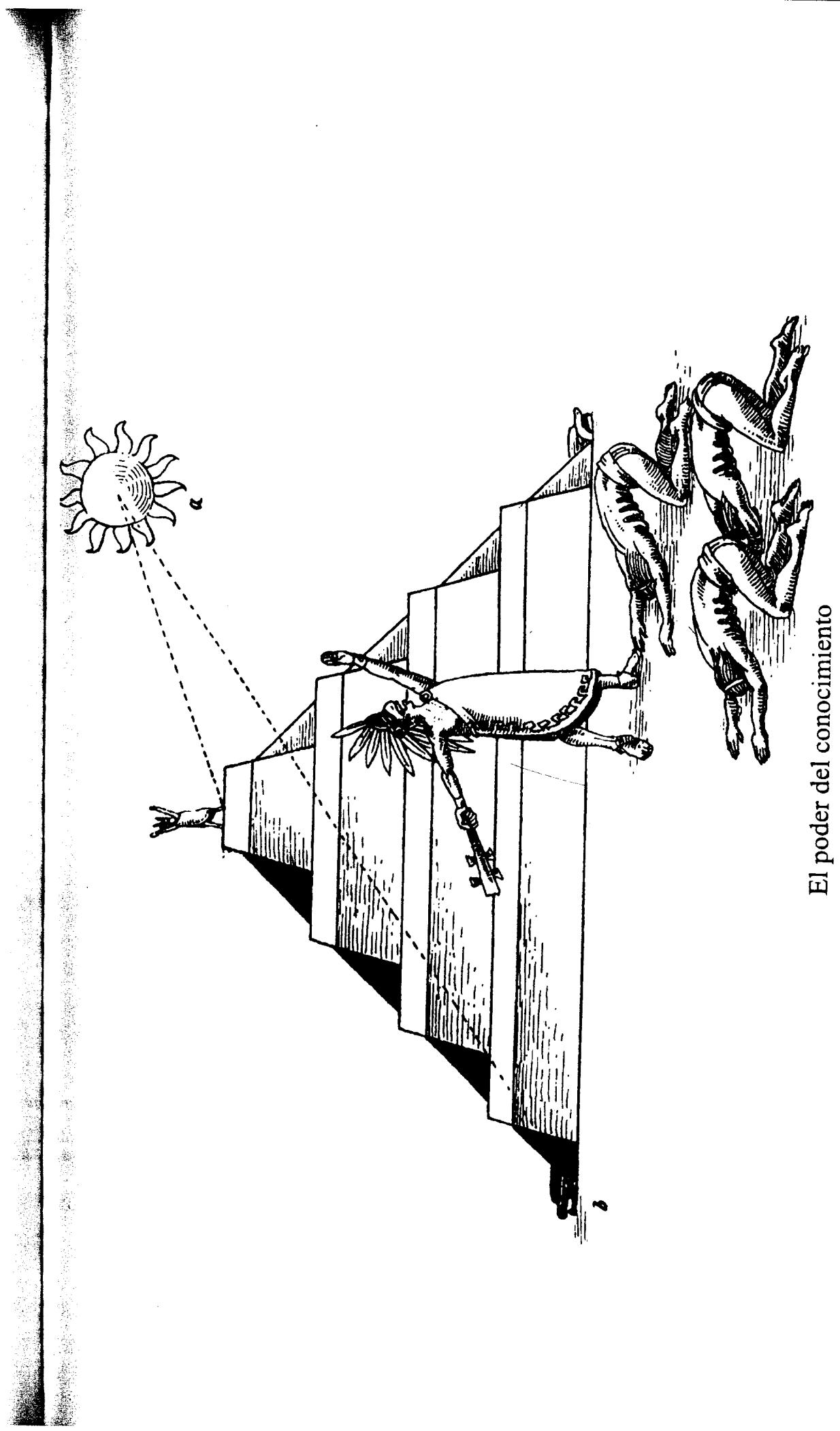
De las cuatro escalinatas de la estructura, los barandales de la principal terminan en cabezas de cascabel. En los días de los equinoccios de primavera y otoño (21 de marzo y 21 de septiembre) se forma sobre esta escalinata un interesante fenómeno óptico. En el lado oscuro de la escalera se configuran una serie de triángulos que se conectan con las cabezas de las serpientes situadas al pie de la pirámide, proyectándose, de esta manera, el cuerpo (el dibujo geométrico) de una cascabel, que simbolizaba –según la mitología maya–, la presencia del dios *Kukulcán* o *Serpiente emplumada* (Quetzalcóatl en náhuatl) entre el pueblo maya, reunido ante el templo.

Al variar el ángulo de los rayos del sol sobre la pirámide, la configuración óptica cambiaba de tal forma que el "dios" pareciera bajar de la escalera para atravesar la plaza de la pirámide e internarse en su casa sagrada, el cenote.

Vemos a través de este ejemplo, cómo la clase dirigente maya utilizaba los conocimientos objetivos que poseía –astronómicos, geométricos, arqui-

tectónicos— para combinar la necesidad práctica de determinar las fechas de los equinoccios, de suma importancia para las labores agrícolas, con la función idelógica-religiosa de dominación, al demostrar su íntima relación con el poder divino ante el pueblo reunido. Véase gráfica en la página 41.

Un ejemplo semejante es conocido del antiguo Egipto. Las inundaciones anuales del Nilo fueron interpretadas por los sacerdotes como el inicio del viaje del dios Amón desde la zona de templos de Karnak hasta Luxor, dando inicio a las festividades de la fertilidad (Opet) que durante un mes fueron celebradas bajo los auspicios de la clase sacerdotal.



El poder del conocimiento

### *3. ¿Cómo estudiar un libro adecuadamente?*

La habilidad básica e imprescindible para realizar un proceso de aprendizaje e investigación científica, consiste en la capacidad para comprender, jerarquizar y asimilar información. Tanto las teorías, como los métodos, conceptos y conocimientos que el alumno requiere conocer y dominar para llevar a cabo sus tareas científicas, le llegan como información y por medio de sistemas de información. Según el medio –y haciendo abstracción de la transmisión verbal de esa información por parte del maestro–, dicha información se presenta en forma impresa (generalmente libros) o audiovisual (computadoras, etc.). En ambos casos, la capacidad de leer o estudiar la información de manera adecuada es esencial para el éxito de su trabajo.

Pero, ¿qué significa leer o estudiar *adecuadamente*? Significa, en primer lugar, *comprender* el contenido de la lectura; en segundo lugar, *jerarquizarlo*, es decir diferenciar entre lo *importante* y lo *secundario* y, en tercer lugar, saber *asimilar* o retenér la información importante.

#### *El lugar del estudio*

La condición básica para poder cumplir con cada uno de estos pasos, consiste en disponer de un espacio físico de trabajo pertinente. Este espacio físico, idóneamente una habitación acomodada para tal finalidad, debe de tener tranquilidad, para que el alumno pueda concentrarse en su tarea. Es un absurdo, querer estudiar en un lugar, donde la televisión o la radio está prendida o donde haya amigos

o familiares que interrumpan al estudiante constantemente.

La iluminación del estudio debe ser adecuada, al igual que la ventilación y su estética, principalmente los colores del inmueble, para que el alumno se sienta a gusto en el ambiente que lo rodea cuando estudia. Son imprescindibles algunas enciclopedias y diccionarios, para que pueda consultar los términos desconocidos de la lectura, al igual que una modesta computadora que aumentará la productividad de su trabajo múltiples veces. Dado que la investigación pasará inevitablemente por frecuentes cambios y correcciones, el uso de una máquina de escribir es, hoy día, totalmente ineffectivo y le hace perder valioso tiempo al investigador. Con el precio de una computadora sencilla, en alrededor de 350 dólares, el estudiante no puede efectuar mejor inversión en su carrera educativa que la adquisición de una de esas máquinas tan útiles. Y asimismo, debe aprender a escribir en la computadora con todos los dedos de ambas manos, para aprovechar la capacidad del artefacto. Es francamente un anacronismo, que un estudiante del siglo XXI no sepa trabajar de esta forma.

Las estadísticas socioeconómicas sobre América Latina nos enseñan, que pocos estudiantes de las universidades públicas disponen de las facilidades del espacio físico arriba mencionado, lo que forzosamente repercutirá de manera negativa en su rendimiento. Ante tal situación, lo lógico sería que las bibliotecas públicas –universitarias o no– proporcionasen estos espacios de trabajo para el estudiante, pero lamentablemente no sucede así. No sólo son relativamente escasas las bibliotecas públicas –en relación a la demanda estudiantil–, sino que se

caracterizan por un desmedido nivel de ruido que hace difícil un trabajo serio y concentrado. Peor aún, cierran los fines de semana, cuando mayor es la demanda por parte de los estudiantes. El alumnado que trabaja, dispone básicamente del sábado y domingo para realizar sus tareas académicas; pero, de manera absurda e injustificable, son precisamente estos días, en que los espacios físicos de las bibliotecas y sus acervos no están disponibles. El hecho, de que una sociedad logre organizarse de tal forma, que sus supermercados estén siete días a la semana abiertos —y algunos las 24 horas— para el consumo mercantil, mientras que la formación mental y preparación científica y artística de la juventud está limitada a cinco días, es un indicador deprimente de la jerarquía de valores que la rigen.

Volviendo a nuestro tema inmediato: la necesidad de comprender, jerarquizar y registrar adecuadamente la información necesaria para el estudio.

### *La importancia de la información*

La comprensión del contenido de una lectura y su jerarquización en "importante" y "menos importante", están íntimamente vinculadas; porque alguien que no haya entendido el argumento o los raciocinios del texto, no podrá decidir sobre lo que es importante y lo que es secundario en él.

Lo que es primordial y secundario para el lector de un texto, depende esencialmente de su interés de conocimiento. Cuando tiene un interés muy específico, por ejemplo, cuando necesita encontrar una tabla aleatoria en un libro de estadística, no leerá todo el libro, sino irá —con la ayuda del índice, ya sea el índice general o un índice analítico, que

puede ser onomástico (por nombre de personas) o temático— directamente a las páginas correspondientes. El problema que estamos discutiendo se presenta generalmente, cuando el estudiante tiene lecturas completas de libros o capítulos y debe resumir su contenido. ¿Cómo sabrá, cuál es la información que debe conservar, y cuál es la que debe descartar en su resumen?

Antes de explicar algunas técnicas que le ayudarán a resolver este problema, es conveniente explicarle el por qué de la jerarquización de la información. La razón básica consiste en la limitada capacidad que tiene nuestro cerebro, para retener y activar información. Este libro, por ejemplo, contiene una cantidad de información equivalente a 160 páginas de un formato de 13 por 21 cm con alrededor de 320 000 caracteres (golpes).

Si expresamos esta cantidad de información mediante la medida de *bite*, que se utiliza en sistemas de computación, se trata de un total de alrededor de 400 000 bites.\* Ningún cerebro humano sería capaz de memorizar con exactitud esta información y reproducirla en cuanto fuese necesario. Sin embargo, un pequeño diskette de alta densidad (3 1/2") permite "almacenar" y reactivar 1.44 Megabites (1.400.000 bites), es decir tres veces y medio la información que contiene nuestro libro, sin ningún problema. Y un disco duro de 200 Megabites permite memorizar y reactivar de manera casi instantánea alrededor de 600 veces la cantidad de

\* *Bite* o *byte*, es una abreviación de *binary digit*, que se refiere a un dígito en la escala binaria de anotación, ya sea 1 ó 0. *Bite* se refiere a un grupo de *bits* adyacentes (p.e., 4, 6 o 8), que operan como una unidad. Por ejemplo, un *byte* de seis *bits* puede utilizarse para especificar una letra. Si no se indica de otra manera, se asume que un *bite* tiene 8 *bits*.

información de la *Nueva guía para la investigación científica*.

Este ejemplo ilustra el problema de lectura que enfrenta el estudiante. Si el ser humano tuviera una memoria mecánica comparable a la de una computadora personal moderna, no necesitaría seleccionar la información que decide memorizar, porque podría reactivar y utilizar con absoluta precisión toda la información de las lecturas equivalentes a 300 libros como el nuestro, y esto en cuestión de segundos. Sin embargo, dado que nuestras células cerebrales no tienen esta capacidad, estamos obligados a diferenciar con gran esmero entre la información que vale la pena memorizar y la que no.

### *Técnicas para jerarquizar la información*

¿Cómo se jerarquiza y memoriza, entonces, en la práctica, la información de una lectura? La verdad es, que no tenemos que empezar de cero, porque, generalmente, el autor de una obra –y, en parte, el editor– nos dan alguna ayuda mediante lo que podríamos llamar, los *indicadores estructurales* del texto.

Cuando se da inicio a la lectura de un libro, hay que abocarse primero al análisis de los textos de la contraportada y de las solapas, dado que ambas resumen el contenido de la obra. No obstante que estos resúmenes son redactados con fines mercantiles, constituyen, por lo general una buena síntesis del argumento y de la temática del libro. Enseguida pasamos al índice que nos indica con claridad los principales contenidos tratados en el libro y su estructuración. Después el lector analizaría el prólogo y la introducción que permiten profundizar las

primeras nociones desarrolladas sobre la obra durante las lecturas anteriores.

De esta manera logramos alcanzar una sinopsis o comprensión general del texto con relativa facilidad. Sin embargo, el problema de la jerarquización se repite dentro de cada página. Al abrir una página, el lector se enfrenta a un mar de letras y palabras, lo que le obliga a seguir con el mismo procedimiento: orientarse con los *indicadores formales*. Entre los indicadores formales más utilizados por los autores –para destacar un concepto, una frase, o un párrafo–, se encuentran los tipográficos, como la impresión en **tipografía bold** o "negritas", en *letra itálica* o *cursiva*, en VERSALES o versalitas, con Capitulares, en tipografía más grande o pequeña que la usual, con letra calada o subrayada. Otros ardides de este tipo consisten en reducir la caja del libro (lo ancho del texto) para ciertos párrafos o utilizar recursos gráficos como la impresión a color.

Tal como existen indicadores formales para llamar nuestra atención sobre determinadas partes del texto, destacándolas, existen otras que producen el efecto contrario: que relativizan una parte del texto o indican que es de importancia secundaria. Para relativizar el significado de un concepto, se emplean generalmente comillas. Si se quiere expresar, p.e., que en determinado país X no existe una democracia real, se puede hacer con una simple construcción como la siguiente: La "democracia" en X... Cualquier lector entenderá que el autor expresa que, a su juicio, la democracia en X no es tal.

Paréntesis o guiones indican partes secundarias de un texto o una frase, generalmente ejemplos, especificaciones, complementos o repeticiones de lo argumentado en la oración principal. La oración:

es semejante a lo que los alumnos suelen llamar el "acordeón". Al acercarse la fecha de un examen, muchos alumnos tratan de reducir la inmensa cantidad de información que se acumuló durante el semestre; es decir, jerarquizarla en importante: la que será relevante para el examen, y en secundaria: la que suponen irrelevante para el examen.

Analizando la información de todas las materias que se vieron antes del examen de esta manera selectiva, tratan de sintetizar la importante (fórmulas, resoluciones, fechas, etcétera) en forma sucinta, anotándola en un pequeño papel —el susodicho acordeón—, con la esperanza, de poder usarla en el examen, sin que el maestro se de cuenta.

Ahora bien, esta práctica —selección de la información más relevante y su resumen de la manera más clara y lógica— es, en el fondo, el procedimiento de la elaboración de la estructura temática-lógica. Con una pequeña, pero importante diferencia: la estructura temática-lógica es legal, y el "acordeón" no.

Dos ejemplos ilustrarán el procedimiento. En el libro *Metodología del conocimiento científico* (Ed. Quinto Sol, México, p. 13) se encuentra el siguiente párrafo: "El comienzo histórico exacto de la ciencia y de la aparición por ende de una forma de abordar la realidad metódicamente, es indeterminable en el tiempo. Partimos de la tesis de que allí donde el hombre comienza a operar —consciente o inconscientemente— con la idea elaborada de la causalidad, en lo concreto de la práctica, es precisamente donde se da la ciencia y su primer método. La metodización comienza allí donde a través de la observación se llega en la práctica a la concepción de que, dados ciertos fenómenos o circunstancias, se producen en

sucesión temporal otros que aparecen como condicionados por los que les anteceden. En términos más precisos, donde se descubre (o se establece) la relación de que unos fenómenos son 'causa' y otros 'efecto'. Esta primera intuición de la 'categoría' de la causalidad, alcanzada de una manera empírica, a veces esporádica e inconsciente, en el sentido de no estar teorizada sino sencillamente realizada, es el primer 'método científico'."

La estructura de este párrafo se puede recuperar, en pasos enumerados y en "estilo telegráfico", de la siguiente forma:

1. *Comienzo ciencia/método científico: indeterminable en tiempo.*
2. *Tesis: se da, cuando hombre opera con idea de causalidad en práctica = idea (práctica) que fenómenos se suceden en tiempo y unos condicionan (causas) a otros (efectos).*
3. = *la. intuición empírica de categoría causalidad = primer mét. científico.*

Según las capacidades y conocimientos del alumno, la estructura puede ser más explícita o más breve. Esto depende de lo detallado que la pretende hacer y de su habilidad para reconstruir el argumento con escasos apuntes. Lo importante es, que en la elaboración de la estructura se aprehenda únicamente el argumento del autor, dado que el alumno no debe mezclar sus observaciones críticas con el argumento original del texto. Si no está de acuerdo con ese argumento, podrá externar su crítica posteriormente y de manera separada de la reconstrucción de la estructura temática-lógica que realiza.

Un segundo ejemplo, para ilustrar la estructura temática-lógica de una página entera, se refiere a la obra de Ernst Fischer, *La necesidad del arte* (Ed. Península, Barcelona 1973, p. 5).

"'La poesía es indispensable, pero me gustaría saber para qué'. Con esta encantadora paradoja Jean Cocteau resumió la necesidad del arte y, a la vez, su dudosa función en el mundo burgués contemporáneo.

El pintor Mondrian habló de la posible 'desaparición' del arte. En su opinión, la realidad puede acabar desplazando la obra de arte, cuya esencia consiste, precisamente, en ser un sustitutivo del equilibrio de que carece actualmente la realidad. 'El arte desaparecerá a medida que la vida resulte más equilibrada'.

El arte como 'sustitutivo de la vida', el arte como medio de establecer un equilibrio entre el hombre y el mundo circundante: esta idea contiene un reconocimiento parcial de la naturaleza del arte y de su necesidad. Y puesto que ni siquiera en la sociedad más desarrollada puede existir un equilibrio perpetuo entre el hombre y el mundo circundante, la idea sugiere, también, que el arte no sólo ha sido necesario en el pasado sino que lo será siempre.

Ahora bien, ¿puede decirse de verdad que el arte no es más que un sustitutivo? ¿No expresa también una relación más profunda entre el hombre y el mundo? ¿Puede resumirse la función del arte con una sola fórmula? ¿No ha de satisfacer múltiples y variadas necesidades? Y si al reflexionar sobre los orígenes del arte llegamos a comprender su función inicial, ¿no resultará evidente que esta función ha cambiado al cambiar la sociedad y que han aparecido nuevas funciones?

Este libro es un intento de contestar preguntas como las anteriores y se basa en la convicción de que el arte ha sido, es y será siempre necesario."

La estructura argumentativa de esta página puede resumirse de la siguiente manera:

1. *Tesis: Cocteau: "La poesía es indispensable, pero me gustaría saber para qué."*
2. *Tesis: Mondrian: arte = medio de establecer equilibrio entre hombre y mundo circundante; desaparecerá cuando vida resulte más equilibrada.*
3. *Tesis: Fischer: arte siempre será necesario.*
4. *Objetivo libro: contestar preguntas sobre las tres tesis.*

### *Cómo memorizar la información*

Una vez que se haya diferenciado la lectura en información que según el criterio del estudiante es importante o secundaria, se ve en la necesidad de memorizarla para poder reactivarla cuando le sea preciso, p.e., ante los exámenes. Nuevamente, el sistema de memorización que el alumno escoja, depende de su forma personal o particular de aprendizaje. Los actuales conocimientos científicos sobre la actividad cerebral demuestran, que el ser humano está dotado de una amplia gama de sistemas de memorización informativa que pueden operar en forma complementaria o sustitutiva, entre ellos: memorias conceptuales y de imágenes, mecánicas y estructurales, ópticas y auditivas, etcétera. La eficiencia relativa de cada uno de estos sistemas varía de persona en persona y esto le obliga al maestro, a encontrar junto con el alumno el sistema

de registro de datos que más se adecua a las habilidades individuales de este, en lugar de *imponerle* un sistema escogido por el primero.

La verdad es, que aquí entramos en uno de los campos de peor abuso académico institucional, debido a la religión de la ficha de trabajo. Se le impone al alumno registrar la información en fichas de trabajo, independientemente de su idiosincrasia personal y sin tomar en cuenta los grandes avances de la informática, de la cual forman parte los sistemas electrónicos de almacenaje de información. Pedanterías burocráticas sobre los tipos de fichas bibliográfica, hemerográfica general y analítica, de revista, archivológica, comentadas, de contenido, de referencia, de referencia cruzada, de trabajo, de definiciones, la ficha mixta, y así *ad nauseam*; los diferentes colores que hay que usar en ellas; el tipo de cartulina y hasta la prescripción del tamaño de la misma, sustituyen una asesoría seria y con conocimiento de causa en las labores investigativas del alumno.

El maestro se convierte en esos casos en sacerdote que presenta su catecismo sobre fichas como si se tratara de conocimiento científico —es decir, conocimiento objetivo sobre la realidad— y no de *convenciones* o reglas de grupos sociales que pueden ser más o menos útiles.

Recientemente tuve la oportunidad de asesorar a una alumna de periodismo de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM en su tesis de licenciatura. Me asombró que su maestra de metodología le insistía en que la delimitación semántica de los conceptos de la investigación se hicieran en fichas de trabajo, con sus respectivos cartoncitos a color, se entiende. Parece increíble, que en la era de

los bancos de datos y de las computadoras se imponen métodos de trabajo del siglo pasado. El que esta actitud no es una actitud individual, singular, sino probablemente mayoritaria, lo comprueba el lector al hojear los respectivos manuales de investigación que se encuentran en el mercado.

Vladimir I. Lenin, uno de los grandes genios de la historia humana hizo sus apuntes en cuadernos. Dividía la página en dos columnas: en una anotaba los contenidos principales de la lectura que realizaba, y en la otra apuntaba sus comentarios. Y el lingüista estadounidense Noam Chomsky, probablemente el científico social contemporáneo más importante, anota las partes memorables de un libro en la tercera de forros. Es decir, existen múltiples sistemas para registrar la información jerarquizada y el único criterio para su adoptación debe ser la eficiencia que representan en cada caso particular. Esta eficiencia debe medirse en dos aspectos esenciales: a) la rapidez de acceso a la información memorizada y su fuente original y, b) la facilidad de su reproducción.

En este contexto de selección y almacenaje de la información, conviene hacer una última acotación acerca de la necesidad de aprender de memoria. Los estudiantes universitarios de primer semestre consideran con frecuencia, que el hecho de haber alcanzado el nivel superior del proceso educativo, los libera de aprender algo de memoria: que el procedimiento de memorizar mentalmente reglas y datos es propio de una etapa escolar inferior, mas no universitaria. Los que piensan de esta manera, están rigurosamente equivocados. No hay proceso de aprendizaje en el mundo que pudiera prescindir de este tedioso procedimiento, aunque fuese simple-

mente por el hecho, de que cada ciencia particular tiene su propio lenguaje específico. En este sentido, aprender una disciplina científica es equivalente a aprender un nuevo idioma, cosa que nadie puede hacer sin memorizar el vocabulario respectivo y un mínimo de reglas gramaticales o lógicas.

Los lenguajes científicos particulares son imprescindibles tanto para la investigación como para la comunicación entre los investigadores, debido a que el lenguaje común que hablamos no dispone de los conceptos ni de la precisión que se requiere para analizar un aspecto de la realidad a fondo y presentar los resultados de una manera intersubjetiva a la comunidad científica. El lenguaje de la química es un buen ejemplo al respecto. Lo que en el lenguaje común llamamos vitamina B1, es de hecho, *clorhidrato de tiamina*; el término vitamina B2 corresponde al *clorhidrato de piridoxina*; la vitamina C tiene por nombre científico *ácido ascórbico* y la vitamina E es *acetato de alfatocoferol*, etcétera. En las ciencias económicas, el estudiante tendrá que aprender conceptos como *micro* y *macroeconomía*; coeficientes como *productividad*, *rentabilidad*, *tasas de ganancia*, *tasas de inversión*; medidas estadísticas agregadas como *producto interno bruto*, *balanza de pagos*, etcétera. Por ende, el educando que no esté dispuesto a aprender de memoria una considerable cantidad de información de la disciplina que escogió para estudiar, no tendrá posibilidad de triunfar en ella.



---

## CAPITULO 2

# El uso del método científico

### *1. El planteamiento del problema*

**Definición:** *El planteamiento del problema es la delimitación clara y precisa (sin ambigüedades) del objeto de investigación, realizada por medio de preguntas, lecturas, trabajo manual, encuestas pilotos, entrevistas, etcétera.*

*La delimitación se realiza mediante cinco pasos:*

- 1. la delimitación del objeto en el espacio físico-geográfico; 2. su delimitación en el tiempo; 3. el análisis semántico (de significado) de sus principales conceptos mediante enciclopedias y libros especializados; 4. la formulación de oraciones tópicas y 5. la determinación de los recursos disponibles.*

*La función del planteamiento del problema consiste en revelarle al investigador, si su proyecto de investigación es viable dentro de sus tiempos y recursos disponibles.*

Toda investigación de la realidad, sea científica o no, tiene como punto de partida un interés de conocimiento o, lo que es lo mismo, de saber.

Este interés de conocimiento puede originarse de dos maneras. Una institución establece que de manera obligatoria el investigador debe realizar un determinado estudio. Esto sucede con frecuencia en las universidades e instituciones de enseñanza media superior, donde los estudiantes deben llevar a cabo investigaciones científicas como parte de la

estructura curricular de la institución. Otro caso son las grandes empresas, por ejemplo, los laboratorios farmaceúticos, donde el empleado cumple con un perfil laboral que él no determina.

A veces, sin embargo, el interés de conocimiento no se deriva de una obligación institucional, sino que se origina en el investigador por un impulso exploratorio (curiosidad) personal. Cuando dispone de los recursos y apoyos necesarios para satisfacer este interés, estará en la situación idónea de escoger tanto el tema como los tiempos, procedimientos y demás condiciones de su investigación.

Desde el punto de vista pedagógico y de motivación es preferible que el investigador determine libremente su tópico (tema), porque tendrá mayor incentivo para trabajar en una investigación que le interesa a una impuesta sin su consenso. Para el profesor tiene una ventaja adicional la libre selección de la temática por parte del estudiante, porque le permite ser exigente en la evaluación del reporte final, ya que al realizar un estudio de su propia vocación —es decir, no enajenado— el alumno adquiere el compromiso moral de responder a la libertad de investigación concedida con un excelente trabajo.

De cualquier forma, aunque el investigador trabaje un tema impuesto, en el cual no tenga mayor interés personal, necesita tener la disciplina necesaria para cumplir con su tarea.

Por lo general, el interés de conocimiento (saber) surge en el investigador —y sobre todo en el principiante— de modo espontáneo y en forma difusa o general, lo que dificulta o imposibilita su indagación sistemática. Es común, por ejemplo, que principiantes de la investigación científica manifiesten

un interés de conocimiento y lo presenten como tema de investigación, en la siguiente forma: *La contaminación en México; El problema del aborto; La acústica en las aulas universitarias; Opiniones de los jóvenes mexicanos sobre la sexualidad, etcétera.*

Ninguno de esos intereses de conocimiento puede ser resuelto en la forma en que se manifestó espontáneamente en la mente del estudiante y fue formulado como tema de investigación. Todos necesitan ser delimitados o concretizados, para ser accesibles a la indagación científica mediante los cinco pasos o procedimientos, que mencionamos en la primera página de este capítulo.

Pero antes de ilustrar el uso de los cinco procedimientos mencionados es preciso, aclarar brevemente la relación entre el *tema* de investigación y el *objeto* de investigación; porque con frecuencia, se identifica el tema del análisis con su objeto, sin explicar su diferencia. Esta diferencia radica en lo siguiente: el tema de investigación es, como ya especificamos, un interés de saber de una (o varias) persona(s) que se expresa en una frase o formulación (enunciado, proposición) como: *La contaminación en México*. Dicho enunciado constituye, *en rigor*, el *tema* de investigación. El *objeto* de investigación, en cambio, es el fenómeno real a que se refiere el enunciado (la frase), p.e., la basura en los ríos y las calles; las partículas suspendidas en el aire; el excesivo ruido callejero, etcétera. En otras palabras, el objeto de investigación en el análisis científico es un fenómeno real, objetivo y comprobable, que existe en el universo de manera independiente del interés de conocimiento y tema de investigación que pudiera tener alguna persona so-

bre él. El tema de investigación es su expresión o referente simbólico (es decir, expresado en una frase, un enunciado, palabras, números, etcétera) o, si se quiere, el lazo, que vincula al investigador con esa parte de la realidad (el objeto).

Otro ejemplo para ilustrar la diferencia entre tema y objeto de investigación es el siguiente. Si el maestro le pide a un alumno de su grupo que analice las características físicas de su mesa de trabajo —que denominamos "A"—, y que apunte su tema de investigación en el pizarrón, escribirá: *Las características físicas de la mesa A en el aula X*. El tema de investigación está, por ende, en el pizarrón como enunciado, mientras que el objeto de investigación sigue en su lugar físico apartado del pizarrón.

Establecida esta diferencia entre los dos elementos —que el objeto de investigación es el fenómeno real y el tema de investigación el enunciado sobre el fenómeno real— y teniéndola presente, podemos tratarlos para los fines explicativos de este capítulo *como si fueran sinónimos*, dado que esto nos permitirá tratar la siguiente problemática de una manera más sencilla.

**Definición:** *El objeto de investigación es una parcela (un aspecto) de la realidad, en la cual se concentra nuestro interés de conocimiento y que no puede explicarse en forma inmediata o sin utilización de la teoría.*

Conviene, sin embargo, aclarar también la diferencia entre un sujeto y un objeto. Como sujeto entendemos en este libro un ente biológico dotado de razón. Como el ser humano es el único ente biológico que dispone de ciertas complejas funciones neurológicas o cerebrales que permiten el lenguaje y raciocinio —aquí llamado "razón"—,

entonces el sujeto es sinónimo de ser humano. El término objeto se deriva del latín *obicere* que significa contraponerse. Definimos, entonces, en una primera aproximación, que todo lo que existe fuera del sujeto –que se le "contrapone"– sea un objeto. Los objetos pueden ser de materia (los Andes), energía (un rayo) o ser relaciones (p.e., la ley de la gravedad universal). Esta definición incluye los productos mentales del ser humano, p.e., un concepto, una idea o una creencia como Dios.

Por su pertenencia pueden ser naturales, es decir, pertenecer al mundo de la naturaleza, o ser sociales, *id est*, formar parte de la sociedad.

En este sentido epistemológico queda claro que un sujeto (un ser humano) es, al mismo tiempo y sin perder su carácter de sujeto, un objeto para otros humanos, porque se les "contrapone", es decir, les es externo. Podemos concluir, pues, que sólo el ser humano tiene el doble carácter de sujeto y objeto; todos los demás objetos son simplemente esto y nada más.

Dado que en el lenguaje común se identifica generalmente el concepto "objeto" con algo material, con un hecho, recalcamos que este no es el significado que tiene en la ciencia o, mejor dicho, que es sólo uno de los significados que puede tener. Utilizaremos en este trabajo como sinónimo de objeto el término fenómeno, que no conlleva el sentido semántico de *material*.

En una segunda aproximación podemos resumir:

1. El ser humano es un sujeto por tener la facultad de la razón.
2. Sin perder su carácter de sujeto es para otros un objeto (de conocimiento, trato, explotación, etc.).
3. El sujeto puede ser para sí mismo un objeto, porque con nuestra mente podemos ana-

lizarnos desde "fuera", p.e., podemos reflexionar por qué estamos alegres, tristes, por qué nos duele el pie, etcétera.

### *1.1 Delimitación en el espacio físico-geográfico*

El primer paso en la delimitación del tema u objeto de investigación consiste en la concretización de su espacio físico-geográfico. La mejor manera de ilustrar este procedimiento es aplicándolo a algunos de los temas arriba mencionados.

Tal como está formulado, el tema *Opiniones de la juventud mexicana sobre la sexualidad* abarca todo el inmenso espacio físico-geográfico de la república mexicana, desde la frontera norte con Estados Unidos hasta la frontera sur con Guatemala. Dado que no existe un estudio sistemático de esta materia en el país, el estudiante no puede remitirse a documentos ya elaborados —no puede hacer un estudio documental—, sino que estará obligado a llevar a cabo una investigación empírica. Para ser más específico: la única manera de realizar la investigación planeada consiste en la aplicación de una encuesta de opinión representativa. Y ahí terminaría el proyecto de investigación, porque es obvio, que —por razones de tiempo, dinero, falta de tecnología, experiencia, etcétera—, un estudiante o un colectivo de estudiantes no podría llevar a cabo tal empresa.

Al hacerle reflexionar sobre esta problemática, el principiante opta normalmente por redefinir el tema de la siguiente manera: *Opiniones de la juventud mexicana en el Distrito Federal sobre la sexualidad*. Esa reducción del objeto de investigación en su aspecto físico-geográfico es un paso adelante,

porque hace el tema mucho más accesible para la investigación. Sin embargo, el Distrito Federal tiene una extensión geográfica considerable y, sobre todo, una población aproximada de 20 millones de habitantes. Por ende, sigue siendo imposible que el estudiante aplique una muestra representativa a esta población y, en consecuencia, la investigación no podrá realizarse en la forma planeada.

Finalmente, el estudiante tendrá que optar por delimitar el objeto de investigación aún más en su dimensión de espacio físico, seleccionando, por ejemplo, un sector particular de la juventud mexicana capitalina para su encuesta. El tema podría quedar entonces de la siguiente manera: *Opiniones de los estudiantes de primer ingreso en la Universidad Autónoma Metropolitana sobre la sexualidad*. Claro está que la encuesta aplicada a esta población juvenil sería solamente representativa para ella, no para la juventud mexicana en general.

El tema *El problema del aborto* es aun más general que el anterior, dado que no tiene ninguna limitación del área físico-geográfica de indagación. Tal como está formulado es virtualmente imposible que un principiante lo analice bien durante un semestre, porque, en primer lugar, el tratamiento del aborto en sus aspectos legales, culturales, medicinales, etc., es muy diferente de país a país y, en segundo lugar, en México no existe la infraestructura de información para recopilar los datos imprescindibles para tal investigación. Es decir, salvo que el maestro se quiera contentar con una muy superficial sinopsis (copia de fragmentos de dos o tres libros) del *topos*, no puede ser analizado en su forma actual.

Conviene entonces, delimitar en pasos sucesivos –y según el ejemplo anterior– cada vez más el espacio físico que abarca el objeto de investigación, por ejemplo: *El problema del aborto en México; El problema del aborto en el Distrito Federal; El problema del aborto en el Hospital X de la Ciudad de México*, hasta que se vuelva accesible para el investigador principiante.

Un tercer ejemplo nos brinda el tema *La acústica en las aulas universitarias*. Seguimos el mismo procedimiento que antes, delimitando cada vez más el espacio físico del objeto, para terminar, por ejemplo, con la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) situada en el Distrito Federal. Pero aun esta delimitación no es suficiente, porque la UAM se conforma de tres unidades descentralizadas, las cuales, posiblemente tendrán diferentes tipos de salones de clase. Por ende, se delimitaría el objeto de investigación todavía más, reduciendo su estudio a una sola unidad, por ejemplo, la Unidad Xochimilco. Sin embargo, aun dentro de esta unidad hay diversos tipos de aulas, con diferentes tamaños, materiales, etc., hecho por el cual el indagador tendría que escoger el tipo específico que quisiera estudiar. El tema podría quedar entonces como sigue: *La acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco*.

### **1.2 La delimitación en el tiempo**

Al igual que la delimitación en el espacio, la delimitación en el tiempo es generalmente necesaria para que el tema/objeto de investigación pueda ser trabajado satisfactoriamente ante las limitacio-

nes de información, tiempo, recursos materiales y conocimientos del investigador. Advertimos, que la delimitación en el tiempo no se refiere al tiempo de investigación del que dispone el estudioso, sino del tiempo del objeto que le interesa más para su análisis.

En el tema *La contaminación en México* es inmediatamente obvio el problema. El enunciado *La contaminación en México* abarca cronológicamente desde la constitución del Estado Mexicano en 1821 hasta el presente. Sin embargo, generalmente, le interesa al estudiante la contaminación actual, no todo el ciclo de destrucción del ambiente desde 1821. De ahí, que el investigador ha de escoger el período que más le interese y sobre el cual exista la mayor información disponible, p.e. *La contaminación en México durante el sexenio del presidente Salinas de Gortari*.

Lo mismo es válido para los demás temas. *El problema del aborto* se refiere a un fenómeno biológico que en su forma natural ha existido desde la aparición histórica del ser humano y que, como práctica social ocurre desde hace miles de años. Por ende, el alumno tendrá que reducir el objeto de investigación a un periodo que le interese y del cual consiga los datos necesarios para su trabajo.

En lo referente al tema de *la acústica en las aulas de la UAM-Xochimilco*, habría que tomar en cuenta que los primeros salones de clase fueron construidos en 1973 y que los demás edificios se hicieron posteriormente. Asimismo, después del gran terremoto de 1985 fueron reforzados y modificados diversos edificios de enseñanza dañados por el fenómeno telúrico. Por lo consiguiente, el investi-

gador tendrá que delimitar su tema/objeto de investigación conforme a la fase temporal que le interesa.

### *1.3 La delimitación semántica*

Mientras los primeros dos procedimientos mencionados son muy fáciles de utilizar, la delimitación del significado semántico del tema/objeto de investigación resulta un poco más complicado. Sin embargo, es tan útil y preciso como la delimitación de su espacio y tiempo.

La necesidad de aclarar los significados de los términos (palabras, conceptos, categorías, símbolos) usados en el tema de investigación se debe, a que frecuentemente un término tiene diferentes connotaciones. Este problema se agrava, porque el interés de conocimiento nace generalmente de manera espontánea y se expresa en términos del sentido común y del lenguaje cotidiano, que se caracterizan por su falta de precisión y claridad.

El problema de la ambigüedad o falta de claridad de los términos se presenta con mayor severidad en las ciencias sociales que en las naturales, por tres razones: a) el interés de conocimiento/tema de investigación se piensa y formula generalmente en las ciencias naturales, y desde el principio, en el lenguaje de la disciplina científica correspondiente, p.e., la química, medicina, etc.; b) porque las ciencias naturales están más avanzadas en su metodología y c) porque tratan, por lo general, objetos de investigación menos complejos, es decir, más fáciles de predecir, que los fenómenos del mundo social.

Por ejemplo el término "H<sub>2</sub>O" tiene un significado muy claro: se refiere a un fenómeno compuesto

por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, denominado en el lenguaje común "agua". Asimismo, el término "ácido" se refiere a un electrolito que despacha iones de hidrógeno.

En cambio, la palabra "democracia" tiene muchas connotaciones diferentes. Etimológicamente se trata de un compuesto griego, que tiene el sentido de dominación (*kratein*) del pueblo (*demos*).

En su país de génesis, en la antigua democracia griega, el concepto se refería a determinados derechos políticos y civiles para la clase dominante de griegos étnicos, mientras que la vasta población de esclavos y metecos, que realizaron el trabajo físico, carecía de los derechos humanos más elementales, que vinculamos con un régimen democrático. Semejante era la situación de la democracia romana.

En la democracia burguesa moderna, el término se refiere básicamente a que todos los ciudadanos de un país tengan los mismos derechos formales, en particular, el derecho político de votar para elegir al parlamento y gobierno nacional, y que el sistema político tenga una división de poderes entre el poder judicial, legislativo y ejecutivo.

La democracia en los países socialistas se definía como democracia bajo hegemonía popular, es decir, que la conducción del Estado y de la sociedad estuviera en manos de las clases trabajadoras y campesinas, generalmente bajo la dirección de un sólo partido político.

Sobre estos cuatro significados de "democracia" -el etimológico, el griego, el burgués y el socialista- tiene que reflexionar el investigador para escoger o definir la connotación del concepto que más le sea útil para abordar su tema/objeto de investigación.

Para controlar los efectos negativos que resultan de la ambigüedad que le es inherente a muchos conceptos, sobre todo en temas sociales, las ciencias procuran formular o definir términos específicos, que tienen un sólo significado o que tienen un significado generalmente aceptado. Para el investigador esto significa, que ha de analizar y definir el sentido de las principales categorías que piensa utilizar. Ilustraremos este procedimiento con algunos ejemplos.

El análisis de los conceptos del tema de investigación, y de las relaciones entre ellos, se lleva a cabo en varios pasos. En el primer paso se subrayan y enumeran los conceptos del tema de investigación conforme a su grado de dificultad o complejidad, empezándose con los términos más sencillos y terminando con los más difíciles.

*La contaminación del aire en la Ciudad de*

4                    3                    2

*México en el año de 1991.*

1

Por ejemplo, en el tema *La contaminación del aire en la Ciudad de México en el año de 1991*, el concepto más sencillo es "año de 1991" que significa (es definido): 1 de enero al 31 de diciembre de 1991.

El segundo concepto más sencillo es "Ciudad de México", porque se refiere al área geográfico-administrativa definida con absoluta claridad como el "Distrito Federal". Le sigue en grado de dificultad la palabra "aire", que denomina un gas de determinada composición química. Finalmente, el concepto más complejo del tema es: contaminación. Por

ella se entiende la impurificación de un sólido, líquido o gas por sustancias que se consideran indeseables por implicar efectos tóxicos, patológicos o disfuncionales.

Repitamos el mismo ejercicio con el tema *La acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X en 1991.*

*La acústica en las aulas de la planta baja del  
edificio H de la UAM-X en 1991.*

4	3	3
3	2	1

La categoría más sencilla es 1991, le sigue UAM-X (definida como institución en su ley orgánica), después edificio H, planta baja (ambos determinados en sus planos arquitectónicos), aulas (fáciles de medir y describir o definir mediante una enciclopedia) y, finalmente, acústica.

El segundo paso en la delimitación semántica, después de haberse subrayado y enumerado los conceptos del tema según el grado de su complejidad, consiste en consultar varias encyclopedias para entender el significado de cada uno de los conceptos, empezando nuevamente con los más sencillos.

Se recomienda que se consulten varias (mínimo tres) encyclopedias sobre un tema, debido a la mala calidad o las tendencias ideológicas que muchas de ellas ostentan, sobre todo en lo referente a los conceptos utilizados en investigaciones sobre fenómenos sociales y políticos. Para darse cuenta de la diversidad y mala calidad de las definiciones que se encuentran en encyclopedias y diccionarios generales, conviene que el alumno realice el ejercicio de

consultar varias obras de este género sobre términos como "aborto", "indio", "dios", etcétera.

Donde existe la posibilidad de usar diccionarios o encyclopedias especializados —por ejemplo, de medicina, filosofía, física, economía, etcétera—, es preferible recurrir a estos, aunque debe verlos también con mente crítica, porque muchos de ellos distorsionan el conocimiento científico por influencia de los valores subjetivos de sus autores.

Entre las diversas definiciones que encontrará el investigador (principiante) para aclarar las palabras que conforman su tema de investigación, ha de escoger aquella que más se adecua a sus objetivos de indagación. Frecuentemente, tal decisión trascenderá su nivel de conocimiento y capacidad de decisión, de ahí que necesitará acudir al maestro, para que éste le asesore en un diálogo sobre el problema en cuestión.

El tercer paso en la delimitación semántica consiste en la selección definitiva de los conceptos y/o sus respectivos significados por parte del estudioso. A veces, ninguna de las definiciones encontradas en encyclopedias satisface sus necesidades de investigación o no las satisface completamente. En tal caso, tiene que formular su propia definición o mejorar una definición deficiente, tarea que por lo general tendrá que realizar en colaboración con su maestro.

Una última reflexión en el proceso de delimitación semántica debe dedicarse a las relaciones sintácticas posibles y permitidas *entre* las palabras y signos que forman el tema (enunciado) de investigación. Estas relaciones posibles y permitidas están formuladas en la gramática de cada idioma natural, en nuestro caso, del castellano, así como en la lógica

formal y la matemática. Al respetar el investigador principiante las reglas gramaticales de la sintaxis y de la lógica formal –por ejemplo, el axioma de la exclusión de los contrarios–, puede estar seguro, que, junto con la delimitación semántica, su interés de conocimiento originario se está convirtiendo en un tema/objeto de investigación susceptible de ser analizado profunda y sistemáticamente. Faltan, sin embargo, dos reflexiones más sobre el tema de investigación que se refieren a las oraciones tópicas y a los recursos, que tiene el estudiante para llevar a cabo su análisis.

#### *1.4 Las oraciones tópicas*

**Definición:** *La oración tópica es un enunciado sobre el tema (topos) de investigación que expresa en forma breve cuál es la intención de conocimiento científico del investigador, respecto al objeto de investigación.*

El nombre "oración tópica" significa que se trata de una oración o sea, una frase, un enunciado, una proposición sobre un *topo* (griego: *lugar*), es decir, un tema. Utilizaremos, por ende, en lo siguiente los términos oración tópica o enunciado temático como sinónimos.

La formulación de la oración tópica puede ayudar al principiante a clarificar su interés o sus intereses de conocimiento, porque, pese a que muchas veces le parecen evidentes y sin duda, no lo son. Y de esta falta se da cuenta, cuando se obliga a redactarlos por escrito. Aunque tal procedimiento puede parecer superfluo, recomendamos que el alumno lo utilice y que lo haga en la siguiente forma: *El*

---

*propósito de esta investigación es, conocer/saber....*

Mientras el tema de investigación nos indica el interés de conocimiento *general* que tenemos, es posible que para la realización de la investigación será necesario especificar más el tema, de tal manera que tendríamos varios intereses de conocimiento particulares, que expresaríamos mediante sendas oraciones tópicas; es decir, a cada interés específico de saber corresponde una oración tópica que enumeramos con dígitos.

Por ejemplo, para el tema de *La contaminación del aire en la Ciudad de México en el año de 1991*, el investigador podría formular –según lo que le interesa saber– las siguientes oraciones tópicas (O.T.).

O.T.<sub>1</sub>: El propósito de esta investigación es, conocer la concentración promedio de ozono en el aire de la Ciudad de México en el año de 1991.

O.T.<sub>2</sub>: El propósito de esta investigación es, saber en qué mes se dio la concentración más alta de plomo en el aire de la Ciudad de México en el año de 1991.

O.T.<sub>3</sub>: El propósito de esta investigación es, conocer las causas fundamentales de la contaminación del aire en la Ciudad de México en el año de 1991.

O.T.<sub>4</sub>: El propósito de esta investigación es, saber si la Secretaría de Desarrollo Social implementó medidas para reducir la contaminación del aire en la Ciudad de México en el año de 1991.

O.T.<sub>5</sub>: El propósito de esta investigación es, conocer la proporción entre el total de gastos que la Secretaría de Desarrollo Social dedicó en el año de 1991 a la reducción de la contaminación del aire en

la Ciudad de México y el total de gastos que dedicó para su propio mantenimiento.

Para el tema *La acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la Universidad Autónoma Metropolitana-X en 1991*, se podrían formular las siguientes oraciones tópicas.

*O.T.1:* El propósito de esta investigación es, conocer la calidad de la acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X.

*O.T.2:* El propósito de esta investigación es, saber si el grado de inteligibilidad de la palabra hablada en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X cumple con los estándares internacionales respectivos.

*O.T.3:* El propósito de esta investigación es, conocer el grado de interferencia sonora en la acústica de las aulas...

*O.T.4:* El propósito de esta investigación es, saber si las aulas del edificio H...están construidas con materiales que son funcionales para la absorción de la energía de las ondas sonoras.

*O.T.5:* El propósito de esta investigación es, saber si las aulas del edificio H...tienen una estructura arquitectónica que es funcional para la conducción de las ondas sonoras.

*O.T.6:* El propósito de esta investigación es, saber si la acústica de las aulas del edificio H...incide positiva o negativamente en el proceso de aprendizaje de los alumnos.

En lo referente al tema de *El aborto en el Hospital X de la Ciudad de México en 1991*, nuevamente múltiples oraciones tópicas son posibles, por ejemplo:

*O.T.1:* El propósito de esta investigación es, conocer la definición institucional del aborto en el Hos-

pital X de la Ciudad de México en 1991.

O.T.2: El propósito de esta investigación es, saber si, conforme a esta definición, se presentaron abortos en el Hospital X de la Ciudad de México en 1991.

O.T.3: El propósito de esta investigación es, saber cuántos abortos naturales y cuántos abortos inducidos se presentaron en el Hospital X...

O.T.4: El propósito de esta investigación es, saber si a las mujeres que abortaron en el Hospital X... se les dió apoyo/terapia psicológica antes y después del aborto.

O.T.5: Si se dió apoyo psicológico: El propósito de esta investigación es, saber en qué forma y con qué duración e intensidad se prestó este apoyo en el Hospital X...

O.T.6: Si no se dio apoyo psicológico: El propósito de esta investigación es, saber la razón, por la cual no se dio apoyo psicológico a las mujeres intervenidas en el Hospital X...

O.T.7: El propósito de esta investigación es, saber si las mujeres que abortaron o fueron tratadas después de un aborto en el Hospital X... se sintieron discriminadas por el personal que las atendió.

O.T.8: El propósito de esta investigación es, saber si los médicos de la sección de gineco-obstetricia del Hospital X... piensan, que la decisión de abortar es un derecho que compete exclusivamente a la mujer embarazada.

O.T.9: El propósito de esta investigación es, saber si las enfermeras de la sección de gineco-obstetricia del Hospital X... piensan, que la decisión de abortar es un derecho que compete exclusivamente a la mujer embarazada.

O.T.10: El propósito de esta investigación es, saber

a partir de qué mes los médicos de la sección de gineco-obstetricia del Hospital X...consideran al feto un ser humano.

Finalmente, en el tema *Opiniones de los jóvenes mexicanos del Distrito Federal sobre la sexualidad*, algunas oraciones tópicas tendrían la siguiente forma:

*O.T.1:* El propósito de esta investigación es, saber si los jóvenes capitalinos afirman en su mayoría el derecho a tener relaciones sexuales prematrimoniales.

*O.T.2:* El propósito de esta investigación es, saber si los jóvenes capitalinos creen, que el uso del condón es una protección contra el SIDA.

*O.T.3:* El propósito de esta investigación es, saber si los jóvenes capitalinos creen, que el motivo principal del matrimonio es el amor.

*O.T.4:* El propósito de esta investigación es, saber si los jóvenes capitalinos consideran el sexo oral como una práctica sexual normal.

Como revelan estos cuatro ejemplos, los aspectos particulares del tema/objeto de investigación que seleccionó el estudiante, pueden ser múltiples. El debe escoger entre los posibles aspectos que más le interesan y que son factibles de ser indagados durante el tiempo y con los medios investigativos que tiene a su alcance. Puede proceder de dos maneras: redactar un número de enunciados tópicos posibles y seleccionar después los que le interesan o se limita, de antemano, a formular uno o dos, sin preocuparse por los demás que serían posibles.

Si nos detenemos un momento para contemplar las oraciones tópicas que hemos formulado, nos damos cuenta que son de dos tipos diferentes: a) hay oraciones tópicas que sólo pretenden averiguar la

presencia o ausencia de un fenómeno o de una característica (propiedad) de un fenómeno y b) otras, que se formulan para conocer la causa de un efecto o una asociación entre dos variables; es decir, se refieren a una relación entre factores. Las primeras, las denominamos oraciones tópicas o enunciados temáticos de constatación –porque pretenden constatar la presencia o ausencia de un fenómeno– o de *primer grado*, y a las segundas nos referiremos como oraciones tópicas de relación causal y de relación estadística o, también como oraciones tópicas de *segundo y tercero grado*.

En el primer tema *La contaminación...*, todas las oraciones tópicas, menos la O.T.3, son de primer grado. En el tema de *La acústica...* las oraciones tópicas 1, 2, 3, 4 y 5, son de constatación, la 6 es causal. En el tema *El problema del aborto...* los enunciados temáticos de primer grado son: O.T. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10; la O.T.6 implica una relación causal y por lo tanto, es de segundo grado. En el tema *Opiniones de...* todas las oraciones tópicas son de primer grado.

Vemos que un tema/objeto de investigación –aun después de haber sido delimitado– tiene tantos aspectos potenciales de investigación, que puede abarcar varios enunciados temáticos, tanto de primer grado como de segundo o tercero grado.

A lo largo del proceso de delimitación del tema/objeto de investigación mediante las cuatro técnicas aquí reseñadas, el estudiante se da cuenta, que el tema/objeto pierde cada vez más su extensión y generalidad, para volverse más específico y profundo y, sobre todo, más realista. Las cuatro técnicas de delimitación introducen, por así decirlo, al investigador en un diálogo con el objeto de investi-

gación, en el cual el investigador aclara su verdadero interés en el objeto y, al mismo tiempo, lo conceptualiza de una forma realista.

Este proceso de aprendizaje y de doble conocimiento – conoce más su interés y capacidad real, y el tema/objeto de investigación– es fundamental para el buen desarrollo de la investigación, porque es la base del "edificio investigativo" que el alumno pretende erigir. Se refiere, en buena medida, a la dificultad analítica que Albert Einstein una vez formuló de la siguiente manera: Lo difícil en ciencia no es encontrar las respuestas correctas, sino plantear las preguntas en forma correcta.

En este proceso de convertir un nebuloso y amplio interés de conocimiento en un tema/objeto de investigación que pueda ser abordado con éxito, el estudiioso necesita tener la mente abierta para modificar el tema original o, inclusive, sustituirlo; porque con cierta frecuencia se dará el caso, de que el deseo de conocer un fenómeno sistemáticamente no puede ser satisfecho por las limitaciones de conocimiento, tiempo, dinero, tecnología, información, apoyo, etcétera, que revelará el proceso de delimitación.

### *1.5 Los recursos de investigación*

El último procedimiento para "depurar" el tema/objeto de investigación consiste en un "inventario" concienzudo de los recursos disponibles para el trabajo a realizar.

El recurso más importante es, obviamente, la fuerza de trabajo disponible. Este recurso abarca, por una parte, la cantidad de personas/tiempo que participan en la investigación y, por otra, su calidad

en cuanto a conocimientos, habilidades, disposición y disciplina pertinentes para el trabajo.

Cuando el estudio es realizado por un sólo investigador, este cálculo es relativamente fácil, porque el investigador se conoce a sí mismo. Pero, cuando se trata de un grupo de estudiantes, es necesario ser realista en cuanto a las variables mencionadas en los miembros del colectivo. Frecuentemente en un grupo de seis estudiantes hay uno o dos que pretenden pasar el semestre sin esforzarse en la investigación, hecho que disminuye el posible rendimiento del grupo.

Asimismo, deben tomarse en cuenta las demás cargas universitarias, como las cátedras, las lecturas para los seminarios y eventuales talleres obligatorios. Obligaciones familiares y el trabajo remunerado, en su caso, complican la situación y tienen que tomarse en consideración para llegar a una estimación realista de las horas de trabajo disponibles para la investigación.

Los conocimientos específicos –por ejemplo, idiomas como el inglés– necesarios para ciertos tipos de análisis, al igual que determinadas tecnologías, son también de suma importancia. En ciencias sociales, por ejemplo, la aplicación de encuestas es un tipo de investigación preferida. Generalmente, los estudiantes no tienen una noción adecuada de las dificultades que presenta este tipo de análisis científico, no sólo en el diseño del cuestionario y su aplicación, sino, sobre todo, en la evaluación.

Para procesar los cuestionarios aplicados se utiliza generalmente el *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), es decir un programa computacional diseñado para producir, sobre la base de

los datos recabados, las medidas estadísticas descriptivas e inferenciales y su graficación adecuada, que permiten la interpretación final de las respuestas obtenidas. Para evaluar adecuadamente una encuesta, se requiere por ende, a) de una computadora, b) del programa SPSS u otro comparable y c) de una persona que sepa manejarlo y que esté dispuesta a invertir su tiempo en proporcionar tal servicio.

Hoy día ya no son aparatos relativamente simples —como fue el caso de Galileo con un telescopio rudimentario—, que permiten hacer descubrimientos, sino generalmente tecnologías muy costosas, sobre todo en las ciencias naturales. Estas tecnologías están normalmente sólo a disposición de instituciones, hecho por el cual el estudiante tiene que asegurar el permiso de su uso antes de iniciar el proceso de investigación.

Conocimientos y tecnología especializada son cada vez más importantes en la indagación científica; pero no por eso, el aspecto de la información ha perdido peso en la investigación. Al formularse el tema de investigación es imprescindible, preocuparse enseguida por el estado de información disponible que se requiere para llevar a cabo el trabajo.

Frecuentemente no existe literatura suficiente para realizar el programa de investigación. O puede ser que exista, pero no es accesible a los alumnos. Igualmente, puede ser demasiado costosa (libros) para ser adquirida por los estudiantes. En términos generales, la infraestructura informativa en los países latinoamericanos es muy deficiente. Hay pocas bibliotecas y hemerotecas en relación con la cantidad de estudiantes y hay aún menos bibliotecas que cuentan con amplios acervos actualizados de libros. Los servicios de reproducción dentro de las biblio-

tecas y hemerotecas son generalmente ineficientes y burocráticos y, con frecuencia, cierran el fin de semana, precisamente, cuando los estudiantes que trabajan tienen más tiempo para aprovecharlos.

Comprar libros se ha vuelto muy costoso y los bancos de datos que existen, son muy caros para alumnos o son exclusivamente para profesores. Los servicios de información especializados, que venden materiales seleccionados sobre determinados temas, son igualmente demasiado costosos para el estudiante popular.

Desde las primeras bibliotecas de la historia –por ejemplo la babilónica del templo de Nippur (3500 a 450 a.n.E.), que contaba con más de cincuenta mil tablillas de arcilla de letra cuneiforme–, hasta la más avanzada de la actualidad –la Biblioteca del Congreso estadunidense (*Library of Congress*) que permite en segundos el acceso por computadora a más de veinte millones de libros – la información y su eficiente utilización ha sido una de las claves para el logro de la investigación. De ahí que el estudiante no deberá tomar la decisión sobre el tema definitivo de investigación, sin haber explorado sus posibilidades en este campo.

El tiempo absoluto que está disponible para el estudio es otra variable relevante que tenemos que considerar en la investigación. Según universidad y profesor, el tiempo concedido para la investigación puede variar de dos semanas a seis meses. Es conveniente que el alumno aproveche la experiencia del maestro para que le asesore en la elaboración de la ruta crítica de la investigación, es decir, que estimen en conjunto, cuánto tiempo aproximadamente llevará cada etapa de su investigación.

## 2. El marco teórico

**Definición:** *El marco teórico es el resultado de la selección de teorías, conceptos y conocimientos científicos, métodos y procedimientos, que el investigador requiere para describir y explicar objetivamente el objeto de investigación, en su estado histórico, actual o futuro.*

En la literatura científica anglosajona el lector estudiantil encuentra con frecuencia la indicación metodológica "revisión de literatura". La idea detrás de esta indicación es que para producir un conocimiento científico nuevo, más avanzado que el existente, hay que estar a la altura de los conocimientos teóricos y metodológicos actuales —que han sido elaborados por generaciones de científicos— y tomarlos como punto de partida para la investigación propia.

Esta exigencia metodológica está bien fundamentada por el desarrollo histórico de la ciencia. Virtualmente todos los grandes paradigmas (modelos) de interpretación científica del mundo fueron logrados sobre importantes descubrimientos de sus precursores. Una buena ilustración de este hecho es la teoría de la evolución de las especies, de Charles Darwin, sin lugar a dudas, la teoría biológica más importante del siglo XIX. *El origen de las especies* del famoso científico inglés fue publicado en 1859, pero su larga gestación se remonta hasta el siglo XVII y recibió impulsos importantes en el siglo XVIII. El enciclopedista George Buffon (1707-1788), p.e., había percibido que contrariamente a la idea prevaleciente, de que cada forma viviente había sido creada por separado y al mismo tiempo

—idea proporcionada por la biblia cristiana-judía—, existían especies que parecían provenir de un tronco común.

Asimismo, el abuelo de Charles Darwin, Erasmo Darwin (1731-1802), había sostenido que todas las formas vivientes descendían de un único "espermatozoo" y que podían cambiar por medio de la alimentación y del clima. Y el destacado naturalista francés Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) había llegado a la conclusión de que los organismos más complejos devenían de los organismos más simples y primitivos, a través de un proceso de transformación. La dinámica de este proceso de transformación resultaba de la necesidad de los animales de adaptar sus organismos a circunstancias cambiantes y que -tesis equivocada de Lamarck- tales modificaciones se hicieran hereditarias.

Semejantes secuencias o cadenas de conocimiento creciente pueden encontrarse en prácticamente todas las ciencias: en las de la naturaleza p.e., la secuencia de Johann Kepler-Galileo Galilei-Isaac Newton; y en las sociales la triada de Immanuel Kant-G.W.F. Hegel-Karl Marx. De ahí que sea indiscutiblemente necesario dominar el conocimiento científico más reciente, cuando se pretende investigar un aspecto de la realidad a fin de aportar nuevos saberes. Claro está que este imperativo sólo vale en forma limitada para principiantes, que tendrán que contentarse con conocer algunas de las posiciones teórico-metodológicas más importantes elaboradas sobre "su" objeto de investigación.

Para el conocimiento profundo que queremos adquirir mediante el marco teórico, ya no son suficientes los datos y aclaraciones que hemos tomado de las enciclopedias generales durante la delimita-

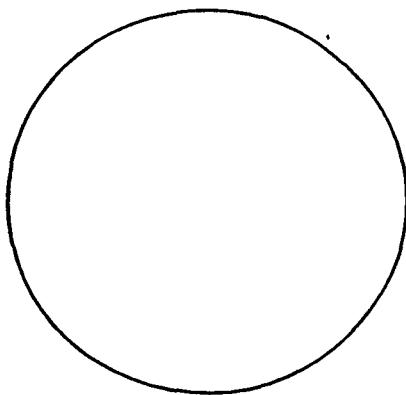
ción semántica del objeto de investigación. Esta representó una aproximación importante y nos sirvió como punto de partida, pero hay que pasar ahora a la literatura especializada, que contiene el saber imprescindible para profundizar nuestro conocimiento del objeto de investigación.

La definición del marco teórico, dada en la página previa a la anterior, es correcta, pero difícil de usar en la práctica para el principiante. ¿De dónde, se preguntará el alumno, voy a seleccionar las teorías que necesito? ¿Quién me indica, cuáles me sirven, y cuáles no? La respuesta es sencilla y sorprendente: el mismo objeto de investigación le dice al investigador, cuáles son las teorías que ha de utilizar en el análisis.

Antes de explicitar esa relación entre el objeto de investigación y el marco teórico, definamos que en esta obra el procedimiento de la "revisión de la literatura" se entiende como sinónimo de lo que en castellano se denomina generalmente, la construcción del marco teórico.

## *2.1 La selección de las teorías*

Para entender la creación o el desarrollo del marco teórico con mayor facilidad, ilustraremos este proceso con algunas gráficas. Imagíñese el lector, que la gráfica "1" represente el universo o cosmos, es decir, la totalidad de fenómenos que existe actualmente en el mundo, tales como: los astros, las montañas, los ríos, los animales, las plantas, los pueblos, los Estados, los idiomas, las religiones, las ideas, las teorías científicas, los seres humanos y así, *ad infinitum*.



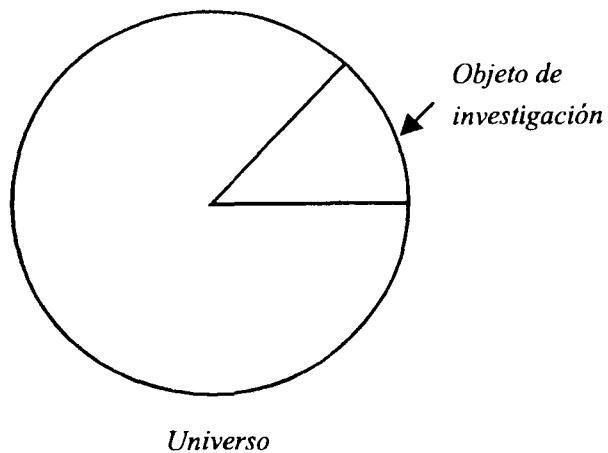
*Universo*

*Gráfica 1*

El universo = la totalidad de los fenómenos existentes.

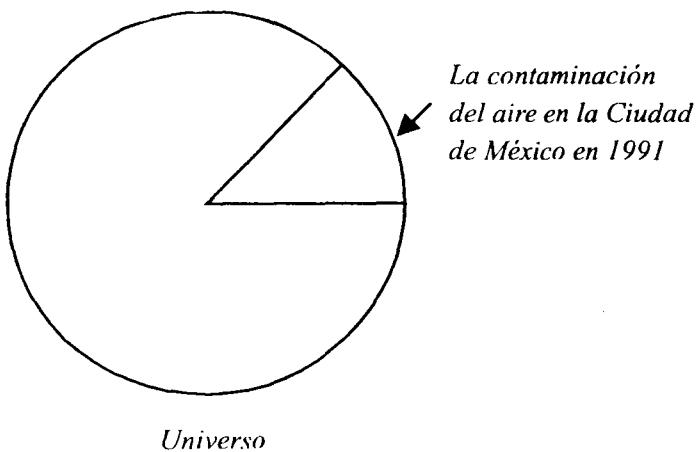
Al formular el estudiioso su tema de investigación científica, nombra y escoje automáticamente un fenómeno entre la infinidad de fenómenos del universo y lo hace resaltar. Es decir, al seleccionar el alumno su tema de investigación, selecciona una parcela o un aspecto de la realidad mundial y la enfatiza por encima de todos los demás fenómenos. Al enunciar el investigador, p.e., el tema: *La acústica en las aulas de la UAM-X*, excluye o niega por el acto mismo (*ipso facto*) todos los demás fenómenos del cosmos como objetos de su atención. Dice implícitamente, que no le interesa, p.e., el eclipse del sol, la visita del Papa, la inflación en Estados Unidos, la cantidad de estudiantes en la UAM-X, la oxigenación de las aulas de la UAM-X, su estética, el rendimiento de sus alumnos, la relación amorosa con su pareja, la contaminación del aire, la rotación de la tierra, la belleza de la Capilla Sixtina, la

miseria de la población indígena, etcétera. La afirmación del objeto (tema) de investigación por parte del estudiante implica, de manera automática e inevitable, la negación de los demás objetos del universo. Esa afirmación destaca entre la infinidad de fenómenos del universo uno y, por ende, lo "expulsado" de su anonimato, descuidando o negando a todos los demás. Es por eso, que el objeto de investigación científica puede definirse como un aspecto, un fenómeno o una parcela de la realidad destacada por nuestro interés de conocimiento, la cual no puede explicarse en forma inmediata o sin la utilización de la teoría.

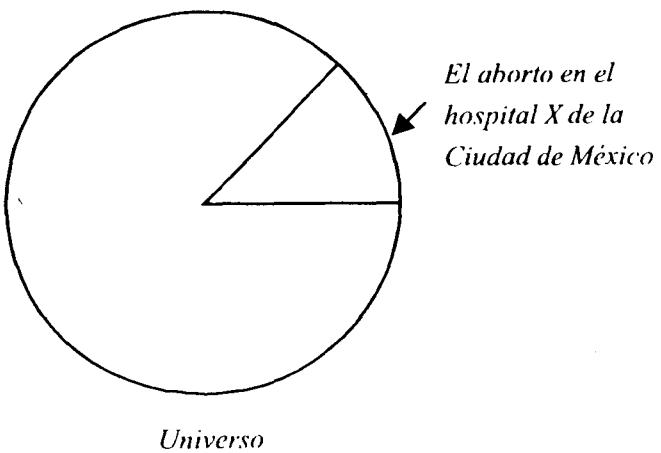


*Gráfica 2*

La enunciación del tema de investigación resalta *ipso facto* el objeto de investigación, que es un fenómeno o una parcela del universo.

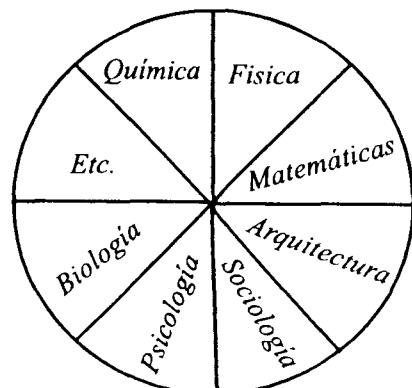


*Gráfica 3*  
Tema de investigación *La contaminación del aire en la Ciudad de México en 1991.*



*Gráfica 4*  
Tema de investigación: *El aborto en el hospital X de la Ciudad de México en 1991.*

Hemos dicho que las ciencias son parte del universo. Definimos ahora el conjunto de todas las teorías, métodos, conceptos y conocimientos científicos desarrollados a lo largo de la historia, hasta la actualidad como el *universo científico* o *universo teórico* y lo presentamos –con fines didácticos– en forma gráfica fuera del universo real al que pertenece.



*Universo científico*

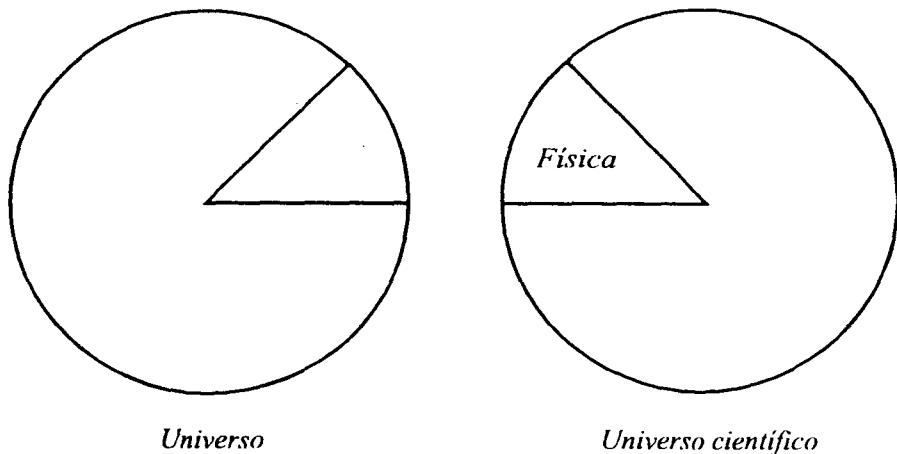
### *Gráfica 5*

El universo científico = todas las teorías, métodos, conceptos y conocimientos científicos existentes.

Ahora podemos relacionar las diversas gráficas y entender que a cualquier objeto de investigación, es decir, que a cada parcela o fenómeno o aspecto de la realidad corresponden una o varias disciplinas científicas, que contienen el conocimiento específico para explicarlo. En otras palabras, al enunciar el sujeto cognosciente el tema de investigación, determina no sólo automáticamente una parcela en el universo (el objeto de investigación), sino al mismo tiempo una parcela en el universo científico, a sa-

ber, las teorías, métodos, conceptos y conocimientos objetivos necesarios para explicar el objeto de investigación.

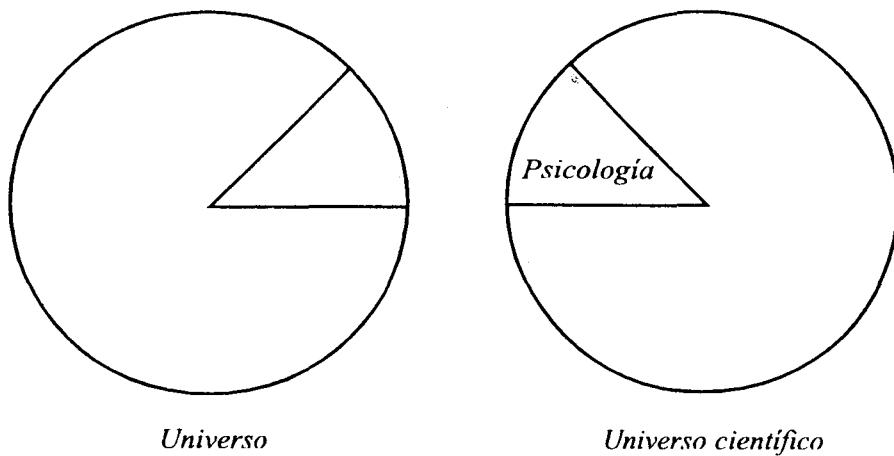
Por ejemplo, en el tema/objeto de investigación *La acústica en las aulas de la... UAM-X*, la acústica es un fenómeno físico, hecho por el cual me determina la "parcela" *física* en el universo científico.



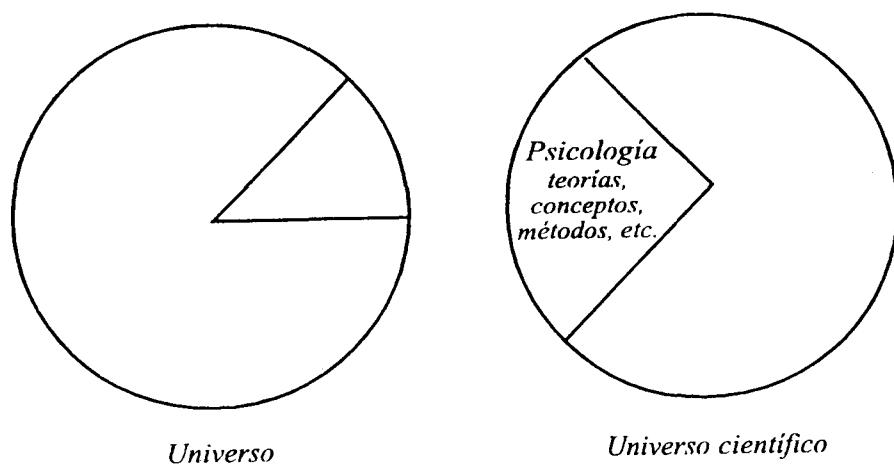
*Gráfica 6*

Correspondencia entre objeto de investigación y marco teórico: el objeto de investigación determina el marco teórico: 1.

Sin embargo, para poder medir la inteligibilidad de la palabra hablada en el aula, los conocimientos y mediciones de la física no son suficientes. Ciertos tests de inteligibilidad de la comunicación verbal han sido desarrollados por psicólogos, hecho por el cual entra también la psicología en mi marco teórico como teoría de explicación.



*Gráfica 7*  
El objeto de investigación determina el marco teórico: 2.



*Gráfica 8*  
El objeto de investigación determina el marco teórico: 3.

En todos los temas, la cantidad de teorías que se requieren para la investigación, depende de la multiplicidad de intereses de conocimiento —que, como recordamos, se expresan en oraciones tópicas—, como vemos en los siguientes ejemplos.

Si en el tema *La contaminación del aire en la Ciudad de México en 1991*, sólo me interesa la presencia, cantidad y composición de agentes patógenos inorgánicos —como el plomo, el ozono, el nitrógeno, el polvo, etcétera—, entonces, las teorías a emplearse son la física y la química. Si además me interesa la presencia de microorganismos patógenos como protozoos, bacterias, fungi, virus, etcétera, requeriré además de la biología y, probablemente, de la medicina humana. Si quiero analizar también la ineffectividad de las medidas anticontaminantes tomadas hasta ahora, debo emplear las ciencias políticas y la sociología de la organización (burocracia).

Lo mismo es válido para el tema de las *Opiniones de la juventud capitalina sobre la sexualidad*. Para entender el fenómeno a fondo, el estudiante debe revisar las obras pertinentes de psicología, de sociología y de la historia mexicana. Dado que la reca-bación de los datos y la contrastación de las hipótesis se realizará mediante una encuesta de opinión, entra en el marco teórico también la estadística y la sociología empírica, que se ocupa del diseño y de la ejecución de encuestas.

Finalmente, el análisis del tema *El aborto en el hospital X de la Ciudad de México en 1991*, requiere mínimamente de la teoría médica en general y gineco-obstetricia en particular. Si interesa el aspecto legal, la legislación y jurisprudencia mexicana. Si se agrega el aspecto moral, se necesita estudiar la

doctrina anti-aborto de la Iglesia católica y éticas seculares. Si el trabajo abarca la recabación de opiniones, entrará nuevamente la estadística y la sociología empírica (encuesta, opinión, etc.) en el marco teórico.

La selección de la disciplina o de las disciplinas requeridas para la comprensión sistemática del objeto de investigación escogido, es mucho más fácil en las ciencias naturales que en las ciencias sociales. Por las razones expuestas en el capítulo anterior, existe en las primeras generalmente una sola teoría para la explicación de un fenómeno. Hay algunas excepciones como la teoría corpuscular de la luz avanzada por Newton y después por Einstein, a diferencia, por ejemplo, de la teoría de la luz desarrollada por Huyghens, Fresnel y Young quienes sostenían que la luz consistía de ondas transversales. Sin embargo, tales casos no dejan de ser excepciones en las ciencias de la naturaleza.

En las ciencias sociales, en cambio, compiten frecuentemente diversas corrientes teóricas en la explicación de un fenómeno, sin que se haya establecido todavía cuál es la más adecuada.

Por ejemplo, para explicar el fenómeno de la agresión humana, existen tres enfoques teóricos diferentes: el primero sostiene, que la agresión humana es determinada genéticamente; el segundo argumento, que se trata de un comportamiento adquirido socialmente (aprendido) y el tercero combina las dos anteriores. Si el estudioso decide utilizar el segundo enfoque, ha de escoger entre una de las siguientes corrientes de la psicología: el psicoanálisis tradicional, el psicoanálisis moderno, el conductismo (*behaviourismo*) en sus diferentes versiones, la teoría de la *Gestalt*, la psicología ana-

lítica de Alfred Jung, el funcionalismo psicológico, etcétera.

También se da el caso que diferentes teorías de las ciencias sociales y naturales están a la disponibilidad del investigador. En cuanto a las causas de la esquizofrenia el investigador podría escoger entre alguno de los siguientes enfoques: a) que la esquizofrenia es causada por un desorden genético; b) que se trata de un problema de la arquitectura neuronal, generado durante el segundo trimestre del desarrollo fetal por la errónea migración de determinadas células neuronales; c) que es el resultado de una estructura comunicativa paradójica dentro de la familia; d) que se trata de una patología generada por experiencias traumáticas que en los sistemas psíquicos subconscientes del infante dejan trastornos que se manifiestan en la adolescencia.

Seleccionar entre estos enfoques es una tarea, que evidentemente trasciende las capacidades del estudiante que se inicia como investigador. Tiene que acudir, por ende, al maestro, para que este le oriente y ayude en tal decisión.

Cerramos este apartado con una breve nota sobre la teoría científica. Cualquier observador atento a los procesos de la naturaleza y de la sociedad se ha dado cuenta, que estos procesos se realizan con determinada regularidad o, como también se dice, con determinada legalidad. La segunda expresión se refiere a que la recurrencia y regularidad de estos procesos naturales y sociales indican, que su comportamiento está regido por leyes o reglas. Si logramos entender estas reglas o leyes que determinan el comportamiento de la naturaleza, de la sociedad y del ser humano, entonces podemos sacar provecho de ellas o impedir que nos hagan daño. Esta es,

como explicamos en el primer capítulo, la tarea de la ciencia. Al observar, registrar y medir las regularidades de comportamiento de un fenómeno natural, la ciencia trata de entender las leyes que están "detrás" del comportamiento visible (empírico), para expresarlas en enunciados conceptuales y matemáticos, que permiten prever y, posiblemente, controlar el comportamiento del fenómeno.

Una ilustración célebre de la capacidad de predecir mediante el conocimiento científico las relaciones causa-efecto que rigen el comportamiento de un fenómeno, es el descubrimiento del planeta Neptuno, realizado simultáneamente por Urbain-Jean Le Verrier y John Couch Adams entre los años de 1845 y 1846. Lo asombroso del descubrimiento es que la existencia del planeta no fue revelada por la observación directa mediante el telescopio, sino mediante una serie de complejos cálculos astrofísicos. Estos cálculos estuvieron motivados por ciertas perturbaciones en la órbita del planeta Urano que no podían ser atribuidas ni a Júpiter ni a Saturno, hecho por el cual tenían que ser provocadas por un planeta desconocido y nunca visto. Calcularon las dimensiones y la posición probable de este planeta desconocido con tal exactitud que poco tiempo después, cuando aparecía Neptuno, podía ser constatada su existencia mediante la observación directa por telescopio.

Una teoría científica es, por ende, un conjunto de enunciados, reglas, conceptos, símbolos y conocimientos que permiten describir, explicar y predecir objetivamente la estructura (la constitución) y el comportamiento (movimiento, evolución) de un fenómeno o sector del universo, sea de la sociedad o de la naturaleza.

## 2.2 Conceptos y conocimientos científicos

Cada ciencia particular se ocupa de analizar un sólo campo de la realidad. La psicología, p.e., sólo analiza los procesos psíquicos o mentales; la química se limita a fenómenos químicos; la economía a los procesos de producción, distribución y acumulación en macro y microniveles; la biología a seres vivos (con metabolismo); la medicina humana a la salud del ser humano, etcétera. En otras palabras, cada disciplina científica se especializa en el análisis de un sólo sector del universo con la finalidad, de entender a fondo los elementos y las relaciones que lo constituyen y que determinan su comportamiento y desarrollo.

Para tal fin utiliza el método científico, múltiples técnicas particulares y un lexicon o vocabulario especial. Aprender una ciencia significa, por lo tanto, no sólo aprender el uso del método científico y de sus técnicas particulares, sino también, el lenguaje o discurso específico de conceptos y conocimientos que emplea.

Tenemos un conocimiento empírico de tal hecho por las experiencias de nuestra vida cotidiana. Por la necesidad de consultar a médicos, estamos acostumbrados a que éstos diagnostiquen una enfermedad y receten medicamentos curativos en términos del latín. O también, que un odontólogo tenga que practicar una endodoncia, un cirujano una apendicitis, etcétera.

Por el creciente uso de las computadoras, sabemos también que para escribir un texto en esas maravillas de la tecnología moderna, se necesita disponer de: un *Disk Operating System* (DOS), o

sea, un programa base; un programa específico para textos, p.e. el *Word Perfect* o *Word*; se requiere de cierta capacidad de memoria *RAM* (*Random Access Memory*); de otro tipo de memoria permanente, generalmente en el disco duro (*hard disk*), cuya capacidad de almacenamiento se mide en *bites* o *megabites*; que la rapidez de procesamiento de los datos depende de los *chips* y que ésta se expresa por *megaherz*, etcétera.

Y por el aprendizaje de las matemáticas sabemos que determinadas operaciones pertenecen a la trigonometría, otras al álgebra, al cálculo probabilístico, a la geometría, que ciertas funciones se llaman integrales y otras diferenciales, que en una función con dos variables una se denomina variable independiente y la otra dependiente, etcétera.

Estos breves ejemplos nos muestran una característica fundamental de todas las ciencias: el uso de conceptos, conocimientos y definiciones propias, que son diferentes al lenguaje común que el ciudadano habla cada día. El lenguaje usual, cotidiano, es un lenguaje histórico o natural, como, p.e., el castellano, el inglés, el alemán, el nahuatl, que se han desarrollado a través de la historia de los pueblos. En cierto momento de su desarrollo, alguien analizó el idioma hablado y lo interpretó en una gramática escrita, que estableció las reglas para la conjugación de los verbos, la declinación de los sustantivos, la formación de adjetivos, el orden sintáctico de las partes –p.e.: sujeto, predicado, complemento u objeto–, etcétera. La primera gramática del castellano, p.e., fue escrita en 1492 por Antonio de Nebrija, y más o menos por la misma época fueron formuladas las gramáticas del idioma alemán e italiano. El hecho, de que las gramáticas

fueron escritas después de haberse desarrollado los lenguajes naturales o históricos, nos indica, por qué muchas veces no pueden explicar bien un fenómeno gramatical, teniendo que acudir frecuentemente a admitir excepciones en sus reglas o dando explicaciones arbitrarias.

Los lenguajes científicos, en cambio y, sobre todo, en las ciencias de la naturaleza, son en gran medida lenguajes artificiales, con términos, reglas y definiciones hechas específicamente para excluir ambigüedades semánticas y contradicciones sintácticas o lógicas. Esos conceptos de los lenguajes artificiales son, frecuentemente, neologismos, es decir, palabras creadas deliberadamente para representar cierto significado específico.

El método más común para formar estos conceptos o para caracterizar un término científico es una definición, compuesta por tres elementos: 1) el centro de la definición está constituido por el enunciado: *tiene el mismo significado (intensión) que*; 2) al lado izquierdo se escribe el concepto que ha de definirse (*definiendum*) y 3) al lado derecho el concepto que define (*definiens*).

Si la tarea consiste en definir una circunferencia se puede definir como un conjunto de puntos del plano que equidistan de un punto dado; si se trata del concepto "una hora", la solución sería: "Una hora" tiene el mismo significado que "sesenta minutos". Un esquema gráfico ayudará a entender este procedimiento con mayor facilidad:

*Una hora* tiene el mismo significado que *60 minutos*.  
*Definiendum* *Definiens*

Los conceptos son los vehículos del conocimiento en la ciencia, porque antes de realizar un experimento, una encuesta, una observación sistemática o una contrastación documental en la práctica, el investigador la lleva a cabo en su mente. Construye la hipótesis, diseña la forma de contrastación, trata de adelantarse a determinados obstáculos, en suma, recorre el camino de la investigación primero en su mente para después recorrerlo y ponerlo a prueba en la práctica. Y los vehículos que le permiten realizar esa maravillosa operación son los conceptos.

¿Cómo se explica esta capacidad de los conceptos, de realizar con símbolos y términos (números, palabras, signos, etcétera), una operación que de otra forma tendría que hacerse tediosamente en la realidad? La explicación de este fenómeno está en que los conceptos o reflejan fenómenos de la realidad o son capaces de representarlos. Los conceptos, que tienen un referente o correlato empírico, es decir, que representan a un fenómeno real, se llaman conceptos empíricos. A esos pertenecen, por ejemplo, categorías como: mesa, ser humano, automóvil, matrimonio, Estado, árbol, estrella, etcétera.

En cambio, los conceptos, que no representan un ente real, empírico, fuera de si mismo, y, que, por ende, no tienen un significado propio, se llaman *semánticamente vacíos*. Dado que no reflejan un fenómeno real, externo, pueden adquirir cualquier significado, que el investigador les quiera dar. Son, si quisieramos usar una metáfora, como vasos vacíos, que se pueden llenar con cualquier contenido real.

Por ejemplo, "X", es un término semánticamente vacío, porque no tiene referente empírico, es decir,

no representa a ningún fenómeno del universo social o natural. Pero precisamente por esto, le puedo dar el significado (la intención) que quiero. "X" puede significar una casa, un Estado, veinte hombres, un zorro, diez mil dólares, el sol, la inflación, la energía, el amor entre una pareja, en fin, cualquier fenómeno que le quiera asignar. Asimismo, un cuantificador como diez puede significar: diez mujeres, diez leyes, diez leguas, diez días de sol, etcétera.

La capacidad de representar realidades objetivas y manejarlas mediante símbolos (simbólicamente), le da su extraordinaria importancia a los conceptos. Si una familia tiene, por ejemplo, un campo de cultivo de 40 por 100 metros y quiere dejarlo en herencia a dos hijos, puede trazar simplemente un esbozo en papel con las proporciones 4 por 10 y trazar una diagonal, para repartir el terreno en partes iguales. O, al tener un ahorro de 20 millones de pesos en el banco y querer gastar la décima parte, no necesita ir al banco, hacer diez paquetes iguales con dos millones cada uno, para después tomar uno de ellos y gastarlo. Puede realizar esta operación simbólicamente, es decir mediante los símbolos de la matemática, con mucha más rapidez y absoluta precisión, sin tocar en nada al objeto real.

Asimismo, un médico, que diagnostica en un paciente el fenómeno conceptualizado como "gripe" —que corresponde en realidad a una infección viral—, le puede contraponer los conceptos "5 millones de unidades de penicilina" y "vitamina C"—igual a determinados compuestos químicos—, y pronosticar mediante este análisis conceptual, que la enfermedad desaparecerá dentro de un determinado período. Si el paciente es alérgico a la penicilina, el

médico pensará en alternativas terapeúticas, nuevamente sin afectar en esa operación simbólica de curación al "objeto real", al paciente.

Es importante, entender la relación entre el título o tema de la investigación, y los conceptos. El título o tema delimita el campo general de la indagación. Su función consiste, en permitir al investigador el control constante acerca de que si su quehacer se encuentra todavía dentro del objeto de investigación definido, o si se ha perdido en algún aspecto secundario, cosa que puede suceder relativamente fácil, cuando la investigación es extensa o el investigador no dispone de mucha experiencia práctica. Se puede comparar esa función del título/tema con las señales de las carreteras. Si, por ejemplo, quiero viajar del Distrito Federal a Veracruz en coche, realizo bien este cometido guiándome por las señales correspondientes en la carretera. Al dejar de ver esas señales, sé que he perdido el camino que me llevaba al final de mi exploración de lo desconocido. En este sentido, el título/tema de la investigación marca el inicio y el fin del camino que tengo que recorrer en el sendero de la investigación y evita, que me pierda. De ahí la importancia de determinar el tema/título con cierta precisión, para asegurar su función de guía.

Si el tema nos sirve como guía o instructivo general, los conceptos son los vehículos para desplazarnos hacia el punto final de la investigación, desconocido al inicio y, por ende, *terra incognita*. Y en la investigación como en la locomoción física, el tipo y la calidad del vehículo escogido determina, hasta donde llega la persona que los usa. Cuando se escogen mal los conceptos en una investigación, no llevarán al sujeto a conocer lo que le interesa. En la

analogía del viaje: si el punto final de mi viaje es Londres, no puedo desplazarme en un coche, porque el mar me impide llegar. El medio adecuado sería, obviamente el avión. Asimismo, si quiero ir a Veracruz, no puedo tomar el metro, porque no llegaré al fin del viaje planeado. De ahí, la gran necesidad, ya discutida al inicio del segundo capítulo, de escoger en la delimitación semántica y en el marco teórico los conceptos más adecuados a nuestra tarea de conocimiento, es decir, de viajar a una tierra desconocida, de la cual tenemos alguna noción y cuyo camino no ignoramos del todo —que conocemos tentativamente— pero que requiere de los vehículos categoriales adecuados, para terminar exitosamente el viaje científico.

### *2.3 La selección de los métodos*

Con la selección de las disciplinas científicas que se necesitan para la descripción, explicación y predicción de las propiedades y del comportamiento del objeto de investigación, el investigador ha seleccionado implícitamente también los métodos, conceptos y conocimientos que se utilizarán durante el trabajo, dado que forman parte integral de una teoría. Sin embargo, conviene explayarse un momento sobre esta temática.

Lo que diferencia una investigación *científica* de cualquier otro tipo de indagación del mundo —por ejemplo, de una interpretación religiosa, mágica, artística, filosófica o del sentido común— es el uso adecuado de su método específico de análisis.

Podemos definir que un análisis de la realidad es científico u objetivo, cuando se realiza mediante el uso adecuado de los cinco pasos del método. Esta

afirmación es válida tanto para las ciencias sociales como para las ciencias de la naturaleza. Dicho de otra manera: el uso del método científico como estrategia de conocimiento objetivo –en los cinco pasos definidos– no varía con el *tipo* de objeto de investigación, es decir, no depende de la clase del objeto que se somete al análisis. Por ejemplo, la indagación científica de: un fenómeno astronómico como el *Big Bang* –explosión que generó el universo hace 17 mil millones de años–; un fenómeno biológico como el virus de inmunodeficiencia humana adquirida (VIH); un fenómeno social como las opiniones de la población capitalina sobre el matrimonio; un fenómeno geofísico como el sismo de 1985; un evento histórico como la venta de territorio mexicano a Estados Unidos por parte del presidente Santa Anna; un hallazgo arqueológico como los manuscritos del Mar Muerto (*Dead Sea Scrolls*), todos estos fenómenos de la realidad –tan distintos entre sí– no sólo son accesibles al análisis por medio del método científico, sino *tienen que* ser analizados con este método, si se quiere obtener un conocimiento objetivo de ellos.

Queremos advertir al lector que hay una amplia discusión en la literatura científica y epistemológica acerca de cuándo una investigación merezca el atributo de ser científica (su científicidad). El famoso epistemólogo argentino, Mario Bunge, sostiene, por ejemplo, que el conocimiento producido por una "ciencia fáctica particular" (una ciencia de la realidad) sólo puede ser definido como científico, cuando cumple con un conjunto de doce condiciones<sup>(1)</sup>, mientras que Humberto Eco establece cuatro requisitos para que una investigación sea científica: 1) que verse sobre "un objeto reconocible y definido

de tal modo que también sea reconocible para los demás"; 2) la investigación tiene que decir cosas nuevas sobre este objeto; 3) tiene que ser útil a los demás y, 4) debe suministrar elementos para la verificación y la refutación de las hipótesis que presenta.<sup>(2)</sup>

La definición de Mario Bunge es demasiado especializada para los fines de socialización científica que se pretende con la presente obra; de los cuatro requisitos de Humberto Eco están incluidos en nuestro enfoque el primero y el cuarto. En cuanto al tercero consideramos que se trata más de un desiderátum (deseable) que de un criterio de científicidad, mientras que el segundo es correcto para la investigación avanzada, pero no para la investigación básica o de aprendizaje. Reconociendo que existe una discusión sobre este tópico nos parece adecuado para los objetivos de este libro el criterio de científicidad expuesto más arriba.

Cuando en este libro hablamos de *el método científico*, nos referimos siempre a la *secuencia de los cinco pasos* definidos en el capítulo I. 1, que constituyen el elemento común en cualquier tipo de análisis científico, independientemente del carácter social o natural de su objeto de investigación o de la pertenencia de éste al macrocosmos, microcosmos o mesocosmos.

Donde sí se diferencia el quehacer de un investigador a otro, es decir, donde se nota la influencia del tipo de objeto de investigación, es en las *técnicas* que se usan para describir, explicar y predecirlo. Sin embargo, pese a la enorme variedad de las técnicas de trabajo que han sido desarrolladas en las diferentes disciplinas científicas a lo largo de la historia, todas ellas pueden subsumirse bajo cuatro

métodos o procedimientos (particulares), que son las únicas disponibles para contrastar una hipótesis y, por ende, para saber, si ésta es verídica o no.

Estos cuatro métodos de contrastación son: 1) la documentación sistemática; 2) la observación sistemática; 3) la encuesta representativa o el censo; 4) el experimento sistemático. Cualquiera de las múltiples técnicas de medición y contrastación empleadas en cualquiera de las ciencias actuales —microscopios, telescopios, reactivos químicos, documentos, correlaciones estadísticas, interpretación de contenido de un texto, sismógrafos, etcétera— es parte de uno o varios de estos cuatro métodos o procedimientos.

Actualmente, la comprobación de una hipótesis por medio de modelos de computación es muy avanzada. Simulacros de interacción entre diferentes variables del objeto de investigación permiten predecir el comportamiento del objeto bajo la influencia de diferentes valores de sus variables. Por ejemplo, la fuerza de ascención que ejerce el aire sobre el ala de un avión a diferentes velocidades o, también, con diferentes perfiles del ala, pueden simularse en computadoras muy avanzadas, dando en segundos resultados que la medición en túneles de viento producirían en semanas de experimentos.

La precisión de tales contrastaciones de hipótesis mediante modelos matemáticos computarizados, aumentarán, sin lugar a dudas, con el progresivo desarrollo de las computadoras y su *software* (programas) correspondiente. Sin embargo, la última prueba de la veracidad de una hipótesis consistirá siempre en su contrastación con el fenómeno real a que se refiere; porque es este tipo de contrastación que produce el conocimiento objetivo

sobre la realidad, que sólo la ciencia nos puede proporcionar. Esto quiere decir para nuestro ejemplo, que la comprobación definitiva de la hipótesis se obtiene mediante la medición de los datos correspondientes en el túnel de viento y en los vuelos de prueba del avión.

Dado que discutiremos los cuatro métodos de contrastación en el apartado cuatro –Contrastación de la hipótesis– pasamos ahora a una breve discusión sobre el marco teórico y el marco histórico.

#### *2.4 Marco teórico, marco histórico y descripción científica del objeto*

*Definición: El marco histórico es la selección de conocimientos sobre el objeto de investigación que el investigador considera pertinente para describir (relatar) su pasado. Esa retrospectiva toma como punto de partida la fecha de delimitación del objeto en el tiempo, realizada en el planteamiento del problema.*

*Definición: La descripción científica del objeto es la actividad que de acuerdo al marco teórico reproduce (registra) conceptualmente, y si es posible, en forma cuantitativa, las propiedades del objeto de investigación, que conforme al interés de conocimiento del investigador se consideran las principales.*

Una confusión que se presenta con frecuencia es la relación entre el marco teórico, el marco histórico y la revisión de la literatura. Este problema se resuelve de la siguiente manera.

Para el uso del método científico, como ya explicamos anteriormente, no importa qué sector de la

realidad —es decir qué *tipo* de objeto de investigación— estamos indagando. Lo mismo es válido en cuanto a la etapa de desarrollo (el tiempo) del fenómeno a que se refiere nuestro análisis. Si lo investigamos en una fase de su pasado (histórico), de su presente (su actualidad o *status quo*) o inclusive, si pronosticamos su evolución en el futuro, no afecta en nada al método general, es decir, al método científico de la investigación.

Nuevamente, donde sí puede influenciar el factor de tiempo del objeto —pasado, presente o futuro— es en las técnicas o procedimientos particulares de las disciplinas científicas. Por ejemplo, para conocer la opinión actual de la población veracruzana sobre la agresión armada estadunidense a Veracruz, en 1916, tiene que realizarse una encuesta de opinión representativa en la ciudad. En cambio, si se quiere conocer la opinión de los veracruzanos durante la intervención militar, tendrían que analizarse sistemáticamente los periódicos, pasquines y demás manifestaciones de la opinión pública del puerto durante la agresión, a fin de poder inferir —no con mucha precisión, por cierto—, sobre la opinión general en la ciudad durante la agresión.

Ahora bien, para diferenciar el marco histórico del teórico, es necesario construir primero el marco teórico, debido a que el marco histórico depende del teórico. El procedimiento se realiza de la siguiente manera.

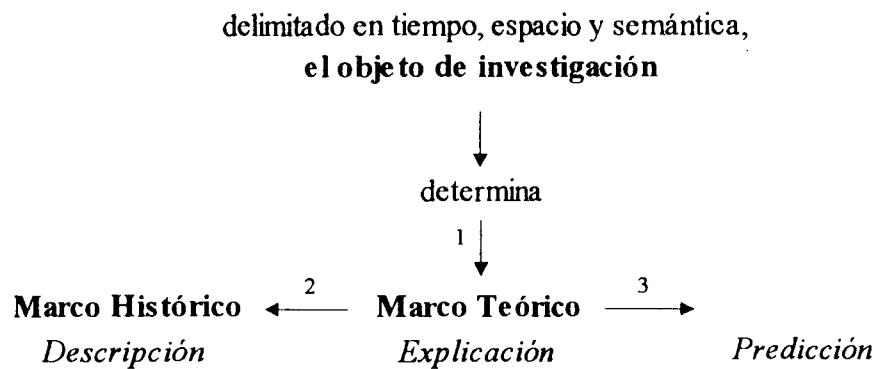
Al seleccionar el estudiante su tema u objeto de investigación delimita la fase o el tiempo del objeto que le interesa (tal como se explicó en el punto II.1. *El planteamiento del problema*), p.e., *La inflación en México en 1996*. De este objeto de investigación, delimitado en el tiempo, el espacio y el significado,

se deriva el marco teórico. En este caso habría enfoques teóricos que atribuirían el fenómeno de la inflación a un exceso de la oferta monetaria, a una deficiencia estructural del aparato productivo, a las estructuras monopólicas del mercado, etcétera. Entre estas teorías, se escoge la que a juicio del investigador tenga mayor fuerza explicativa y con ella se construye el marco teórico. Todos los conocimientos sobre el fenómeno que no pertenecen a su marco teórico y que se refieren al objeto antes de 1996, pertenecen al marco histórico. Es decir, los conocimientos del marco histórico se definen por dos elementos: a) no son parte del marco teórico y b) se refieren a tiempos del objeto de investigación que son anteriores a los tiempos definidos en el tema de investigación. La extensión del marco histórico, es decir, el tiempo de retrospectiva a partir de las fechas delimitadas del objeto de investigación, depende de los intereses y recursos de conocimiento del investigador. En el tema de la inflación, el marco histórico podría retroceder hasta abarcar el año de la crisis de 1995, todo el sexenio del presidente Salinas (1988-1994), el inicio del neoliberalismo en México con el presidente Miguel de la Madrid (1982) o hasta la fecha del pasado que le parezca conveniente al estudioso.

Tendríamos entonces tres fases de tiempo del objeto de investigación: 1. el tiempo del objeto definido por el tema de investigación; 2. partiendo de esta fecha hacia atrás, los antecedentes históricos del objeto, es decir, los conocimientos existentes sobre su pasado; 3. el futuro del objeto. La función del trabajo científico varía en estas fases. En el tiempo del objeto definido por el tema de la investigación, se trata de *explicar* al fenómeno; en cuanto

a los antecedentes históricos el investigador se limita a *describir* (relatar) los conocimientos históricos; en lo referente al futuro del objeto, el investigador predice el probable comportamiento del fenómeno. Debido a que la estructura lógica de la predicción es esencialmente la misma que la de la explicación, la diferencia fundamental de las tres fases se reduce a lo siguiente: el marco histórico tiene una función y un *status descriptivo*, mientras los demás son explicativos.

En forma esquemática:



Al construirse el marco teórico, y después el marco histórico, conviene frecuentemente, introducir un tercer elemento: la descripción científica del objeto. En muchas investigaciones, la descripción científica del objeto es imprescindible. Por ejemplo, si un arquitecto quiere construir una casa, tendrá que ir al lugar de la futura construcción, para hacer un análisis del subsuelo, darse una idea del entorno natural y urbano para fines de estética, protección al ruido, aprovechamiento de luz y vientos, etcétera. Asimismo, cuando se pretende realizar un experimento con un animal, digamos un conejo, es absolutamente necesaria una descripción exacta de sus características que influirán en el desarrollo del experimento (edad, peso, sexo, línea genealógica,

etc.). Otro ejemplo sería el análisis de la acústica en las aulas de la universidad que exigiría un minucioso registro del tamaño del inmueble, sus materiales de construcción, y otras variables de importancia. Finalmente, si se quiere aplicar una muestra representativa a una población (un universo), de la cual no se conoce la media aritmética y la varianza de la característica socioeconómica escogida para el tamaño suficiente de la muestra —véase el punto 4.5 de este capítulo— se tendrá que aplicar un estudio piloto que representaría algo como una descripción preliminar y aproximativa al status quo del objeto de investigación. De esta manera, la descripción científica del objeto de investigación aporta el conocimiento *empírico* sobre el objeto de investigación, que junto con el conocimiento teórico provee una base sólida para avanzar hacia la formulación de las hipótesis.

Como ya mencionamos, la importancia y la extensión que el investigador concede al marco histórico y a la descripción científica del objeto dentro de su estudio, depende del tipo de investigación que realiza y de sus intereses de conocimiento. En el diagnóstico de algunos problemas de salud, la anamnesia (historia clínica) —es decir, el marco histórico de la enfermedad que el médico trata de analizar— no juega mayor papel. En otras enfermedades, donde se supone puede haber una incidencia de factores genéticos, los antecedentes patológicos no sólo del paciente, sino de la familia entera, pueden ser de importancia para el análisis del objeto de investigación en cuestión, es decir, la patología con que el paciente acude al médico.

Cabe recordarle al estudioso que durante toda la investigación debe tener una mente abierta y la

disposición de modificar conceptos, hipótesis, etcétera. Los objetos de investigación son, por lo general, tan complejos que cuando se inicia una fase de trabajo sobre ellos, por ejemplo, el planteamiento del problema o el marco teórico o la formulación de la hipótesis, no se puede prever todas las complicaciones y cambios que se tienen que enfrentar en cada una de estas fases. Es probable, por ejemplo, que cuando se analice a fondo el objeto en su dimensión histórica, aparezcan nuevas y desconocidas facetas del objeto, que obligan a ampliar el marco teórico con los nuevos conceptos que se requerirán para investigar tales facetas.

*En rigor*, la delimitación del objeto de investigación, la elaboración del marco teórico y la formulación de las hipótesis, descansarán sólo sobre bases seguras, cuando el investigador haya llegado al cuarto paso del método científico, es decir, cuando haya planteado la contrastación de sus hipótesis. Sólo a partir de este momento su trabajo obtiene cierta definitividad.

### 3. Formulación de las hipótesis

#### 3.1 Características de la hipótesis

Cuando se han delimitado o determinado los intereses de conocimiento del investigador y el objeto de investigación mediante los procedimientos del planteamiento del problema y del marco teórico, el investigador tiene que dar el paso a la formulación de las hipótesis. En ellas se retoman, en el fondo, los intereses de conocimiento originales, tal como han sido depurados y precisados en las oraciones tópicas. Pero las oraciones tópicas no son hipótesis ni pueden jugar el papel de éstas. Las hipótesis son enunciados en su propio derecho, con su propia forma sintáctica y capaces de ser contrastadas en la realidad.

La palabra *hipótesis* es de origen griego, donde significa poner abajo, semejante a la acepción del término latin *suppositio* y del castellano suposición. Hoy día se entiende como una afirmación *razonada* objetivamente sobre la propiedad de algún fenómeno o sobre alguna relación funcional entre variables (eventos).

Nuestro comportamiento práctico y los juicios que emitimos se basan en gran medida en suposiciones. Sin embargo, las suposiciones o conjeturas de la vida cotidiana muestran una serie de falacias que son incompatibles con la suposición científica y con el conocimiento objetivo; falacias, tales como generalizaciones indebidas (Las mujeres manejan mal.), utilización de términos semánticamente ambiguos (muy grande), contradicciones lógicas y razonamientos que no son verificables en la realidad.

Aclaremos que cuando hablamos de la elaboración de hipótesis científicas nos referimos a las hipótesis en las ciencias empíricas o fácticas, cuyos objetos de investigación son fenómenos del universo real, ya sean de la naturaleza, ya sean de la sociedad.

Aunque las suposiciones de las ciencias formales —como la matemática y lógica— comparten algunos estándares con las ciencias empíricas existen también algunas diferencias importantes, como, p.e., en lo referente al objeto de investigación y la prueba de verdad de la hipótesis. Mientras que la hipótesis de la ciencia empírica es una proposición aplicable a un determinado aspecto del universo natural o social, la hipótesis matemática o lógica es una proposición sobre las relaciones entre entidades abstractas o mentales (p.e., números o símbolos lógicos) o sus implicaciones.

Por lo tanto, la demostración de la falsedad o veracidad de ambos tipos de hipótesis es diferente. En la ciencia empírica, la hipótesis se considera comprobada, cuando los datos arrojados durante su contrastación confirman (con un determinado margen de error) la predicción original: en el caso de la hipótesis de primer grado, la presencia o ausencia de un fenómeno o de una propiedad de éste fenómeno; en el caso de las hipótesis funcionales, un determinado tipo de relación entre las variables del fenómeno de investigación.

En las ciencias formales, la prueba de las hipótesis no se puede realizar sometiéndolas a la contrastación con la realidad mediante el experimento, la encuesta, la observación o la documentación, por el simple hecho, de que no se refieren al universo real. La prueba de verdad de una hipótesis formal se

reduce, en consecuencia, a su consistencia frente al sistema abstracto (lógico o matemático) al que pertenece.

Es necesaria una segunda aclaración: en las composiciones condicionales o hipotéticas de la lógica —que tienen la forma de: *si p, entonces q*, y donde *p* y *q* son proposiciones cualesquieras— se llama a la primera componente (*p*) la *hipótesis* y a la segunda componente (*q*) la *tesis*. En nuestro trabajo, el término *hipótesis* se refiere a la composición condicional entera, es decir, *si p, entonces q*.

Volviendo a la discusión anterior, afirmamos que la formulación de la suposición o hipótesis de la ciencia empírica tiene que respetar ciertos estándares característicos establecidos por la ciencia moderna, entre las cuales mencionamos algunos básicos.

1. La hipótesis no debe contener palabras ambiguas o no-definidas. Es decir, los significados de todos los términos que la componen —sus intensiones y dominios de aplicabilidad (extensiones)— tienen que ser determinados de manera inequívoca. Por ejemplo, si se realiza una hipótesis sobre el aborto, debe de quedar claro, si el concepto se refiere al aborto natural, al inducido o a ambos.

Asimismo, la definición del concepto debe ser de tal manera que su comprensión sea posible de manera intersubjetiva, es decir, que otros estudiosos lo entiendan de la misma manera en que fue definido por nosotros.

Recordemos lo expuesto en el capítulo II, 1 sobre la delimitación de los conceptos en el espacio, tiempo y su dimensión semántica.

2. Cuando la hipótesis contiene términos generales o abstractos, deben ser operacionalizables. Esto

quiere decir, que tienen que tener referentes o correspondencias empíricas (hechos, objetos, fenómenos reales) que permitan someterlos a la contrastación empírica mediante uno de los cuatro métodos de contrastación. Por ejemplo, en la hipótesis: *La crisis económica de 1995 ha aumentado el número de suicidios en el país N*, no queda claro lo que significa *crisis económica* en la práctica. Se operacionaliza este concepto, asignándole determinados parámetros empíricos (reales), o, dicho de otra manera, "desglosándolo" en sus componentes reales, como, p.e.: la tasa de desempleo; la tasa de inflación; la devaluación de la moneda; el déficit del presupuesto federal, etcétera.

En la hipótesis: *Por el machismo del padre P, su hija H no lo quiere*, existe el mismo problema. El sentimiento que aprehenden los conceptos *querer* o *amor*, no se puede medir directamente en la realidad, hecho por el cual hay que operacionalizar el concepto, dándole parámetros o indicadores que sí son mensurables en la relación entre ambas personas, tales como: cuando P se enferma, H no se preocupa por él; H no procura pasar el tiempo con P, cuando le es posible; H nunca expresa elogios para P.

3. Términos abstractos, que no tienen referente empírico, no pueden formar parte de la hipótesis, porque la vuelven incontrastable. Por ejemplo, la conjetura: *Dios me dio lo que tengo*, es inaceptable científicamente, porque el término *Dios* no puede ser contrastado de manera empírica. Lo mismo vale para una conjetura como: *Por mala suerte no me dieron el trabajo* o *Los animales no tienen alma*, porque la extensión de *alma* es el conjunto vacío; no hay fenómeno real que lo satisfaga.

4. La hipótesis no debe contener términos valorativos, dado que estos no son comprobables objetivamente. Por ejemplo: *La catedral de Colonia es más bella que la pirámide de Gizeh*, es un enunciado que no se puede verificar de manera intersubjetiva, dado que ambas obras cumplen con los cánones de la estética, resultando la valorización, por ende, una decisión subjetiva.

5. Cuando sea posible, debe formularse la hipótesis en términos cuantitativos, dado que su valor informativo es mayor que el de formulaciones cualitativas. Por ejemplo, en lugar de decir, *La clase media alta no fue muy afectada por la devaluación del dólar en un 5 por ciento*, habría que formular: *La clase social que tiene un ingreso de 30 a 40 mil dólares anuales, sufrió una reducción de su poder adquisitivo en un 8 por ciento por la devaluación del dólar en un 5 por ciento*.

6. La forma sintáctica de la hipótesis debe ser la de una proposición simple –en el caso de la hipótesis de constatación (primer grado)– o compuesta, en las hipótesis funcionales de segundo y tercer grado. En ningún caso puede tener la forma de interrogante, prescripción o deseo.

7. La hipótesis causal o estadística debe constar de sólo dos variables, dado que de otra forma se dificulta medir la relación entre las variables, p.e., entre la independiente (causa) y la dependiente (efecto). P.e., la hipótesis: *la inflación produce desempleo, pobreza y criminalidad*, tiene una variable independiente (inflación) y tres variables dependientes. En este caso conviene realizar tres hipótesis: H<sub>1</sub>, *La inflación produce desempleo*. H<sub>2</sub>, *La inflación produce pobreza*. H<sub>3</sub>, *La inflación produce criminalidad*.

Por la misma razón no debe formularse la hipótesis con dos variables independientes, p.e.: *La pobreza y la injusticia producen violencia.*

8. La hipótesis debe excluir tautologías. Por proposiciones tautológicas se entienden enunciados o argumentos circulares que no proporcionan información sobre la realidad, porque el sujeto es idéntico total o parcialmente al predicado. Es decir, una tautología no distorsiona la verdad de un enunciado —de una premisa, p.e.—, pero no aporta nueva información contrastable sobre la realidad que es lo que interesa más en la ciencia.

Un enunciado tautológico de la matemática (enunciado formal o analítico) es, p.e.,  $5 + 3 = 8$ , donde el *definiendum* ( $5 + 3$ ) y el *definiens* (8) tienen el mismo significado. Lo mismo vale para las proposiciones empíricas: *La democracia es la dominación del pueblo*, o *El efecto es la consecuencia de la causa*, debido a que el término *consecuencia* implica ya una relación causal.

9. Igualmente, la hipótesis debe evitar el uso de disyunciones, porque reducen su valor informativo. Las disyunciones aparecen en proposiciones compuestas del tipo  $p \vee q$ , donde  $p$  y  $q$  son proposiciones cualesquiera.

La pérdida de valor informativo de la hipótesis por la disyunción se aprecia en el siguiente ejemplo.  $H_1$ , *Mañana, de las 08:00 a las 12:00 hrs habrá sol*. El valor informativo de esta proposición es alto, porque permite vestirse correspondientemente, planear los trabajos que se realizan al aire libre, etcétera. En cambio, en la  $H_2$ , *Mañana, de las 08:00 a las 12:00 hrs habrá sol o lluvia*, el valor informativo baja. Si se agrega otra disyunción,  $H_3$ , *Mañana, de las 08:00 a las 12:00 hrs habrá sol o lluvia o*

*heladas*, entonces la hipótesis se vuelve más estéril aún frente a la realidad, porque ya no tiene utilidad práctica.

Vemos que el valor informativo de la hipótesis aumenta, cuando predice solamente un acontecimiento de todos los posibles del fenómeno de investigación; en este caso el fenómeno es "el clima que habrá mañana de las 08:00 a las 12:00 hrs"; y el acontecimiento es que "habrá sol". En la medida en que la hipótesis integra como propiedad o consecuencia contrastable, más acontecimientos posibles del fenómeno, baja su valor informativo; en el caso extremo, cuando llega a incluir todos los eventos posibles, su valor informativo se reduce a cero.

Por dar otro ejemplo: los dos eventos posibles cuando se tira una moneda, son que ésta caiga del lado A o B. Si formulo una proposición hipotética que incluya los dos eventos posibles: *Si tiro una moneda, entonces caerá del lado A o B*, el valor informativo es cero, porque no limita los acontecimientos posibles.

Entre el valor informativo y la probabilidad de que el evento (el efecto) previsto por la hipótesis, se produzca, hay una relación inversa. A mayor número de eventos posibles incluidos en la hipótesis, mayor probabilidad de que ésta sea correcta. En el ejemplo de la moneda, el valor informativo es cero —porque no me dice nada nuevo—, pero la probabilidad de que sea correcta es 100 por ciento; es decir, el resultado de la hipótesis es cierto.

En cambio, si la hipótesis es, *Si tiro una moneda, entonces caerá del lado A*, el valor informativo es alto —p.e., puedo apostar sobre la hipótesis—; pero la probabilidad de que sea correcta es sólo un 50 por ciento. Al repetirse este ejemplo con un dado, la

relación entre valor informativo y probabilidad de que la hipótesis sea verdadera, se vuelve más claro aún.

*En rigor*, hipótesis empíricas que incluyen todos los acontecimientos posibles del fenómeno observado o bajo experimento, se vuelven imposibles de falsificar mediante la contrastación empírica, dado que se han inmunizado frente a la realidad: suceda el acontecimiento que suceda del fenómeno observado, la hipótesis siempre es correcta. Por tal motivo, este tipo de hipótesis no es científica; se vuelve circular (tautológica) y no aporta nuevos conocimientos.

10. Una hipótesis debe estar basada en el conocimiento científico ya comprobado y no contradecirlo. En las llamadas revoluciones epistemológicas una hipótesis nueva puede cambiar los principios establecidos en todo un campo de la ciencia, pero esto, obviamente es improbable en el caso de un principiante de investigación. Para su trabajo es válido como norma que su hipótesis no esté en contradicción con las teorías científicas establecidas, sino que, tome a éstas como punto de partida.

Por ejemplo, una hipótesis que establece que *La energía cósmica impide el envejecimiento de los seres vivos* y no puede demostrar que el término *energía cósmica* forma parte de la física establecida, no debería, en consecuencia, ser empleada por el principiante, porque lo más probable es que se trate de un concepto del pensamiento supersticioso o mágico; tendría sentido por parte del profesor permitir la investigación por razones pedagógicas, porque al desarrollarse el experimento de comprobación correspondiente, el alumno se convencerá

paso a paso, de que se trata de un concepto no-científico.

O una hipótesis del tipo: *Al soltar un gis sostenido por la mano a una altura de 150 cm, este gis ascenderá*, sería igualmente contradictoria con el conocimiento científico ya establecido que nos enseña que la fuerza de atracción de la tierra es múltiples veces mayor que la del gis, hecho por el cual este *descenderá* hacia el centro de la tierra, salvo, por supuesto, que el acto se realice en una nave espacial a cierta distancia de la tierra.

Por todo lo anterior resulta obvio que una hipótesis debe basarse en el conocimiento científico que existe sobre el fenómeno de investigación del estudiioso, y que éste ha integrado oportunamente en su marco teórico. Si el marco teórico está bien realizado, la proposición hipotética no puede discordar con las leyes o conceptos científicos establecidos y no será especulativa o de sentido común.

11. La hipótesis debe, por ende, ser doblemente pertinente: a) en su referencia al fenómeno real de investigación y b) en el apoyo teórico que la sostiene.

12. La hipótesis debe referirse de manera preferente a aspectos de la realidad que no han sido investigados aún, dado que la finalidad básica del quehacer científico es la producción de nuevos conocimientos.

13. Finalmente, una característica de la hipótesis científica es su falibilidad. La ciencia avanza generalmente con aproximaciones sucesivas a la verdad. Esto implica, que las hipótesis comprobadas pueden irse perfeccionando en el tiempo, o sea, que son perfectibles.

### **3.2 Hipótesis de constatación (primer grado)**

**Definición:** Una hipótesis de constatación (de primer grado) es una proposición científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico trata de establecer (constatar) la presencia o ausencia de un fenómeno o de una propiedad (de una característica) de un fenómeno. A este fenómeno o característica lo llamamos metodológicamente la variable contrastable.

**Ejemplos:** El 30 por ciento de los estudiantes de la UAM son mujeres. Un dólar estadounidense es equivalente a 8 pesos mexicanos. La persona A tiene infección del VIH.

En la discusión de las oraciones tópicas ya nos habíamos dado cuenta que hay enunciados temáticos de diferente tipo (primer, segundo, tercer grado), según el tipo de conocimiento que pretendemos producir. Lo mismo sucede con las proposiciones o enunciados hipotéticos, que muestran una multiplicidad de tipos diferentes. Sin embargo, para los fines de este libro, limitamos la discusión del tema a las hipótesis de constatación, de relación causal y relación estadística, iniciando la discusión con la primera.

Aunque este tipo de hipótesis no pretende ni puede dar *explicaciones* –es decir, establecer una relación de causa-efecto o estadística (correlación) entre diferentes factores o variables de un objeto de investigación–, no por eso representa indagaciones triviales (de escasa importancia) o fáciles de resolver.

Como explicamos en el punto anterior, la hipótesis –a diferencia de la oración tópica– no puede

tener la forma sintáctica de un enunciado interrogativo o intencional, es decir, no puede ser pregunta o expresión de un deseo, dado que ambas no son contrastables. De ahí, que tenemos que darle a nuestras hipótesis de primer grado la forma gramatical de un enunciado o una proposición afirmativa que contenga la variable, que se pretende contrastar. Recordemos que una proposición es una frase que afirma o niega algo y que en su forma clásica está compuesta por tres elementos: Sujeto – Verbo – Complemento. (En la gramática se denomina al verbo más el complemento como el predicado.)

Ejemplos de proposiciones o enunciados de este tipo son: la sangre del paciente P contiene el virus V; la tierra gira en torno al sol;  $10 = 6+4$ ; el ingreso promedio mensual de los estudiantes del grupo G es de 150 dólares.

Volviendo a nuestros temas de investigación, las oraciones tópicas de estas podrían convertirse en hipótesis de constatación de la siguiente manera:

La *O.T.2* del tema sobre la contaminación dice: El propósito de esta investigación es, saber en qué mes se dió la mayor concentración de plomo en el aire de la Ciudad de México en 1991.

La hipótesis correspondiente sería: *La concentración más alta de plomo en el aire de la Ciudad de México en 1991 se dió en el mes de diciembre.* ¿Por qué se seleccionó el mes de diciembre? Porque el marco teórico ha indicado que por los factores climatológicos de este mes, la probabilidad de una muy alta concentración de contaminantes es mayor que en otros meses. En este enunciado afirmativo, la contaminación aérea del D.F. en 1991 causada por el plomo es el fenómeno en cuestión; la propiedad que se quiere establecer, es decir, la variable

contrastable, es mayor concentración aérea de plomo en diciembre de 1991. Se contrasta esta hipótesis mediante las mediciones de contaminación que realizan instituciones privadas o públicas.

La *O.T.<sub>1</sub>* de la investigación sobre el aborto dice: El propósito de esta investigación es, conocer la definición institucional del aborto en el Hospital X de la Ciudad de México en 1991. La hipótesis podría formularse de la siguiente manera: *La definición institucional del aborto en el Hospital X de la Ciudad de México en 1991 es idéntica con la definición del aborto en el código penal mexicano.* La variable que se contrasta es la identidad de ambas definiciones.

Para la *O.T.<sub>2</sub>* del mismo tema –El propósito de esta investigación es, saber si, conforme a esta definición, se presentaron abortos en el hospital X de la Ciudad de México en 1991–la formulación de la hipótesis es: *De acuerdo a la definición institucional del aborto en el hospital X de la Ciudad de México, se presentaron abortos en esa institución durante el año de 1991.* La variable a contrastar es la presencia o ausencia del fenómeno "aborto". La contrastación se realiza mediante entrevistas en el hospital o análisis de sus registros.

La formulación de la hipótesis para la *O.T.<sub>2</sub>* del tema de la acústica –El propósito de esta investigación es, saber si el grado de inteligibilidad de la palabra hablada en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X cumple con los estándares internacionales respectivos– podría hacerse como sigue: *El grado de inteligibilidad de la palabra hablada en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X cumple con los estandares internacionales respectivos.* La propiedad del fenómeno

que nos interesa, es decir, la variable a contrastarse es el grado de inteligibilidad de la palabra hablada, según los estándares internacionales respectivos. Se contrasta mediante la aplicación de pruebas auditivas y de comprensión respectivas.

Tomemos como siguiente ejemplo la *O.T.1* de la investigación sobre opiniones acerca de la sexualidad. Ese enunciado temático reza: El propósito de esta investigación es, saber si la opinión mayoritaria de los jóvenes capitalinos afirma el derecho a tener relaciones sexuales prematrimoniales. La hipótesis: *Más del 50 % de los jóvenes capitalinos opina que es un derecho tener relaciones sexuales prematrimoniales*. En este caso, la hipótesis pretende establecer la presencia de tal opinión en la mayoría de los jóvenes capitalinos, hecho por el cual se trata de la variable a contrastar. La contrastación se haría mediante censo o encuesta representativa.

Otros ejemplos de hipótesis de primer grado son: *El 30 por ciento de los estudiantes de la UAM en el trimestre 92/0 son mujeres*. La propiedad del fenómeno –la "variable"– que nos interesa en esta hipótesis, es el porcentaje de mujeres (30%) dentro del total de la población estudiantil de la UAM en el trimestre 92/0. Se constata la presencia o ausencia de esta propiedad mediante un análisis del registro estudiantil de la universidad, una muestra representativa o un censo.

*Los basureros industriales estadunidenses contienen materiales radiactivos*. El fenómeno (la variable), cuya presencia o ausencia nos interesa constatar, es el material radiactivo en los basureros industriales estadunidenses. La contrastación de esta hipótesis se haría mediante mediciones de la

eventual radioactividad con un detector Geiger o el análisis de la documentación pertinente.

Otro ejemplo de una hipótesis descriptiva o constatativa sería: *El 8 por ciento de la población mexicana es indígena*. La propiedad (variable) que se investiga en esta hipótesis es el porcentaje indígena de la población mexicana. Su contrastación se realizaría mediante censo o encuesta demográfica representativa en México.

*El paciente X sufre una infección de amibas*. La propiedad (variable) a ser investigada es la presencia de protozoos denominados amiba histolítica. Se contrasta la variable mediante análisis clínico.

Del área de la investigación científica histórica podría formularse la siguiente hipótesis: *Agustín de Iturbide firmó la declaración de independencia de México*. Obviamente, la variable contrastable sería la firma de Iturbide en el documento original que se sometería a un análisis grafológico para verificar su autenticidad. Una forma menos rigurosa y, por ende, menos satisfactoria y segura, sería la existencia de algunos testimonios del acto de la firma del documento.

### 3.3 Hipótesis de relación causal (segundo grado)

**Definición:** *La hipótesis causal (segundo grado) es una conjetura científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico, trata de explicar una relación de dependencia causal entre dos o más variables del objeto de investigación.*

*De las dos variables de la hipótesis, una se denomina variable independiente y la otra variable dependiente. La variable independiente es la que entendemos como la causa del fenómeno; la varia-*

*ble dependiente es el efecto (la consecuencia). Hay dos diferencias principales entre la causa y el efecto: 1. la causa antecede al efecto en el tiempo y 2. produce, efectivamente, el efecto. Ejemplos: El calor dilata los cuerpos. La sequía de primavera de 1996 en México produjo gran mortalidad de ganado. La capacidad pedagógica del maestro incide positivamente sobre el aprendizaje del alumno.*

*Este tipo de hipótesis debe tener la forma lógica de: Si x....., entonces y...; es decir, ser una proposición condicional, en la que la causa o variable independiente aparece después del "si" y el efecto o variable dependiente después del "entonces".*

*Para llegar a esta forma lógica se recomienda proceder en dos pasos. Primero se utiliza la forma de una proposición o enunciado afirmativo, p.e.: El calor dilata los cuerpos. En el segundo paso se convierte este enunciado en una proposición o enunciado condicional compuesto por dos proposiciones y la expresión: si-entonces. Ejemplo: Si se aplica calor a un cuerpo, entonces este cuerpo se dilata.*

Las hipótesis causales y estadísticas están destinadas a analizar una relación de interacción o dependencia entre dos o más variables del objeto de investigación. Para los fines de este libro es suficiente limitarnos a la discusión de dos tipos de interacción entre variables: las relaciones de causa-efecto y las relaciones de co-varianza o asociación o correlación. Antes de abocarnos a la discusión de la relación causa-efecto, conviene una breve aclaración sobre el término *causa*.

En la edad medieval (escolástica) los letrados diferenciaban hasta cuatro tipos de "causa": la *cau-*

*sa formalis*, semejante a lo que hoy entendemos por estructura; la *causa materialis*, referente a la materia de la que se compone un objeto; la *causa finalis*, que sería la finalidad de una cosa y, finalmente, la *causa efficiens*, cuyo contenido se aproxima al significado actual del término.<sup>(1)</sup>

En la física clásica como en amplios sectores de la filosofía se daba por verídica la existencia del principio de la causalidad, tal como se manifiesta en la formulación del filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804) que "todos los cambios (del universo) ocurren, siguiendo a la ley de las causas y los efectos". Para los fundadores de la física moderna, como Galileo y Newton, no había duda que el funcionamiento del universo se basaba en relaciones de causa y efecto; y que si se lograba aislar ciertos procesos de su conexión con la totalidad de la naturaleza –p.e. la caída de un cuerpo–, esas reglas de causa y efecto (causalidad) eran inteligibles al ser humano y reconstruibles en forma matemática.

La idea de este determinismo causal se puede entender como la suposición de que existen leyes naturales fijas, que determinan únicamente el estado futuro de un sistema a partir del actual<sup>(2)</sup>; y se puede formular de la siguiente manera: dado un evento *e1*, existe otro evento *e2* y un intervalo de tiempo *t*, tales que cuando ocurre *e1*, *e2* le sigue con necesidad, pasado el intervalo de tiempo *t*.<sup>(3)</sup>

Con el desarrollo de la física moderna –sobre todo el principio de indeterminismo o incertidumbre de Heisenberg y los trabajos de Maxwell, Gibbs, Planck y Boltzman– se ha introducido la noción de probabilidad al determinismo de la física newtoniana, sustituyéndose la *certeza* de un "efecto" a raíz

de una "causa" por un margen de probabilidad; asimismo se alteró radicalmente la definición de "magnitud observable" en el campo atómico. Por ejemplo, en cuanto a lo primero, en la mecánica newtoniana se suponía que la posición y el *momentum* de una partícula tienen un valor definitivo y verificable en cada instante, mientras que conforme al principio de incertidumbre de la teoría cuántica, ambos no se pueden medir simultáneamente con precisión. La relación determinista, en la cual  $e_2$  sigue invariablemente a  $e_1$ , sería entonces sólo un tipo de relación posible entre dos variables (eventos), dentro de una escala de probabilidades que va de 0 hasta 1. En esta escala, una medida de probabilidad menor a 0.5 implica que la relación determinada por la hipótesis, es improbable; si es mayor a 0.5 significa que es probable; si es igual a 1, es certa y si es igual a 0, es imposible.

En lo referente a las magnitudes observables, la teoría de Newton sostenía, p.e., que el radio de la órbita del electrón "en un estado fundamental del átomo de hidrógeno es siempre exactamente  $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ ". En cambio, la mecánica cuántica afirma que éste es el radio más probable; si realizamos un experimento adecuado, "la mayor parte de las pruebas dará un valor distinto, más grande o más pequeño, pero el valor más probable será aproximadamente  $5.3 \times 10^{-11} \text{ m}$ ".<sup>(4)</sup>

Por lo anteriormente dicho, hay científicos que postulan, que la ciencia no busca explicar relaciones de causa-efecto, sino que trata de encontrar y medir relaciones funcionales invariantes (leyes) entre los fenómenos observados (variables), basadas en el principio de la uniformidad o regularidad de los procesos de la naturaleza.

Sin embargo, teniendo conciencia de este debate no resuelto —que constituye uno de los más complejos en la teoría del conocimiento científico (gnoseología o epistemología científica)—, utilizaremos en este libro la terminología de causa y efecto, entendiendo que significa una relación determinante de muy alta probabilidad, en la cual la situación determinista —la inevitabilidad del efecto a raíz de la causa— es un caso límite no muy frecuente en las teorías científicas; y que esta relación invariante (entre variables) con validez universal —es decir, con validez ilimitada en el espacio y tiempo (leyes universales)—, no se da con mucha frecuencia en el cosmos, porque la mayoría de las relaciones objetivas que reconstruimos como leyes científicas, sólo tienen validez dentro de determinados parámetros de espacio, tiempo y movimiento.<sup>(5)</sup>

Con estas salvedades epistemológicas podemos afirmar que el descubrimiento y la confirmación de una relación causal entre dos o más factores (variables) de un fenómeno social o natural es, en el fondo, el fin último del proceso de investigación científica. Porque el conocimiento de la relación causa-efecto entre dos eventos concatenados permite la *explicación* de su comportamiento legal (regular). Dado que la estructura lógica de una explicación es la misma que la de una *predicción*, la explicación nos da la clave para pronosticar el comportamiento futuro del fenómeno y este conocimiento nos permitirá dominarlo y utilizarlo para el beneficio del hombre.

Al inicio de este apartado mencionamos que de las dos variables de la hipótesis, una se denomina *variable independiente* y la otra *variable dependiente*. La variable independiente es la que enten-

demos como la causa de un fenómeno; la variable dependiente se entiende como el efecto (la consecuencia) de la causa. Utilizando símbolos de la matemática, podemos simbolizar a la variable independiente con "x" y a la variable dependiente con "y" y decir, que "y" es una función de "x".

Entre la causa y el efecto existen solamente dos diferencias significativas: a) la causa antecede al efecto en el tiempo y b) la causa provoca o produce efectivamente la consecuencia que entendemos como *efecto*. De ambas características se deriva que la relación causa-efecto no se puede invertir, como muestra el siguiente ejemplo de una hipótesis causal. En la hipótesis *El calor dilata los cuerpos*, la causa (variable independiente) es "el calor" y el efecto (la variable dependiente) es "la dilatación de los cuerpos". Si se invierte este orden aparece un enunciado sin sentido: *Los cuerpos dilatan el calor*.

O en otro ejemplo: El infarto cardiaco causó la muerte al ciudadano A. Invertir la relación produciría un enunciado absurdo, que diría: La muerte del ciudadano A causó el infarto cardiaco.

Cabe prever, sin embargo, una influencia muy importante que puede llegar a ejercer el investigador en este contexto. Como decíamos antes, la acción que ejerce la causa sobre el efecto es real, objetiva y le es anterior en el tiempo. No obstante, dado que muchos fenómenos de la realidad están íntimamente concatenados entre sí o que forman partes de redes de fenómenos, o sistemas, es la selección del objeto de investigación, que realiza el investigador, que determina en la formulación de la hipótesis lo que se percibe como "causa" y como "efecto".

Con frecuencia, lo que el investigador percibe como causa (x) en el momento (n) de formular su hipótesis, ha sido en la realidad efecto (y) de una causa anterior en el tiempo (n-1). Asimismo, sucede el caso contrario en el cual el fenómeno que en el momento (n) de la formulación de la hipótesis es percibido como "efecto" (y) puede ser, en el momento n+1, en la realidad, la causa (x) de un efecto futuro.

Los siguientes ejemplos hipotéticos ilustran cómo el interés de conocimiento del investigador selecciona de la red de fenómenos interactivos una secuencia de dos eventos –cada uno vinculado a eventos anteriores y posteriores–, para poder analizarlos como variable independiente y variable dependiente, por medio de la hipótesis causal.

*Ejemplo 1:* El efecto de nuestra hipótesis en el momento  $n$ , aparece en una relación causal posterior ( $n+1$ ) como causa. Supongamos que nuestra hipótesis en el momento  $n$  sea:

Si hay norte en Veracruz, entonces llueve en el D.F.  
*causa (x)*                                   *efecto (y)*

**n+1:** Si llueve en el D.F., entonces mucha gente se resfria.  
*causa*                                    *efecto*

n+2: Si mucha gente se resfria en el D.F., falta al trabajo.  
*causa*                                    *efecto*

*Ejemplo 2:* La *causa* de nuestra hipótesis en el momento  $n$ , figuró en una relación causal anterior ( $n-1$ ) como *efecto*. Supongamos que nuestra hipótesis en el momento  $n$  sea:

Si hay norte en Veracruz, entonces llueve en el D.F.  
*causa (x) efecto (y)*

n-1: Si se produce un sistema meteorológico depresivo en el sureste estadunidense,

*causa*

entonces hay norte en Veracruz.

*efecto*

n-2: Si hay fuerte intromisión de aire polar en el oeste medio estadunidense,

*causa*

entonces se produce un sistema meteorológico depresivo en el sureste estadunidense.

*efecto*

n-3: Si el eje terrestre muestra un cierto ángulo frente al sol,

*causa*

entonces hay fuerte intromisión de aire polar en el oeste medio estadunidense.

*efecto*

Podemos esquematizar, con base en lo anteriormente dicho, la relación entre las variables que denominamos "causa" y "efecto" y la variable tiempo, en una investigación científica, de la siguiente manera:

variables: x y	x y	x y	x y	x y	x y	x y
tiempo: n-3	n-2	n-1	<b>n</b>	n+1	n+2	

Para terminar la discusión sobre este aspecto de la temática causa-efecto —que es una de las más complejas tanto en las ciencias sociales como en las naturales— queremos aclarar brevemente una pregunta que surge con frecuencia en el salón de clase:

¿se inicia una investigación científica para prever el efecto que produce una causa conocida o se inicia, para encontrar y explicar la causa desconocida de un efecto observado? ¿Cuál es el motivo, en otras palabras, para formular una hipótesis?

La respuesta consiste, en que ambos casos suceden en la realidad. Una hipótesis se formula cuando nuestro conocimiento sobre una relación causal es deficiente o parcial y esto es válido tanto por la falta de conocimiento por el lado de la causa, como por el lado del efecto. Los siguientes ejemplos nos ilustran tal hecho.

Generalmente, cuando un enfermo acude a un consultorio médico, el punto de partida de la investigación del galeno es el efecto (variable dependiente), debido a que el médico sólo conoce los síntomas o el síndrome de la enfermedad que muestra el paciente. Es decir, de ambos polos de la relación causal: variable independiente (causa) y variable dependiente (efecto), sólo se conoce uno: el efecto. La tarea del médico consiste, por ende, en descubrir la causa que ha producido la enfermedad que percibe por la manifestación de los síntomas.

Para detectar la causa desconocida de la enfermedad, realiza una investigación científica con los siguientes elementos adquiridos durante su formación profesional. Se basa en su marco teórico —es decir, todos los conocimientos teóricos, métodos, conceptos, experiencias prácticas, etc., que ha aprendido durante su estudio universitario—; realiza la descripción científica del objeto de investigación —del paciente— en su estado actual con parámetros, tales como: la presión de sangre, la temperatura corporal (fiebre), la frecuencia cardiaca (pulso); elabora un marco histórico del objeto de investiga-

ción (paciente) que es su historia clínica y formula, finalmente —en su cabeza— la hipótesis, cuya función consistirá en encontrar el polo faltante de la relación de causa y efecto: en nuestro caso, la causa.

Al ver un determinado cuadro de sintomatología de malestar gastrointestinal, por ejemplo, su hipótesis diagnóstica sería: Una infección de la amiba histolítica produce la diarrea y los espasmos del paciente P. La contrastación de esta hipótesis se realiza mediante los correspondientes análisis de laboratorio.

Si se comprueba su hipótesis, formulará otra, destinada esta vez no al diagnóstico sino a la curación del paciente. Esta hipótesis tendría la siguiente estructura: Si el paciente toma durante tres días el medicamento X, se le quitarán las amibas. Nuevamente, la veracidad de esta hipótesis terapeútica se comprobará mediante análisis clínicos, terminado el plazo previsto de tres días.

Un ejemplo contrario, donde se conoce la causa, pero no el efecto, puede tomarse de la economía. Como es de conocimiento general, los impuestos fiscales tienen un efecto considerable sobre la capacidad adquisitiva en una economía nacional. Cuando el gobierno aumenta, por ejemplo, el impuesto agregado sobre el valor (IVA) del 10 al 15 por ciento, a los ciudadanos les queda menos capacidad de compra. El dilema del gobierno consiste entonces en acertar en la tasa adecuada del aumento fiscal: si el incremento del o de los impuestos es demasiado bajo, no producirá la cantidad de ingresos que pretendía recaudar el fisco; pero si el incremento de los impuestos es demasiado fuerte, puede crear una depresión económica con alto desempleo que además del problema laboral, puede bajar los

ingresos fiscales aún por debajo de la situación original. De ahí, la necesidad, de conocer el efecto sobre la economía nacional, que producirá la variable independiente "aumento fiscal".

Se formularían entonces una serie de hipótesis de la siguiente forma: Si aumenta el impuesto sobre el ingreso en 1 por ciento, entonces las ventas del comercio se reducirán en 0.5 por ciento. Si aumenta el impuesto sobre el ingreso en 2 por ciento, las ventas del comercio se reducirán en 2 por ciento, etcétera.

La contrastación de esas hipótesis se hará mediante modelos de computación. Sin embargo, la contrastación científicamente válida es, como siempre, sobre el fenómeno (objeto de investigación) real; es decir, cuando se aplica el incremento fiscal y se pueden medir las consecuencias sobre la capacidad y el comportamiento de adquisición de los consumidores empíricamente, i.e., en la baja de las compras y la variación del ingreso fiscal.

La hipótesis causal debe tener la forma lógico-sintáctica de un enunciado o una proposición condicional, también llamada hipotética: *Si/cuando x..., entonces...y*; este enunciado expresa que bajo la condición de que se realice el evento *x* se realizará también el evento *y*. Dicho de otra manera: después del *Si* o *cuando*, el investigador tiene que poner siempre la variable independiente (la causa) de la relación causal que investiga, y después del *entonces* seguirá siempre la variable dependiente (el efecto).

Esta construcción condicional de la hipótesis causal es de gran ventaja para el investigador principiante, porque le ayuda a evitar uno de los errores más comunes en la construcción de la hipótesis: la

confusión entre causa y efecto, entre variable independiente y variable dependiente. Frecuentemente, el principiante invierte el orden y pone la variable dependiente en el lugar de la independiente, es decir, hace que la causa siga al efecto. Ejemplos de este error son: Si la gente no entra en el balneario, es porque la entrada cuesta demasiado. Si me rompí la pierna, es porque pisé mal. Los cuerpos son dilatados por el calor, etcétera.

Para llegar a la forma condicional de *Si...x, entonces...y*, se recomienda que el principiante proceda en dos pasos. Primero se utiliza un enunciado o una proposición afirmativa simple. Recordemos que una proposición simple es un enunciado o una frase que afirma o niega algo. En su forma clásica está compuesta por tres elementos, a saber: el sujeto –el verbo– y el complemento. Una proposición que satisface esta condición es la frase: *El calor dilata los cuerpos*.

Al reflexionar sobre la relación causa-efecto en los términos expuestos anteriormente, el alumno se dará cuenta que la secuencia de la variable independiente y dependiente es correcta: la causa (el calor) precede al efecto (dilata los cuerpos). Ahora puede proceder al segundo paso que consiste en convertir el enunciado afirmativo en un enunciado condicional, compuesto por dos proposiciones que se relacionan mediante la expresión "Sí entonces". La proposición "El calor dilata los cuerpos" asume entonces la forma: Si aplico calor a un cuerpo, entonces ese cuerpo se dilata.

Podemos construir otro ejemplo con la oración tópica no. 7 del tema de la acústica, que réza: El propósito de esta investigación es saber, si la mala acústica de las aulas del edificio H, planta baja, de

la Universidad  $X$  perjudica el proceso de aprendizaje de los alumnos, la formulación de la hipótesis sería como sigue.

Primer paso: La acústica de las aulas del edificio H, planta baja, de la Universidad  $X$ , perjudica el proceso de aprendizaje de los alumnos. Segundo paso: Si la acústica de las aulas del edificio H, planta baja, de la Universidad  $X$  es deficiente, entonces perjudica el proceso de aprendizaje de los alumnos.

### *3.4 Hipótesis de relación estadística*

**Definición:** *La hipótesis de relación estadística o asociación (tercer grado) es una conjetura científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico, trata de explicar una relación de dependencia estadística (o correlación) entre dos o más variables del objeto de investigación. La diferencia fundamental con la hipótesis causal es que la variable independiente y dependiente pueden invertir su lugar, lo que no es posible en la hipótesis causal. Ejemplos: A mayor nivel educativo, mayor ingreso. Inversión: A mayor ingreso, mayor nivel educativo.*

Cabe advertir al final de este capítulo que las relaciones de dependencia entre diversas variables son de las más complejas en el universo. En las así llamadas hipótesis estadísticas están relacionadas ambas variables de una manera real, de tal forma que cuando se modifica a una se observa un cambio en la otra: los valores de una dependen de los valores de la otra. Existe, por lo tanto, una relación asociativa o de co-varianza entre ambas. Por ejem-

plo, cuando la variable "ingreso *per capita*" aumenta su valor en la economía de un país, la variable "tasa de natalidad" varía también a mediano plazo, de tal manera que se puede establecer esa relación asociativa como: a mayor ingreso per capita, menor cantidad de niños en promedio. Pero lo mismo es válido para el ejemplo inverso, formulándose la hipótesis: a menor cantidad de niños en promedio, mayor ingreso *per capita*. Existe, pues, una influencia recíproca entre ambos factores.

Otro problema es la influencia de variables intervinientes, como muestra el siguiente ejemplo. En los Estados Unidos existe una correlación estadística positiva —es decir, una aparente influencia real— entre el crecimiento del pasto y la cantidad de personas que mueren ahogadas en un mes. Evidentemente y pese a la asociación estadística positiva, no puede haber una relación de causa y efecto entre ambos fenómenos, dado que no guardan una relación real entre sí. La explicación está en la influencia de una tercera variable que incide en el comportamiento de las otras dos: el clima. El crecimiento del pasto en un país depende, entre otros factores climatológicos, de la energía solar. En los meses de verano se da este clima propicio para el crecimiento vegetal, pero que al mismo tiempo calienta tanto a los lagos y ríos, que la gente suele ir a bañarse, lo que produce una serie de accidentes mortales. Una discusión más detallada de las relaciones estadísticas entre variables se encuentra en el capítulo siguiente, pero los ejemplos citados deben alertar al alumno de reflexionar sobre el carácter de la hipótesis que utilizará, para tener claridad sobre el planteamiento de la investigación y las formas de contrastación que exige.

## 4. Contrastación de la hipótesis

### 4.1 Causalidad y contrastación

**Definición:** *La contrastación de la hipótesis es la actividad que, mediante la observación, la experimentación, la documentación y/o la encuesta sistemática, comprueba (demuestra) adecuadamente, si una hipótesis es falsa o verdadera.*

Antes de explicar el proceso de la contrastación de la hipótesis conviene concientizarnos sobre dos aspectos de esta problemática. El primero gira en torno a la pregunta, si es posible verificar una hipótesis –comprobar que es verdadera– o si existe alguna técnica o procedimiento de contrastación que permita inferir (concluir), que la hipótesis –o, también, una ley científica– sea definitivamente verdadera. En la historia de la ciencia se ha discutido el caso del *experimentum crucis*, es decir, de la prueba crucial, que nos decida definitivamente sobre la cuestión de la veracidad o falsedad de una hipótesis (o ley).

Mencionemos de paso que la diferencia principal entre una ley científica y una hipótesis científica consiste, en que la ley es una hipótesis múltiples veces confirmada –por ejemplo, "El calor dilata los cuerpos" o, "Siempre, cuando se rompe un fierro magnético en dos partes, las dos partes vuelven a ser magnéticas"–, mientras que la hipótesis es un enunciado sistemático avanzado para una primera contrastación.

Simplificando la respuesta a nuestro problema podemos decir que muchos científicos consideran, que en un sentido *riguroso*, la verificación definiti-

va de una hipótesis o ley no es posible, dado que una ley se refiere a *todos* los casos particulares de comportamiento de un fenómeno, mientras que la posibilidad práctica de contrastación de estos casos es sólo posible de manera *limitada*. La ley de la caída libre de los cuerpos, de Galileo, por ejemplo, se refiere a todos los casos particulares de caída libre en el pasado, presente y futuro. Aún cuando todas las contrastaciones/mediciones respectivas hayan comprobado la veracidad de esta ley, no se puede excluir que se hayan presentado en el pasado casos de caída libre no observados o que podría haber casos de caída libre en el futuro que no satisfagan la ley. Resumiendo el problema: el alcance de la ley y de muchas hipótesis se refiere a la totalidad de casos de un fenómeno (una clase lógica), es decir, es ilimitado dentro de esta clase lógica, mientras que la posibilidad de su contrastación es limitada.

Otro problema en este sentido nace del hecho de que la relación entre causa ( $x$ ) y efecto ( $y$ ) que analizamos y que parece comprobarse en la contrastación, puede ser influenciada por una tercera variable que desconocemos en el momento de la contrastación de la hipótesis, de tal manera que el efecto observado puede ser producto de la causa ( $x$ ) tomada en cuenta por nosotros, y otra ( $x_1$ ) desconocida.

Sin embargo, no está en disputa en la comunidad científica internacional que: 1. la contrastación adecuada de la hipótesis es el único medio de acercarse adecuadamente al conocimiento de la estructura y dinámica objetiva de un fenómeno, lo que nosotros llamaríamos su "verdad objetiva"; 2. que cada contrastación adecuadamente ejecutada sirve a esta fi-

nalidad y 3. que muchas contrastaciones sí pueden ser *decisivas* en el sentido de revelar, que otras hipótesis competitivas son inadecuadas para llegar a conocer la objetividad del fenómeno.

De ahí, que para los fines de la investigación científica en el nivel de principiantes —y teniendo presente la problemática descrita— acordamos la convención práctica, de decir que los datos de la contrastación son congruentes o incongruentes con la hipótesis y que por ende, se considera a ésta falsa o verídica.

La segunda advertencia al principiante es en el sentido, de que este libro se refiere a hipótesis que se utilizan en las ciencias empíricas, es decir, ciencias que analizan fenómenos naturales o sociales. Las llamadas ciencias formales, como la matemática y la lógica, tienen algunas diferencias importantes comparadas con las ciencias empíricas, por ejemplo, en lo referente al objeto de investigación y al método de verificación de sus hipótesis, hecho por el cual algunas de las instrucciones de este libro no pueden aplicarse en investigaciones de ese tipo.

### *La finalidad de la contrastación*

La finalidad de la contrastación de la hipótesis consiste en constatar: a) la presencia o ausencia de un fenómeno o de una propiedad de un fenómeno, en el caso de las hipótesis de primer grado o hipótesis descriptiva; b) la presencia o ausencia de una relación causal o asociativa entre dos o más fenómenos empíricos en sistemas o procesos naturales (físicos, químicos, biológicos, etcétera) y sociales (económicos, psicológicos, políticos, etcétera) o, de dos o varios aspectos de un mismo fenómeno. El

caso "b" se refiere, obviamente, a las hipótesis de segundo grado, es decir, donde existe una dependencia real entre las variables analizadas.

Dado que la finalidad última del quehacer científico es práctica, es decir, que consiste en dominar los procesos naturales y sociales para el aprovechamiento del hombre, el descubrimiento y la explicación de relaciones causales o de asociación, es generalmente la *via regis* (coronación) del trabajo científico. Porque es el saber de la razón del comportamiento de un fenómeno, lo que permite modificarlo. El establecimiento de una dependencia real entre diferentes fenómenos empíricos (naturales o sociales) o entre diferentes aspectos dentro de un mismo fenómeno, constituye, por ende, en la hipótesis de segundo grado, la primera finalidad de la investigación científica. Sin embargo, el hecho de saber que existe una relación entre dos fenómenos o variables, con frecuencia no es suficiente para poder controlarlo. En consecuencia, se necesita dar un segundo paso, destinado a conocer más a fondo el *tipo* de relación existente entre las dos variables que llamamos causa (x) y efecto (y).

Por ejemplo, cuando una víbora muerde a una persona y ésta se enferma, la relación entre el veneno inyectado a su circuito sanguíneo (x) y su sintomatología (y), es evidente. Pero, para poder contrarrestar el efecto de la toxina, se necesita conocer su composición química, que revela si actúa contra el sistema nervioso o contra el sistema sanguíneo; es este segundo conocimiento el que permitirá desarrollar o aplicar un antídoto.

Frecuentemente, el acercamiento al tipo de relación causal o asociativo opera en dos pasos: el cualitativo y el cuantitativo. En la historia de la

ciencia el efecto de una variable sobre otra se clasificó muchas veces con términos cualitativos como: a mayor calor, mayor dilatación de un cuerpo; a mayor grado de bienestar social, una menor tasa de enfermedades infecciosas, o inclusive, a nivel de la teoría, la célebre teoría de la evolución de Darwin. Sin embargo, el objetivo final de la ciencia consiste en la medición cuantitativa, que es la que permite una mejor explicación y dominación del fenómeno analizado.

Cuando las variables pueden ser "cuantificadas", es decir, "medidas" con números que varían en un cierto rango, las relaciones entre unas y otras se describen en términos de lo que en matemáticas se conoce como una función. Una función es pues una afirmación precisa sobre la relación entre varias variables.

Las ventajas que representa el descubrir la regla de correspondencia precisa que rige la relación entre una y otra variable residen, en que a partir de ello podemos, por medios matemáticos, deducir muchas otras propiedades que nos proporcionan una descripción mucho más completa del fenómeno en estudio.

Una función que relaciona dos variables  $x$  y  $y$  puede ser representada por una curva. Para ello trazamos una línea horizontal en donde localizamos los valores de  $x$  y otra vertical en donde señalamos los valores de  $y$ , de modo que en el cruce de la línea vertical que pasa por cada valor de  $x$  (digamos  $a$ ) y el de la línea horizontal que pasa por el *correspondiente* valor de  $y$  (digamos  $b$ ), se localiza el punto de la curva que corresponde a la pareja  $(a,b)$ . (Ver figura 1).

Hay ciertas funciones que son de una gran utilidad porque muchos fenómenos o procesos se ajustan bastante bien a sus características. Veamos algunos ejemplos, ilustrando en cada caso la curva que representa a la función correspondiente.

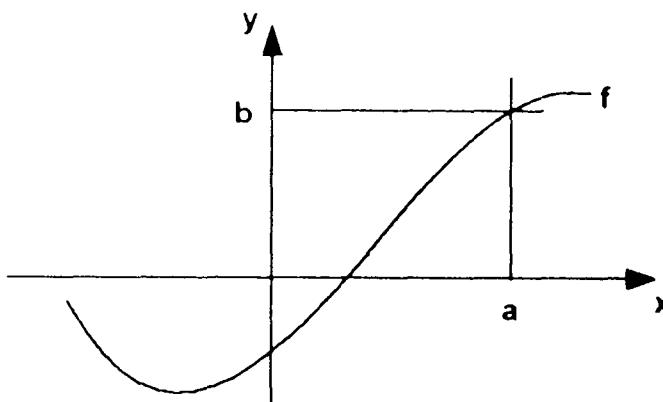
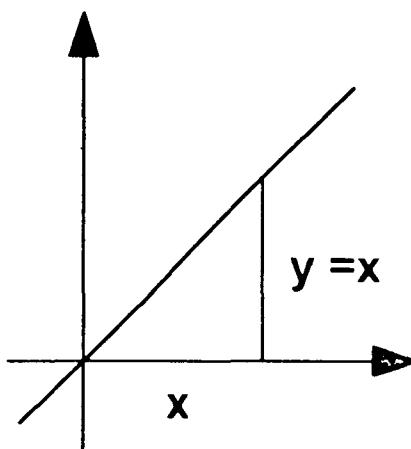


Figura 1: Curva que representa a la función  $y = f(x)$ .

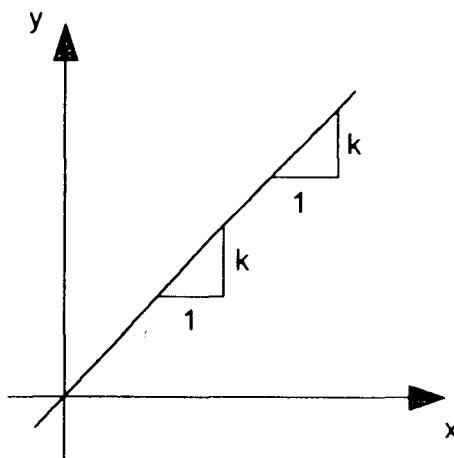
*Ejemplo 1.* Todas las situaciones en que los valores de una de las variables son *proporcionales* a los valores de la otra, son reflejadas por la función  $y = kx$ , en donde  $k$  es la razón de proporcionalidad. Por ejemplo, si un coche rinde 12 kms. por cada litro de gasolina que consume, tendremos que el consumo de gasolina  $y$  estará determinado por  $y = x/12$  donde  $x$  sería el número de kilómetros recorridos (pues para determinar la cantidad de gasolina gastada tendríamos que dividir entre 12 el número de kilómetros recorridos). En este caso, la constante de proporcionalidad sería  $1/12$ .

El caso más simple de la función  $y = kx$  ocurre cuando  $k = 1$ . Esta función es conocida como la función idéntica, porque cada valor de la variable dependiente es igual al de la independiente. La curva que nos resulta entonces es una recta a  $45^\circ$  que pasa por el origen (así se llama el punto en que se cruzan los dos ejes).



*Figura 2: Curva que representa la función  $y = x$ . Para cada valor de  $x$ , el valor de  $y$  es el mismo.*

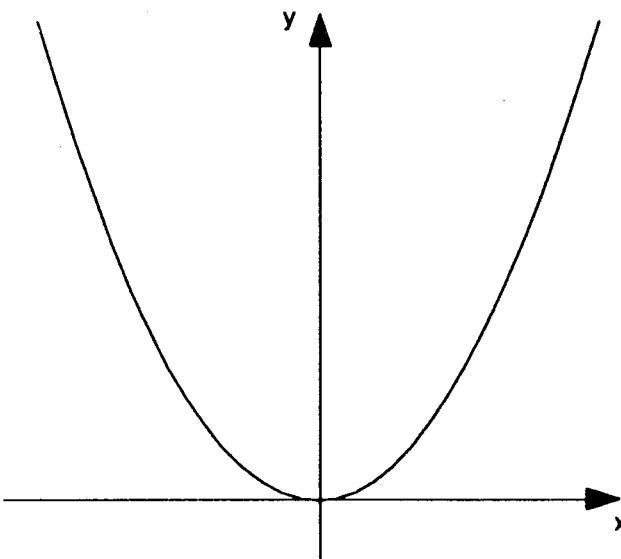
Más en general, la curva que describe la función  $y = kx$  es una recta que pasa por el origen, con pendiente  $k$ :



*Figura 3: Curva que representa la función  $y = kx$ . En cualquier parte de la curva (recta), por cada unidad que varía la variable independiente, la variable dependiente varía  $k$  unidades.*

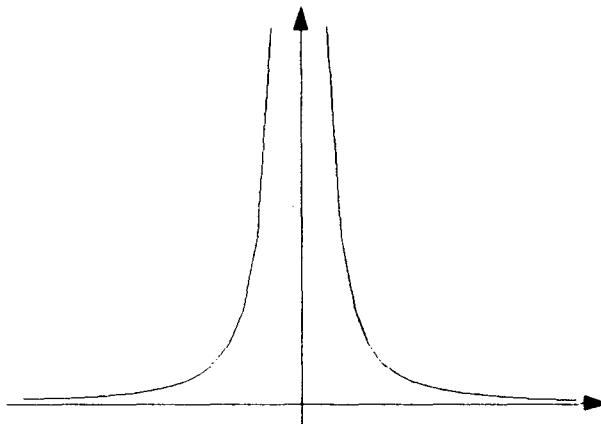
*Ejemplo 2.* La función  $y = kx^2$  corresponde bastante bien a la descripción del movimiento de pro-

yectiles cerca de la superficie de la Tierra, al diseño de reflectores, de lentes para microscopios y telescopios; al ajuste de los datos experimentales obtenidos en diversos procesos estadísticos, etc. La curva que la describe es conocida como parábola:



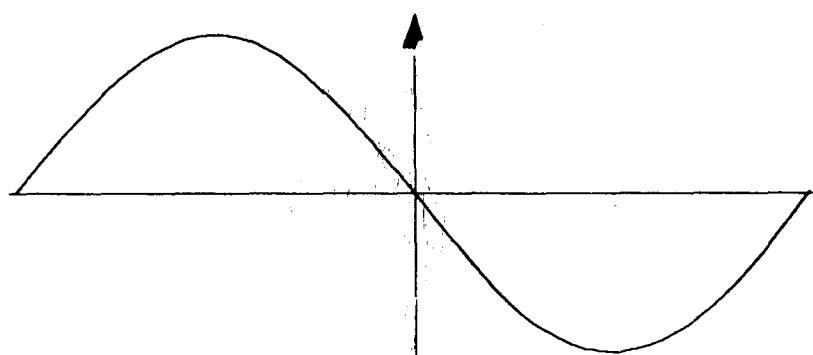
*Figura 4: Curva que representa la función  $y = kx^2$ . Cerca del cero, la función crece muy lentamente. Conforme mayor es la  $x$ , la función crece cada vez más rápidamente. Para los valores negativos, la curva es simétrica respecto al eje y.*

*Ejemplo 3.* La función  $y = k/x^2$  describe matemáticamente una de las leyes más importantes de la Física, la ley de la Gravitación Universal. Y puede ser utilizada para describir cierto tipo de fenómenos asintóticos:



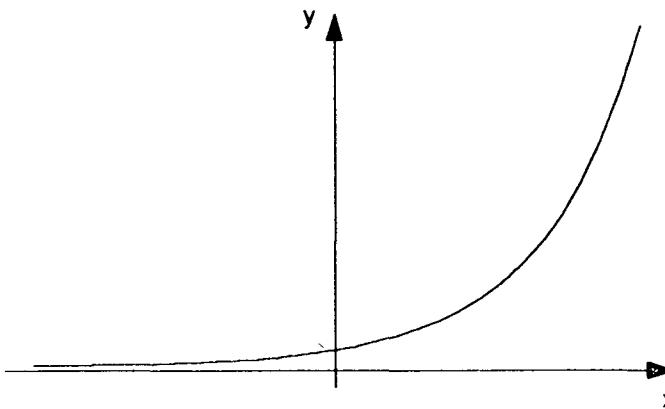
*Figura 5: Curva que representa la función  $y = k/x^2$ . Cerca del cero, los valores de  $y$  crecen muy rápidamente, teniendo a +infinito. Conforme la  $x$  es muy grande, la función prácticamente no crece (ni decrece). Para los valores negativos de  $x$ , la curva es simétrica respecto al eje  $y$ .*

*Ejemplo 4.* La función  $y = c \operatorname{sen}(kx)$ , es una de las llamadas funciones trigonométricas, que sirven para estudiar el sonido, la electricidad, las ondas de radio y en general los fenómenos oscilatorios o con un comportamiento que se repite periódicamente (como el funcionamiento del corazón, por ejemplo):



*Figura 6: Curva que representa la función  $y = \operatorname{sen}(x)$ . Conforme avanzamos y avanzamos en el eje  $x$ , los valores de  $y$  se van repitiendo en forma periódica.*

*Ejemplo 5.* La función  $y = c e^{kx}$  describe procesos como el crecimiento de las poblaciones (tanto de seres humanos como de bacterias), en los que la razón a la que crece la población en cada momento es proporcional a la población misma en ese momento:

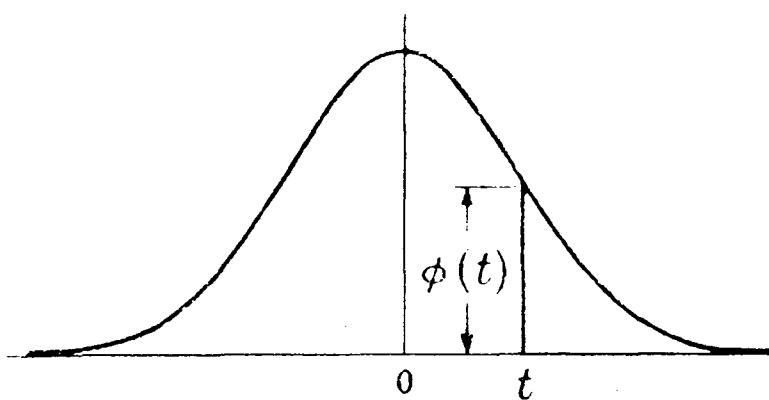


*Figura 7: Curva que representa la función  $y = ce^{kx}$ . Al crecer la variable  $x$ , la variable  $y$  crece rapidísimo. Esta función es llamada la función exponencial.*

*Ejemplo 6.* La función  $y = c e^{-kx^2}$  es una composición de las funciones vistas en el ejemplo 5 y en el ejemplo 2; la curva que la representa es llamada "campana de Gauss" o "curva de distribución normal" y se ajusta a la distribución de frecuencias de una sorprendente variedad de fenómenos: la estatura de todos los hombres de una determinada población; su peso; el tamaño de sus brazos; la sensibilidad de sus ojos; etc.; lo mismo para poblaciones de plantas y animales: (Ver figura 8).

En las investigaciones que realiza el principiante, deberá tratar de cuantificar la descripción y el comportamiento del fenómeno que le interesa –cuando esto sea el objetivo de la investigación– en el caso

de las hipótesis descriptivas, y las relaciones entre las variables independientes y dependientes –medir los diferentes valores que asumen estas variables–, en el caso de las hipótesis funcionales.



*Figura 8: Curva que representa la función  $y = ce^{-kx^2}$ . El valor más alto de la "campana" lo alcanza en el punto conocido como la media de los valores de  $x$  (En nuestra figura, la media  $\mu$  está localizada en el cero).*

En cuanto a la cuantificación de las hipótesis causales, recuerdo una investigación de mis alumnos sobre la "energía cósmica". Esa "energía cósmica" que, según ellos, puede captarse mediante cuerpos de forma piramidal, tiene la propiedad (característica) de impedir o desacelerar el envejecimiento de cualquier materia orgánica puesta bajo el cuerpo piramidal. Les advertí que el término "energía cósmica" –en el sentido en que ellos lo usaban– no forma parte del cuerpo teórico de la física establecida, hecho por el cual sospechaba que se trataba de un término de sentido común.

Sin embargo, insistieron en que el fenómeno existía objetivamente y que el concepto era científico. Para contrastar su conjetura propusieron un

experimento, en el cual un número de tomates verdes serían puestos dentro de la pirámide (el grupo experimental) y otro grupo fuera de ella (grupo control). Por el efecto de la "energía cósmica", los tomates dentro de la pirámide se mantendrían frescos y, por ende, de color verde, mientras los otros madurarían y se pondrían rojos.

Les expliqué que la visión de una persona es un medio muy subjetivo para definir los colores y que tendríamos que medir el supuesto impacto de la variable *causa* ("energía cósmica") sobre la variable *efecto* (no-maduración de los tomates) de una manera más objetiva.

Sustituimos entonces los tomates por dos vasos de leche y medimos el grado de acidez de la leche (su ph) en cada vaso diariamente hasta el fin de la contrastación. Como era de esperarse, al terminar el experimento el grado de acidez de la leche en ambos vasos fue el mismo, es decir, no se comprobó ninguna correlación positiva (dependencia/influencia real) entre la supuesta "energía cósmica" captada mediante cuerpos de forma piramidal y el proceso de maduración de la materia orgánica. Les recomendé a los alumnos, que en el siguiente semestre investigaran mi hipótesis sobre la "energía cósmica": El pensamiento mágico de grandes sectores de la población, convierte la venta de "pirámides cósmicas" en buen negocio.

#### *Los cuatro métodos de contrastación*

Desde el desarrollo de la ciencia moderna, a partir del renacimiento europeo, cada disciplina o ciencia particular ha inventado un gran número de técnicas y procedimientos para la descripción, ex-

plicación y predicción de los fenómenos que investiga. Sin embargo, todas estas técnicas y procedimientos pueden subsumirse bajo *cuatro* métodos de análisis y contrastación básicos: 1. la observación; 2. el experimento; 3. la documentación y 4. el muestreo y la entrevista.

Hay una serie de características que son comunes a estos métodos, y de los cuales mencionaremos cinco. La primera consiste en que son básicamente cuatro los elementos que intervienen en ellos: 1) el sujeto analizador, guiado por sus intereses de conocimiento y un sistema de conocimientos científicos establecidos, que sirven para plantear la hipótesis, la metodología de su contrastación y la interpretación final de los resultados; por ejemplo, cuando un médico analiza a un paciente, su interés de conocimiento es el diagnóstico correcto del tipo de enfermedad presente, mientras que el sistema de conocimientos objetivos que emplea (su marco teórico) está constituido por las diversas teorías científicas médicas que domina; 2) el objeto de investigación, en este caso el paciente y la enfermedad que padece; 3) los medios técnicos (instrumentos) utilizados para la investigación, aquí, p.e., un estetoscopio o un aparato de rayos X; estos medios establecen una relación o correspondencia física entre el objeto de investigación y el investigador mediante el registro de datos —características o propiedades del objeto—, como, en nuestro ejemplo, la presión de sangre, el ritmo cardíaco, la temperatura corporal, etcétera; 4) la última característica es el protocolo de la contrastación, es decir, la preparación y el registro de las condiciones exactas en que se realizan la observación, el experimento, la documentación o la encuesta.

La segunda característica de los métodos de contrastación consiste en que todos ellos tienen la finalidad de producir y/o medir y/o registrar *datos* sobre el o los fenómenos bajo investigación, cuyo análisis permite comprender el comportamiento del fenómeno y, en consecuencia, hacer una inferencia (conclusión) sobre la veracidad de la hipótesis. Si el fenómeno bajo investigación es, por ejemplo, la fiebre de un paciente, entonces la medición en grados centígrados de la fiebre (temperatura corporal) mediante un termómetro produce los datos necesarios para comprender el desarrollo del fenómeno real (fiebre) y la veracidad de una eventual hipótesis hecha sobre él.

Una tercera propiedad de los métodos de contrastación consiste en que su empleo tiene que ser *sistemático*. Esta determinación tiene dos aspectos: a) por lo general, la contrastación de una hipótesis no podrá hacerse con una sola observación o un dato singular, sino que requerirá la aplicación repetida de los métodos de contrastación para producir series de datos respectivos a la hipótesis; b) para que estos datos obtenidos en repetidos procesos de observación y registro sean *commensurables* (comparables entre sí), las condiciones de la observación, medición y registro deben ser iguales en cada repetición de la contrastación.

El cuarto requisito que comparten los métodos en cuestión es que *no distorsionen* o que distorsionen lo menos posible el objeto de investigación. ¿Por qué esta necesidad? Porque la ciencia procura medir y analizar los fenómenos tal como existen originalmente y objetivamente en la naturaleza y sociedad. De ahí, que la intervención del método de contras-

tación debe influenciar lo menos posible en el comportamiento normal o regular del fenómeno.

El alcanzar esta meta tropieza con diversos grados de dificultad según el objeto de investigación. En la astronomía antigua, la observación de la trayectoria de la luna —que sirvió para construir la semana de siete días— obviamente no tuvo ningún efecto sobre el objeto de investigación, dado que simplemente registró sus movimientos mediante cuanta de luz (energía) solar reflejados por la luna. En un acelerador de partículas, donde se hace chocar a partículas subatómicas a extremas velocidades a fin de analizar las partes que las componen, la intervención del método es extremo, ya que produce la fragmentación del objeto de investigación.

Una posición media entre esos dos extremos la encontramos en la aplicación de una encuesta, digamos sobre el tema del comportamiento sexual, en un grupo de estudiantes, donde la presencia de los encuestadores, del medio de análisis —el cuestionario— y lo personal del tema de investigación provocan inevitablemente cambios en el actuar normal de este grupo; cambios que pueden llevarlos a contestar las preguntas no con sus verdaderas opiniones y prácticas sobre lo sexual, sino con respuestas "inventadas".

Para reducir al mínimo la distorsión o, al menos, entender y poder calcular su impacto sobre el objeto de investigación, el investigador debe tener sumo cuidado y rigor en la metodología de la contrastación. Dado que el fin del quehacer científico es el uso práctico de los conocimientos obtenidos, de nada le sirve, p.e., que recabe datos en un cuestionario, que no reflejen las actitudes, opiniones, ingresos *reales*, etcétera, de los encuestados.

Este problema de la objetividad del conocimiento que el método científico produce, se origina por el hecho de que el objeto (de investigación) está siendo analizado mediante los cinco sentidos y la actividad cerebral del sujeto (humano), es decir, a través y por medio de un proceso sensorial-cerebral o, dicho en un lenguaje más técnico, mediante un proceso de percepción-apercepción. Muchas corrientes oscurantistas del pensamiento concluyen de este hecho que el conocimiento de la realidad tiene que ser necesariamente *subjetivo*, pero esto es un absurdo a la luz de los conocimientos científicos actuales.

Si el conocimiento que un ser humano produce es objetivo o subjetivo, es decir, si refleja el fenómeno tal cual es o si lo distorsiona, depende esencialmente de la capacidad y del rigor metodológico, así como de la ética científica del investigador. Asimismo, el mero hecho de la enorme acumulación de conocimiento objetivo logrado ya por las ciencias particulares demuestra fehacientemente, que el hecho de que la interpretación de la realidad sea un producto sensorial-cerebral, no predetermina de ninguna manera que tenga que ser subjetivo o distorsionado.

Un quinto requisito para la metodología del análisis y de la contrastación de las hipótesis es la combinación de *creatividad* y *rigor*. Para el diseño de las hipótesis y de sus métodos de contrastación, el investigador tiene que ser imaginativo para plantear la solución de los problemas de verificación que implica tal proceso. La importancia de la creatividad en el diseño de las soluciones posibles a los problemas metodológicos y de contenido, al igual que el valor de la precisión y minuciosidad en la

ejecución de las contrastaciones, se reflejan en un reciente experimento realizado exitosamente en Estados Unidos.

Uno de los problemas del combate a la tuberculosis consiste en la resistencia a determinados antibióticos que han desarrollado diferentes familias bacterianas (*strains*) de la enfermedad. Para saber si un paciente infectado sufre de una de esas familias resistentes o no, hay que aplicar un cultivo bacterial y someterlo a diversos antibióticos. Tal proceso diagnóstico tarda alrededor de tres meses, que pueden ser decisivos en el combate a la enfermedad. Para reducir este tiempo, los investigadores implantaron, mediante la ingeniería genética, el activo químico de la luciérnaga —que le hace lucir en la noche— en la bacteria de la tuberculosis, y expusieron los respectivos cultivos a diferentes antibióticos. Al reproducirse la bacteria empezaron a iluminarse las células infectadas resistentes a los antibióticos, mientras las demás murieron. De esta manera, se redujeron tanto los tiempos como los costos del diagnóstico (contrastación) de la enfermedad considerablemente.

#### *4.2 La contrastación mediante observación científica*

La observación de las propiedades o del comportamiento de un fenómeno real es —junto con el método experimental del *ensayo y error (trial and error)*, conocido por la mayoría de los estudiantes por la divulgación de los experimentos con ratas en laberintos— el método más antiguo que ha encontrado la humanidad, para registrar e interpretar regularidades de la naturaleza y del mundo social. La astronomía, por ejemplo, la ciencia empírica (de la

realidad) más antigua del hombre, se basó en la observación de las trayectorias planetarias visibles, para establecer una red de "control del tiempo" mediante la fijación de conceptos como día, semana, mes y año; determinar inicios y fines de las estaciones agrícolas, etcétera.

En sus orígenes, las observaciones se realizaron básicamente con los órganos sensoriales del hombre, hasta que la invención del telescopio, del microscopio, del espectrómetro, entre otros artefactos, extendieron el alcance de los sentidos de percepción del hombre al macrocosmos del espacio y al microcosmos del mundo subatómico y bacterial, mientras que el desarrollo de lenguajes y escrituras naturales (p.e., el árabe, el griego, el romano) y artificiales (p.e., sistemas y espacios matemáticos como curvas, coordenadas, funciones) ampliaron grandemente las capacidades de registro y análisis.

La función general de todos los instrumentos de observación consiste en ampliar las fronteras de la percepción humana—y, por implicación, de la percepción—; ya sea por vía de su extensión directa, como en el caso de un telescopio óptico, ya sea por la detección de señales exteriores no accesibles a los órganos sensoriales y su transformación en lenguajes perceptibles para estos, tal como sucede con la transformación de ondas electromagnéticas en un sonido audible por medio de la radio o de los impulsos eléctricos del cerebro en gráficas producidos por un electroencefalógrafo. Mientras en el ejemplo del telescopio podemos hablar de la observación *directa*, puede denominarse la segunda como observación *indirecta*, término que indica que esta observación se realiza mediante una inferencia basada en

los datos registrados y una hipótesis que guía la "observación".

Hoy día, un aparato de observación puede ser extraordinariamente complejo y costoso, como nos muestra el ejemplo de las sondas espaciales *Voyager I* y *Voyager II*. Después de un viaje de 15 años y 4.9 mil millones de millas en el espacio del *Voyager I*, y de 3.7 mil millones de millas del *Voyager II*, ambas sondas observaron, a partir de agosto de 1992 mediante sofisticados receptores, emisiones radiales de baja frecuencia –producidas por la interacción entre el plasma solar y gases fríos del espacio interestelar– que permitieron calcular, por primera vez, el límite del sistema solar (helio-pausa)

Otro aparato de observación con el cual el lector estará más familiarizado es el ultrasonido o los rayos-x, que permiten la observación directa (*in situ*) del estado y funcionamiento de órganos y huesos, que de otra manera sería imposible de realizar sin intervención quirúrgica.

Sin embargo, la observación directa y sin mayor empleo de instrumentos sigue utilizándose en algunas ciencias, como por ejemplo en la investigación de campo de la etología, de la antropología y en ciertos diagnósticos de la psicología y psiquiatría. En estos contextos se diferencia entre la observación externa, es decir, aquella en la que el investigador sigue siendo ajeno al objeto de investigación (en este caso, una persona o un grupo de personas o animales), el cual no se da cuenta de que está bajo observación; y la observación participante, en la que el investigador participa de alguna forma en las actividades de la persona o del colectivo, que tienen pleno conocimiento de estar siendo observados. Un

ejemplo extremo de esto es un diagnóstico psicoanalítico.

La observación científica juega un papel de gran importancia en todos los métodos de contrastación, porque es la condición principal para el registro de los datos. A diferencia de las observaciones casuales o de la vida cotidiana cuenta siempre con dos elementos claves: es deliberada, es decir, se lleva a cabo con un objetivo determinado y tiene el apoyo de conocimientos teóricos del científico. Ambos elementos permiten una mayor profundidad y calidad de la observación que la del observador casual, lo cual queda obvio en el rastreo que realiza un astrónomo del cielo nocturno o en la observación de una radiografía por un especialista.

Una meta muy importante, que el investigador debe tratar de cumplir en el proceso de observación, sea externo o participante, con instrumentos o no, consiste, como ya advertimos anteriormente, en perturbar lo menos posible el funcionamiento normal del fenómeno de investigación; o si dicha perturbación es inevitable, saber con la mayor exactitud posible, en qué medida su intervención observadora distorsiona el proceso natural del fenómeno.

De lo dicho anteriormente se desprende que la observación científica no es espontánea, sino que se rige por una disposición mental de observar y registrar de la manera más objetiva y con indicadores o parámetros antes establecidos, el comportamiento del fenómeno. Las evidencias o manifestaciones del comportamiento del fenómeno que se observan y registran, se llaman datos; por ejemplo, la temperatura corporal de una persona (medida por el termó-

metro), los parámetros del clima (presión de aire, temperatura, vientos, etc.).

#### *4.3 La contrastación por experimento científico*

La diferencia fundamental entre la observación y el experimento consiste en que en la primera actividad el investigador es esencialmente receptor y registrador (con o sin instrumentos) de los datos que emanan del objeto de investigación, mientras que en la segunda él manipula (interviene), activa y deliberadamente el objeto de investigación para que produzca los datos que le interesan. Podemos hacer palpable esta diferencia con un ejemplo de la geología. Un sismógrafo, implantado en las faldas de un volcán para registrar (y medir) los movimientos telúricos subyacentes, constituye un medio de observación del objeto de investigación. En ciertas actividades de exploración petrolera, sin embargo, se procura conocer la estructura geológica del subsuelo; para tal fin se hacen estallar cargas explosivas en el suelo y se registra mediante el sismógrafo el transcurso de las ondas expansivas que varían según la conformación geológica de aquel. En este caso, estaríamos ante un experimento, dado que el investigador *induce* o *provoca* deliberadamente una reacción del objeto de investigación para medir y analizarla.

Con todo, hay que reconocer que los límites entre ambos métodos fluyen y que en algunos casos podría argumentarse justificadamente que se trate de uno u otro, tal como vimos en el ejemplo del ultrasonido.

La posibilidad de usar el experimento como medio de contrastación de la hipótesis depende del

objeto de investigación que se pretende estudiar. Básicamente hay dos tipos de razones o factores, que pueden hacer imposible la realización de un experimento: las razones prácticas y las razones éticas. Entre las razones prácticas se pueden mencionar muchas de diversa naturaleza: un experimento planeado puede ser demasiado costoso para llevarse a cabo; este es, por ejemplo, actualmente el obstáculo fundamental de enviar una nave espacial tripulada al planeta Marte; además del factor económico, puede ser que la tecnología disponible no permita aún la realización del experimento: en el ejemplo de la expedición a Marte, la incapacidad de crear dentro de la nave una gravedad artificial semejante a la de la Tierra, sería un impedimento de este tipo.

Limitaciones de tipo ético se encuentran, p.e., en la psicología, la medicina, la sociología, etcétera. Sería antiético, que la psicología o medicina probaran la efectividad de una nueva droga o de un nuevo medicamento en seres humanos, sin haberse asegurado antes de que no produce efectos negativos colaterales.

Asimismo, sería obviamente inmoral, que en una investigación sociológica se sometiera a una clase social al empobrecimiento extremo, a fin de ver, cómo reacciona frente a tal fenómeno.

Sin embargo, las fronteras de la experimentación y, en general, de todos los métodos mencionados, se amplian en la medida en que el proceso tecnológico avanza. Actualmente, es posible ver el cerebro humano trabajando, sin necesidad de intervenirlo anatómicamente. Las máquinas del "fast magnetic resonance imaging" (MRI), (imágenes rápidas por resonancia magnética), capturan los campos mag-

néticos producidos por el flujo de sangre en el cerebro y los representan, interpretándolos por medio de programas de computación en forma óptica o estadística.

Cuando un grupo de células cerebrales se activa, por ejemplo, al responder una persona a una pregunta, jala sangre oxigenada (arterial), la cual emite campos magnéticos diferentes a los que produce la sangre desoxigenada (venosa). La computadora convierte esas diferencias en imágenes que iluminan los sectores cerebrales que cumplen sus respectivas funciones.

Para el éxito del experimento es de central importancia el rigor metodológico, es decir, la precisión con que se determinen las condiciones, bajo las cuales se lleva a cabo la manipulación del objeto de investigación. Un factor clave consiste en esto, en que se procuren mantener todas las variables del experimento constantes, menos la variable cuyo comportamiento se intenta analizar. Sin embargo, se trata de mantener aquellas variables constantes que pudieran influenciar el experimento, ya que en parte es imposible controlar determinadas variables, y en parte es innecesario. Por ejemplo, es virtualmente imposible neutralizar totalmente los cambios en los campos magnéticos de la tierra, la presión y humedad del aire, etcétera. Por otra parte, es innecesario en una encuesta sobre comportamiento sexual, tomar en cuenta la translación de la tierra, es decir, el hecho, de que nos desplazamos cada segundo 30 kilómetros a través del espacio, o, también, la rotación alrededor del eje de la tierra. En cambio, si la meta de la investigación consiste, en enviar un cohete a la luna, la rotación del planeta tierra sería una variable de primordial importancia.

Hay diferentes tipos de experimentos; algunos sirven para contrastar una hipótesis sobre la presencia o ausencia de un fenómeno o de la propiedad de un fenómeno (hipótesis de primer grado o descriptiva) y otros tienen la función de analizar relaciones de dependencia entre variables independientes y dependientes (hipótesis causales o estadísticas). En el segundo caso, el experimento se lleva frecuentemente a cabo mediante un grupo experimental y un grupo control. Esto quiere decir, que en ambos grupos todas las condiciones (variables) que intervienen se mantienen idénticas, salvo una, que es la variable independiente o experimental. El grupo, en que se modifica dicha variable, se denomina grupo experimental; el grupo que refleja las condiciones normales del objeto de investigación se denomina: grupo control.

Para citar un caso: Cuando el fisiólogo holandés Christiaan Eijkman (1858-1930) llegó a la hipótesis de que la enfermedad del *beriberi* se debía a un déficit nutritivo (vitamina B1) en la dieta arrocera, decidió contrastarla de la siguiente manera. Escogió a dos poblaciones de enfermos, que compartían las principales variables (características), p.e. en lo referente a la edad, nivel de vida y la misma alimentación arrocera; ésta se basaba en un arroz cocido después de habersele quitado la cáscara. A un grupo (el grupo experimental) le cambió la dieta, ordenando que el arroz se cocinara con su cáscara, mientras al grupo control le mantuvo el consumo del arroz preparado sin cáscara. Después de algunas semanas, el grupo experimental mostró un mejoramiento en su cuadro de salud, mientras que los miembros del grupo control seguían padeciendo la misma patología. Se infirió entonces, que la variable expe-

rimental o independiente —*arroz con cáscara*— fue responsable en el cambio del cuadro clínico observado en el grupo experimental y, por ende, existía una relación causal entre la cáscara del arroz como valor nutritivo y el desarrollo del *beriberi*.

Una última observación sobre el experimento. En ciertas ciencias naturales se ha generalizado la opinión, de que "la ciencia" es "el experimento" y que, por lo tanto, sólo son "ciencias exactas" las que usan tal procedimiento. Esto es un mito profesional basado en egos e intereses de dominación. Una de las ciencias empíricas más exactas que existen, es la astronomía - como ilustra el cálculo de Leverrier y Adams sobre Neptuno, citado anteriormente; y los experimentos que se han podido hacer en ella son contados. Basta ver la asombrosa precisión de los cálculos astronómicos de los mayas o sumerios, para darse cuenta de este hecho. El experimento es, sin lugar a dudas, un procedimiento científico muy importante, pero no es ni podrá ser el único ni "el mejor"

#### *4.4 La contrastación por documentación*

La contrastación de una hipótesis mediante documentación se realiza en dos pasos: se compara un enunciado hipotético con una fuente de información pertinente y de credibilidad y, con base a esta comparación, se realiza una inferencia (conclusión) sobre la veracidad o falsedad del enunciado. Por "fuente de información pertinente" entendemos una fuente de información que se refiere al mismo sector de la realidad como nuestro objeto o tema de investigación. Por credibilidad de la fuente entendemos un ente informativo (una institución o una

persona), cuyo manejo de la información en el pasado haya demostrado seriedad y honestidad adecuada y que, en consecuencia, disfruta del correspondiente reconocimiento nacional o internacional.

Hoy día, la fuente de información puede proporcionar los datos que nos interesan en forma escrita –generalmente impresa– o en forma electrónica (diskette para computadora, CD-ROM, modem, video, etcétera). Es necesario, que el investigador se acerque muy críticamente a esa información, sobre todo, cuando trabaja un tema en ciencias sociales. Para construir el marco teórico tiene que buscar las definiciones de los principales conceptos que utilizará, actividad que realizará en primer lugar, mediante la consulta de enciclopedias generales, para después pasar a literatura especializada. Por lo general, las enciclopedias que están en el mercado, no cumplen con los requisitos del conocimiento objetivo; cuando se refieren a temas sociales o políticos muestran frecuentemente fuertes influencias y distorsiones ideológicas. Para neutralizar en la medida de lo posible esas distorsiones, el investigador novato tendrá que recurrir a tres o cuatro enciclopedias diferentes, buscando la misma definición (o el mismo dato) en cada una de ellas y comparándolas para escoger la más adecuada y objetiva. Esas precauciones son necesarias también frente a los periódicos, cuyas secciones de economía proporcionan con frecuencia información incoherente o contradictoria.

La actitud crítica del investigador no sólo es necesaria frente a la consulta de conceptos, definiciones y conocimientos históricos, sino también, cuando se trata de datos cuantitativos. Si se compara, por ejemplo, la importancia del sector primario

en el Producto Interno Bruto (PIB) de Estados Unidos y el de México, hay que asegurarse de que el concepto "sector primario" abarque los mismos sectores productivos (agricultura, pesca, etc.) en un país que en otro. En algunos países, p.e., la minería es considerada actividad primaria, en otros figura como actividad industrial (secundaria).

Otros ejemplos son ciertos datos económicos. Para hacer comparable internacionalmente los Productos Internos Brutos de los Estados Nacionales, estos se calculan en dólares estadunidenses. Si el valor del dólar (su cotización) varía de un año a otro, influirá sobre la suma de los PIB calculados, sin que estos, necesariamente, hayan tenido aumentos o bajas de crecimiento en el periodo considerado.

A veces, está en disputa la autenticidad de un documento, es decir, existen dudas sobre la autoría del mismo. En estos casos, hay diferentes métodos para juzgar si el documento es apócrifo, tales como la interpretación hermeneútica, el análisis del papel para datar su antigüedad y el análisis grafológico. Sin embargo, el investigador que apenas se inicia en el quehacer académico, no se enfrentará a semejante problema.

Habíamos dicho que la contrastación de una hipótesis mediante documentación se realiza en dos pasos: se compara un enunciado hipotético con una fuente de información pertinente y de credibilidad y, con base en esta comparación, se realiza una inferencia (conclusión) sobre la veracidad o falsedad del enunciado. Veamos un ejemplo.

Si se quiere contrastar la hipótesis: *El desempleo en España durante el primer trimestre de 1993 fue del 22 por ciento*, se consultan las estadísticas co-

rrespondientes de organismos económicos internacionales, como el Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial o la OECD, o también, una fuente nacional como el Banco Central de España.

Estas fuentes son pertinentes, porque trabajan sobre el mismo sector de la realidad al cual pertenece nuestro objeto de investigación (economía) y son creíbles, porque tienen una reputación establecida para su trato responsable con la información correspondiente. Si encontramos en esas estadísticas la información en el sentido de que, efectivamente, el 22 por ciento de la población española está desempleada, consideramos que la hipótesis es correcta.

#### *4.5 La contrastación por muestreo y entrevista*

La muestra representativa ha llegado a ser uno de los elementos metodológicos más importantes y, al mismo tiempo, más complejos en las ciencias sociales actuales. Debido a esta complejidad, nos limitamos a exponer al principiante algunos requisitos y problemas que implica la utilización de este procedimiento.

La función de una encuesta consiste en recabar información verídica y pertinente sobre un fenómeno social, por lo general, un grupo o colectivo de personas, mediante la aplicación y evaluación de un cuestionario. Para ser más preciso: se busca recabar los datos (características) que parecen ser típicos (mayoritarios) para el colectivo en cuestión, generalmente para contrastar alguna hipótesis sobre el universo o la población estadística que se investiga.

El grupo o colectivo de personas en que se concentra nuestro interés de conocimiento, se llama

*universo o población estadística.* El universo o población estadística es definido por el interés de conocimiento del investigador. Por ejemplo, si se quiere realizar una investigación sobre la conducta sexual de los alumnos de primer ingreso de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), entonces el universo estadístico del estudio serían todos los alumnos del primer semestre de la institución. En cambio, si el interés de conocimiento del investigador se refiere a la dinámica de grupo en un determinado salón  $S$  de estudiantes de veterinaria, su población es la totalidad de los mismos. Si se quisiera conocer los ingresos de todos los hombres en la República de México, el universo estaría constituido por todas las personas masculinas que viven dentro del territorio nacional.

Podemos definir un universo o una población estadística (para una encuesta) como un conjunto o colectivo de personas que tienen, al menos, una característica (propiedad) en común, que interesa al investigador. En el primer ejemplo, la característica compartida por todos los elementos del universo, es la de ser alumno de primer semestre en la UNAM. En el segundo ejemplo, la propiedad común es, ser estudiante de veterinaria en el salón  $S$  de la UNAM, y en el último, son dos características: la de ser una persona masculina y vivir dentro del territorio mexicano. Generalmente, se denomina a un universo estadístico con la letra mayúscula  $N$ .

Para conocer las opiniones o características de las personas (elementos) que componen el universo, el investigador puede proceder de tres maneras: realizar un estudio piloto, un censo, o una encuesta.

Un estudio piloto es un estudio exploratorio, que tiene la función de orientar y guiar al investigador

en el inicio de la investigación, cuando todavía no conoce a fondo a la población del estudio (su objeto de investigación) y por ende, no puede diseñar un cuestionario definitivo ni el tamaño de una muestra representativa. Dicho de otra manera, la función del estudio piloto consiste en proporcionarle tempranamente al estudioso la información que requiere para poder planificar adecuadamente su encuesta.

El estudio piloto se realiza mediante la aplicación de cuestionarios a algunas personas del universo que se consideran representativas de la población o que, se supone, disponen de mayor información sobre ella que las demás, proporcionando, de esta manera, pautas y datos para el diseño del cuestionario y la encuesta definitiva. A veces, se sustituyen los cuestionarios por entrevistas grabadas, cuyo posterior análisis cumple la misma función.

El censo es la aplicación de un cuestionario a todos los miembros del universo estadístico. La ventaja del censo consiste en que la información recabada es completa, dado que se obtienen las respuestas de todos los elementos que pertenecen a la población. Si, p.e., en nuestro tercer ejemplo –ingreso de hombres en México– la totalidad de hombres en la república (nuestro universo) abarcara a diez millones, entonces se tendrían que aplicar diez millones de cuestionarios.

Las desventajas del censo consisten en que su aplicación es muy costosa y su evaluación sumamente tardada. Esa es la razón por la cual, en la mayoría de las naciones industrializadas, se aplican los censos solamente cada diez años.

Una forma más económica y rápida para recopilar información sobre el universo es la muestra. Por una muestra estadística se entiende, dentro de nues-

tro contexto, la aplicación de un cuestionario a una *parte seleccionada* o una fracción de la población. Por ejemplo, en el caso mencionado del ingreso de los hombres en México, se aplicarían únicamente dos mil o tres mil o diez mil cuestionarios a los seleccionados, según los recursos e intereses de conocimiento del investigador, mas no los diez millones del censo. Una muestra se denomina generalmente con la letra minúscula *n*.

Una muestra puede ser representativa o no-representativa. La muestra (*n*) es representativa para la población (*N*), cuando los valores de las variables arrojados por ella reflejen con un determinado margen de error estadístico – que depende del protocolo de investigación– los valores de las variables de la población. Para que los resultados puedan generalizarse a toda la población, la muestra debe cumplir con los requisitos probabilísticos de representatividad.

Generalmente, la meta del investigador será la realización de una encuesta representativa. El porqué de esta meta es fácil de entender, como muestra el siguiente ejemplo. Si el interés de conocimiento de un investigador consistiera en conocer la opinión del grupo de alumnos de veterinaria de la UNAM (nuestro segundo ejemplo) sobre el aborto, y en el grupo hubiese 50 alumnos, entonces se podría realizar un censo en el grupo, es decir, aplicar a cada alumno un cuestionario. Las respuestas le darían una información completa sobre lo que quiere saber. Supongamos que los resultados muestran, que veinte alumnos (40%) están en favor del aborto legal, veinte (40%) en contra, cinco (10%) no contestan y cinco (10%) no saben.

En cambio, si decide realizar una muestra, podría aplicar, para tomar un caso extremo, el cuestionario a un sólo alumno. Esta muestra ( $n = 1$ ) sería muy rápida y barata, pero los resultados que arrojara, no darían información verídica sobre lo que opina *el grupo*. Porque, si el alumno contesta "en favor" y el investigador generalizaría el resultado de la muestra a la población, llegaría a la conclusión, que todo el grupo está en favor de la legalización del aborto, lo que es obviamente falso, como vimos en los resultados arriba mencionados.

Si aumenta el número de alumnos que entran en la muestra a dos ( $n = 2$ ), sigue siendo muy insuficiente su información por la misma razón expuesta. Si pregunta a un tercero, un cuarto, un quinto, un sexto alumno, aumenta cada vez más la probabilidad, de que el resultado de la muestra sea representativa para la población, es decir, que las opiniones recabadas reflejen lo que piensan los alumnos del grupo.

Como vemos, existe una relación positiva entre el número de elementos (personas, en nuestro caso) que entran en la muestra, y la representatividad de los resultados. Hay, prácticamente dos extremos. Al encuestarle a un sólo alumno ( $n = 1$ ), no se puede hacer ninguna afirmación sobre lo que piensa el grupo, es decir, la muestra no es representativa. Al encuestar a los cincuenta miembros del grupo (censo), obtenemos la información completa, *i.e.*, certeza.

La encuesta no-representativa tiene, por lo expuesto, poco valor en la investigación social, porque no permite obtener información verídica y relevante sobre el fenómeno en cuestión. De ahí,

que siempre cuando sea posible, debería garantizarse la representatividad de la muestra.

La tarea del investigador consiste, por ende, en combinar las ventajas del censo (información amplia y correcta) con las de la muestra (rapidez, bajos costos): la solución a esta tarea es la muestra representativa.

Una vez que se haya tomado la decisión de aplicar una muestra representativa a una población determinada, se necesita controlar conscientemente los siguientes factores que influirán en la calidad de los resultados de la encuesta: 1. la calidad de la selección de la muestra, es decir, el tipo y el tamaño de la muestra; 2. la calidad del diseño del cuestionario; 3. la calidad de la aplicación del cuestionario; 4. la calidad de la evaluación estadística de los resultados; 5. la calidad de la interpretación final de los resultados.

#### *4.5.1. Diseño de encuestas por muestreo (por el Maestro Agustín Porras)*

Dado que consideramos la muestra representativa –y, dentro de ella, algunos muestreos probabilísticos sencillos–, como la más adecuada para el aprendizaje que realizarán los principiantes investigadores en la educación media superior y la universidad, nos limitamos a la descripción de ella, advirtiéndole al alumno que existen otro tipo de muestreo.

Para discutir este tema, procederemos primero con un ensayo del catedrático **Agustín Porras** de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, escrito expresamente para este libro. En su ensayo, el Dr. Porras explica los *requisitos*

*matemáticos* de una muestra probabilística. Posteriormente complementamos esa explicación con alguna información adicional.

Para que una muestra probabilística sea representativa debe cumplir con dos requisitos fundamentales: I. el método de selección de la muestra; éste debe ser *aleatorio* para elegir las unidades de muestreo, en el sentido de que todos los individuos o miembros de un universo tengan la misma probabilidad e independencia (uno del otro) de ser seleccionados en la muestra. Unidades de muestreo en este tipo de entrevistas pueden ser los individuos de una población determinada o las viviendas de una determinada área geográfica; dentro de las viviendas se entrevista a sus ocupantes.

El segundo requisito (II.) para la representatividad estadística de una muestra es, que el *tamaño* de la muestra sea lo suficientemente grande para reflejar adecuadamente las características del universo que le interesan al investigador. En términos estadísticos: el tamaño de la muestra depende de tres factores: 1. la *confiabilidad* de los resultados de la muestra, 2. la *precisión de estos resultados, es decir, de la media muestral* y 3. la *varianza* de la característica socio-económica fundamental de muestreo.

#### *ad I. Métodos de selección de una muestra aleatoria.*

Existen varias formas para elegir o seleccionar con igual probabilidad e independencia a individuos de un universo o población:

- a) Muestreo simple aleatorio
- b) Muestreo aleatorio sistemático
- c) Muestreo aleatorio estratificado

Estas tres formas de selección se realizan en una etapa; es decir, se define: a) los individuos o miembros del universo y se selecciona, b) al azar, el número de individuos que indica el tamaño de muestra.

En el **muestreo aleatorio** simple se debe contar con un listado de todos los individuos o miembros del universo enumerados del 1 al  $N$ , siendo  $N$  el tamaño del universo. Para seleccionar una muestra de tamaño  $n$  del universo  $N$ , se escogen los individuos de acuerdo a una tabla de números aleatorios. Por ejemplo, supongamos que una universidad tiene 980 estudiantes y queremos seleccionar una muestra de tamaño 150. [El tamaño de 150 fue determinado con base en los criterios de la muestra que se discuten más adelante.] Entonces, debemos contar con un listado de los 980 estudiantes enumerados del 1 al 980.

Estos listados deben contar con el nombre y adscripción del estudiante para que una vez seleccionado al azar, pueda ser localizado para realizar la encuesta. Consultando la tabla de números aleatorios, tomamos números de tres dígitos ya que el número más grande de nuestro universo es el 980. En la tabla aleatoria que utilicé, el 1er. estudiante seleccionado es el 100, el 2º es el 375, el 3º es el 84, el 4º es el 128, el 5º el 660, y así sucesivamente hasta completar 150 estudiantes que es el tamaño de muestra requerido.

Otro ejemplo, puede ser una muestra de hogares tomada al azar en las viviendas en donde se encuentran dichos hogares, en un barrio o colonia de una ciudad o en un pueblo o localidad de aproximadamente 50,000 habitantes. En este barrio o localidad, es necesario elaborar un listado de viviendas de

cada una de las manzanas que componen el barrio. Supongamos que el barrio o colonia tiene 400 manzanas y cada manzana en promedio tiene 35 viviendas; entonces contaría y enumeraríamos 14,000 viviendas. En cada vivienda se entrevistaría al jefe o jefa de hogar. Si el tamaño de muestra requerido es de 400 jefes de hogar, necesitaríamos seleccionar al azar 400 viviendas del listado elaborado de viviendas de la 1 a la 14,000. Esta selección se haría a través de una tabla de números aleatorios.

Estas tablas presentan múltiples combinaciones de números extraídos al azar. A partir de cualquier renglón o columna se toman números de tantos dígitos como el mayor que representa el tamaño del universo. P.e., si el universo es de 10 miembros, la selección en la tabla requiere de dos dígitos; si el universo es de 100, se requieren de tres, si es de 1000, cuatro dígitos y así, sucesivamente.

Estos números aleatorios se hacen corresponder con los números que tienen los individuos o miembros en el listado del universo y se toman tantos como indica el tamaño de la muestra.

La ventaja principal del muestreo aleatorio simple es que se aplica en poblaciones pequeñas en las cuales es posible elaborar el listado de individuos o miembros del universo.

En el **muestreo aleatorio sistemático** se debe contar también con un listado de los individuos o miembros del universo numerados del 1 al  $N$  (tamaño del universo). Si previamente se determinó el tamaño de muestra requerido, entonces calculamos el siguiente número:  $N/n$ . En el ejemplo de los estudiantes mencionado anteriormente este número sería  $980/150=6.5$ ; a este número se le llama *coeficiente de elevación* y quiere decir que se tome al

azar un número menor al 6 –porque no se puede usar fracciones–, por ejemplo, el 3. Entonces el primer individuo o miembro seleccionado del listado sería el número 3. A este número se le suma el coeficiente de elevación y tendríamos el segundo individuo seleccionado que sería el  $3+6=9$ ; el tercero sería igual al segundo más el coeficiente de elevación  $9+6=15$ , y así sucesivamente, el 21, 27, 33, etc., hasta completar el tamaño de la muestra.

El único inconveniente de este método es que si el orden en el listado fue elaborado con algún criterio se pueden introducir sesgos en la selección, de tal manera que la selección sistemática recaiga en individuos que no son representativos de la heterogeneidad del universo. Por ejemplo, en listas de 20 individuos en que los primeros 10 son hombres y los 10 últimos mujeres, si el coeficiente de elevación fuera 20, siempre saldrían sólo hombres o sólo mujeres, pero no habría posibilidades de que en la muestra estuvieran representados ambos sexos. (Véase, Jacinto Rodríguez O., "Métodos de Muestreo", Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, 1991, p. 26.). Para eliminar este sesgo es necesario elaborar un nuevo listado siguiendo otro orden u otro criterio que garantice la selección al azar; por ejemplo, seguir con un criterio en que los sexos aparezcan más alternados.

En el **muestreo aleatorio estratificado**, se subdivide al universo en estratos de acuerdo a cierto criterio de estratificación y se reparte el tamaño de muestra en cada estrato según su peso en el universo total. La conveniencia de estratificar al universo radica en formar estratos más homogéneos, con lo cual se reduce notablemente la varianza dentro de los estratos y por lo tanto disminuye el tamaño de

muestra requerido en cada estrato. Esto facilita el análisis en cada estrato ya que la muestra es representativa del estrato. Los criterios de estratificación utilizados deben estar relacionados a las variables fundamentales del estudio. Por ejemplo, en una encuesta de comportamiento político de la población mayor de 18 años es conveniente estratificar a la población de determinada área geográfica de acuerdo a sus niveles de ingreso y formar estratos altos (mayor de 10 salarios mínimos), medios (entre 5 y 10 salarios mínimos), bajos (entre 2 y 5 salarios mínimos) y muy bajos (menos de 2 salarios mínimos). Después se reparte el tamaño de muestra de acuerdo al peso de cada estrato o se calcula un tamaño de muestra para cada estrato. En cada estrato se seleccionan al azar, por muestreo aleatorio simple, los individuos de la muestra representativa que haya sido determinada.

En una universidad, se puede estratificar a los estudiantes de acuerdo a sus niveles de ingreso familiares y seleccionar una muestra aleatoria en cada estrato de ingreso. La muestra total es representativa del universo y, la muestra en cada estrato representativa de ese estrato.

#### *ad II. Determinación del Tamaño de Muestra*

Como se había señalado antes, el otro eje básico en que se fundamenta la representatividad de una muestra es la determinación de su tamaño. Para determinar el tamaño de muestra siempre se considera una sola característica de los individuos que componen el universo o población total. Esa característica puede ser socio-económica o demográfica. Por ejemplo, el ingreso de las personas, la escolari-

dad, la edad, el sexo, etc. Siempre se escoge una característica que esté relacionada con las variables que se consideran en el estudio y que dan origen a las preguntas del cuestionario que se aplica en la encuesta. Esta característica se llama *característica fundamental de muestreo*.

Si designamos como  $n$  el tamaño de muestra y como  $N$  el tamaño del universo, entonces es posible obtener un número grande de muestras distintas tantas como combinaciones de  $N$  en  $n$  que se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Total de muestras} = \frac{N!}{(N-n)! n!}$$

Ejemplo numérico:

$N$  factorial ( $N!$ ) = producto de los  $N$  primeros enteros

$N = 15; n = 7$ , entonces:

$$\text{Total de muestras} = \frac{15!}{(15-7)! 7!} = \frac{15 \cdot 14 \cdot 13 \cdot 12 \dots 3 \cdot 2 \cdot 1}{(8 \cdot 7 \cdot 6 \dots 2 \cdot 1)(7 \cdot 6 \dots 2 \cdot 1)}$$

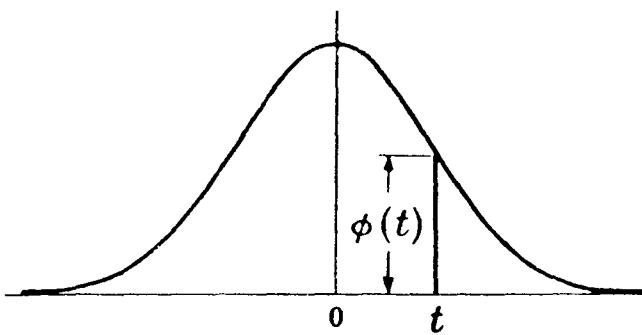
En las distintas muestras de tamaño  $n$  que se pueden seleccionar se obtienen valores de la característica fundamental de muestreo que se haya escogido; de esta manera el valor promedio (promedio aritmético) de la característica en cada muestra distinta ( $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3 \dots \bar{X}_n$ ), va a ser igual, mayor o menor que el valor promedio de la característica ( $M$ ) en el universo.

Se denomina  $\bar{X}$  al promedio de la característica en la muestra y  $M$  al promedio de la característica

en el universo. Como  $\bar{X}$  varía en cada muestra posible, su variación es aleatoria igual que una curva normal estándar o "campana de Gauss", entonces: (1)

$$t = \frac{(\bar{X}-M) / \sqrt{n}}{s}$$

donde  $s$ : desviación estándar, es decir, la estandarización de  $\bar{X}$  a una curva normal estándar con media = 0, y varianza = 1. Como ya explicamos en la página 139, el comportamiento de muchos fenómenos reales puede ser interpretado adecuadamente con este modelo matemático, en el cual hay valores inferiores y otras superiores a la media aritmética, pero donde la mayoría se agrupa acerca de la media, en una distribución simétrica de valores de ambos lados del céñit de la curva.



Despejando  $n$  de la ecuación anterior (1) se obtiene lo siguiente: (2)

$$n = \frac{t_a^2 s^2}{(\bar{X}-M)^2}$$

donde  $t_a$  es el valor de la curva normal estándar para el cual se postula una probabilidad y que llamamos el *nivel de confiabilidad*; se refiere a la probabilidad de que el valor de  $\bar{X}$  esté muy cercano a  $M$  (valor promedio en el universo); y donde  $s^2$  es la *varianza* de la característica en el universo.

Como puede observarse en la ecuación (2) el tamaño de muestra  $n$  depende de tres factores: 1. del nivel de confiabilidad  $t^2$ ; 2. de la varianza de la característica en el universo y 3. de la diferencia al cuadrado que deseamos que ocurra al sacar la muestra entre el valor promedio muestral y el valor promedio en el universo, de la característica fundamental de muestreo, la precisión.

Quiere decir, que para calcular el tamaño de muestra representativa necesitamos conocer la media del universo  $M$  (valor promedio de la característica en el universo);  $s^2$ , la varianza de la característica en el universo;  $t^2$  es el valor de  $t$  en una curva normal estándar para obtener determinada probabilidad, valor que se lee en tablas de la curva normal y la diferencia al cuadrado  $(\bar{X}-M)^2$  que postulemos como deseable al sacar la muestra; esta diferencia se llama el nivel de precisión que queremos con determinado tamaño de muestra.

Ejemplo: Si queremos calcular el tamaño de muestra suficiente  $n$  en un universo de estudiantes, sin importar su tamaño, y si tomamos como característica fundamental de muestreo la edad, tenemos lo siguiente:

$M = 22.5$  Edad promedio en el universo; este valor se obtiene por el registro universitario o un estudio piloto;

$s^2 = 16$  Varianza de la edad en el universo;

$t = 1.96$  Valor de la curva normal para obtener una probabilidad del 95%, i. e., un nivel de confiabilidad del 95%;

$$t^2 = 3.84$$

$$\bar{X} - M = 0.675 \text{ es el } 3\% \text{ de } M, \text{ o sea, } 0.03 \\ (22.5) = 0.675$$

$$(\bar{X} - M)^2 = 0.455625 = \text{el nivel de precisión;}$$

Entonces, sustituyendo estos valores en la fórmula (2) obtenemos:

$$n = \frac{(3.84)(16)}{(0.675)^2} = \frac{61.44}{0.455625} = 135$$

Para lograr generalizar los resultados de la muestra al universo total con un margen de probabilidad del 95% y lograr que la media muestral, edad promedio en la muestra, no difiera de la edad promedio en el universo en más de un 3% (precisión), necesitamos un tamaño de muestra de 135 estudiantes que tenemos que seleccionar al azar mediante muestreo simple aleatorio tal como se señaló antes.

Puede ocurrir que la característica fundamental de muestreo que nos interese sea el sexo, es decir, una variable binomial. En este caso, tomamos la proporción de sexos existente en un universo.

Supongamos un universo o población total en que la proporción de hombres es 70% y la de mujeres es 30%.

$$P = 0.70 \quad \text{proporción de hombres} \\ (1 - P) = 0.30 \quad \text{proporción de mujeres}$$

En el caso de proporciones la varianza es igual a:

$$P(1 - P) = (0.7)(0.3) = 0.21$$

Si postulamos un 95% de probabilidad como en el caso anterior, entonces:

$$t = 1.96 \quad \text{y} \quad t^2 = 3.84$$

Si el % de precisión es 5% entonces la diferencia entre  $p$  (proporción de hombres que se estimará en la muestra) y  $P$  proporción de hombres en el universo será:

$$\begin{aligned} p - P &= 0.05 \times P = 0.035 \\ (p - P)^2 &= 0.001225 \end{aligned}$$

$$n = \frac{t^2 P (1-P)}{(p-P)^2} = \frac{3.84 (0.21)}{0.001225} = \frac{0.8064}{0.001225} = 658$$

Necesitaríamos 658 individuos seleccionados al azar, para que con un 95% de confiabilidad nuestra estimación  $p$  en la muestra no difiera en más de un 5% de la proporción  $P$  en el universo; es decir, esperaríamos en la muestra una proporción  $p$  de hombres de entre 0.665 y 0.735, o sea, entre el 66.5% y el 73.5%.

Las demás proporciones estimadas en la muestra a través de las preguntas del cuestionario tendrían un margen de precisión del 5%.

Podríamos generalizar a toda la población, las proporciones encontradas en la muestra con un margen de error no mayor al 5%, o sea, por encima o por debajo de la estimación. Por ejemplo, podríamos estar investigando a través de esta encuesta la proporción de individuos a favor o en contra de

determinada propuesta de política universitaria. Si en la muestra aparece que el 70% está a favor, entonces con una confiabilidad del 95% esperaríamos que la población total estudiada esté a favor en un porcentaje entre:

$$0.7 (0.05) = 0.035$$

$$0.7 + 0.035 = 0.735 = 73.5\%$$

$$0.7 - 0.035 = 0.665 = 66.5\%$$

Como puede observarse, el tamaño de muestra no depende del tamaño de la población, sino de la varianza y la precisión que postulamos de la característica fundamental de muestreo que hayamos escogido. Para determinar el tamaño de muestra es necesario contar con la media y la varianza de la característica socio-económica o demográfica en el universo o población total de estudio. Si no se dispone de estas medidas y no se puede hacer un estudio piloto, se determina el tamaño de la muestra para este tipo de universo en 150 a 200 miembros del universo.

Siendo la varianza una medida de las desviaciones con respecto a la media al cuadrado, con ello se mide el grado de homogeneidad o heterogeneidad de la característica que nos interesa en el universo; como dijimos anteriormente, el tamaño de la muestra es sensible a la magnitud de la varianza; y también lo es al nivel de precisión, esto es, a la diferencia que postulamos debe existir entre la media muestral una vez obtenida y la media del universo (valores promedio de la característica que nos interesa).

Hasta aquí las explicaciones del catedrático Agustín Porras, a las que agregamos alguna información adicional. Como ya se ha dicho, por muestra probabilística, aleatoria o al azar, se entiende una muestra, cuyos elementos hayan sido seleccionados mediante un procedimiento que excluye cualquier influencia subjetiva del investigador. Procedimientos de selección de este tipo son tablas aleatorias, loterías, dados, etcétera. Nótese, que el término "al azar" no tiene la connotación en estadística que tiene en el lenguaje común, en el sentido de darse por casualidad. Una muestra al azar o aleatoria significa, que todos los miembros del universo tengan la misma probabilidad de entrar en la muestra. Por ejemplo, si un grupo estudiantil quisiera conocer la opinión de los alumnos sobre la calidad de la comida en el comedor universitario, no sería una selección al azar, si se pararan un día en la puerta del comedor para preguntarle su opinión a los alumnos que pasan. Sin embargo, se ve con frecuencia que alumnos van a algún pueblo o alguna plaza pública y preguntan a las personas que encuentran, sobre su tema de investigación, pensando que realizan una encuesta aleatoria.

Para poder aplicar una encuesta aleatoria, se necesita conocer el tamaño de la población ( $N$ ) y asignarle a cada elemento que la componga (personas, manzanas, clientes, derechohabientes, etc.) un número sucesivo. Por ejemplo, si la población a ser encuestada son los 30 alumnos de un salón de clase, hay que asignarle a cada alumno un número, de tal manera que el universo quede enumerado de 1 a  $N$ , en este caso, 1 a 30. Se enumerarían, entonces, 30 papeles con números del 1 al 30, se pondrían en una tómbola y se sacaría la cantidad que se consi-

dere necesaria para la muestra. Se podría escoger esta muestra igualmente con dados, tomando en cuenta que el último elemento de la población es 30, es decir, que está compuesto por dos dígitos, hecho por el cual tendríamos que tirar dos dados por cada unidad de análisis (alumno) que entre en la muestra. Sin embargo, es mucho más fácil realizar este procedimiento mediante tablas aleatorias que explicaremos más adelante.

Los elementos de la población que pueden entrar en la selección (hipotéticamente son todos en una muestra aleatoria simple) de la muestra, los llamamos *unidades de selección*. Cuando el universo es pequeño o fácil de encuestar, las *unidades de selección* corresponden o coinciden *directamente* con los elementos del universo. Por ejemplo, en el caso del universo de los 30 alumnos, la *unidad de selección* —la unidad para escoger a los que entran en la muestra— es: *alumno*.

Sin embargo, cuando el universo es muy grande, puede volverse necesario —como ya explicitó el profesor Porras—, seleccionar la muestra en etapas. En este caso, las *unidades de selección* no coinciden directamente con los elementos que forman la población, hecho por el cual se procede a utilizar *unidades de selección primarias*, *unidades de selección secundarias*, etc. Por ejemplo, si el interés de conocimiento de los investigadores consistiría en aplicar una muestra representativa a la población joven de la delegación Venustiano Carranza, por el inmenso tamaño de este universo, se podrían utilizar como primera unidad de selección las manzanas de cada delegación. Después de haberse realizado la selección aleatoria de estas manzanas, procedimiento que reduce considerablemente la cantidad

de elementos del universo, se usaría como unidad de selección a los jóvenes mismos que habitan dichas manzanas.

Como hemos mencionado, el procedimiento más fácil para escoger las unidades del universo que entran en la muestra, es la tabla aleatoria. Esta es una tabla compuesta por números aleatorios generados por computadora, que se utiliza de la siguiente manera. Supongamos que el tamaño de la población ( $N$ ), por ejemplo, alumnos de primer ingreso, es 100 y que el tamaño de la muestra ( $n$ ) ha quedado determinado en 30. Dado que todos los elementos del universo —enumerados de 1 a 100— deben tener la misma probabilidad de entrar en la muestra, hay que escoger cada caso mediante un número compuesto por tres dígitos de la tabla. Esos tres dígitos se escogen de manera horizontal o vertical. Cuando los tres dígitos dan un valor mayor a 100, se descarta el compuesto y se pasa al siguiente que no trascienda el valor 100. Cuando se repite un número compuesto que ya entró en la muestra, se lo descarta igualmente. Se sigue este procedimiento hasta que se haya llegado a los 30 números (alumnos) que componen la muestra. Para prevenir el caso, de que el día del muestreo falte algún alumno escogido de la lista de los 100, conviene seleccionar de la tabla algunos números más (de reserva) que sustituirán a los alumnos faltantes.

Para saber dónde comenzar el proceso en la tabla —es decir, en qué renglón y columna escoger el primer número— se sortea un número entre los que denominan las columnas y los que denominan los renglones. Si en el sorteo sale el número 4 de las columnas y el 2 de los renglones, entonces el cruce de la columna 4 y del renglón 2 marca el número,

donde se inicia la selección de los elementos de la muestra. De ahí, el investigador puede proceder de manera horizontal o vertical, como prefiera.

En la exposición del profesor Porras se habló de la varianza como medida de la homogeneidad de la población que incide sobre el tamaño de la muestra. En términos sociales, no-matemáticos, entendemos por homogeneidad de la población un alto grado de semejanza en las condiciones de vida, las actitudes y opiniones o demás características de sus elementos, que permiten prever que los valores de las respuestas o propiedades investigadas serán similares. Colectivos sociales relativamente homogéneos serían, por ejemplo, un batallón de un ejército, donde la verticalidad de la institución y el alto grado de indoctrinación no-pluralista producen actitudes y opiniones muy similares o también, la población de un monasterio. En estos casos es previsible, que a determinadas preguntas se obtendrían respuestas muy uniformes, es decir, que la varianza de los resultados sería relativamente escasa.

Para lograr un mayor grado de homogeneidad en una población (y la muestra correspondiente) el investigador procede a veces —y si su interés de conocimiento se lo permite— a estratificar la población. Es decir, si el objeto de estudio consiste en analizar el grado en que las casas particulares en México estén grabadas con hipotecas, se tendría un universo muy heterogéneo o disperso: mansiones que valen desde cientos de millones de dólares hasta casitas con un valor de cinco mil dólares. Suponiendo, que el grado de endeudamiento hipotecario está vinculado al valor de la casa, se formarían estratos con determinados intervalos de valor de las casas, agrupando, por ejemplo, todas las casas que valen

entre cien y ciento veinte mil dólares. Por otro lado, otros criterios objetivos, como edad, sexo, grado escolar, semestre, ingreso, etcétera, tienen la misma función de facilitar la muestra mediante la homogeneización del universo. Repetimos, sin embargo, que esto sólo es posible, cuando el interés de conocimiento, ya sea el propio, ya sea el institucional, lo permite.

#### *4.5.2 El diseño del cuestionario*

El diseño de un buen cuestionario es difícil, hecho por el cual el novato debería consultar con alguien que tenga experiencia en su diseño y aplicación cuando pretenda utilizar este medio de contrastación. Los siguientes lineamientos básicos, si bien no pueden sustituir a la asesoría práctica, serán de utilidad para aquél que emprende el camino de la recabación de datos por cuestionario.

Formalmente podemos diferenciar el cuestionario en dos partes principales: la cabeza, y el cuerpo. La cabeza deberá constar de los siguientes elementos: 1. la identificación del ente (persona, grupo o institución) que es responsable de la encuesta; 2. la fecha de la aplicación; 3. una breve información sobre la temática de la encuesta; aquí es importante que se le dé a los encuestados la temática general de la encuesta, sin ponerle en condiciones de intuir o inferir cuáles son los intereses concretos de saber de la encuesta; 4. la aseveración del anonimato de los datos, reafirmada por la instrucción, de que el encuestado no deba poner su nombre; 5. el agradecimiento por su cooperación; 6. el instructivo que debe indicar dónde marcar las respuestas, así como el tiempo promedio de la resolución del cuestiona-

rio. Un ejemplo de una cabeza diseñada para una encuesta sobre sexualidad en la UAM-Xochimilco puede servir de ilustración: véase el apéndice respectivo en este libro.

El *cuerpo* del cuestionario está compuesto por las preguntas. En la estructuración de éstas hay que tomar en cuenta la evaluación estadística que se realizará posteriormente, es decir, el proceso de codificación de las respuestas y de su evaluación con algún programa estadístico. Sin embargo, a veces hay fuertes presiones de los matemáticos o, también, de la institución que encarga la encuesta, para que en el mismo cuestionario se ponga de antemano la codificación a las respuestas de las preguntas cerradas o que la estructuración del cuestionario se haga conforme al criterio de la mayor funcionalidad para la evaluación estadística. No obstante, hay que resistir a estas presiones, porque el cuestionario es, sobre todo, un medio para *recabar* información; cuando eventuales deseos prácticos de la institución o de los técnicos de la evaluación puedan influenciar las respuestas de los encuestados, hay que mantenerse firme y rechazarlos. El científico social quien diseña el cuestionario debe consultar a los matemáticos y técnicos especializados, pero las decisiones sobre el tipo de preguntas, la cantidad de preguntas, el lenguaje usado, la secuencia de preguntas, etcétera, las debe tomar él, dado que es el que mejor conoce el objeto de investigación.

La cantidad de preguntas y su estructuración en el cuestionario están determinadas por los intereses de conocimiento del investigador, o, para ser más preciso, por las hipótesis que pretende contrastar.

Supongamos que el estudiioso tiene las siguientes hipótesis:

- H 1: La mitad de los alumnos de primer ingreso de la UAM-X no ha tenido relaciones sexuales.
- H 2: El conocimiento formal de la temática sexual entre los alumnos de primer ingreso de la UAM-X es deficiente.
- H 3: La mayoría absoluta (más del 50%) de los alumnos masculinos de primer ingreso de la UAM-X tienen actitudes y nociones machistas.
- H 4: La mayoría de las alumnas de primer ingreso a la UAM-X dependen materialmente de su familia.

Las preguntas de contrastación podrían ser:

H 1 P 1: ¿Has tenido relaciones sexuales?

Las hipótesis H 2, H 3 y H 4, son más complejas que la H 1, porque sus conceptos –"conocimiento formal de temática sexual es deficiente" (H 2); "actitudes y nociones machistas" (H 3); "depender materialmente" (H 4)– son más abstractos, hecho por el cual no pueden ser contrastados *directamente* en la realidad. La operacionalización de estos conceptos es el procedimiento que se utiliza en dichos casos para llevar adelante la contrastación. Operacionalizar o parametrizar un concepto (C) significa reducir su grado de abstracción o generalidad. Esto se logra, desglosando sus principales connotaciones y traduciéndolas hacia uno o diversos parámetros, referentes, indicadores o correlatos empíricos ( $c_1$  a  $c_n$ ), los cuales constituyen, a juicio del investigador, y en forma conjunta, una adecuada equivalencia semántica-empírica del concepto sustituido.

En la hipótesis H 2, por ejemplo, se podrían operacionalizar los conceptos en cuestión con los siguientes parámetros empíricos (c1 a c6), que identifican aspectos del fenómeno investigado. Para cada cual se formula una pregunta propia:

- H 2 P 1: ¿Qué significan las siglas SIDA?
- H 2 P 2: ¿Cómo se contagia el SIDA?
- H 2 P 3: Explica qué significa *fellatio*.
- H 2 P 4: Explica qué significa *cunnilingus*.
- H 2 P 5: ¿Cuáles son los días infériles de la mujer?
- H 2 P 6: ¿A partir de qué mes muestra el feto actividad cerebral?

En la hipótesis H 3, se operacionalizarían los conceptos en cuestión con los siguientes referentes empíricos (c1 a c6):

- H 3 P 1: ¿Te gustaría que la mujer con quien te casaras fuera virgen?
- H 3 P 2: ¿Por qué hay más hombres que mujeres en puestos directivos?
- H 3 P 3: ¿Qué sexo te gustaría que tuviera tu primer hijo ?
- H 3 P 4: ¿La violación justifica el aborto?
- H 3 P 5: Una amistad homosexual:  
 ( ) me desprestigiaría ( ) no me afectaría  
 ( ) me agradaría
- H 3 P 6: ¿Has manoseado a una mujer?

En la hipótesis H 4, la operacionalización puede hacerse con los siguientes parámetros (c1 a c5):

- H 4 P 1: ¿Vives con tu familia?
- H 4 P 2: Si contestaste *sí*, ¿cuál es el motivo?
- H 4 P 3: ¿Tu familia te apoya materialmente para tus estudios?
- H 4 P 4: Si contestaste *sí*: ¿en qué forma?
- H 4 P 5: ¿Trabajas por una remuneración?
- H 4 P 6: Si contestaste *sí*: ¿cuál es tu ingreso neto mensual?

De esta manera tendríamos un total de 19 preguntas del cuestionario, diseñadas exclusivamente para la contrastación de las cuatro hipótesis. A estas preguntas de contrastación, que son las más importantes del cuestionario, *en rigor*, su razón de ser, se agregan preguntas, dirigidas a recabar datos personales del encuestado, tales como: edad, sexo, estado civil, religión, grado escolar etcétera. Estos datos también son importantes, porque frecuentemente influyen en las respuestas a las preguntas de contrastación, hecho por el cual se prestan para hacer correlaciones y asociaciones estadísticas.

Con esos dos tipos de preguntas formulamos el cuestionario preliminar, donde vemos con claridad, cuáles son las preguntas que corresponden a cada una de las hipótesis.

Una vez que esté determinada la totalidad de las preguntas que integrarán el *cuestionario definitivo*, a continuación, hay que estructurar la secuencia de éste. Es entonces, cuando introducimos una tercera categoría de preguntas que bien podríamos denominar de distracción. Recuérdese, que el encuestado no debe poder intuir o inferir los intereses concretos de conocimiento que el encuestador persigue con la encuesta, dado que este conocimiento podría incidir sobre sus respuestas. De ahí que se

pueden intercalar algunas preguntas, cuyas respuestas no interesan al investigador, pero que sirven para no revelar las metas concretas del cuestionario. Otra ventaja de estas preguntas consiste en que le permiten al investigador hacer el cuestionario más ameno para el encuestado.

Generalmente se inicia un cuestionario con las preguntas que se refieren a datos personales, dado que la posibilidad de responder a las primeras preguntas sin problemas le da al encuestado confianza de seguir. Después se mezclan las preguntas de contrastación de las hipótesis entre sí y con las preguntas de distracción, para ponerlas en el orden más armónico y orgánico posible. Dado que en el diseño del cuestionario preliminar está especificado con absoluta claridad, qué pregunta de contrastación corresponde a qué hipótesis, no habrá ningún problema en la evaluación de los resultados y los juicios finales, sobre la veracidad de cada una de las hipótesis. En la secuencia de las preguntas hay que evitar que el contenido o la formulación de una pregunta *n* y su (previsible) respuesta incidirán en la percepción y respuesta de la pregunta *n+1*.

En la formulación de las preguntas es de extrema importancia que sean claras, es decir, que su significado sea inmediatamente entendible. Si el encuestado comienza a preguntar sobre el significado de las preguntas o de los conceptos, o si está obligado a reflexionar sobre ellas, se pierde calidad de la encuesta; porque lo que se desea lograr es, que las respuestas sean espontáneas, para que reflejen sus verdaderas opiniones y actitudes. Hay que evitar que construya respuestas "aceptables" para el encuestador o socialmente.

Para evitar que las preguntas o conceptos sean ambiguos, es necesario conocer el discurso de la población a la cual se aplicará la muestra o el censo. Sobre este conocimiento hay que formular con sensibilidad las preguntas y, siempre cuando sea posible, probarlas con miembros del universo o personas que tengan características semejantes a las del universo, en encuestas o entrevistas piloto.

Finalmente, las preguntas pueden ser *abiertas* o *cerradas* o *combinadas*. Preguntas abiertas son aquellas, donde el encuestado puede explayarse libremente en su respuesta; por ejemplo, en la pregunta: ¿Por qué escogiste la carrera de ingeniería para tus estudios? En la pregunta cerrada, las opciones de respuesta están predeterminadas por el cuestionario, marcando el encuestado simplemente la opción que le parezca correcta o adecuada. Casi todas las preguntas del cuestionario del anexo respectivo de la *Guía* son de este tipo. Las preguntas combinadas, como indica su nombre, combinan las dos posibilidades, como, p.e., la pregunta "7" del cuestionario mencionado, la "10", la "36" etcétera.

La ventaja de la pregunta cerrada es que su respuesta es fácil de evaluar, porque se acepta tal cual es. La desventaja consiste, en que, generalmente, no permite explorar con la misma profundidad y amplitud un tema como en la pregunta abierta. La desventaja de la pregunta abierta, en cambio, radica en que sus respuestas tienen que ser interpretadas y codificadas, lo que requiere de mucho tiempo y de interpretadores bien capacitados. De ahí, que siempre cuando sea posible, se procura evitar el uso de muchas preguntas abiertas en un cuestionario, salvo en el caso del estudio piloto, donde se pretende conocer más a fondo la población que será objeto

de la muestra o del censo. En este caso se tiende a aceptar los altos costos y dificultades que implican las preguntas abiertas, porque se supone, que la información producida por ellas redondará en la calidad del cuestionario final. Un compromiso aceptable entre las ventajas y desventajas de ambos tipos de preguntas puede ser la pregunta combinada.

#### *4.5.3 La aplicación del cuestionario*

En la aplicación del cuestionario ha de tenerse el mismo esmero que en los pasos anteriores. Es necesario que el profesor que supervisa la encuesta ensaye el procedimiento con los equipos de aplicadores.

El primer paso de la aplicación consiste en la formación de los equipos. Dado que el principiante no tiene experiencia en la aplicación, es conveniente que el equipo aplicador conste de varias personas, dependiendo del tamaño del colectivo que se encuestará y su probable grado de cooperación. Para un colectivo de diez personas es idóneo, disponer de un equipo de dos encuestadores; para un colectivo de veinte, recomendamos tres encuestadores y para uno de hasta cincuenta, se necesitarán cuatro encuestadores. La composición sexual y de edad del equipo también es un factor a tomar en cuenta. Una persona de mayor edad tendrá generalmente más autoridad frente a un colectivo que una persona joven. Desde muchos puntos de vista es conveniente que en el equipo haya mujeres y hombres. Asimismo ayuda a crear un clima de seriedad en la encuesta el que los encuestadores no vayan vestidos de manera tan casual.

El segundo paso consiste en el diseño del discurso que presentarán los encuestadores al ente que será encuestado, que puede ser una persona o un grupo de personas. Si dentro del colectivo al que se aplicará la muestra se encuentra una persona con función superior (p.e., un maestro dentro del grupo de alumnos), el discurso debe dirigirse primero a ella —explicándole lo que se pretende hacer y pidiéndole permiso— y después, a los demás (alumnos). Si los subalternos no escucharon la parte explicativa del discurso dirigido al maestro, hay que repetirlo para ellos; a continuación hay que recalcar nuevamente la anonimidad de la encuesta y finalmente se termina con el instructivo que incluye las normas de comportamiento (no hablar entre sí, no hacer ruido, etc.) y de contestación del cuestionario. Cuando se trata de una muestra en el colectivo, hay que explicar brevemente qué son las tablas aleatorias y cómo fueron usadas en la selección de los miembros del colectivo que entraron en la muestra. Es muy importante que el colectivo entienda este proceso aleatorio, para que no piense que hay algún motivo no confesado en la selección de determinadas personas. Las personas que no entraron en la muestra, deberán salirse del salón durante el tiempo de aplicación del cuestionario, porque si no, se aburrirán y desconcentrarán a los que contestan.

La función primordial del discurso y de la actuación del equipo consiste en convencer al colectivo, que se puede confiar en la seriedad de la encuesta y de los encuestadores y, que, por lo tanto, estos merecen su apoyo y colaboración.

La presentación del discurso debe hacerse de manera respetuosa, pero con claridad y seguridad, para no provocar preguntas y discusiones innecesarias.

rias del colectivo, incluyendo la persona "superior". Por lo general, no deberá durar más de cinco minutos. Si alguien quiere discutir el cuestionario o los procedimientos hay que decirle que esto se podrá hacer *después* de haber terminado la encuesta. En el discurso como en la cabeza del cuestionario, es necesario evitar que se revelen los intereses específicos de conocimiento de la encuesta.

Al terminar los discursos y después de haberse salido los miembros que no entraron en la muestra aleatoria, el equipo se dirige al colectivo y reparte los cuestionarios. Sin embargo, muchas veces, los contestantes están sentados tan cerca uno del otro que la promesa del anonimato que hacen los encuestadores, no tendrá efecto práctico. Aquí tocamos un elemento esencial del proceso: si no se garantiza la confidencialidad de las respuestas *realmente*, las respuestas no serán verídicas, sino convencionales. Cuando se presenta este problema de falta de espacio físico, hay que llevar pequeñas casillas de cartón —que se fabrican fácilmente, engrapando dos *folders* tamaño oficio— que le dan al encuestado la privacidad necesaria.

Al iniciarse la repartición de los cuestionarios se pide a los miembros del colectivo que ya no hablen entre sí. Terminada la repartición de los cuestionarios, los miembros del equipo se distribuyen estratégicamente en el salón —p.e., en los cuatro puntos cardinales— para mantener la disciplina dentro del colectivo, impidiendo, sobre todo, que sus miembros hablen entre sí. Los encuestados que terminan primero, deben salirse silenciosamente, dejando el cuestionario en la casilla.

Si el cuestionario es aplicado a diferentes grupos de la población, por ejemplo a treinta grupos del

total de los grupos de primer ingreso universitario, entonces conviene, ponerle en la parte reversa del paquete de cuestionarios el número del grupo, la fecha y la hora de aplicación. Con la recolección de los cuestionarios al final de la sesión por el equipo encuestador y la anotación mencionada, termina la aplicación de la muestra.

#### **4.5.4 Evaluación estadística de los resultados de la muestra.**

La evaluación estadística y la interpretación de los resultados se realizarán en diferentes pasos. En un principio, la evaluación estadística, es decir matemática, de los resultados la tuvo que hacer el investigador sin auxilios técnicos. Al desarrollarse las técnicas estadísticas y tecnologías informáticas, el investigador usó máquinas, llamadas *hollerith*, que mecánicamente computaban los resultados. Hoy día, se suelen procesar los datos obtenidos electrónicamente, es decir, con programas estadísticos ("paquetes") específicos y computadoras, por la gran rapidez y precisión que ofrecen. Sin embargo, el primer problema que se presenta para el uso de estos paquetes, consiste en que usan un lenguaje artifical, mientras nosotros usamos un lenguaje histórico, en este caso, el castellano. Para que la computadora pueda leer y procesar los resultados obtenidos por nuestro cuestionario en idioma castellano (*sí, no, no sé, me agrada*, etcétera), hay que traducirlos al lenguaje que utiliza, es decir, a números o símbolos específicos. De ahí nace la necesidad de la *codificación* de las respuestas y preguntas del cuestionario.

Sin embargo, antes de codificar respuestas y preguntas, conviene enumerar los cuestionarios de manera consecutiva; de esta manera será fácil localizarlos —como fuente primaria de la información— cuando haya errores en la codificación, captura o el procesamiento de los datos. Esta enumeración no se puede hacer nunca antes de la aplicación del cuestionario, porque los encuestados sabrán que con el número sería fácil identificarlos, lo que destruiría su confianza en la confidencialidad de la encuesta.

Podemos definir la codificación como la asignación de números (dígitos) u otros símbolos (semánticamente vacíos) a las preguntas y datos de respuestas obtenidos en el cuestionario.

Mientras las preguntas son generalmente llamadas "variables" ( $V$ ) y enumeradas sucesivamente de  $V_1$  hasta  $V_n$ , las respuestas son codificadas con dígitos. Por ejemplo, si las opciones de respuesta en una pregunta son:

( ) sí    ( ) tal vez    ( ) no    ( ) no sé;

entonces, la codificación podría ser: 0 = no contestó; 1 = sí; 2 = tal vez; 3 = no; 4 = no sé; 9 = inválido; reservándose el "0" para todos los casos no contestados y el "9" para todas las respuestas inválidas.

El código de la respuesta que se dio, se apunta al lado izquierdo del número de la pregunta respectiva y, de preferencia, a color, para que sea bien legible. Generalmente, se codifican primero las preguntas cerradas -por ser más rápido y fácil- y después las preguntas abiertas. En estas hay que interpretar una

serie de respuestas abiertas para ver la variabilidad de ellas.

Si la pregunta abierta fuera: ¿Con quién vives?, las respuestas serían: sólo, con amigos, con padres, con mi compañero, con mis hijos, con mi madre, etcétera. Una vez entendido este intervalo de respuestas a la pregunta abierta, se procede a su codificación de la misma manera, como ilustramos arriba. Hay que garantizar en este procedimiento, que todos los miembros del equipo que codifican, aplican el mismo catálogo de codificaciones, para garantizar que una codificación, p.e. el "2", significa lo mismo (tenga el mismo referente empírico) en la misma pregunta abierta en todos los cuestionarios.

Terminada la codificación –cuyas modalidades deberían acordarse antes de su realización con la persona que aplicará el programa computacional estadístico a los cuestionarios– se procede a la *captura* de los datos. Por captura de los datos se entiende la transferencia de las codificaciones de los cuestionarios (preguntas y respuestas) a su medio de procesamiento (la computadora). Esto se puede hacer de dos maneras: se "vacían" (transfieren) los datos codificados del cuestionario en unas hojas específicas (informáticas), donde aparecen en orden de las preguntas del cuestionario en forma horizontal o vertical; de ahí son pasados a un programa de texto (p.e., *Word* o *Word Perfect*); o se capturan los datos codificados directamente en la computadora, sin pasar por el primer paso.

La evaluación estadística que es el paso siguiente, consiste en el sometimiento de los datos capturados a un programa estadístico. El más usual es actualmente el *Statistical Package for the Social*

*Sciences* (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales) o SPSS, con el cual cuenta la mayoría de las universidades. Para utilizar este paquete, la persona encargada de realizar la evaluación tiene que escribir un pequeño programa (instructivo) que le indica a la máquina la cantidad de variables, las medidas estadísticas que se desean obtener, etcétera. Es conveniente para el principiante que lleve a cabo la evaluación estadística de los datos en dos pasos. Primero debe obtener una estadística descriptiva de todas las respuestas obtenidas, con algunas medidas estadísticas básicas, como frecuencias absolutas y frecuencias relativas (porcentajes); medidas de tendencia central como la media aritmética, la mediana (divide una serie numérica en dos partes iguales), el modo (valor de mayor frecuencia), que indican hacia donde se aglomeran los datos; y medidas de dispersión como la desviación estándar, que revelan numéricamente la dispersión o varianza de los datos alrededor del centro.

Teniendo esta información a la mano, procede a interpretarla para decidir dónde debe seguir profundizando su análisis con medidas estadísticas ya más sofisticadas, como son: coeficientes de correlación, medidas de regresión, inferencias de la muestra sobre la población, etcétera. En esta segunda fase se concentrará en verificar determinados resultados y analizar asociaciones entre variables. Una ilustración del primer problema consistiría en lo siguiente. Si a la pregunta: ¿Tienes relaciones sexuales actualmente?, sigue la pregunta: Si contestaste *sí*: ¿qué medios anticonceptivos empleas?; el encuestador no puede estar seguro, que todos los encuestados cumplieron con el instructivo. Es posible, que alguien que contestó *no* a la primera pregunta y, por

ende, no debía contestar a la segunda, sin embargo la contestó. Para neutralizar este problema se instruye a la computadora que haga una tabla de frecuencias o una asociación entre ambas variables (tener relaciones y usar un tipo de anticonceptivos) para descartar los que no debían contestar la segunda pregunta.

Lo mismo se hace con preguntas de control. Al inicio del cuestionario, se pregunta, p.e., ¿Qué tipo de anticonceptivos usas?, y al final, ¿Has tenido relaciones sexuales? Luego se asocian estadísticamente las dos variables y quedan descartadas las respuestas de la primera pregunta que proceden de personas que no han tenido relaciones sexuales.

Donde se supone que existan relaciones de dependencia entre las variables usadas en el cuestionario, se utiliza el análisis de correlaciones o asociaciones para cerciorarse de que estas realmente existen. Es razonable suponer, por ejemplo, que existe una fuerte relación de dependencia entre el estado civil (variable independiente) de una pareja y el lugar físico, donde tenga relaciones sexuales (variable dependiente); con la expectativa de que parejas casadas tengan relaciones sexuales primordialmente en su casa, mientras parejas solteras utilicen primordialmente hoteles. Para constatar con exactitud, si esta relación supuesta se da efectivamente entre los encuestados, se realizará la correlación estadística correspondiente, que responderá a la incógnita.

#### *4.5.5 Interpretación y presentación de los resultados*

Mientras que la aplicación del SPSS es esencialmente un problema técnico-matemático, la interpre-

tación de los resultados es más complejo: requiere la intervención de conocimientos psicológicos y sociológicos, a veces económicos, además de los estadísticos propiamente dichos. En el fondo hay que traducir un lenguaje cuantitativo-matemático a sus referentes empíricos y tal interpretación, pese a la gran ayuda que prestan las medidas estadísticas es difícil. No hay reglas generales para tal interpretación, el investigador tiene que valerse de los conocimientos del objeto de investigación que ya posee, de su experiencia científica y de su sensibilidad. Cuando se publican los resultados, la comunidad científica le presentará un correctivo bienvenido, que le hará ver los aciertos y errores de su trabajo; cuando no se publica, tendrá que juzgar por sí mismo. En ambos casos es recomendable, que la interpretación de los datos se haga con cautela, dado que el peligro de la interpretación equivocada es considerable. Un ejemplo baste para ilustrar esto. Si una muestra representativa arroja el resultado de que a la pregunta *X* el 51% contestó con *sí*, el investigador podría generalizar esta respuesta, diciendo que más de la mitad de la población contestó la pregunta afirmativamente. Sin embargo, si se toma en cuenta el margen de error de la muestra que, digamos sería del orden de plus/menos 3 por ciento, entonces podría ser que solamente el 48 por ciento del universo contestaría afirmativamente dicha pregunta, es decir, menos de la mitad.

La selección de las medidas estadísticas que se usen en la interpretación tiene que ser igualmente muy cuidadosa. Recuerdo un ejemplo de un maestro de estadística, para ilustrar los problemas de la media aritmética. Es conocido que la temperatura corporal del hombre oscila normalmente alrededor

de 36.7 grados Celsius. Entonces, él decía: imagínense una persona, cuyos pies tuvieran una temperatura de cero grados Celsius y cuya cabeza tuviera una temperatura de 74 grados Celsius. La temperatura promedia de esa persona sería, matemáticamente, 37 grados Celsius, o sea que se encuentra en perfecto estado de salud. La lección es, que los promedios nivelan a veces tanto el perfil real del fenómeno, que en lugar de ilustrar a la realidad, la ocultan.

Problemas semejantes presentan los porcentajes. Puede ser, que el Producto Interno Bruto (PIB) de un país *X* haya crecido en 1972 a una tasa anual del 10 por ciento, mientras que el del país *Z* haya crecido apenas el 3 por ciento. Pese a que parece claro, que la economía *X* crece con mayor rapidez que la *Z* –lo que matemáticamente es correcto decir–, la interpretación de ambas cifras no debería hacerse sin tomar en cuenta las cifras absolutas que representan. Esto por el siguiente motivo: si el PIB de la economía *X* en el año 1971 era de 100 mil millones de dólares, una tasa de crecimiento del 10 por ciento significa un incremento absoluto de 10 mil millones de dólares. En cambio, si el PIB de *Z* en 1971 era equivalente a 900 mil millones de dólares, el incremento del 3 por ciento significa un incremento en cifras absolutas de 27 mil millones de dólares. Considerando únicamente los porcentajes, la conclusión sería legítima de que, si ambos países mantienen sus tasas de crecimiento, el PIB del país *X* superará pronto el de *Z*. Como nós enseñan las cifras absolutas, lo contrario es correcto.

En la presentación de los resultados hay problemas semejantes. Es necesario, p.e., que junto con las frecuencias relativas (porcentajes) siempre se

presenten sus frecuencias absolutas y que se escojan los medios de graficación que con mayor claridad y facilidad de comprensión le presentan al eventual lector los resultados.

Cuando se utilizan cuadros estadísticos es necesario que se indique con claridad, que es lo que representan las coordenadas "x" y "y". El cuadro debe de tener, además un breve título, que resuma su información principal; por ejemplo: Crecimiento del PIB de México en 1991, en pesos de 1989; Composición sexual de los alumnos de primer trimestre de la UAM-X, 92-Primavera, etcétera.

Si se utilizan gráficas, pueden recurrirse básicamente a los diversos tipos de histogramas, las curvas y las gráficas circulares. Al usar el disco hay que convertir los porcentajes de los cuadros en grados, lo que se logra multiplicando cada porcentaje con 360 grados y dividiéndose el resultado por cien. Con el creciente uso de programas computacionales de diseño y graficación, los alumnos tienden a utilizar los más espectaculares, de preferencia los que tienen color y son tridimensionales, sin preocuparse por su valor didáctico, es decir, su capacidad de facilitar la comprensión de los resultados graficados. Esto es un grave error. El medio de presentación que se utilice debe regirse, en primer lugar, por la facilidad de comprensión que provee al receptor, y sólo en segundo lugar, por su estética.

#### *4.5.6 La entrevista*

Tratamos la entrevista como un subpunto de la encuesta debido a que su función general en las ciencias es secundaria; sería correcto definirla

como un procedimiento heurístico, es decir, auxiliar. La razón de este *status* secundario radica en que la encuesta generalmente se refiere a la indagación de casos aislados o singulares, mientras que la investigación científica pretende analizar clases de hechos y/o relaciones entre ellas, para detectar y cuantificar las leyes que los ríjan. Un ejemplo claro de lo primero es la encuesta en el psicoanálisis que pretende diagnosticar los traumas biográficos de una persona como variables independientes de una psicopatología actual del paciente, que es entendida como su variable dependiente (consecuencia). Otro ejemplo es la anamnesis en la medicina somática, que indaga la posibilidad, de que una patología presente (variable dependiente) del paciente sea resultado de enfermedades o disposiciones genéticas anteriores (variable independiente).

Sin embargo, aunque la entrevista se dirige generalmente hacia fenómenos singulares –hecho que le resta importancia como método científico– es útil en entrevistas pilotos, dado que en este tipo de entrevistas se selecciona la o las personas entrevistadas con el explícito criterio de ser representativas en alguna característica para un universo mayor. El caso particular es, precisamente, sometido a la entrevista por considerarlo representativo para el colectivo mayor, que interesa al investigador.

La entrevista tiene muchas similitudes con la encuesta, p.e., existen determinados intereses de conocimiento; es importante establecer una relación de seriedad y confianza con el entrevistado; el lenguaje tiene que ser adecuado al discurso de la persona entrevistada, lo que es difícil, cuando se trata de personas de clases sociales diferentes a la del encuestador, niños, etcétera. Sin embargo, el

contacto en la entrevista es personal y directo, hecho por el cual el sujeto entrevistador requiere de mucha más habilidad y preparación que el aplicador de un cuestionario.

En términos generales, una entrevista puede compararse a una mezcla de conversación e interrogatorio: de la primera toma los elementos de amabilidad, fluidez, cambio de tópicos y de la segunda rescata la deliberación de las preguntas que en su conjunto tratan de arrojar determinada información que le interesa al entrevistado. El "arte" de la entrevista consiste, por eso, en saber combinar una serie de preguntas preestructuradas con reacciones flexibles a la dinámica que se desarrolla durante la entrevista y que, en parte considerable, es determinado por el encuestado.

Como en la encuesta también, el éxito de la entrevista depende fundamentalmente de la disposición del entrevistado, de contestar de buena fe las preguntas. Una entrevista con una persona que no quiere cooperar o ha decidido sabotear la entrevista, no tiene valor alguno, salvo en encuestas diseñadas para diagnósticos psicopatológicos, donde la forma de rechazo del paciente permite algunas inferencias limitadas sobre su enfermedad. Sin embargo, fuera de esta situación particular, la negación implícita de la persona seleccionada convierte a la entrevista en un medio sin valor.

Para establecer una buena relación de trabajo durante la entrevista, es absolutamente necesario que se le trate a la persona a ser encuestada con respeto y sensibilidad, y esto incluye, obviamente, y con mayor razón, a los pacientes psicológicos o psiquiátricos. Cuando un encuestador dispone de un buen sentido de humor, frecuentemente puede rom-

per el hielo con alguna broma, lo que ayuda al encuestado a relajarse. Donde existe la posibilidad, de ofrecerle al encuestado una taza de café, debería hacerse, porque se trata de un gesto que produce el mismo efecto.

En la dinámica de la entrevista, que el encuestador controla sólo en parte, su finalidad puede malograrse de dos maneras. Suponiendo, que las preguntas estén bien estructuradas y redactadas, el encuestador puede cometer el error, de insistir con demasiada rigidez en su esquema; si esto sucede, el encuestado siente las preguntas como una imposición y reaccionará de una manera negativa. El otro error radica en caer en una conversación, donde se logra un ambiente relajado y agradable para las dos personas, pero sin que se alcance a recabar la información que dio motivo a la realización de la entrevista.

Por el método de registrar la información obtenida, pueden diferenciarse tres tipos de entrevistas. 1. La entrevista oral, en la cual la persona (o grupo) entrevistada no permite que se tome o registre de alguna forma el diálogo realizado. 2. La entrevista oral-escrita, en la cual se le concede al encuestador el derecho de hacer apuntes, ya sea que haga apuntes informales o que llene un cuestionario prefabricado. 3. La entrevista oral-electrónica, en la cual el encuestador ha obtenido el permiso, de grabar mediante grabadora o videocámara lo dicho por ambas partes.

Es obvio, que cada una de estas formas tiene sus ventajas y desventajas. En la primera, el encuestado hablará libremente, porque puede negar posteriormente cualquier afirmación que haya hecho. No hay un testimonio objetivo. Por lo mismo, su disposi-

ción de hablar en la segunda y tercera modalidad será mucho más limitada, porque cualquier formulación que haya hecho, puede volverse pública y, posiblemente, comprometerlo.

Las entrevistas grabadas y videografiadas son, generalmente, editadas por el encuestador, es decir, son interpretadas y resumidas. La edición de una entrevista es una tarea difícil que requiere experiencia, conocimiento y ética. Experiencia y conocimiento para mantener la interpretación de la entrevista dentro de los patrones lógicos y semánticos del encuestado, y ética, para no manipular la posición del encuestado externada en la encuesta.

### *5. Conclusiones y resultados*

Las conclusiones de una investigación se refieren a las inferencias (juicios) sobre la falsedad o veracidad de las hipótesis utilizadas; tales inferencias se realizan con base a los datos obtenidos durante la contrastación de esta hipótesis. Es decir, al terminar el investigador el proceso de contrastación de sus enunciados hipotéticos con el fenómeno real que escogió como objeto de investigación, tiene que emitir un juicio sobre la concordancia entre los datos y las hipótesis en una escala de 0 a 1; cuando la concordancia es total (1), consideramos a la hipótesis verificada; cuando los datos no concuerdan (0), juzgamos a la hipótesis como falsa, y cuando la concordancia es parcial, juzgamos que la hipótesis fue parcialmente correcta.

Los resultados representan –sobre la base de las conclusiones– una reflexión sobre los objetivos iniciales, métodos usados, obstáculos y conclusiones a lo largo del proceso de investigación. Aunque la

extensión de las conclusiones-resultados no está sujeta a convenciones rígidas, debido a que depende esencialmente del alcance de la investigación y de la trascendencia de los logros obtenidos, el investigador debe procurar que *no pierda el carácter de un resumen*. Es decir, debe permitir al lector interesado evaluar en forma precisa y sintética los elementos más importantes del proceso de análisis recorrido.

Por lo demás, el principiante puede guiarse en los consejos dados en el capítulo respectivo a "la introducción", dado que tanto "los resultados" como "la introducción" obedecen básicamente a la misma lógica de comunicación.