



METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La creatividad, el rigor del estudio y la integridad son factores que transforman al estudiante en un profesionalista de éxito

ERNESTO A. RODRÍGUEZ MOGUEL

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

**La creatividad, el rigor del estudio y la integridad
son factores que transforman al estudiante en un
profesionista de éxito**

C O L E C C I Ó N
INGENIERÍA Y CÓDIGO 2
Textos de Enseñanza de Ingeniería

Candita Victoria Gil Jiménez
Rectora

Pedro Antonio Sánchez Ruiz
*Director de la División Académica
de Ingeniería y Arquitectura*

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

**La creatividad, el rigor del estudio y la integridad
son factores que transforman al estudiante en un
profesionista de éxito**

ERNESTO A. RODRÍGUEZ MOGUEL



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCÓ
División Académica de Ingeniería y Arquitectura**

© 2005, esta edición:
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n
Zona de la Cultura, Centro
Villahermosa, Tab. C.P. 86090

Primera edición en la Colección Héctor Merino Rodríguez: 2005
© Quinta edición, agosto de 2003
Ernesto A. Rodríguez Moguel

Tipografía: Ernesto A. Rodríguez Moguel
Ernesto Rodríguez Sandoval
Revisión: Alma Sandoval Valenzuela

Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor.

ISBN 968-5748-66-7

Impreso y hecho en México

Para las luces que guían mi vida:

*Mi amada esposa Alma
Mis queridos hijos Alma Olivia,
Ernesto y Fabiola
Mi adorada nieta Daniela*

ÍNDICE

PÁG.

INTRODUCCIÓN.....	1
1. LEYES Y TEORÍAS	3
1.1. LEY	3
1.1.1. Hecho	4
1.1.2. Relación	5
1.1.3. Relación Constante	5
1.1.4. Noción de Ley.....	7
1.1.5. Obtención de las Leyes	8
1.2. TEORÍA.....	10
1.2.1. Ciencias Factuales y Ciencias Formales	10
1.2.2. Sistema.....	11
1.2.3. Deducibilidad.....	11
1.2.4. Formalización	12
1.2.5. Teorías Factuales y Teorías Formales.....	14
1.2.6. La Teoría como Sistema Explicativo	14
1.2.7. Demostrabilidad y Verificación de las Teorías.....	15
1.2.8. Algunos Rasgos Característicos de la Teoría.....	16
1.2.9. Función de la Teoría	16
2. LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	20
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.3. FORMAS DE INVESTIGACIÓN.....	22
2.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN	23
2.4.1. Investigación Histórica	23
2.4.2. Investigación Descriptiva.....	24
2.4.3. Investigación Experimental	25
2.5. EL MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL	26
2.5.1. Etapas del Método Científico.....	27
2.5.2. Aplicación del Método Científico.....	28
2.6. MÉTODOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	28
2.6.1. Método Inductivo.....	29
2.6.2. Método Deductivo	29
2.6.3. Método Sintético.....	30
2.6.4. Método Analítico	30
3. EL PROBLEMA, LAS HIPÓTESIS Y LOS OBJETIVOS.....	31
3.1. EL PROBLEMA	31
3.1.1. Características de los Problemas Científicos	32
3.1.2. ¿Cómo redactar los Problemas?.....	33
3.2. LAS HIPÓTESIS	34
3.2.1. Hipótesis, Ley y Teoría.....	36
3.2.2. La hipótesis y la Observación	36
3.2.3. Importancia de la Hipótesis en la Investigación Científica	37
3.2.4. Características de las Hipótesis.....	38
3.2.5. Tipos de Hipótesis.....	38
3.3. LOS OBJETIVOS.....	39
4. EL TEMA DE ESTUDIO	45
4.1. ELECCIÓN DEL TEMA	45
4.2. DELIMITACIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO.....	49

5.	MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	57
5.1.	LOS CONCEPTOS.....	58
5.1.1.	Proceso de la Formación de Conceptos.....	59
5.1.2.	Recomendaciones para Elaborar el Marco Teórico	63
5.2.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	64
5.2.1.	Citas.....	66
5.2.2.	Elaboración de Fichas	67
5.2.3.	Procesamiento de la Información	68
5.2.4.	Notas indicadas en el Documento	69
5.2.5.	Locuciones Latinas y Abreviaturas	71
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	77
6.1.	ANTECEDENTES	78
6.2.	LA EXPERIMENTACIÓN.....	78
6.3.	CONCEPTO DE POBLACIÓN Y MUESTRA	79
6.4.	EL MUESTREO.....	82
6.4.1.	Leyes del método de muestreo.....	83
6.4.2.	Tamaño de la muestra	83
6.4.3.	Clasificación del muestreo probabilístico	87
6.4.4.	Factores que deben tomarse en cuenta para un proceso de muestreo	96
6.4.5.	Cualidades de una buena muestra	97
6.4.6.	Recolección de datos.....	97
6.4.7.	Estudio piloto	99
6.4.8.	Procesamientos de datos.....	100
6.5.	DEFINICIONES BÁSICAS EN LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES.....	101
6.6.	PASOS EN LA PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS.....	102
6.6.1.	Establecer Objetivos.....	102
6.6.2.	Definir tratamientos.....	102
6.6.3.	Definir la unidad experimental.....	102
6.6.4.	Definir las observaciones o mediciones a efectuarse	103
6.6.5.	Elección del diseño experimental.....	105
6.6.6.	Determinar el número de repeticiones	106
6.6.7.	Proyecto de resultados y análisis.....	107
6.6.8.	Realizar el experimento y coleccionar datos.....	107
6.6.9.	Efectuar el análisis estadístico.....	108
6.6.10.	Obtención de conclusiones.....	108
6.7.	EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO	108
6.7.1.	Ausencia de errores sistemáticos.....	108
6.7.2.	Precisión.....	109
6.7.3.	El rango de validez.....	109
6.7.4.	Simplicidad.....	110
6.7.5.	Verificabilidad de suposiciones en el modelo.....	110
6.8.	APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS MODELOS LINEALES.....	110
6.8.1.	Descripción y explicación	111
6.8.2.	Predicción.....	112
6.8.3.	Control.....	113
6.8.4.	Calibración	114
6.8.5.	Comparación de medias	114
6.8.6.	Estudio de efectos.....	115
6.8.7.	Estimación de parámetros	117
6.8.8.	Otros usos.....	117

7.	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO.....	125
7.1.	CRONOGRAMA.....	125
7.2.	PRESUPUESTO.....	127
8.	LA LITERATURA CITADA.....	129
9.	ETAPAS DEL INFORME DE UN TRABAJO CIENTÍFICO.....	135
9.1.	PORTADA.....	136
9.2.	CONTRAPORTADA.....	139
9.3.	PÁGINAS PRELIMINARES.....	139
9.4.	ÍNDICE.....	140
9.5.	LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	143
9.6.	RESUMEN.....	143
9.7.	SIMBOLOGÍA.....	146
9.8.	INTRODUCCIÓN.....	146
9.9.	MARCO TEÓRICO.....	147
9.10.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	147
9.11.	RESULTADOS.....	148
9.12.	DISCUSIÓN.....	151
9.13.	CONCLUSIONES.....	152
9.14.	BIBLIOGRAFÍA O LITERATURA CITADA.....	153
9.15.	APÉNDICE Y ANEXOS.....	153
10.	REGLAS DE ORTOGRAFÍA.....	155
10.1.	LA SEPARACIÓN SILÁBICA.....	155
10.2.	LA FORMACIÓN DE PLURALES.....	156
10.2.1.	El plural del artículo.....	156
10.2.2.	El plural del adjetivo.....	156
10.2.3.	El plural del sustantivo común.....	157
10.3.	REGLAS DE ACENTUACIÓN.....	158
10.3.1.	Casos especiales de acentuación.....	159
10.4.	LA PUNTUACIÓN Y LOS SIGNOS.....	162
10.4.1.	La coma (,).....	163
10.4.2.	El punto y coma (;).....	163
10.4.3.	Los dos puntos (:).....	164
10.4.4.	El punto (.).....	164
10.4.5.	Los puntos suspensivos (...).....	164
10.4.6.	El asterisco (*).....	164
10.4.7.	El signo de interrogación (¿ ?).....	165
10.4.8.	El signo de admiración o de exclamación (!).....	165
10.4.9.	El paréntesis ().....	165
10.4.10.	El guión (-) y las rayas (-).....	165
10.4.11.	Las Comillas (" ").....	166
10.4.12.	La diéresis (ü).....	166
10.5.	EL DIMINUTIVO Y EL AUMENTATIVO.....	166
10.6.	EL GRADO COMPARATIVO Y EL GRADO SUPERLATIVO.....	168
10.7.	LAS MAYÚSCULAS.....	169
10.8.	PLEONASMO Y LAS REDUNDANCIAS.....	169
10.9.	INCORRECCIONES Y CORRECCIONES.....	170

11. TÉCNICAS DE REDACCIÓN PARA INFORMES DE INVESTIGACIÓN...	171
11.1. LA REDACCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.....	171
11.1.1. Antes de redactar.....	172
11.1.2. Al redactar.....	172
11.1.3. Después de redactar.....	174
11.2. RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA LA REDACCIÓN	174
11.3. LAS CUALIDADES DEL ESTILO CORRECTO	176
 LITERATURA CITADA	 177
 ANEXO A	 181
 ANEXO B.....	 182

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

No. de Cuadro	Nombre	Página
1	Calendarización de actividades para un Proyecto de investigación.	126
2	Presupuesto total del proyecto.	128
3	Propiedades mecánicas e hidráulicas del tejido cerebral.	150

No. de Figura	Nombre	Página
1	Analogía para las tres características de las relaciones que interesan a la ciencia.	7
2	Modelo de ficha de trabajo para la elaboración del marco teórico.	68
3	Modelo de ficha bibliográfica para la elaboración del marco teórico.	68
4	Cronograma de actividades para Proyecto de Investigación.	126
5	Diagrama de Pert para el Proyecto de Investigación.	126
6	(a) Regiones y condiciones de frontera para la fase líquida. (b) Regiones y condiciones de frontera para la fase sólida.	150

PRESENTACIÓN

El libro *Metodología de la investigación*, del M. en C. Ernesto A. Rodríguez Moguel, es una valiosa aportación al acervo universitario, que permitirá a los interesados abordar las diversas cuestiones asociadas al desarrollo de un proyecto de investigación, con la importante componente de que es producto del amplio conocimiento y experiencia que sobre la materia tiene el autor. Experiencia derivada de varios años de trabajo docente, con alumnos de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, impartiendo las asignaturas de Proyectos de Investigación I y II, que le han permitido generar y concretar esta obra, que también coadyuvará a alcanzar uno de los objetivos institucionales, señalado en el *Plan de Desarrollo Institucional 2004-2008* de la Mtra. Candita Victoria Gil Jiménez, rectora de nuestra universidad, que es el de fortalecer la investigación científica, como la vía idónea para acceder a mejores niveles de desarrollo económico, político y social en Tabasco.

Tengo la plena convicción que esta obra tendrá un impacto positivo, tanto en la formación de nuestros profesionistas, como en la actualización del investigador experto que está siempre a la búsqueda de nuevos horizontes de desarrollo, ya que podrá encontrar en ella una herramienta complementaria de su quehacer científico.

Pedro Antonio Sánchez Ruiz
Director de la DAIA

INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación es una actividad que consta de varios pasos concomitantes para la resolución de un problema científico, dentro de un período de tiempo y un presupuesto definidos. Es posible comparar en forma alegórica la solución de dicho problema, con la *toma de una fortaleza*, la cual puede conquistarse de tres maneras diferentes:

La primera es la *toma por asalto*, la cual requiere de la disponibilidad de un gran número de recursos materiales y humanos. Estos últimos deben estar dispuestos a obedecer ciegamente las órdenes de un comandante, quien, a su vez, estará dispuesto a aceptar un número indeterminado de bajas con el fin de conquistar dicha fortaleza. Este modelo implica la anulación intelectual casi total de la mayoría de los participantes y la concentración de la toma de decisiones recae en unas cuantas manos; el ser humano desempeña el papel de un instrumento.

En el mundo de la ciencia se pone énfasis en que actualmente es imposible que una sola persona pueda articular y llevar al cabo un programa de investigación cuyos resultados sean significativos; razón por la cual, la solución metodológica consiste en el trabajo en equipo. Sin embargo, tal aproximación democrática suele encubrir a un sistema dictatorial en el cual sólo una minoría de individuos conoce y es capaz de definir los propósitos del programa de investigación; el resto se ve reducido a la categoría de esclavo intelectual y su función primordial consiste en realizar el mayor número de experimentos y producir la mayor cantidad posible de datos, mismos que los *comandantes* científicos interpretarán y articularán.

La segunda aproximación a la solución de un problema científico consiste en *someterlo a sitio*. Dicha estrategia es eminentemente pasiva y suele requerir de poca actividad intelectual. En este caso, el factor crucial está determinado por el duelo entre paciencia y aburrimiento, y la solución depende de procesos casi sobrenaturales, o de procesos aleatorios. En concreto, tal enfoque está representado por el científico que pacientemente se dedica a la observación y descripción de un fenómeno bajo diferentes condiciones experimentales. Dichos experimentos se realizan y repiten en forma casi ritual con la esperanza de que algún día la naturaleza terminará por rendir sus secretos. Los practicantes de este enfoque se basan en la confianza o esperanza desmedida y pueden compararse con los aficionados empíricos de la tradición alquimista, los cuales, en ausencia de método y de disciplina intelectual, pretendían llegar, por medio de la mera repetición azarosa de procedimientos, a la obtención de la piedra filosofal.

La tercera posibilidad para conquistar la fortaleza del conocimiento consiste en el uso de *estrategias*. El poema homérico dice que un caballo de madera con el vientre cargado de aqueos fue suficiente para lograr lo que no habían podido diez años de *sitio y ataques por asalto*. Este enfoque no requiere de la disponibilidad de numerosos recursos humanos o materiales; sin embargo, suele imponer grandes demandas a la capacidad intelectual de los

científicos involucrados, pues consiste en la precisa identificación del problema a resolver y en la evaluación de posibles estrategias para solucionarlo. Dichas estrategias han sido concebidas en función de la experiencia pasada, asociada con la investigación de dicho problema, y se apoyan en hipótesis enmarcadas dentro del contexto de teorías previamente enunciadas o en controvertidos informes de observación. En este modelo, la experimentación sirve para sondear el problema y está diseñada en forma flexible tomando en cuenta las expectativas sobre los posibles resultados. Asimismo, los datos experimentales o de observación se analizan e interpretan entre cada etapa con el fin de establecer su correlación con la hipótesis y con el programa experimental previamente concebido.

La idea primordial de todo Centro de Educación Superior es crear estudiantes-investigadores, pensando desde ahora que la responsabilidad de la investigación dentro de algunos años recaerá en los jóvenes de hoy en día, y tenemos que esmerarnos en su preparación, pero una preparación que sea integrada al yo interno de cada individuo, es decir, que los conocimientos que ahora adquieren se incorporen a su hábito profesional.

El contenido de este trabajo está basado en recopilaciones realizadas de diversas fuentes, manejadas de tal manera que pueda ser de gran apoyo a todas las carreras, en las materias de Metodología de la Investigación, Proyecto de Investigación, Seminarios y otras materias afines.

El material está compuesto de cuatro tipos de información: la primera es una antología sobre los aspectos generales de la ciencia y del método científico, con el propósito de inducir al alumno y/o investigador al pensamiento científico; la segunda parte está integrada por una serie de señalamientos para guiarlo en la elaboración de un *proyecto de investigación*. La tercera parte consta de reglas prácticas sobre la aplicación de las técnicas de investigación documental y experimental como apoyo al método científico. La cuarta y última sección constan de reglas de ortografía y de redacción para que en los informes de investigación se use adecuadamente el lenguaje, cuidando que sea claro y preciso; que no se pierda el rigor que la ciencia exige.

1. LEYES Y TEORÍAS

Para llegar a un conocimiento objetivo, es decir, que corresponda a la realidad que se estudia, es necesario que el conocimiento científico se construya recorriendo un largo camino en el que se vinculen niveles de abstracción, se cumplan determinados principios metodológicos y se cubran diversas etapas en el proceso de investigación de los fenómenos.

La adquisición del *conocimiento empírico*, se inicia al entrar en contacto los *órganos de los sentidos* con el mundo exterior a través de las actividades que el hombre realiza diariamente, lo cual, le ha permitido acumular valiosas experiencias a lo largo de su historia. En cambio, en el *conocimiento científico* se requiere la actividad conjunta de los *órganos sensoriales y del pensamiento*, apoyada en la reflexión teórica guiada por una serie de principios y reglas con la finalidad de descubrir lo que el conocimiento empírico-espontáneo no puede captar: la esencia de los procesos, acontecimientos y objetos; lo que implica conocer las causas por las cuales surgieron, se desarrollan y modifican, es decir, el conocimiento de las leyes del desarrollo de la naturaleza y la sociedad.

El conocimiento científico no se contrapone al conocimiento común, sino más bien lo supera, puesto que va más allá de la simple descripción o del establecimiento de tendencias empíricas elementales de los fenómenos las cuales representan, pero no toman en cuenta los nexos internos que sólo pueden ser descubiertos recurriendo al pensamiento abstracto (conceptos, hipótesis, leyes y teorías).

El propósito de la ciencia es describir, explicar y predecir los fenómenos naturales y sociales a fin de tener un mayor dominio sobre ellos y poder ejercer su práctica transformadora en forma más acertada (Rojas, 1992).

1.1. LEY

En el proceso del conocimiento científico, es necesario armarse de medios tanto teórico-metodológicos como de los conceptos, las hipótesis, las leyes y las teorías; y de los medios técnicos en donde se encuentran los instrumentos y los aparatos, vinculados ambos a una práctica científica (observaciones sistematizadas, experimentos, mediciones, etc.) con el fin de alcanzar un conocimiento cada vez más profundo y completo de la realidad objeto de estudio.

Por lo anteriormente manifestado, es importante iniciar el estudio de los procesos de investigación conociendo los conceptos teórico-metodológicos, por lo que en esta sección se explicará en forma consistente el concepto de ley; a qué se refiere, cuáles son sus elementos, cuáles son sus características principales, cuál es su función, el papel que desempeña la ley en

la ciencia y cómo se expresa. Después de haber analizado todo lo que respecta a la ley, se sabrá de manera más precisa qué es la ley y qué no es la ley; es decir, se habrá definido.

No es fácil adoptar un concepto único de ley, pues existe un gran número de definiciones dadas por distintos autores y desde distintos puntos de vista, así es que se tomará aquello de lo que hay de común en la mayor parte de las definiciones¹.

1.1.1. HECHO

Se llama *hecho*:

- a). *A cualquier acontecimiento*, es decir, a algo que se produce en el espacio y en el tiempo, como por ejemplo un relámpago, un huracán, etc.
- b). *A un proceso*, esto es, una secuencia temporalmente ordenada de acontecimientos, de tal manera que cada miembro de esa secuencia ayuda a determinar los que le siguen. Por ejemplo: el conjunto de pasos que se realizan para inscribirse en la Universidad, desde el momento de hacer la solicitud, hasta el momento de recibir el aviso de que ya se está inscrito. Podría afirmarse que la mayoría de los acontecimientos resultan ser *procesos*; por ejemplo, un rayo de luz consiste en la emisión de grupos de ondas que se propagan a una velocidad finita.
- c). También se llama hecho a *un sistema concreto*, esto es, un ser físico cuyas partes están estructuradas formando una unidad, por ejemplo: un capacitor, un motor, el suelo, la roca, etc.

A los *hechos* también se les llaman *fenómenos*, lo que significa que un sujeto es quien percibe los hechos o los capta por medio de sus sentidos. Ejemplo: una *reacción química* es un fenómeno cuando éste lo capta una persona por medio de sus sentidos. En conclusión, todo aquello que forma parte de la realidad es un hecho, y *cuando este hecho es conocido por alguien*, se llama *fenómeno*. En cambio, no son hechos, los conceptos, los razonamientos, las fórmulas que de ellos se derivan, etc. Ejemplo: la idea del ser, una expresión matemática, etc.

De todo el conjunto de hechos que se presentan, *sólo una pequeña parte de ellos son observables*, y sobre esta pequeña parte, el científico inicia la investigación utilizándolos como documentos que confirman o sugieren la existencia tras de ellos de hechos más interesantes, o bien de relaciones entre hechos. Por ejemplo: una tarde de lluvia no es sólo un acontecimiento para el científico sino un fenómeno en donde se puede descubrir las relaciones entre sus diversos elementos: las nubes, las gotas de lluvia, la humedad del ambiente, etc.

¹ Sintetizado de Leyes, Teorías y Modelos de Yurén, 1990.

1.1.2. RELACIÓN

Se entiende por *relación* la conexión de una cosa con otra, o bien la acción y efecto de referir o referirse. Ejemplo de relaciones:

- *Cuando existe infección*, AUMENTA LA TEMPERATURA.
- *Los metales sometidos a la acción del calor*, SE DILATAN.

En los ejemplos precedentes encontramos que existe una conexión entre los fenómenos indicados en *letra cursiva* y los fenómenos indicados con MAYÚSCULAS. La relación no está expresada con palabras, pero se comprende.

Las relaciones no se pueden señalar y no se pueden tocar o experimentar. Sin embargo, podemos percatarnos de que existen distintas formas de relacionar los hechos (acontecimientos, procesos o cosas). Ejemplo: un conjunto de bloques se pueden relacionar, colocando uno sobre el otro, formando una torre, una pared, una pirámide, etc. Los bloques no cambian, lo que cambia es la relación entre ellos. A la *forma de relacionarse* se le llama *estructura*. La estructura cambia cuando la relación entre sus partes cambian; no necesariamente tienen que ser partes físicas (como los bloques), pues también hay relaciones entre cualidades y aspectos; a las *cualidades o aspectos*, se le llaman *elementos*.

1.1.3. RELACIÓN CONSTANTE

Analice los siguientes ejemplos:

Grupo A

- Yo conduzco cuidadosamente mi automóvil.
- Soy maestro de un grupo de 30 alumnos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Grupo B

- El calor dilata los metales.
- El agua hierve a 100 °C al nivel del mar.

Note lo siguiente:

- a). Los ejemplos del primer grupo dan a conocer relaciones entre hechos particulares. No dicen que “*todos conducen cuidadosamente su automóvil*”, sino únicamente que “*yo*” conduzco cuidadosamente mi automóvil, dígase lo mismo para el segundo caso; en cambio, en el grupo B dice que es “*el calor*” en general y *no una especie de calor* el que dilata los metales; el mismo razonamiento puede hacerse en el segundo caso.
- b). La relación en los ejemplos en el grupo A no es una relación necesaria, sino contingente, es decir, puede ser de otra manera; puesto que si soy maestro de un grupo de 30 alumnos

de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, hubiera podido suceder que el grupo fuera de 20 o de 70 alumnos y no habría nada que haga forzoso el hecho de que sean 30 alumnos. En el grupo B la relación entre los hechos es forzosa (porque no puede ser de otra manera) y es necesaria. Esto significa que si se somete cualquier metal a la acción del calor, se dilatará; si se pone el agua a la acción del fuego hasta que llegue a los 100 °C y además se está a nivel del mar forzosamente el agua hervirá. Además, este grupo muestra relaciones que son constantes; es decir, que *siempre* cualquier metal sometido al calor, se dilatará. Este tipo de relación es constante porque los hechos mencionados son considerados de una manera general y la relación entre ellos es necesaria.

- c). Los ejemplos del grupo A, muestran relaciones que no son constantes, es decir, que no se da el caso de que siempre todos los maestros tengan 30 alumnos, ni tampoco se da el caso de que siempre los conductores de automóvil, lo conduzcan con cuidado, sino que a veces sucede así y otras veces no. Esto se debe a que la relación que se da entre los hechos mencionados en esos ejemplos, es contingente y los hechos son particulares. De la particularidad y la contingencia se derivan el que la relación no sea constante.

Los tipos de relaciones que interesan a la ciencia son las que tienen las siguientes características:

- Generales
- Necesarias
- Constantes

Esto se debe a que la ciencia tiende a conectar con coherencia todos sus conocimientos, y sólo es posible hacerlo si éstos se refieren a relaciones que no varían, pues de otra forma no se podría dar como válido ningún conocimiento. Pero además, es necesario que esas relaciones constantes estén comprobadas, pues la ciencia no acepta los conocimientos sin verificarlos, ya que aspira a la objetividad y ésta se logra cuando refleja la realidad.

Para ejemplificar las características anteriores, se puede observar la analogía expresada por la función matemática $Y=2$ (debe recordarse que toda función matemática es una *relación* que existe entre dos conjuntos de números X y Y). Si esta función es representada gráficamente en un sistema de ejes coordenados (figura 1), para todos los valores positivos de X de 0 a 9, se puede resaltar lo siguiente:

- a). **Generalidad.** A *todos* los valores del 0 al 9 sobre el eje X les corresponde el valor de 2 en el eje Y .
- b). **Necesidad.** Es *necesario* que los valores en el eje X correspondan a un solo valor del eje Y para que se exprese como función constante.
- c). **Constancia.** Los valores del eje X , *siempre* son recíprocos al valor del eje Y .

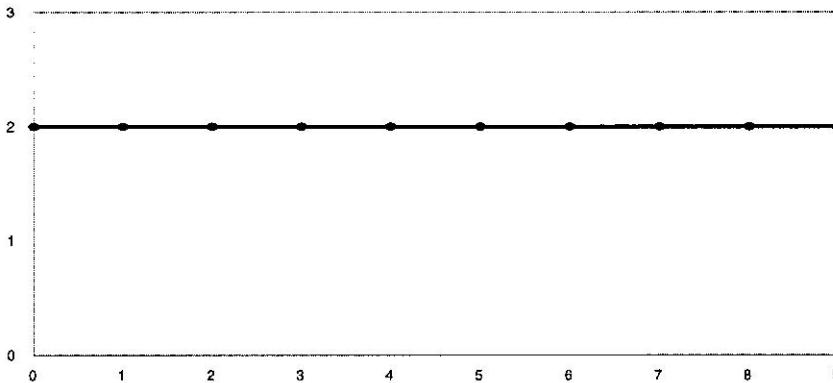


Figura 1. Analogía para las tres características de las relaciones que interesan a la ciencia.

1.1.4. NOCIÓN DE LEY

La ciencia se ocupa de las relaciones constantes e invariables entre los hechos, y a este tipo de relación se les llama ley. La palabra ley, se deriva del griego *nomos* que significa “mandato”, “imperativo”.

Ejemplo:

La tercera Ley del Movimiento de Newton dice: “a toda acción se opone siempre una reacción contraria e igual” es decir, que las acciones entre dos cuerpos son siempre iguales entre sí dirigidas en sentido contrario. Esto significa que la estructura² permanece, aunque los elementos varíen.

Así, todo cuerpo que atrae a otro, es a su vez atraído. Si un caballo tira de una piedra atada por una cuerda, también es atraído igualmente el caballo hacia la piedra, pues la cuerda tensa en todos sus puntos con el mismo esfuerzo y tirará el caballo hacia la piedra, lo mismo que de la piedra hacia el caballo, e impedirá en tanto el progreso o el avance de uno de ellos.

La misma ley se puede ilustrar diciendo que si un cuerpo **A** choca contra un cuerpo **B**, modifica su estado, pero a su vez, también el cuerpo **A** se ve modificado en el suyo. Con este ejemplo se nota que la característica principal de toda ley es de ser una relación constante entre dos o más variables y cuando se formula la ley, no se afirma que existan elementos que no cambian, sino que se afirma la invarianza es decir, la constancia o permanencia de ciertas relaciones, independientemente de los cambios entre los elementos relacionados. Por esta razón se dice que una *ley* es un esquema o estructura permanente de las cosas o acontecimientos que varían.

² Forma de relación que existe entre los elementos.

1.1.5. OBTENCIÓN DE LAS LEYES

Puesto que las leyes son relaciones constantes y las relaciones no son observables ni experimentables, entonces a las leyes se les comprende a partir de la observación de los hechos.

La información que el observador obtiene a partir de lo observado recibe el nombre de *dato*. Los *datos* son un conjunto de antecedentes que se pueden estudiar, analizar, reflexionar y ordenar para descubrir qué tipo de relación hay entre ellos. Al *dato* se le conoce al inicio de la investigación científica y se desconoce la relación que existe entre ellos; a esta *relación* se le llama *incógnita*. Los datos y la incógnita son los *elementos de un problema* que se plantea a manera de pregunta encaminada a resolver la incógnita (problema de investigación). La *respuesta provisional que se da a esa pregunta* recibe el nombre de *hipótesis*.

Ejemplo:

Joseph Henry, (1797-1878) investigador cuyos estudios fueron las primicias del telégrafo³, escribió lo siguiente:

“He llevado al cabo varios experimentos relativos a la electricidad; pero deberes más importantes no me permitirán verificarlos antes de que se imprima este boletín. No obstante, puedo mencionar un hecho que no he visto señalado en ninguna obra y que, según creo, pertenece a la misma clase de fenómenos que los antes descritos. Consiste en lo siguiente: cuando por medio de un ácido diluido se excita moderadamente una batería pequeña, y sus polos, que han de terminar en recipientes de mercurio, se conectan mediante un alambre de cobre de un pie de largo, no se ve chispa alguna, ni al formar la conexión ni al cortarla. Pero si en vez del alambre corto, se emplea uno de 30 ó 40 pies de largo, aunque no se ve ninguna chispa al hacerse la conexión; al cortarse la misma, sacando una punta del alambre de su recipiente de mercurio, produce una chispa brillante. Si fuera muy intensa la acción de la batería, el alambre corto daría una chispa; en este caso sólo es menester aguardar unos pocos minutos para que la acción cese parcialmente, y ya no dé más chispas el alambre corto; pero entonces, si se pone en el lugar de éste el alambre largo, se obtendría de nuevo una chispa. Parece que el efecto se acrecienta algún tanto, enrollando el alambre en forma de hélice, parece también que depende hasta cierto punto del largo y grueso del alambre”.

La pregunta de Joseph Henry se pudo haber formulado de la siguiente manera:

¿Cuál es la causa de que se produzca la chispa brillante?⁴

En este caso se conocían los datos, es decir, los elementos con que se produjo el experimento: ácido diluido, batería, alambre de cobre, etc., y el resultado del experimento fue la chispa brillante; sin embargo se desconoce la relación entre los primeros y el último, o sea que no se sabía por qué se producía.

³ Que posteriormente convirtió en realidad Samuel Morse.

⁴ Es una manera de plantear el problema de investigación.

Entonces formuló la pregunta, y a esa pregunta se le dio una *respuesta provisional* o *hipótesis*:

“No puedo explicarme estos fenómenos; supongo que el alambre largo se carga de electricidad, el cual, reaccionando sobre si mismo, lanza una chispa, cuando se corta la conexión”.

Esta explicación dada, es tomada como supuesto o premisa para derivar de ella conclusiones que sean contrastables. La *contrastación* o *comprobación de la hipótesis*, le da la categoría de *ley*, siempre y cuando la hipótesis cumpla con los siguientes requisitos:

- a). **Tener generalidad en algún aspecto**, es decir, que la ley debe aplicarse a todas o a casi todas las situaciones. Si la ley se refiere a un individuo (como ocurre con las leyes geofísicas que se refieren a nuestro planeta), exigiremos que el enunciado exprese el comportamiento regular. Si la ley se refiere a una clase, podremos tolerar, la casi generalidad como en el caso de: *“la mayoría de las sales de los metales alcalinos son muy solubles en agua”*. Al afinar o perfeccionar la ley, quedará: *“toda sal”*.
- b). **Confirmarse empíricamente** mediante la observación y experimentación, en un grado que se considere satisfactorio en el momento en que se declara ley.
- c). **Que la hipótesis esté formulada sobre un fondo científico**, es decir que pueda encajar dentro de un sistema⁵ científico plenamente desarrollado o por lo menos en gestación, estos rasgos distinguen a la ley de las generalizaciones propias del sentido común, las cuales:
 - i). Se refieren a acontecimientos de la vida cotidiana.
 - ii). No presuponen ningún conocimiento especializado.
 - iii). No se someten a contrastaciones metódicas.
 - iv). Son muy frecuentes los resúmenes o conjunciones de hechos observados (sumas de hechos).
 - v). Son aisladas, sueltas, no sistemáticas.

Ejemplo:

- El ojo de venado colgado en el cuello de los niños les evita el mal de ojo.
- El té de tila es bueno para el hígado.

Las leyes no son simples generalizaciones del sentido común sino son relaciones constantes, precisamente porque son necesarias y universales. La necesidad y universalidad se confirma empíricamente mediante el experimento⁶, y formalmente mediante la prueba lógica y matemática.

⁵ Cohesión o encadenamiento de conocimientos.

⁶ Experimento es la reproducción de un fenómeno en condiciones controladas.

1.2. TEORÍA

Una investigación llega a ser ciencia cuando se han construido teorías. *Los datos, los problemas de investigación, las hipótesis y las leyes sueltas, no constituyen una ciencia; se podría decir que las teorías son para la ciencia como la columna vertebral para los vertebrados. El progreso de la investigación científica culmina en la elaboración de teorías y a su vez esas teorías impulsan a iniciar una nueva investigación.*

La importancia de las teorías se hace patente si nos percatamos que:

- a). Los datos se obtienen a la luz de teorías y con la esperanza de concebir nuevas hipótesis que pueden a su vez emplearse o sintetizarse en teorías.
- b). La observación y la experimentación se realizan no sólo para recoger información y producir hipótesis, sino también para someter a contrastación (comprobación) las consecuencias de la teoría o bien para saber cuál es su dominio de validez.
- c). La función explicativa y predictiva de la ciencia se realiza en el seno de las teorías; la acción misma se basa en las teorías.

En fin, la teoría es un elemento sin el cual no hay ciencia.

1.2.1. CIENCIAS FACTUALES Y CIENCIAS FORMALES

En las secciones anteriores se hace referencia a los *hechos* y a las *relaciones*, tales conceptos serán de gran utilidad, pues una vez dada la diferencia, se puede comprender que existen ciencias que se ocupan de estudiar los hechos y las relaciones entre los hechos. Estas ciencias no consideran a las relaciones en sí mismas como estructuras, sino que las consideran siempre referidas a los hechos. Este tipo de ciencias que explican los hechos y sus relaciones se llaman *ciencias factuales* (hecho: facto).

Los hechos requieren de la experiencia para ser conocidos; las fórmulas legaliformes y las conclusiones que se infieren a partir de esos conocimientos referentes a los hechos, también requieren de la experiencia para ser convalidados. Dada la importancia de la experiencia en estas ciencias, se les ha llamado *ciencias experimentales*. Estas ciencias, como todas las ciencias, guardan un orden entre sus conocimientos, los estructuran y los relacionan. La relación, estructura y orden que guardan los conocimientos, constituyen su aspecto formal; es decir, que todas las ciencias tienen una forma, una columna vertebral que la sostiene; esa estructura está dada por la razón. Pero *el contenido de las ciencias factuales son los hechos y a ellos sólo se tiene acceso mediante la experiencia.*

Resumiendo, toda ciencia factual tiene:

- Una estructura o forma: se logra mediante la razón.
- Un contenido: hechos; se conocen mediante la experiencia.

Existen hechos naturales como son la luz, las células, los ácidos, etc.; y hechos sociales como una obra de teatro, una revolución, una huelga, etc. Dentro de las ciencias factuales que estudian los hechos naturales están la Física, la Química, la Biología y en las ciencias factuales que estudian los hechos sociales está la Sociología, la Economía, la Política, la Antropología y el Derecho.

Por otro lado, existe otro tipo de ciencias, las ciencias formales, que se ocupan de estudiar relaciones, pero sin referirlas a hechos. Este tipo de ciencias tienen como contenido entidades lógicas o matemáticas que no tienen una correspondencia en la realidad, por ejemplo: $2ab+2ab=4ab$. Son ciencias formales las Matemáticas y la Lógica porque no requieren de la experiencia, ni para conocer su objeto de estudio ni para convalidar sus fórmulas.

1.2.2. SISTEMA

El camino que se sigue en la investigación científica va de los datos (que es la evidencia con la que contamos) al problema de investigación; del problema a la hipótesis; de la hipótesis a la ley, de la ley a la teoría; y luego, de la teoría a la proyección de la teoría, sometiendo ésta a contrastación para obtener nuevamente evidencia.

Imaginemos la labor de un investigador: al principio se encuentra con datos aislados, formula hipótesis sueltas, sin conexión entre ellas; en este punto las ideas no se enriquecen unas a otras, ni están ordenadas, de tal manera que no se sabe cuáles controlan a cuáles; pero a medida que se desarrolla la investigación, se descubren relaciones entre las hipótesis antes aisladas, se comprueban para obtener leyes y se introducen nuevas leyes y ayudan a la fundamentación de la teoría. Se va haciendo una conexión entre las diversas leyes, ordenándolas coherentemente hasta formar una unidad. Esta cohesión o encadenamiento de leyes se llama *sistema* y el conjunto que resulta de ese encadenamiento, recibe el nombre de *teoría*.

Los sistemas de leyes son síntesis que incluyen a los datos (lo conocido), las leyes (de nivel alto o bajo), y lo que puede predecirse acerca de un tema dado, lo cual se deduce de la relación entre las leyes y el conjunto de conocimientos sobre ese tema.

1.2.3. DEDUCIBILIDAD

Una teoría es un sistema relacional de leyes. Esa relación permite deducir o derivar una serie de consecuencias. A esta propiedad se le llama deducibilidad. Esto significa que *una ley puede ocupar el papel de premisa o supuesto* en un razonamiento y se pueden derivar de ella conclusiones. Por ello es válido decir que una ley incluida en un sistema, es una hipótesis en sentido lógico. Debido a esto, a las teorías se les conoce también como *sistemas hipotético-deductivos*.

1.2.4. FORMALIZACIÓN

Los *supuestos iniciales* o premisas del sistema deductivo son proposiciones generales como: *axiomas* y *postulados*. Las consecuencias derivadas de estos supuestos se llaman *teoremas*. El término "*axioma*", en algunos casos, ha dejado de evocar la idea de evidencia y simplemente significa "*principio establecido hipotéticamente*", por lo que recibe el nombre de *postulado*. El *postulado* es una proposición admitida sin demostración pero apoyada por algún criterio de verdad.

En otras palabras, el *axioma* es una proposición tan sencilla y evidente que se admite sin demostración como: "el todo es mayor que cualquiera de sus partes". El *postulado* es una proposición no tan evidente como un *axioma* pero que también se admite sin demostración como: "hay infinitos puntos". El *teorema* es una proposición que puede ser demostrada. La demostración consta de un conjunto de razonamientos que conducen a la evidencia de la verdad de la proposición. En el enunciado de todo *teorema* se distinguen dos partes: la hipótesis, que es lo que se supone, y la tesis que es lo que se quiere demostrar.

Ejemplo:

- La suma de los ángulos interiores de un triángulo vale dos rectos (teorema).
- A, B y C son los ángulos interiores de un triángulo (hipótesis).
- La suma de los ángulos A, B y C vale dos rectos (tesis).

En la demostración se utilizan los conocimientos adquiridos hasta aquel momento, enlazados de una manera lógica. En la mayor parte de las teorías hay un pequeño subconjunto de supuestos iniciales que pueden considerarse centrales. Los demás supuestos pueden cambiarse sin afectar esencialmente la teoría.

Ejemplo:

El *axioma* central de la Mecánica Newtoniana es la fórmula: $F = m \times a$. El resto de los *axiomas* sólo tienen como función: fijar el campo de la teoría. Una vez establecidos los supuestos o premisas de la teoría, el trabajo ulterior consiste en construir, a partir de ahí, proposiciones nuevas (conclusiones justificadas por medio de demostraciones) y términos nuevos fijados por medio de definiciones.

Explicados ya los elementos principales de la formalización, *axiomas*, *postulados* y *teoremas*, se indicará a continuación el proceso que permite formalizar una teoría:

- Formulación explícita de los *axiomas* y *postulados*.
- Simbolización de los *axiomas*, *postulados* y conceptos básicos.
- Establecimiento de las reglas de deducción.
- Demostración de que toda proposición de la teoría es derivada de los *axiomas*.

El formar un sistema tiene para el científico las siguientes ventajas:

- a). Una proposición aislada no tiene significancia, o tiene escasa; en cambio una proposición dentro de un contexto puede adquirir pleno sentido, esto, gracias a la relación lógica con otros elementos de dicho contexto.

Ejemplo:

La proposición “la tierra es redonda”, en la época de Cristóbal Colón, carecía de significancia. Hubo que conectarla con otras proposiciones que expresaban datos, como: “los barcos desaparecen paulatinamente en el horizonte” o suposiciones como “si el sol siempre sale por el mismo lado, entonces la tierra debe girar sobre su propio eje”. Colón formó un sistema coherente de hipótesis, ordenándolas, conectándolas lógicamente y apoyándose en datos obtenidos empíricamente mediante la observación y la experimentación. Derivó consecuencias de su proposición y logró hacer predicciones como *“si tomo camino hacia occidente, en lugar de ir hacia oriente como siempre se ha hecho, entonces llegaré a las Indias”*.

Una vez elaborado el sistema hipotético-deductivo o teoría, emprendió la tarea de contrastarla o corroborarla, para lo cual se lanzó a hacer un viaje por mar rumbo a occidente.

- b). Al quedar absorbida por una teoría, una hipótesis recibe el apoyo o bien la refutación de un campo de conocimientos más amplio, mientras que una hipótesis aislada no tiene gran apoyo.

Ejemplo:

Supongamos que un abogado desea defender a un cliente en un juicio. Su hipótesis consiste en suponer que el acusado es inocente. Tal información dada aisladamente, carecería de fuerza para convencer al jurado, aun cuando el defensor pudiera derivar algunas conclusiones a partir de la hipótesis. Pero, puesto que se supone que un abogado defensor conoce su oficio, se ha de creer que ha elaborado una teoría respecto al caso de su cliente, de tal manera que la hipótesis de la inocencia del acusado, puede ser apoyada por hipótesis más fácilmente comprobables, como puede ser:

“Si estaba en la oficina en la hora en que se cometió el delito, entonces él no pudo cometerlo”.

Este ejemplo ilustra las ventajas mencionadas, que pueden resumirse así: al construir un sistema de hipótesis deben hacerse más precisas y deben reforzar su contrastabilidad (la posibilidad de comprobarla).

1.2.5. TEORÍAS FACTUALES Y TEORÍAS FORMALES

Ya se explicó anteriormente lo que es la formalización, sólo debe recordarse que en una teoría formalizada, las conclusiones (los teoremas) se derivan de los supuestos iniciales (axiomas o postulados) mediante la aplicación de las reglas de la inferencia deductiva.

La formalización de una teoría permite lograr precisión, una teoría no formalizada es una teoría natural y consiste en la organización de las generalizaciones empíricas formuladas por medio de palabras del lenguaje ordinario, planteadas con vaguedad y ambigüedad. Por esta razón estas teorías naturales son difíciles de criticar, de demostrar y de verificar.

Existen dos tipos de teorías formalizadas:

- a). Los *sistemas sintácticos* que consisten en una estructura formal sin referencia a hechos concretos. Cuando son formalizados, reciben el nombre de *teorías formales*.
- b). Los *sistemas semánticos*, que son aquellos en que los símbolos se pueden sustituir por términos que se refieren a hechos concretos; cuando son formalizados reciben el nombre de *teorías factuales*.

Estos dos conceptos, en teoría, dan origen a la clasificación de las ciencias mencionadas anteriormente. Aquellas ciencias que contienen teorías factuales reciben el nombre de *ciencias factuales*⁷, las ciencias que contienen teorías formales se llaman *ciencias formales*.

1.2.6. LA TEORÍA COMO SISTEMA EXPLICATIVO

La teoría es un sistema relacional de leyes, pero su papel no es solamente conectar leyes, sino también determinar el cómo y el porqué de esa relación; es decir, dar una explicación sobre un determinado campo de conocimientos que ha sido explicado de una manera fragmentaria por las leyes, pero que requiere de una explicación integrada. La teoría como unidad explicativa supone un objeto⁸ y un punto de vista⁹ y esto queda establecido desde el principio de una investigación, es decir, desde el momento de obtener datos.

Como ejemplo de lo expuesto en esta sección se pone a manifiesto la Teoría de la Relatividad de Albert Einstein, que modifica los conceptos del espacio y del tiempo (objetos) considerados como inamovibles o constantes. Esta teoría menciona que las leyes de la física de Newton son válidas, únicamente para un espectador que se encuentra en la Tierra, pero no para otro que estuviera en un lugar distinto del Universo (punto de vista).

Los datos por sí mismos no nos dicen nada, es necesario interpretarlos por medio de términos, que son expresiones de conceptos los cuales muchas veces no corresponden a una realidad

⁷ Hay que hacer la aclaración de que esta denominación se ha aplicado para cualquier ciencia que se ocupe de estudiar hechos

⁸ Aquello sobre lo que se investiga.

⁹ La manera como se estudia ese objeto.

observable directamente como por ejemplo: átomo, molécula, energía, etc. El científico interpreta los objetos de conocimiento que están a su alcance y estos objetos son el primer acercamiento con la realidad de su investigación. Los puntos de vista de cada investigador, le llevarán a distintos planteamientos del problema, sobre el mismo objeto y por lo tanto, también diferentes respuestas o explicaciones a ese planteamiento. Se puede hacer una comparación con lo siguiente: un tren pasa a 100 km por hora ante nosotros y un niño lanza dentro del tren una pelota a 20 km por hora en la dirección del tren, para el niño la pelota se mueve a 20 km por hora; para nosotros a 120 km por hora.

Ejemplo:

Un hueso fósil no es mas que un objeto de conocimiento para cualquiera que lo encontrara, pero si ese alguien que lo encuentra es un científico, éste le dará una interpretación muy particular, pues lo considerará como una evidencia y lo enfocará desde su punto de vista. Si este objeto es presentado a otro investigador, su opinión diferirá. De aquí que podemos afirmar que la construcción de teorías está determinado por el planteamiento inicial del problema.

1.2.7. DEMOSTRABILIDAD Y VERIFICACIÓN DE LAS TEORÍAS

La demostrabilidad es el resultado de la relación lógica entre los enunciados de una teoría y es fácil comprender que la formalización nos permite ver con toda claridad este aspecto que es puramente formal. La verificabilidad de una teoría, consiste en la posibilidad de determinar la verdad o falsedad de una teoría; aquí no se trata de una relación lógica sino de una relación entre enunciados y hechos mediante la experiencia.

Las teorías formales son demostrables, pero no son verificables por lo que no adquieren calidad de verdad o falsedad, pero se consideran coherentes o incoherentes. Las teorías factuales en cambio, pueden demostrarse y verificarse; y ambas cosas se complementan. La relación lógica entre los enunciados no nos muestra la verdad de las premisas, pero sí nos da la seguridad de que si las premisas son verdaderas, la conclusión tiene que ser verdadera, nosotros partimos de premisas verdad en la conclusión, ahora bien, para estar seguros de la verdad de los axiomas o postulados factuales (que son las premisas), el procedimiento es como sigue: de entre las consecuencias resultantes, se buscan teoremas que definen experimentos que pueden llevarse al cabo, si en todas las circunstancias la experiencia conduce al resultado establecido por el teorema, se dice que la hipótesis ha sido corroborada; recuérdese el ejemplo de Cristóbal Colón, en donde las experiencias corroboraron que se podía ir a Las Indias tomando el rumbo a Occidente, lo cual era consecuencia del razonamiento atribuido a Colón.

En cambio, cuando vemos que lo establecido por el teorema, contradice a los hechos, esto significa que por lo menos una de las premisas es falsa, pues no puede derivarse una conclusión falsa a partir de premisas verdaderas. Entonces se invalida la teoría, se examinan los supuestos y se presentan nuevos supuestos para que sean sometidos al mismo tratamiento.

En resumen, podemos afirmar que una teoría queda demostrada, es decir, probada formalmente cuando existe una relación lógica entre los enunciados, de los cuales unos son premisas y otros conclusiones derivadas de las primeras siguiendo las reglas de la lógica, descubrién-

dose que no hay contradicción en el seno de la teoría. A esta situación se le llama *consistencia interna*; pero cuando además se requiere que la teoría no contradiga otras teorías del mismo campo o de campos adyacentes significa que tiene *consistencia externa*. Gracias a esta conexión lógica, la teoría nos ofrece una versión sistemáticamente unificada de fenómenos diversos y la ciencia adquiere la categoría de corrección.

Una teoría queda verificada, es decir, corroborada o confirmada empíricamente cuando las consecuencias (teoremas) de la teoría, pueden ser confrontadas con los hechos y no los contradice. Cuando esto sucede, la teoría se clasifica como verdadera y se adquiere certeza respecto de ella, por lo cual podemos afirmar que la validez de la teoría es independiente de cualquier sujeto, es decir, *es objetiva*.

1.2.8. ALGUNOS RASGOS CARACTERÍSTICOS DE LA TEORÍA

Por lo anterior, es notorio que la teoría aumenta los conocimientos cuando las consecuencias lógicas se estiman, no sólo sobre la base de las premisas y las reglas lógicas, sino a la luz de los datos empíricos. Este aumento de conocimientos origina nuevos planteamientos de problemas y se abre un nuevo camino para otras leyes, teorías e investigaciones. Una buena teoría, es entonces, dinámica.

La correspondencia entre la teoría y el campo de conocimientos que abarca es global, es decir, que la teoría en su conjunto, corresponde de un modo más o menos imperfecto al objeto de estudio en su conjunto. Generalmente una nueva teoría no suprime enteramente las teorías anteriores, sino que conserva algunos de sus componentes, es pues *acumulativa*.

La formulación de una teoría factual requiere de dos tipos de principios:

- a). *Los principios internos*, que indican las características de los fenómenos básicos a los que se refiere la teoría y de las leyes que explican esos fenómenos.
- b). *Los principios puente*, que indican cómo se relacionan los procesos considerados por la teoría con fenómenos empíricos, con los que estamos familiarizados y que la teoría puede entonces explicar, predecir o retrodecir.

1.2.9. FUNCIÓN DE LA TEORÍA

Para comprender la función de la teoría en la ciencia, es necesario conocer los objetivos que muevan a los científicos a teorizar:

- Sistematizar el conocimiento estableciendo relaciones lógicas entre leyes.
- Explicar dichas leyes.
- Incrementar el conocimiento.
- Reforzar la contrastabilidad de las hipótesis sometiéndolas al control de las demás hipótesis del sistema.

Además de estos objetivos principales, tenemos objetivos adicionales:

- Orientar la investigación, es decir, planteando o reformulando problemas científicos fecundos, sugiriendo formas de recolección de datos e inspirando nuevas líneas de investigación.
- Ofrecer un mapa de un sector de la realidad, esto es, una representación o modelo de objetos reales (y no solamente un agregado de datos) y un procedimiento para producir datos nuevos (previsiones).

El *papel de la teoría en la ciencia*, es fundamentalmente explicativo; las teorías se introducen normalmente cuando estudios anteriormente realizados de una clase de fenómenos han revelado un sistema de leyes; las teorías intentan por tanto, explicar este sistema de leyes y proporcionar una comprensión más profunda y exacta de los fenómenos en cuestión.

Otra de las funciones de la teoría es la predicción, un ejemplo lo tenemos en la teoría de Newton que incluye presunciones específicas expresadas en la ley de la gravitación y las leyes del movimiento. La explicación y la predicción de cualquier hecho real, requiere la cooperación de cierto número de teorías, aproximadamente una para cada aspecto del hecho.

En toda teoría, aparte de la generalización ya explicada se requiere un trabajo de simplificación de datos e invención para que se comprenda mejor. La simplificación afecta ante todo, el material empírico, y tiene como resultado la selección de unas cuantas variables que, por alguna razón se suponen esenciales, así como la selección de unas pocas relaciones clave entre ellos. Muchas de ellas no quedan en absoluto sugeridas por el conocimiento empírico disponible, entonces se inventan o se crean. La invención o el trabajo de conjetura culminan en un modelo del sistema de estudio.

2. LA INVESTIGACIÓN

Una de las cualidades esenciales del ser humano es su tendencia a comprender y explicar el mundo que le rodea y buscar el sentido de las cosas. Esta capacidad innata, tendiente a la búsqueda de la verdad y la razón de ser de la existencia, constituye el motor que lo ha impulsado, para lograr un avance substancial de la ciencia y la tecnología. Así pues, la investigación es una actividad inherente a la naturaleza humana, aunque no por eso se pretenda afirmar que todos los seres humanos sean investigadores.

La *investigación científica* consiste en una serie de etapas a través de las cuales se busca entender, verificar, corregir y aplicar el conocimiento, por medio de la aplicación del *método científico* procurando tener información importante y fidedigna.

La investigación científica consta de dos partes, a saber:

1. **La investigación como parte del proceso** (*metodología*); la cual nos indica *cómo* realizar una investigación dado un problema, es decir, qué pasos se deben seguir para lograr la aplicación de las etapas del método científico a una determinada investigación.
2. **La investigación como parte formal** (*reporte*), esta es más mecánica; hace relación de la manera como se debe presentar el resultado final de la investigación, lo que comúnmente llamamos el Informe de la Investigación.

Existen varias definiciones de investigación:

- Es una indagación o examen cuidadoso o crítico en la búsqueda de hechos o principios; una diligente pesquisa para averiguar algo.
- La investigación, por ser sistemática, genera procedimientos, presenta resultados y debe llegar a conclusiones, ya que la sola recopilación de datos o hechos y aun su tabulación no son investigación, sólo forman parte importante de ella.
- Es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico, que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano.
- Es una serie de métodos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan ser obtenidas a través de una serie de operaciones lógicas tomando como punto de partida datos objetivos.

La investigación científica como base fundamental de las ciencias, parte de la realidad, investiga esa realidad, la analiza, formula hipótesis y fundamenta nuevas teorías.

2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

El *objetivo* general de la investigación científica es la *descripción, explicación y predicción* de la conducta de los fenómenos, es decir, la búsqueda de nuevos conocimientos.

Específicamente, la investigación tiene los siguientes objetivos (Münch y Ángeles, 1991):

- Entender y desarrollar los conocimientos de un tema.
- Profundizar y precisar acerca de tesis o argumentos científicos.
- Llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en el diseño de una investigación.
- Interrelacionar y precisar. Encontrar el sentido último de los fenómenos de la naturaleza y de la sociedad mediante la integración de teorías ya existentes.
- Establecer principios generales para ofrecer soluciones a problemas prácticos.
- Encontrar los factores centrales en relación con un problema.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Deben tomarse en cuenta los elementos que esperamos estén dentro de una investigación científica; citarlos a todos sería dificultoso por su gran cantidad, por esa razón se mencionan aquellos que más peso tienen y éstos son:

- La creatividad por parte del investigador.
- El rigor del estudio.
- La integridad con que se maneje la investigación.

Además de estos elementos, Münch, plantea los siguientes atributos que deben imperar en las investigaciones:

- a). Sistematización y exactitud.** Debe realizarse partiendo de un plan en el que se formule el problema y las hipótesis, se recopilen datos y se ordene y analice la información con la mayor exactitud posible.
- b). Objetividad y lógica.** La investigación debe ser objetiva, es decir, el investigador debe eliminar preferencias y sentimientos personales, y se deberán buscar únicamente aquellos datos que confirmen las hipótesis, de ahí que emplea todas las pruebas posibles para el control crítico de los datos recogidos y los procedimientos empleados. En otras palabras, la investigación debe describir y explicar los fenómenos, eliminando criterios subjetivos y basándose en el método científico, además de utilizar todas las pruebas necesarias para controlar la validez y confiabilidad de los datos.
- c). Delimitación del objeto de conocimiento.** Al explicar las causas o razones de fenómenos específicos, la investigación debe enfocarse a temas delimitados con precisión.

- d). **Enfoque sistemático.** Los datos del fenómeno por investigar, que inicialmente se encuentran dispersos, se integran, mediante el proceso de investigación, en un todo con sentido y significado.
- e). **Fundamentación de la metodología.** La investigación científica siempre se vale del método y la técnica.
- f). **El proceso de la investigación no es lineal.** Las etapas del proceso de la investigación *no tienen una secuencia mecánica ni rígida*. Las etapas que proporcionan los distintos diseños de investigación en la metodología deben ser adaptadas por cada investigador según los requerimientos del estudio, sin olvidar que existen criterios generales que deben observarse de acuerdo con el método.

Para que la investigación se considere importante, deberá reunir las siguientes características:

- a). Debe incrementar el conocimiento sobre un tema relevante en la práctica de la profesión y reforzar la actitud de utilizar enfoques objetivos y sistemáticos para resolver problemas.
- b). El problema de estudio es cualquiera dentro de la realidad del conocimiento humano, en tanto éste, demuestre estar relacionado con las empresas profesionales de la sociedad.
- c). El valor de lo producido es juzgado por el hecho de que, si el estudiante o profesionista demuestra o no, competencia para aplicar y reportar procedimientos de investigación y reconocer las aplicaciones potenciales de los resultados y conclusiones en la práctica profesional.
- d). El conocimiento se incrementa cuando se relaciona con las prácticas profesionales y consecuentemente guía substancialmente el mejoramiento de la profesión.
- e). Los métodos de investigación usados son determinados, creados o adaptados por el investigador con ayuda de un estadístico si se requiere,¹ para adecuarlos a los problemas que requieren ser probados. Los investigadores toman prestados en forma libre procedimientos de otras disciplinas si observan que ellos son útiles para ayudar a resolver el problema.

De lo anterior, podemos afirmar que los trabajos de investigación *deberán tener una misión social² en la profesión*, es decir apoyarla y hacerla crecer. Entre mejor se entienda el papel social y su función, estará mejor preparado el profesionista para conducir o dirigir investigaciones.

La investigación produce hechos e ideas, las cuales a su tiempo, servirán para retroalimentar el pensamiento y conocer, de esta manera qué cosas son importantes para considerarlas en el estudio de un problema. La investigación por sí misma nunca produce soluciones; *el pensamiento humano es el que resuelve los problemas*. Sólo cuando pensamos sobre la información

¹ Recuerde que la investigación es interdisciplinaria.

² La investigación deberá ser humanística.

generada por la investigación es probable que un resultado válido confiable y útil sobre lo obtenido, se encuentre. Es por lo que es muy importante *la experiencia* que tenga el investigador en el área de estudio.

La calidad de un trabajo de investigación dependerá del tipo de investigación que se realice y del conocimiento que sea aplicado en el proceso. La investigación recoge conocimientos o datos de fuentes primarias y lo sistematiza para el logro de nuevos conocimientos. *No es investigación confirmar o recopilar lo que ya es conocido o ha sido escrito o investigado por otros.* La característica fundamental de la investigación es el descubrimiento de principios generales, sin embargo, el investigador parte de resultados anteriores, que le ayudan a los planteamientos, proposiciones o respuestas en torno al problema que le ocupa.

Para ello debe:

- Plantear cuidadosamente una metodología.
- Recoger, registrar y analizar los datos obtenidos.
- Para recoger los datos emplea instrumentos válidos y reconocidos científicamente.
- De no existir estos instrumentos debe crearlos.

Finalmente, una vez sistematizados los datos son registrados y expresados mediante un informe o documento de investigación (parte formal de la investigación), en el cual se indica la metodología utilizada y los procedimientos empleados para llegar a las conclusiones presentadas las cuales se sustentan por la misma investigación realizada.

2.3. FORMAS DE INVESTIGACIÓN

a). **Investigación básica.** A la investigación pura se le da el nombre de básica o fundamental, se apoya dentro de un contexto teórico y su propósito fundamental es el de desarrollar teoría mediante el descubrimiento de amplias generalizaciones o principios. Esta forma de investigación emplea cuidadosamente el procedimiento de muestra, a fin de extender sus hallazgos más allá del grupo o situaciones estudiadas. Poco se preocupa de la aplicación de los hallazgos, por considerar que ello corresponde a otra persona y no al investigador.

No obstante la carencia de aplicación inmediata, esta forma de investigación busca el progreso científico y su importancia reside en que presenta amplias generalizaciones y niveles de abstracciones con miras a formulaciones hipotéticas de posible aplicación posterior. La investigación básica o fundamental es un proceso formal y sistemático, coordina el método científico, de análisis y generalización con las fases deductivas e inductivas del razonamiento.

Como ejemplo de investigación básica tenemos:

"Un modelo de homogeneidad marginal para tablas de contingencia 1x1"

b). Investigación aplicada. A la investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica y se encuentra íntimamente ligada a la anterior ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Aquí se aplica la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a una utilización inmediata y no al desarrollo de teorías.

Un ejemplo de investigación aplicada es el siguiente:

*“Aprovechamiento de peces forrajeros en la alimentación del pejelagarto *Atractosteus Tripterus* Gill en jaulas flotantes en el Estado de Tabasco, México”*

2.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Cuando se va a resolver un problema en forma científica es conveniente tener conocimiento de los tipos de investigación que se pueden seguir. Este conocimiento hace posible evitar equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico. Es importante recalcar que los tipos de investigación no se presentan puros, generalmente se combinan entre sí y obedecen sistemáticamente a la aplicación de la investigación. Tradicionalmente se presentan tres tipos de investigación.

2.4.1. INVESTIGACIÓN HISTÓRICA

La investigación histórica, es una investigación retrospectiva; trata de la experiencia pasada, se aplica no sólo a la historia sino también a las ciencias de la naturaleza, al derecho, a la medicina, a las ingenierías y a cualquier otra disciplina científica.

Ejemplo:

“Fronteras y Relaciones Internacionales de México durante el siglo XIX”.

En la actualidad, la investigación histórica se presenta como una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos del pasado. La tarea del investigador en este tipo de investigaciones tiene las siguientes etapas:

- Enunciado del problema.
- Recolección de la información.
- Crítica de datos y fuentes.
- Formulación de hipótesis.
- Interpretación e informe.

A continuación describiremos cada una de ellas:

- a). **Enunciado del problema.** La indagación histórica se da cuando se quiere entender un hecho o experiencia del pasado. Al igual que cualquier indagación científica, nace de una situación problemática que impulsa al investigador a emprender la búsqueda de una solución. Al iniciar el proceso, el investigador no tiene una noción clara del problema, pero luego intenta aislar uno a uno los elementos fundamentales de su incertidumbre y llega a formular un enunciado simple, claro y completo.
- b). **Recolección del material informativo.** El investigador cuenta con fuentes primarias y secundarias. De las fuentes primarias, el investigador obtiene las mejores pruebas disponibles: testimonio de testigos oculares de los hechos pasados y objetos reales que se usaron en el pasado y que se pueden examinar ahora. Estas fuentes constituyen elementos básicos de la investigación. El investigador recurre también a fuentes secundarias, es decir, la información que proporcionan las personas que no observaron directamente la situación. Estos datos se encuentran en enciclopedias, diarios, revistas, publicaciones periódicas y otros materiales. Las fuentes primarias y secundarias pueden hacer que el investigador modifique el esquema del problema cuando la información indique que ello es necesario.
- c). **Crítica de datos y fuentes.** El investigador examina cuidadosamente cada uno de los elementos de que dispone y procura determinar qué grado de confiabilidad posee. Somete sus documentos a una crítica externa e interna. Mediante la crítica externa, el investigador verifica la autenticidad o la validez de un vestigio a fin de ver si le sirve como prueba. Formula una serie de preguntas hasta determinar *cuándo, dónde y por qué* fue producido un documento o vestigio y verificar quién fue su autor. Procura restaurar la forma original y el lenguaje empleado por el autor. La crítica interna tiene por objetivo determinar el significado y la confiabilidad de los datos que contiene el documento; condiciones en la que se produjo, validez de las premisas intelectuales que usó el autor y la interpretación concreta de los datos. Conocerá el motivo que indujo al autor a redactar un informe y si expresa sus verdaderos sentimientos.
- d). **Formulación de hipótesis.** El investigador, basado en las fuentes y la crítica de las mismas propone distintas hipótesis que expliquen los hechos. Éstos, aislados, carecen de significado; en consecuencia los investigadores no pueden limitarse a describirlos y clasificarlos según sus características superficiales.
- e). **Interpretación e informe.** La exposición del investigador incluye el enunciado del problema, una reseña de la literatura utilizada, los supuestos básicos de las hipótesis, la formulación de esta última, los métodos que se emplearon para ponerla a prueba, los resultados que se obtuvieron, las conclusiones a que se llega y una bibliografía.

2.4.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes, o sobre

cómo una persona, grupo o cosa, se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. La tarea del investigador en este tipo de investigaciones tiene las siguientes etapas:

- Descripción del problema.
- Definición y formulación de hipótesis.
- Supuestos en que se basan las hipótesis.
- Marco teórico y conceptual.
- Selección de técnicas de recolección de datos (muestreo).
- Categorías de datos a fin de facilitar relaciones.
- Verificación de validez de instrumentos.
- Recolección de los datos.
- Descripción, análisis e interpretación.
- Conclusiones.

Ejemplo:

“Descripción de una especie nueva del género Neochasmus (TREMATODA: CRYPTOGONIMIDAE) parásita de peces de Tabasco, México”.

(Lamothe, et al. 1991).

2.4.3. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Este tipo de investigación, se refiere a una investigación prospectiva. Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas. Este tipo de investigación presenta las siguientes etapas:

- a). Presencia de un problema. Para el cual se ha realizado una revisión bibliográfica.
- b). Identificación y definición del problema.
- c). Definición de hipótesis y variables. Y la operatividad de las mismas.

- d). Diseño del plan experimental. Tiene los siguientes aspectos:
- i). Diseño de investigación.
 - ii). Determinación de la población y muestra.
 - iii). Elaboración de instrumentos y procedimientos para la obtención de datos.
 - iv). Verificación de validez de instrumentos.
 - v). Recopilación, descripción, análisis e interpretación de datos.
- e). Discusión de los resultados y conclusiones.
- f). Informe de la investigación.

Como ejemplo podemos citar a un experimento controlado, que consiste en la selección de dos muestras aleatorias; una, la muestra experimental sujeta a una variable especial, y la otra, la muestra de control no sujeta a la influencia de la misma variable. Comparando las características finales de las dos muestras se puede determinar el efecto del experimento. Cuando se presenta una diferencia significativa entre la muestra experimental y la muestra de control, es necesario analizar la hipótesis y volver a realizar el experimento. La dificultad se encuentra en lograr la uniformidad de las características de la muestra experimental y la muestra de control.

Ejemplo:

"El efecto del aprendizaje temprano y la selección del alimento en roedores".

(Espinoza y Armella, 1991)

En torno a la investigación experimental se presentan diversos tipos de diseños experimentales: diseño completamente al azar, diseño de bloques completos al azar, diseños de cuadros latinos, diseños de cuadros grecolatinos, diseños de bloques incompletos, etc.

En la investigación comparativa se usan como herramientas de prueba de hipótesis: el análisis de varianza y el análisis de regresión.

2.5. EL MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL

El asombroso avance de las ciencias experimentales, también llamadas factuales, como la Física, Química, Biología, Sociología, etc. , se debe en gran medida a que los científicos que han contribuido a su desarrollo, se han preocupado porque sus métodos de trabajo cumplan con ciertas reglas, apoyadas fuertemente en la lógica y en el sentido común; dichas reglas constituyen lo que se conoce como *método experimental* y han sido estudiadas y analizadas por los filósofos.

El método científico es la *sucesión de pasos* que debemos dar para *descubrir* nuevos conocimientos, o en otras palabras, para comprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos desconocidos hasta el momento. Resumiendo, podemos decir que el

método científico es un conjunto de procedimientos en los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo. El método científico se caracteriza por ser generalmente:

- Tentativo.
- Verificable.
- De razonamiento riguroso y
- Observación empírica.

Los elementos fundamentales del método científico son los conceptos y las hipótesis.

2.5.1. ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

En el método científico se conjugan la inducción y la deducción, es decir, se da un pensamiento reflexivo. En este proceso tiene cinco etapas para resolver un problema. A saber:

- a). **Percepción de una dificultad.** El individuo detecta algún problema que le preocupa y se encuentra sin los medios para llegar al fin deseado; actúa con dificultad para determinar el carácter de un objeto, o no puede explicar un acontecimiento inesperado.
- b). **Identificación y definición de la dificultad.** El individuo efectúa observaciones que le permiten definir el problema con mayor precisión.
- c). **Soluciones propuestas para el problema (hipótesis).** A partir del estudio de los hechos, el individuo formula conjeturas acerca de las posibles soluciones del problema; esto es, formula hipótesis.
- d). **Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas.** El individuo llega a la conclusión de que si cada hipótesis es verdadera, la seguirán ciertas consecuencias.
- e). **Verificación de las hipótesis mediante la acción.** El individuo pone a prueba cada una de las hipótesis buscando hechos observables que permitan confirmar si las consecuencias que deberían seguir se producen o no. Con este procedimiento puede determinar cuál de las hipótesis concuerda con los hechos observables y así hallar la solución más confiable para su problema.

Las características del método científico son las siguientes:

- a). **Es fáctico.** Porque se apega a los hechos.
- b). **Trasciende los hechos.** Los científicos expresen la realidad para ir mas allá de las apariencias.
- c). **Verificación empírica.** Se vale de la verificación empírica para formular respuestas a los problemas planteados y para apoyar sus propias afirmaciones.

- d). **Autocorrectivo.** Esta permanente confrontación hace que el método científico sea además autocorrectivo y progresivo; autocorrectivo en cuanto va rechazando o ajustando las propias conclusiones; es progresivo ya que al no tomar sus conclusiones como infalibles y finales, está abierto a nuevos aportes y a la utilización de nuevos procedimientos y nuevas técnicas. Es decir, está en constante evolución.
- e). **Formulaciones de tipo general.** El hecho singular interesa en la medida en que éste es miembro de una clase o caso de una ley; más aún, presupone que todo hecho es clasificable.
- f). **Es objetivo.** La objetividad no sólo es lograr el objeto tal como es, sino evitar la distorsión del sujeto que lo conoce mediante las circunstancias concretas. Un hecho es un dato real y objetivo.

2.5.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos de las ciencias factuales, es la *creación de modelos* que permitan predecir el comportamiento de algunos fenómenos de la naturaleza; dichos modelos son en principio aproximados, pero a medida que aumenta el conocimiento de la naturaleza, se refinan y amplían para dar lugar a leyes y teorías, lo que significa un grado de confiabilidad mayor que en el simple modelo.

Los investigadores emplean el método científico para resolver diversos tipos de problemas; por ejemplo, el científico que se dedica a la investigación pura, usa este método para lograr nuevos conocimientos. Los investigadores que cultivan la investigación aplicada, lo utilizan cuando quieren hallar un nuevo producto que mejore las condiciones de vida, cuando requieren mejorar sus tecnologías o bien cuando tienen incertidumbre en la toma de decisiones.

La búsqueda del conocimiento es un proceso lento pero las soluciones son aproximativas. A pesar de los avances logrados en la búsqueda del conocimiento, el hombre no ha encontrado aun un método perfecto para obtener respuestas a sus problemas.

Finalmente se puede afirmar que el método científico ha demostrado ser un medio útil para adquirir conocimientos en todos los campos de la ciencia.

2.6. MÉTODOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Es muy aventurado explicar de una manera breve en qué consisten los métodos de investigación científica. Para fines de información *muy general* se enunciarán las características esenciales de cada método; hacemos notar que el hecho de presentarlos aislados *es sólo* para lograr una mayor comprensión de éstos, ya que en el proceso de investigación se interrelacionan y se aplican varios métodos al mismo tiempo.

2.6.1. **MÉTODO INDUCTIVO**

El método inductivo es un proceso en el que, a partir del estudio de casos particulares, se obtienen conclusiones o leyes universales que explican o relacionan los fenómenos estudiados.

Ejemplo:

Mediante la observación de la productividad de un grupo de trabajadores en la construcción de una carretera, ante determinados factores de motivación, se obtiene una teoría acerca de la motivación en la compañía.

El método inductivo utiliza:

- La observación directa de los fenómenos.
- La experimentación.
- El estudio de las relaciones que existen entre ellos.

Inicialmente se separan los actos más elementales para examinarlos en forma individual, se observan en relación con fenómenos similares, se formulan hipótesis y a través de la experimentación se contrastan.

También pueden ser utilizados los siguientes métodos:

1. **Método de concordancia.** Analiza varios hechos y observa los datos que se encuentran relacionados en forma análoga con el fenómeno por investigar.
2. **Método de residuos.** Cuando una parte del fenómeno se atribuye a otro de los antecedentes, se admite que esta parte o residuo es efecto del grupo restante de dichos antecedentes.
3. **Método de la diferencia.** Analiza los casos que difieren por la presencia o ausencia de características en el fenómeno.
4. **Método de la variación concomitante.** Estudia las diferencias halladas en la evolución de un fenómeno que coinciden con la evolución de otros fenómenos.

2.6.2. **MÉTODO DEDUCTIVO**

Consiste en obtener conclusiones particulares a partir de una ley universal.

Ejemplo:

La aplicación de la ley de los grandes números formulada por Bernoulli. Esta ley es un fundamento del muestreo estadístico, en el que, para obtener los datos necesarios, en lugar de aplicar una encuesta a toda la población se aplica una muestra representativa.

El método deductivo consta de las siguientes etapas:

- Determina los hechos más importantes en el fenómeno por analizar.
- Deduce las relaciones constantes de naturaleza uniforme que dan lugar al fenómeno.
- Con base a las deducciones anteriores se formula la hipótesis.
- Se observa la realidad para comprobar la hipótesis.
- Del proceso anterior se deducen leyes.

Mientras que en el método inductivo se parte de los hechos para hacer inferencias de carácter general, el método deductivo parte siempre de verdades generales y progresa por el razonamiento.

2.6.3. **MÉTODO SINTÉTICO**

Es un proceso mediante el cual se relacionan hechos aparentemente aislados y se formula una teoría que unifica los diversos elementos. El historiador que realiza investigación documental y de campo acerca de la comunidad, integrando todos los acontecimientos de determinada época, aplica el método sintético.

2.6.4. **MÉTODO ANALÍTICO**

En este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. La Física, la Química, la Biología utilizan este método; a partir de la experimentación y el análisis de un gran número de casos, se establecen leyes universales.

Si se analizan las características de los métodos explicados anteriormente, es fácil concluir que todos ellos se relacionan y complementan. A partir del *método analítico* se observan fenómenos singulares; con la *inducción* se formulan *leyes* universales; mediante el *método deductivo* se aplican esas leyes a *situaciones particulares*; y a través de la *síntesis*, se integran *conocimientos* aparentemente no relacionados.

Por otra parte, existe una íntima relación entre el método *deductivo y el sintético* y el método *inductivo y el analítico*, ya que la inducción puede considerarse como un caso de análisis, y la deducción como una parte de la síntesis.

3. EL PROBLEMA, LAS HIPÓTESIS Y LOS OBJETIVOS

3.1. EL PROBLEMA

Una dificultad muy común al inicio de todo trabajo de investigación radica en el *planteamiento del problema* y en entender el significado de la investigación en general.

La investigación, al nivel más simple, es la búsqueda de un conocimiento; la búsqueda de algo que es importante entender (al menos para el investigador). Sin embargo, investigar, no solamente es buscar; sobre todo si se quiere hacer de una manera formal, en donde los resultados sean publicados y contribuyan a aumentar el conocimiento y/o entendimiento de otros profesionistas. La búsqueda deberá ser, por lo tanto, para establecer hechos y principios que sean lo bastante accesibles para ser utilizados por otros.

Al planear y pensar en el problema se debe preguntar constantemente: si realizo mi investigación ¿cuáles son los resultados posibles y cuáles son los aportes que con ellos se consigue?; es una pregunta difícil de responder, pero es importante porque ello lleva al investigador a la parte medular del propósito y la importancia del tema.

La identificación, análisis y el planteamiento del problema es la sección más corta pero quizá la más importante en un trabajo de investigación ya que de ello depende la congruencia y claridad del diseño del proyecto.

Los problemas de orden científico, como objeto de estudio de la investigación, se pueden definir de la siguiente manera:

- a). Es cualquier dificultad que no se puede resolver automáticamente, es decir, con la sola acción de nuestros reflejos instintivos y condicionados, o mediante el recuerdo de lo que hemos aprendido anteriormente.
- b). Es el punto de partida de la investigación, surge cuando el investigador encuentra una *laguna teórica* dentro de un conjunto de datos conocidos, o un hecho no abarcado por una teoría, un tropiezo o un acontecimiento que no encaja dentro de las expectativas en su campo de estudio.
- c). *El problema surge como una pregunta* de observación más o menos estructurada y se le considera como un instrumento para generar nueva información. El investigador primeramente reconoce los hechos y por un proceso de *selección* (de lo que cree que es relevante)

y *supresión* (de lo que se considera irrelevante), genera una pregunta coherente, y es probable, que aquí se encuentre la parte más genuinamente creativa de la investigación científica.

- d). Nos da una guía a seguir en todo lo que vendrá después y al mismo tiempo debe basarse en un acuerdo muy serio entre el investigador y el consejero³.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PROBLEMAS CIENTÍFICOS

No todo problema es un problema científico, los problemas científicos son exclusivamente aquellos que se plantean sobre un trasfondo científico y se estudian por medios científicos y con el objetivo primario de incrementar nuestro conocimiento.

Si el objetivo de la investigación es práctico más que teórico, y los instrumentos son científicos, entonces el problema se enfoca a la ciencia aplicada o tecnología, y no de ciencia pura. Sin embargo hay que considerar que no es una línea rígida la que separa los problemas científicos de los tecnológicos, pues un mismo problema, planteado y resuelto con cualquier fin, puede dar una solución que tenga ambos valores, el cognoscitivo y el práctico.

Los problemas por resolver implican la necesidad de hallar la respuesta a una cuestión indagada, descifrar los valores de ciertas incógnitas, descubrir algún proceso desconocido, encontrar la manera de intervenir en el comportamiento de un proceso para cambiarlo, construir objetos e instrumentos, formular nuevos conceptos, inferir conclusiones, establecer hipótesis, comprobar o eliminar experimentalmente la conclusión de un razonamiento, o resolver la contradicción entre dos o más posibilidades incompatibles.

Para identificar problemas científicos es conveniente recordar los rasgos esenciales del pensamiento científico. Entre los rasgos fundamentales de la ciencia se puede mencionar *la racionalidad, la objetividad y la sistematicidad*. El conocimiento científico es racional porque está constituido por conceptos, juicios y razonamientos y no por sensaciones, imágenes, reglas de conducta, emociones, etc. Aunque el científico puede basarse en un momento dado en imágenes o ilustraciones, su finalidad es llegar a *ideas*, a *conceptos*. La objetividad en el conocimiento científico, significa que el hombre de ciencia pretende llegar a ideas que expresen lo que realmente es el objeto por conocer, independientemente de todo elemento *subjetivo* como podría ser el disgusto o el agrado.

La *sistematicidad* se explica en la medida en que la ciencia no busca conocimientos dispersos, sino que trata de unificarlos. El conocimiento científico no aumenta por simple acumulación. Todo conocimiento científico es parte de un conjunto al que está relacionado de manera tal, que sólo cobra todo su sentido en función de ese conjunto. No se entenderá qué es un tejido, si no tenemos en cuenta al órgano de que forma parte; y sólo se entiende el aparato si tenemos

³ El planteamiento del problema en instituciones donde se realiza investigación de alta calidad debe ser cuidadosamente analizada por el consejero y una vez aceptado, no puede ser cambiado sin la autorización del mismo.

en cuenta la totalidad del organismo. Cuando existe esta relación de todo a parte, tenemos un sistema. La ciencia está formada por un conocimiento sistemático.

El carácter útil de la ciencia se entiende en la medida que sus conocimientos pueden ser aplicados; la ciencia nos enseña los procedimientos para averiguar cómo son las cosas y las leyes que rigen los procesos naturales y consecuentemente, a utilizar la naturaleza para servicio del hombre (López, 1990).

3.1.2. ¿CÓMO REDACTAR LOS PROBLEMAS?

El planteamiento del problema ayuda a pensar acerca del propósito del estudio como una forma de conceptualizarlo y escribirlo de manera clara. Cuando se redacte la introducción, *es recomendable agregar un párrafo en el que exprese el propósito del estudio, antes de definir el problema*, éste debe ser breve y de información relacionada con él. Es necesario indicar el *porqué* se propone el estudio, *qué* es lo que se puede satisfacer y con respecto a los resultados anticipados del estudio, indicar *cómo* está propuesto. Después de definir el propósito, un párrafo de dos o más líneas es suficiente para plantear el problema. Seleccione sus palabras con cuidado, no prometa más de lo necesario para realizar un trabajo de alto nivel en un tiempo razonable. Debe ser expresado como una pregunta o declaración, preferentemente planteada por el estudiante o investigador, con la ayuda del consejero y dependiendo del tema. Sin embargo deberá anotarse también en la sección de materiales y métodos.

Ejemplo:

Este estudio investiga: *Cuál es la dosis óptima de nitrógeno, para la fertilización de coníferas tropicales de rápido crecimiento, considerando diferentes fuentes de nitrógeno a partir de fertilizantes químicos.*

Si reconocemos que el planteamiento del problema es fundamental para la elaboración del proyecto y desarrollo de la investigación, es necesario que en su descripción y presentación se tomen en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Su presentación debe ser objetiva, clara y concisa.
- Se debe ubicar dentro del contexto espacio, tiempo y objeto.
- Se deben incluir las variables involucradas en el estudio.
- Debe ser consecuente de hechos observados y/o conocimientos teóricos comprobados.
- Debe proponer las posibles relaciones entre variables, como alternativas de solución al problema.

La primera recomendación, se refiere a que en el planteamiento del problema se deben evitar ambigüedades, imprecisiones y subjetividades de tipo personal, asimismo, en los puntos subsecuentes se señala su ubicación dentro del contexto espacio, tiempo y objeto, es decir, se debe tener respuesta a las preguntas de *qué, dónde, cuándo, cómo, por qué y para qué.*

Por otro lado, también se señala que se deben incluir de manera explícita todas las variables involucradas en el estudio, con el fin de tener un panorama global del problema, considerando

las características de sus elementos, sus relaciones internas y externas, asimismo, desde el momento en el que nos enfrentamos a un posible problema, debemos confrontarlo con la información científica acumulada y actualizada, es decir, debemos sustentarlo con la información obtenida de una investigación documental exhaustiva y actualizada, la cual nos permitirá de manera paralela elaborar el marco teórico. Además, se deben presentar de manera explícita todas las posibles relaciones de las variables en estudio.

Ejemplo:

- Determinar si en las diferentes fuentes por sistema terrestre se aplican las mismas dosis o alguna es más económica con el mismo efecto de rendimiento.
- Identificar los sistemas terrestres donde se puede aumentar el rendimiento sobre la base del uso de fertilizantes a más bajo costo.

3.2. LAS HIPÓTESIS

Para tener un concepto preciso de lo que es la *hipótesis*, a continuación se señala lo expresado por diferentes autores:

- "Es una conjetura o proposición sujeta a comprobación" (Zorrilla, 1989).
- "Es una proposición enunciada para responder tentativamente a un problema" (Pardinas, 1981).
- "Es una anticipación en el sentido de que se proponen ciertos hechos o relaciones que pueden existir, pero que todavía no conocemos y no hemos comprobado que existan" (Arias, 1984).

La palabra hipótesis viene del griego *hipó*: bajo y *thesis*: posición o situación. De acuerdo a sus raíces etimológicas, hipótesis significa: una explicación supuesta que está bajo ciertos hechos, a los que sirve de soporte. La hipótesis es aquella explicación anticipada que le permite al científico asomarse a la realidad (López, 1990). Otra definición de hipótesis que amplía la anterior, nos dice: Una hipótesis es una suposición, que da respuesta tentativa al problema de investigación, que permite establecer relaciones entre hechos. El valor de una hipótesis reside en su capacidad para establecer esas relaciones entre los hechos, y de esa manera explicaremos por qué se produce. En esta definición debemos fijarnos en el término *suposición*. En efecto, es característico de la hipótesis partir de *suposiciones*; pero de suposiciones no gratuitas, sino de aquellas que están fundamentadas en observaciones. Un ejemplo ilustrativo de hipótesis, en este sentido, es el que supone la existencia de una sustancia física como el éter. Newton comenzaba con estas palabras la enunciación de la hipótesis del éter:

Supongo que existe una sustancia aérea difundida por todas partes, capaz de contraerse o dilatarse, sumamente elástica; en una palabra, muy parecida al aire, en todo aspecto, pero mucho más sutil. Supongo -decía más adelante- que el éter penetra en todos los cuerpos sólidos; pero de tal manera, que está más rarificado cuando más pequeños sean los poros.

- a). **Hipótesis explicativas.** Una característica más de la hipótesis es su papel meramente explicativo. Por medio de su hipótesis sobre el éter, Newton no pretendía decir qué era el éter, cuál era su esencia, sino simplemente señalar las características o cualidades que le pertenecen, después de suponer su existencia, para que fuese posible explicar, a su vez, una serie de fenómenos. En virtud de esto, podríamos definir la hipótesis, en sentido estricto, como sigue: *la hipótesis es una suposición acerca de la existencia de una, entidad, la cual permite la explicación del fenómeno o de los fenómenos estudiados.*

En efecto las hipótesis fraguadas por los científicos pueden estar encaminadas a explicar un conjunto de fenómenos, como en el caso del éter, o bien explicar un solo hecho, como la hipótesis que permitió descubrir la existencia de Neptuno y Plutón. La finalidad de las hipótesis explicativas es la de explicar, de dar razón de los acontecimientos por medio de la interpolación de hechos que podrían haber sido observados, en condiciones adecuadas. ¿Qué es una explicación? Podemos definirla como un conjunto de enunciados de los cuales deducimos el hecho o los hechos que se desea explicar. La explicación nos permite eliminar el carácter problemático de las cosas.

Para que se comprenda bien este carácter explicativo de la hipótesis, citamos un ejemplo sencillo: pensemos en la hipótesis de un robo para *explicar* la desaparición de un collar de perlas o de cualquier objeto valioso. En la vida cotidiana, pedimos explicaciones sobre lo desusado y extraño. Un mandadero de oficina puede llegar a su trabajo a la misma hora todas las mañanas, durante mucho tiempo, y ello no despertará ninguna curiosidad. Pero si un día llega una hora tarde, su patrón le pedirá una *explicación*. ¿Qué es lo que se quiere cuando se pide una explicación de algo? Un ejemplo ayudará a responder esta pregunta: El mandadero de oficina puede contestar que tomó el camión de las siete y media para dirigirse a su trabajo, como de costumbre; pero que el camión sufrió un accidente de tránsito, a consecuencia de lo cual perdió mucho tiempo. En ausencia de otro medio de transporte, tuvo que esperar que el camión fuera reparado, y esto llevó una hora entera. Este relato probablemente sería aceptado como una *explicación satisfactoria*.

- b). **Hipótesis descriptivas e hipótesis analógicas.** Aparte de las hipótesis llamadas explicativas, que ya se han desarrollado, se pueden citar otros dos tipos, tales como las *hipótesis descriptivas* y las *hipótesis analógicas*. La función de una hipótesis descriptiva consiste en simbolizar la conexión ordenada de los hechos. Un ejemplo de este tipo de hipótesis lo encontramos en Ptolomeo, en la medida en que este astrónomo proporcionó una representación geométrica de los cuerpos celestes; y por otro lado, la hipótesis del éter concebido como un fluido sin fricción y como sólido completamente elástico, es en realidad una hipótesis descriptiva.

Las hipótesis analógicas son aquellas, mediante las cuales formulamos una hipótesis basándonos en lo que es verdadero en un conjunto de fenómenos, puede ser también verdadero acerca de otro conjunto, debido a que ambos tienen en común ciertas propiedades formales. Por ejemplo, es conocido el caso del físico James Clark Maxwell, el cual reconoció una analogía entre ciertos problemas relativos a la teoría de la atracción gravitacional y determinados problemas referentes a la teoría de la electrostática.

3.2.1. HIPÓTESIS, LEY Y TEORÍA⁴

Ya hemos hablado del carácter de suposición, de conjetura, que tiene la hipótesis; la hemos caracterizado como una suposición o conjetura acerca de determinados hechos. Esto implica sostener que la *hipótesis es una verdad provisional y nunca definitiva*. En realidad, la ciencia toda puede considerarse, en última instancia como una continua hipótesis susceptible de verificarse y de ser corregida (un sentido amplio del término hipótesis). Sin embargo, en el proceso de la ciencia, es preciso distinguir entre *hipótesis, ley y teoría*.

La hipótesis tiene carácter provisional; pero puede irse depurando y ajustando hasta convertirse en una ley y después en una teoría científica, la cual viene siendo una explicación más completa de un conjunto de fenómenos, y a su vez, puede abarcar varias leyes. Cuando una hipótesis es comprobada, adquiere el carácter de la ley que puede definirse como aquella "relación constante y necesaria entre ciertos hechos" como acontece, por ejemplo, con las leyes del movimiento de Newton. Es claro que antes de llegar a ser comprobadas estas leyes, Newton formuló hipótesis en las cuales presumía lo que debía acontecer, y lo cual quedó confirmado al hacer los experimentos.

Podemos definir la teoría así: *la teoría es una construcción intelectual que abraza a varias leyes e intenta dar cuenta de un sector de la realidad*. La teoría puede explicar hechos restringidos; por ejemplo, la teoría de Kant-Laplace sobre el origen de los planetas y satélites; o bien puede explicar un dominio de conocimientos más amplios, como sucede con el evolucionismo de Darwin, la concepción mecánica de la física, la energética, etc.

3.2.2. LA HIPÓTESIS Y LA OBSERVACIÓN⁴

En el método experimental, la hipótesis constituye una etapa ineludible; pero antes que la hipótesis, propiamente dicha, está la observación que consiste: en la atención cuidadosa a un objeto con el fin de conocerlo. La observación de los científicos generalmente está auxiliada con instrumentos que dan mayor exactitud a los resultados, como el microscopio, el barómetro, el telescopio, el espectroscopio etc.

La observación se realiza por medio de los sentidos, pero se auxilia por medio de instrumentos científicos; los sentidos son limitados. Por ejemplo, el telescopio nos permite extender nuestra observación hacia espacios insospechados. La película sobre el crecimiento de una planta nos permite observar el proceso mismo de su desarrollo con todo detalle, etc.

El segundo paso en el llamado método experimental, o sea el que utilizan las ciencias naturales, es precisamente la *hipótesis* concebida como una explicación provisional de los hechos observados. En virtud de que la hipótesis es posterior a la observación, se dice que tiene un carácter *a priori*, lo cual significa aquello que está acondicionado por la experiencia, lo que está después de la observación de los hechos.

⁴ López, 1990

Así pues, la hipótesis tiene como base la experiencia; a ello se refiere cuando se dice que la hipótesis no son supuestos gratuitos o arbitrarios, sino que están fundamentados en la observación empírica. La hipótesis científica se formula teniendo en cuenta los últimos resultados de la experiencia; su formulación se ciñe a los cánones o reglas de la lógica, ya sea a la ley lógica de la posibilidad o al llamado principio de “no contradicción” (el cual nos dice que: “ningún objeto puede ser y dejar de ser al mismo tiempo lo que es, bajo el mismo punto de vista”).

Ahora bien, la experiencia que busca la ciencia es la que no se limita a un hecho aislado, aquella que nos permite prever o hacer generalizaciones. La experiencia no puede ser desvinculada de la elaboración de hipótesis. Decía Henri Poincaré que “la experiencia es la única fuente de la verdad: sólo ella puede enseñarnos algo nuevo; sólo ella puede darnos la certeza”. He aquí dos afirmaciones que nadie puede discutir.

3.2.3. **IMPORTANCIA DE LA HIPÓTESIS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**⁵

- a). **La importancia de la hipótesis.** La importancia de la hipótesis en la tarea científica es decisiva. Las hipótesis *han constituido valiosas guías para la formulación de teorías científicas*. Por ejemplo, la historia de la teoría atómica de la materia ha mostrado la manera en que diferentes clases de hipótesis han contribuido al desarrollo de la ciencia. A menos que se comprenda el papel que desempeña la hipótesis, es imposible comprender la estructura del método científico. Ya vimos, cómo la hipótesis cobra significación dentro de las fases o pasos del método experimental. Dentro del método científico, la hipótesis representa la anticipación de la naturaleza, que condiciona el proceso de la indagación experimental. En este sentido, la hipótesis es la idea que dirige la investigación, es una anticipación, un adelanto sobre la experiencia, que la propia experiencia debe juzgar.
- b). **Utilidad de las hipótesis incompatibles.** La importancia de la hipótesis en la investigación científica nos lleva a afirmar que aun las hipótesis que se consideran incorrectas o falsas le son verdaderamente útiles al científico. Cuando la hipótesis va contra los resultados experimentales, entonces es necesario abandonarla con el fin de formular en su lugar una nueva hipótesis que la reemplace, con la cual se vuelve a iniciar el proceso de la verificación experimental. Esto significa que *a pesar de que una hipótesis puede resultar falsa al ser sometida a prueba, sirve como instrumento para hacer avanzar el conocimiento científico*.

Así como la teoría puede dar orientación a la búsqueda de hechos, una hipótesis indica lo que estamos buscando. Al analizar lógicamente los hechos de una teoría, pueden deducirse relaciones distintas de las establecidas en ellas; aquí todavía no sabemos si tales deducciones son correctas. Sin embargo, la formulación de la deducción constituye una hipótesis; si se comprueba, pasa a formar parte de una futura construcción teórica; entonces la relación entre hipótesis y teoría se vuelve estrecha. Actualmente la gente va más allá, dando explicaciones tentativas de lo que ellos observan o ven; frecuentemente se utilizan estas explicaciones como

⁵ López, 1990.

base para más investigaciones; determinando, si es posible, cual de las explicaciones tentativas se observa que es precisa para hacer una descripción de lo que está pasando, y cual de las explicaciones es lo bastante precisa para predecir qué pasará si ciertas condiciones se mantienen.

Si el investigador está buscando respuestas directas a preguntas, esto prácticamente no es muy útil para poder establecer hipótesis formales y diseñar el estudio y el método de prueba; de esta manera, posiblemente algunas relaciones por coincidencia pueden ser importantes, o puede parecer que un factor sea causa o resultado de otro. Las hipótesis son el mejor camino para indicarle al investigador que está a punto de encontrar algo nuevo. Las partes importantes en el diseño del estudio están relacionadas con las hipótesis, como son los objetivos, diseño del experimento, que incluye la colección, el análisis de los datos y la presentación e interpretación de los resultados.

3.2.4. *CARACTERÍSTICAS DE LAS HIPÓTESIS*

Para formular científicamente las hipótesis, es necesario satisfacer los requisitos siguientes⁵:

- Tienen que ser claras, es decir, los conceptos deben estar claramente definidos, si es probable operacionalmente.
- Deben tener referentes empíricos, ninguna hipótesis utilizable debe llevar a juicios morales.
- Estar relacionadas con técnicas disponibles; el teórico debe conocer cuáles son esas técnicas para someter su hipótesis a prueba.
- Ser susceptibles de verificación.
- Permitir la conexión entre el marco teórico y el campo específico de estudio.
- Apoyarse en conocimientos comprobados.
- Tener el mismo alcance que el problema propuesto.
- Conducir a la predicción de fenómenos reales, ya que éstas, son las que se someten a prueba para verificarla.

3.2.5. *TIPOS DE HIPÓTESIS*

En función del número de variable y del tipo de relación que guarden entre sí, las hipótesis pueden ser de tres tipos:

- a). **Hipótesis de una sola variable:** Se les denomina descriptivas porque se plantean en investigaciones que sólo pretenden la descripción del objeto de estudio.

⁵ Quezada y Moreno, 1987.

Ejemplo:

"Los alumnos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) son en su mayoría tabasqueños". Unidad de observación: Los alumnos de la UJAT Variable: tabasqueños. Término de relación: son.

- b). **Hipótesis de dos variables que guardan una relación de dependencia (causa-efecto).** Se les llama hipótesis explicativas porque proponen estudiar las causas y los efectos de los fenómenos.

Ejemplo:

"Cuanto menor sea el tiempo que pasan los alumnos en la institución, menor será el grado de aprovechamiento académico". Unidad de observación: Los estudiantes y la institución. Variables: Tiempo en la institución y grado de aprovechamiento. Términos de relación: Cuanto menor sea..., menor será.

- c). **Hipótesis de dos o más variables con una relación asociativa.** En ésta se postula una relación de covarianza: si se modifica una variable, también se modifica la otra (sin que se establezca una relación causa-efecto entre las variables). Estas hipótesis se llaman asociativas.

Ejemplo:

"A mayor alza en el costo de la vida, menores posibilidades de lograr la confianza del pueblo en sus gobernantes". Unidades de observación: pueblo y gobernantes. Variables: el costo de la vida y el grado de confiabilidad. Términos de relación: a mayor alza, menores posibilidades.

3.3. LOS OBJETIVOS

Cuando se ha determinado el tema de la investigación y ya se tiene el problema planteado, se procede a formular los objetivos; que deben estar armonizados con los del investigador y los de la investigación. El *objetivo del investigador* es el deseo llegar a tomar decisiones y obtener una teoría que le permita generalizar y resolver en la misma forma problemas semejantes en el futuro. El *objetivo de investigación* es lo que se ha de demostrar por medio de la *hipótesis propuesta*, lo cual nos permite formular objetivos generales y específicos.

El objetivo general consiste en un enunciado claro y preciso de lo que pretendemos realizar en la investigación. Los objetivos específicos son originados del objetivo general y nos indican lo que se pretende realizar en *cada una de las etapas* de la investigación. Estos objetivos deben ser evaluados en cada paso para conocer los distintos niveles de resultados. Todo trabajo de investigación es *evaluado* por el logro de los objetivos mediante un proceso sistemático, los cuales deben haber sido previamente señalados y seleccionados al comienzo de la investigación. La sistematización hace posible el planteamiento de estrategias válidas para el

logro de los objetivos; por esta razón, tienen que ser revisados en cada una de las etapas del proceso; el no hacerlo puede ocasionar fallas en la investigación.

¿Cómo formular objetivos? Un objetivo bien formulado es aquél que logra transmitir lo que intenta realizar el investigador; es decir, lo que pretende obtener como resultado. El mejor enunciado de un objetivo excluye el mayor número de interpretaciones posibles del propósito a lograr. No se deben englobar todos los objetivos de una investigación en un solo enunciado, sino que se deben formular por separado de acuerdo a cada uno de los fines deseados. Para una buena formulación de objetivos conviene redactar todos los posibles enunciados que se tengan en mente, lo cual nos ayuda a pulir el o los objetivos hasta lograr el enunciado que responda a nuestro propósito.

Ejemplo de objetivo general:

“Generar el método de elementos frontera para la simulación del crecimiento de tumores cerebrales”

(Bolaina *et al*, 1995).

De aquí se pueden derivar los objetivos específicos que son las partes de un todo.

Ejercicio 1. Anote las siguientes consideraciones a detalle.

- 1. Anote el objeto⁶ de su interés sobre el cual realizará la investigación.**

- 2. Delimite el objeto de estudio.**

- 3. Realice un listado de preguntas de investigación e identifíquelas de acuerdo a sus prioridades.**

⁶ No confunda con los objetivos. El objeto es el fenómeno que se va a someter a estudio.

4. En base a la pregunta elegida como prioritaria, plantee el “Problema de la Investigación”.

Este estudio investiga: _____

5. ¿Por qué está usted proponiendo este estudio, qué es lo que se puede satisfacer con respecto a los resultados anticipados del estudio? Indique cómo está propuesto (propósito).

Ejercicio 2. Conteste las siguientes preguntas a detalle.

1. De acuerdo al problema de investigación planteado en el ejercicio 1, anote las respuestas tentativas (hipótesis de la investigación):

2. ¿Existen razones de peso, experiencia práctica, teoría o resultados de investigaciones previas que apoyen la hipótesis? Indique cuáles son estas razones. Si es así, puede decir que fueron elaboradas en forma válida.

3. **¿Es posible coleccionar y analizar los datos en tal forma que muestren qué hipótesis son sostenibles y cuáles no? Si es posible, se pueden probar.**

4. **¿La hipótesis está enfocadas al campo de estudio? ¿La hipótesis relevante es aquélla que prueba parte de las preguntas a todo aquello que se está investigando? Indique cómo.**

5. **¿Tiene un grupo aceptable de preguntas de investigación o hipótesis?**

6. **¿Puede usted especificar cómo contestar las preguntas y cómo probar las hipótesis?**

7. **¿Puede el trabajo de investigación ser una contribución si se encuentra que la hipótesis es falsa? Indique cómo.**

8. **¿Se tienen preguntas complementarias o hipótesis paralelas a la principal? Indique cuáles.**

9. **¿Existen preguntas alternativas o hipótesis que puedan explicar lo que se encontrará anticipadamente? Indique cuáles.**

Ejercicio 3. Anote las siguientes consideraciones a detalle.

1. **Indique el objetivo general:**

2. **Indique los objetivos específicos:**

- ---

- ---

• _____

• _____

NOTAS:

4. EL TEMA DE ESTUDIO

4.1. ELECCIÓN DEL TEMA

El proceso de la investigación debe realizarse mediante una cuidadosa planeación, la cual comienza con la elección del tema. En este proceso es donde van a *fundamentarse los problemas, las hipótesis y los métodos de estudio*. De no hacerlo, puede darse el caso de que algunos investigadores, al analizar sus datos, no sepan cuáles ni cuántas medidas estadísticas deben emplear; o que se den cuenta que han pasado por alto una variable importante y que no fue tomada en cuenta. Antes de iniciar una investigación deberá darse importancia a cuatro requerimientos, a saber:

- a). Que el investigador tenga conocimientos generales de fundamentos de investigación y que tenga un conocimiento mínimo del tema a investigar.
- b). Que se cuente con un plan ya definido de lo que quiere investigar.
- c). Que se consideren los recursos económicos y el tiempo para realizar el trabajo de investigación.
- d). Que el investigador esté motivado, es decir, esté dispuesto a concluir las actividades con disposición y buena voluntad.

Si el investigador cumple con los requerimientos mínimos debe proceder a escoger el tema de investigación.

Otra manera de plantear los requerimientos mínimos para que la investigación sea efectiva en un tiempo y en un espacio determinados y enriquezca a la ciencia de la que forma parte; es el presentado por Garza, 1981; citado por García 1989, en donde considera que el tema seleccionado debe ser:

- Interesante.
- Importante.
- Preciso.
- Original.
- Viable.
- Que tenga propósitos bien definidos.

A continuación se da una explicación exhaustiva de estos puntos:

- a). **El tema debe ser interesante.** Un tema de investigación es interesante, cuando para el investigador resulta atractivo en todos o algunos de sus aspectos o que se encuentra relacionado con otro tema u otros temas que el investigador desearía estudiar.
- b). **El tema debe ser importante.** La importancia de un tema, se manifiesta por el interés que la investigación pueda tener para un grupo de personas; el grupo puede ser pequeño (una fábrica, un parque industrial, etc.); o amplio, que cubra todo el género humano; la importancia también se destaca por la actualidad del tema, la generalidad que tenga o la gravedad del problema que se esté tratando.
- c). **El tema debe ser preciso.** El tema es preciso cuando se concreta en un área específica del conocimiento y no en áreas amplias que son propias de generalizaciones o enciclopedias. Un tema bien delimitado es un tema concreto.
- d). **El tema debe ser original.** El trabajo de investigación no debe de ser un duplicado de trabajos anteriores, para evitar esto, el estudio debe contar con *información reciente*, que utilice datos distintos a los que sirvieron a otros trabajos y además el planteamiento del problema deberá ser también distinto.
- e). **El tema debe ser viable.** El tema de investigación es viable, cuando se presentan las siguientes situaciones:
 - i). Que el problema sea susceptible de *resolución*, de acuerdo al estado actual del conocimiento.
 - ii). Que las teorías, los métodos y las técnicas, sean accesibles al investigador, en términos de aptitud, preparación y experiencia.
 - iii). Que el investigador disponga de tiempo, financiamiento, acceso a servicios, conocimientos y literatura de la especialidad.
- f). **El tema debe tener propósitos bien definidos.** El tema debe expresar objetivos bien definidos de lo que se desea obtener en el estudio.

La elección del tema es difícil en algunas circunstancias, no por falta de temas, sino porque muchas veces esta decisión está precedida por una situación angustiosa por parte del investigador, relacionada con la escasa preparación académica o de la poca experiencia profesional que muchas veces se tiene. Cuando pasa esa angustia, la elección del tema, tiene especial atractivo, por dos motivos (Garza, 1981):

1. Se disfruta de mayor libertad, no siendo así en las demás etapas, ya que en éstas, el investigador debe ajustarse con mayor rigor a las exigencias de métodos y técnicas aceptables por la comunidad académica o profesional.
2. El investigador se orienta en forma determinante a sus propios juicios de valor. Si esto lo hace en otras etapas, puede llegar a la falsificación de su trabajo.

Es importante elegir el tema de investigación puesto que de aquí se fundamenta el problema. Cuando se selecciona el tema se mueve en un marco de generalidad, cuando se selecciona el problema se reduce la misma. Es decir, a partir de la realidad surge una problemática, la cual está integrada por una serie de factores. De dicha problemática, debe elegirse un *factor* (que le llamamos objeto de investigación), que es el que va a estar sujeto a estudio y es el que determina el tema de investigación; dentro del cual debe seleccionarse un problema investigable. Iniciar con la selección del tema implica no perder de vista su ubicación contextual.

El buen título de un trabajo de investigación es aquél que refleja fielmente los alcances y la naturaleza del estudio.

Para elegir el tema de la investigación debe considerarse una o varias de las siguientes fuentes para que se facilite la ubicación del investigador en el área de interés (García, 1989):

- Literatura de la especialidad.
- Trabajos profesionales.
- Consultas a profesores y a profesionistas.
- Seminarios.
- Creatividad personal.

A continuación se describen cada una de ellas:

- a). **Literatura de la Especialidad.** La literatura de la especialidad, es una fuente que se utiliza cuando el investigador selecciona el tema, leyendo y revisando libros, tesis, revistas científicas, enciclopedias, videos, etc. Es importante destacar que no basta leer sino que *se debe ir formulando una serie de preguntas* a medida que se avanza en la lectura, estas preguntas pueden ser: ¿cuáles fueron los instrumentos empleados? ¿Existen dudas en los resultados? ¿El método seguido es objetivo? ¿Los datos son suficientes? Etc. (Arias, 1984).
- b). **Trabajos Profesionales.** En el desempeño de las funciones propias del investigador, en el ámbito profesional, surgen temas de investigación. Tratándose de profesionistas libres, los temas son planteados por los clientes; ahora si trabaja o estudia en una Institución, los temas surgen durante el desempeño del trabajo o por *líneas de investigación*⁷ ya establecidas de antemano.
- c). **Consultas a Profesores y Profesionistas.** Las consultas a profesores y profesionistas se dan cuando se tiene el interés en realizar un trabajo escolar terminal (tesis) o desarrollar un trabajo profesional técnico.
- d). **Seminarios.** Los seminarios fomentan la investigación en temas relacionados con las actividades de los participantes, además son fuentes de elección y acopio de datos sobre trabajos específicos⁸.

⁷ Pregunte sobre las Líneas de Investigación en el Centro de Investigación de su División Académica.

⁸ Asista a eventos importantes como la "Semana de Divulgación Científica" que organiza la UJAT.

- e). **Creatividad Personal.** La creatividad personal se manifiesta, cuando el investigador haciendo uso de sus habilidades creativas, se desprende de secuencias comunes de pensamiento para crear otras.

La elección del tema es una actividad que necesariamente corresponde al investigador; éste lo presentará por escrito a la instancia indicada por la Universidad o a cualquier otra Institución o Centro de Investigación para su análisis y aceptación, si así se determina. En el caso de la UJAT, este proceso puede realizarse en la Coordinación de Investigación de la División Académica correspondiente o en el Centro de Investigación de dicha División.

Al presentarlo, se indicará el título del tema, señalando las divisiones y las subdivisiones que la conformarán (índice tentativo), el problema de la investigación, los objetivos y las hipótesis; no omitiendo justificar el tema de estudio. Posteriormente, si el tema es aceptado, se procederá a realizar en forma adecuada el Protocolo de la Investigación.

El tema relaciona a la parte global del contenido a tratar; las divisiones y subdivisiones del índice hacen relación a la temática o aspectos principales del tema.

En el *título* se debe incluir la idea central del trabajo en *forma* clara y *concisa*. Preferentemente debe iniciarse con un nombre que describa o indique directamente el *objeto* de estudio. Asimismo, debe permitimos, sin leer el contenido del proyecto, tener una idea clara de lo que se pretende llevar al cabo en la investigación. Por otro lado aunque debe ser conciso no se debe sacrificar lo informativo, por lo que se debe dar respuesta al *qué, cómo, cuándo, y dónde*.

Una manera de seleccionar el tema de investigación, en el cual, la mayoría de los investigadores tendrían una mayor claridad en la definición del tema, es como sigue:

- a). Definir en qué área del conocimiento y a qué formación profesional quiere llevar al cabo la investigación⁹.
- b). Responder a las interrogantes: ¿es el tema de interés?, ¿existe información?, ¿dónde?, ¿se imagina los resultados que puede tener la investigación?, ¿son de impacto?, etc.
- c). Definir si desea profundizar en el conocimiento sobre el aspecto seleccionado o bien contrastar el modelo teórico con la realidad¹⁰.
- d). Cualquiera que haya sido su decisión en el inciso c, deberá documentarse en bibliotecas, banco de datos, etc. , y revisar todo el material escrito referido a su objeto de estudio.
- e). Los profesionistas ayudarán al investigador a delimitar el objeto de la investigación. Busque a uno o más profesores expertos en el tema que le orienten y le indiquen bibliografía adicional a la seleccionada en el inciso precedente.

⁹ Se sugiere que el investigador elabore una lista de aquellos aspectos que más le interesan.

¹⁰ Debe conocer previamente el objeto de investigación (problema de investigación).

- f). Elabore una lista preliminar de toda la bibliografía e inicie un proceso de lectura sobre los temas más importantes que le señale el experto referido en el inciso anterior.
- g). Inicie una lectura analítica y elabore fichas.
- h). Defina el ámbito espacial al cual va a referirse la investigación.
- i). Vea si existe interés dentro de ese ámbito. Consulte con las personas que trabajan en esas áreas para que le suministren la información que usted necesita, hable con especialistas sobre el tema, consulte con las personas que van a tener un beneficio directo de los resultados de la investigación.
- j). Defina el tema y el título preliminar de la investigación.

Ejemplo:

“Simulación de crecimiento de tumores en el cerebro humano utilizando el método de elementos frontera”.

(Bolaina *et al*, 1995).

4.2. DELIMITACIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

El propósito de la delimitación del tema de investigación es procurar que sea preciso y concreto, evitando en todo momento temas amplios y confusos que sean difíciles de estudiar por su extensión. Delimitar el tema es ver la viabilidad para su desarrollo (Olea, 1991).

Una de las fallas más comunes de la investigación consiste en la ausencia de la delimitación del tema; la mayoría de las investigaciones fracasan al no hacerlo. Delimitar el tema quiere decir *poner límites a la investigación* y especificar el *alcance de esos límites*, para eso, hay que tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a). Al delimitar, se aclara si el tema de la investigación será de tipo *histórico, descriptivo o experimental*. La aclaración sobre el tipo de estudio permite tener una visión general sobre la validez y el grado de confianza que puede tener como resultado nuestro trabajo.
- b). Hay que tomar en cuenta las *variables* que se van a utilizar, las *hipótesis* que se van a probar, los objetivos que se pretenden alcanzar y contrastar las variables con los objetivos.
- c). Es necesario presentar los *elementos* que pueden condicionar la investigación, ya sea de una u otra forma a nivel del método, de recursos o de otros factores.
- d). Al delimitar el tema, deben considerarse los *materiales y fuentes bibliográficas*, ya que se puede dar el caso de no encontrar lo requerido cuando el trabajo ya se está desarrollando.
- e). Al delimitar conviene tener en cuenta a qué *población* va a llegar el estudio, para saber cuál va a ser el *lenguaje* que se empleará.

- f). El investigador también debe delimitar el tiempo, elaborando un *cronograma* donde indicará la distribución del tiempo que le va a dedicar a su trabajo. Debe interesarse en realizar la investigación dentro de un lapso razonable y no excesivamente largo.
- g). Es necesario establecer cada una de las actividades que intervienen en el proceso de la investigación e *indicar todos los recursos* necesarios para llevarla al cabo, es decir se elaborará un *presupuesto*.

Una vez que el investigador ha efectuado la delimitación de su tema, se procede a dejar claro el propósito de su estudio y la motivación personal que lo ha llevado a interesarse en ese problema; también se indicará la importancia técnica de su indagación y las aportaciones que en ese campo específico proporcionará. Esta instancia conocida como la *justificación* del tema es la explicación que el investigador proporciona al interesado, a fin de precisar el enfoque del problema, la metodología y las técnicas escogidas y, por último, justificar la conveniencia de su estudio.

La planeación es la fase fundamental de la investigación. En esta etapa, el análisis de la información se convierte en labor casi mecánica. La preparación del índice que regirá la investigación, ayuda a visualizar el conjunto del trabajo y lo que se requiere para efectuarlo. A continuación se da una propuesta de elaboración del índice de un *Proyecto de Investigación experimental*¹¹.

INTRODUCCIÓN

- Justificación.
- Propósito del estudio.
- Planteamiento del problema.
- Hipótesis o preguntas de investigación.
- Objetivos.

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

- Definición de conceptos.
- Teoría explicativa y/o antecedentes históricos.
- Investigaciones similares.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

- Delimitación y limitación del estudio.
- Población de investigación.
- Diseños de experimentos.
- Diseños de muestreo.
 - Instrumentación.
 - Diseño del cuestionario.
 - Muestreo piloto.
 - Colección de datos.
 - Determinación del tamaño de la muestra.
 - Análisis de los datos.

¹¹ Contraste con el índice del informe final de la investigación del capítulo 8. Note las diferencias.

3. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

LITERATURA CITADA

APÉNDICES Y/O ANEXOS

Al realizar la planeación de la investigación, nos adelantamos al tiempo: visualizamos los pasos sucesivos que se necesitan para llegar a los objetivos, se observan las posibles dificultades que se puedan presentar a fin de buscarle una solución antes de iniciar el trabajo. En conclusión, se puede decir que el hecho de planear asegura al investigador la sistematización de que será objeto en su investigación.

La elaboración del plan requiere tiempo y reflexión. No se puede hacer a la ligera, ya que presentará el ordenamiento lógico y sistemático del área en estudio y debe servir como guía durante todo el trabajo. Sin embargo, el esquema de este plan no será el definitivo. Seguramente durante el desarrollo del trabajo, el investigador se vea en la necesidad de introducir en él algunos cambios. Puede suceder también, que al desarrollar su tema, se le presenten nuevas perspectivas que no había tomado en cuenta al iniciar el trabajo, pero que le parecen de tal importancia que no puede dejar de considerarlas.

Ejercicio 4. Conteste las siguientes preguntas a detalle.

1. ¿Cuál es el tema de su investigación?

2. Delimite el tema de la investigación:

3. ¿Cuál fue la motivación personal que lo ha llevado a interesarse en la resolución de ese problema?

4. ¿Cuál es la importancia técnica de su indagación y las aportaciones que en ese campo específico proporcionará?

Ejercicio 5. Indique lo que se solicita.

1. ¿Cuál es el índice tentativo de su proyecto de investigación? Guíese por la siguiente estructura.

INTRODUCCIÓN

1. _____

1.1. _____

1.2. _____

1.3. _____

2. _____

2.1 _____

2.2 _____

2.3 _____

3. _____

3.1 _____

3.2 _____

3.3. _____

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 _____

4.2 _____

4.3. _____

5. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

LITERATURA CITADA

APÉNDICES Y/O ANEXOS

Ejercicio 6. Conteste las siguientes preguntas a detalle.

1. ¿Se requerirá financiamiento, está disponible, de qué institución?

2. ¿Existirá literatura disponible relevante sobre el tema? ¿Dónde?

3. ¿El tema se relaciona con otros que se han desarrollado en nuestro medio? ¿Cuáles?

4. ¿Se tiene información sobre su aceptabilidad? ¿Se encuentra su trabajo dentro de las Líneas de Investigación de su División Académica? Indique cual.

5. ¿Ha platicado con cinco o más estudiantes o investigadores quienes han pasado por esa etapa y le han explicado como definieron su tema? ¿Quiénes?

6. ¿Ha asistido a exámenes de grado para familiarizarse con los temas y las ideas?
¿Cuándo y dónde?

7. ¿Ha asistido a reuniones donde traten el tema de su interés? ¿Dónde?

8. ¿Ha examinado las tesis o trabajos de investigación que se han presentado en su campo de estudio en los últimos años? ¿Cuáles?

9. ¿Ha discutido alguna tesis con algún miembro del personal académico de la institución? ¿Con quién?

10. ¿Hay actualmente interés en el tema dentro del campo de estudio? ¿Cuál?

11. ¿Su tema ayudaría a resolver problemas del conocimiento o técnicos? ¿De qué manera?

12. ¿Es posible manejar una parte del tema para un proyecto de tesis o de investigación? ¿Cómo?

13. ¿Son los datos necesarios y fácilmente accesibles? ¿Se tiene control sobre los datos? ¿Son los datos válidos y confiables? Explique.

14. ¿Tiene un enfoque claro del propósito, objetivos, metodología y limitaciones de estudio? ¿Cuenta con un índice tentativo para el informe? ¿Existen algunos conceptos dentro del trabajo que no maneje y tenga que adquirirlos? Explique.

15. ¿El tema a escoger permitiría conclusiones objetivas? ¿Cómo?

16. ¿Cómo piensa que podrá mostrar cada parte terminada de lo que se está por hacer?

17. ¿Está convencido del tipo de trabajo que va a iniciar y el compromiso que va a contraer? Explique por qué.

Es necesario tomar en cuenta esta serie de preguntas para que se note qué tan cercano o lejano se encuentra en la elección de un buen tema de investigación. Cuando observe que alguna pregunta tiene una negación o una carencia, realice la actividad correspondiente para que el tema de investigación se plantee con mayor facilidad.

5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En la investigación científica, la elaboración del *marco teórico y conceptual* asume un papel básico. Éste, como se verá más adelante, integra los conocimientos del investigador y se constituye en el fundamento del análisis, del método utilizado, de la discusión y de las conclusiones de la investigación.

El *marco teórico y conceptual* es la exposición resumida, concisa y pertinente del conocimiento científico y de hechos empíricamente acumulados acerca de nuestro objeto de estudio; se elabora desde la perspectiva de una ideología y un marco de referencia determinados. Su preparación en cuanto al proceso de análisis y síntesis permite precisar, metodológicamente nuestro problema y la hipótesis correspondiente.

Con la construcción del marco teórico y conceptual, el investigador proporciona a su objeto específico de estudio una delimitación en el enfoque y una explicación (con los antecedentes necesarios para comprender el fenómeno), así como un adelanto en la interpretación del mismo. El investigador se apoya en determinado grupo de conocimientos obtenidos en etapas anteriores del desarrollo de la ciencia, no ignorando los acontecimientos científicos de mayor importancia en la actualidad. En la elaboración de tal o cual problema, el especialista debe contar con los conocimientos científicos necesarios, estos conocimientos constituyen una parte orgánica e inaplazable de la actividad investigativa.

Un marco teórico y conceptual representa la sistematización de los *conceptos* manejados como fundamento de la investigación; además el marco teórico plantea en forma organizada y explícita los supuestos de la investigación que serán sujetos de análisis y operacionalización posterior, por parte del investigador. Se deriva de una o varias teorías y se expresa mediante *conceptos y definiciones estructurados y jerarquizados* de acuerdo con la teoría o teorías que le sirven de base, los conocimientos del investigador y su experiencia.

El marco teórico y conceptual cumple las siguientes funciones en la investigación:

- a). Representa los límites dentro de los cuales se sitúan los diferentes conceptos manejados en el trabajo de investigación
- b). Es un planteamiento organizado y sistematizado de los conceptos y sus relaciones (es claro que un marco teórico puede dar origen a nuevos conceptos y a relaciones diferentes a las formuladas en la teoría original).

- c). Orienta la búsqueda de ciertos hechos. A partir del enfoque teórico original, el investigador encuentra *lagunas en el conocimiento* cuyo tratamiento le interesa iniciar o profundizar.
- d). Sirve de referencia para la formulación de hipótesis. El análisis de un conjunto de conceptos conduce al investigador a plantear una serie de hipótesis cuya demostración se hará a lo largo del proceso de la investigación.
- e). Permite al investigador hacer la selección de ciertos elementos. En la medida en que una teoría representa un conjunto integrado de conceptos, el investigador tiene la capacidad de seleccionar (de este orden) los elementos o enfoques que le permiten tratar su problema.

5.1. LOS CONCEPTOS

Todo investigador para poder organizar sus datos de forma que pueda percibir sus relaciones, debe hacer uso de conceptos. Los *conceptos* son construcciones lógicas creadas a partir de impresiones de los sentidos por percepciones y experiencias. Es un error considerar que los conceptos existen realmente como fenómenos, no es un fenómeno en sí. Los conceptos son abstracciones (recuerde que las abstracciones son indicadores de alguna cualidad con exclusión del sujeto, como por ejemplo blancura o bondad) y tienen significado dentro de un marco de referencia en un sistema teórico. Todo hecho se afirma como una relación entre conceptos, pues cada término representa el fenómeno descrito por el hecho.

Los conceptos en la ciencia tienen que ser comunicables, deberán estar contruidos de tal modo, que se conozcan todas sus características, por lo tanto, todo investigador debe poseer un vocabulario científico, que sea adecuado para la comprensión del desarrollo conceptual propio de su campo de actividad; los términos precisos son fundamentales para la comunicación fácil entre los hombres de ciencia. Por lo tanto, se deben definir con precisión los términos utilizados en la investigación por dos razones:

- a). Para definir las palabras o expresiones que son usadas en los trabajos de investigación en su sentido preciso. Se debe definir, no porque se desconozca su significado, sino precisamente porque todos conocen el significado de esa palabra y desafortunadamente no existe un acuerdo en el significado preciso.
- b). La investigación depende de una definición operacional. Una definición operacional no sólo permite decir con precisión el significado del término usado, sino que también establece las bases para una prueba específica de los resultados del estudio.

El sistema conceptual es la representación abstracta de los hechos que se investigan. Entre el marco teórico y los hechos, se establece una conexión dialéctica: el estudio de los hechos se desarrolla a partir de un marco teórico y sirve de base para la formación de las abstracciones que comprenden el marco teórico o un marco conceptual. La distinción entre hecho y concepto es que los conceptos simbolizan las relaciones empíricas y los fenómenos que vienen afirmados por el hecho; todo hecho se afirma como una relación de conceptos ya que cada término representa el fenómeno descrito por el hecho (Goode y Hatt, 1972).

El concepto se define como una representación mental y, por lo tanto, abstracta y simbólica de los hechos, los objetos y sus aspectos. El proceso de conceptualización se inicia con la generalización de particularidades: abstracciones; éstas por su parte, no tienen un significado si no se ubican dentro de un marco referencial, de allí que para transmitir sus posiciones, enfoques o hallazgos, las diversas ciencias utilizan sus propios sistemas conceptuales, mismos que varían de un campo disciplinario a otro.

Un concepto es una representación abreviada de una diversidad de hechos. Su propósito es simplificar el pensamiento resumiendo un número de acontecimientos bajo un epígrafe general. Los conceptos pueden reflejar o no los hechos u objetos que les sirven de base dependiendo del grado de abstracción con que se formulan y de los elementos que originan su elaboración.

Al referirse de los conceptos podemos destacar algunas de sus cualidades características:

- a). Reúnen, en una construcción lógica, a uno a varios términos, a varios hechos, a diversos aspectos.
- b). En términos de la lógica, se refieren a un nivel más general, que particular.
- c). En términos de lenguaje, engloban a varias palabras bajo un mismo significado.
- d). Pueden referirse a un objeto que existe o puede imaginarse o a un proceso u operación que puede desarrollarse.

5.1.1. PROCESO DE LA FORMACIÓN DE CONCEPTOS

Los conceptos se forman mediante dos operaciones mentales, la abstracción y la generalización. La abstracción permite aislar determinados elementos o propiedades de un objeto o proceso y destacarlo frente a otros. La abstracción puede darse en la realidad porque nos movemos en un mundo susceptible de análisis, esto es, un “universo susceptible de descomponerse en partes aisladas”. Una vez que hemos destacado las propiedades o elementos y comprobamos su existencia en varios objetos o procesos, sintetizamos en una unidad general y formulamos un concepto. Por lo tanto, el concepto es una construcción mental que sintetiza los elementos o propiedades comunes de varios procesos u objetos. La capacidad humana de aislar o destacar propiedades separándolas del objeto que las origina y de aplicarlas generalizadas en diferentes campos, permite crear los conceptos con los que opera la ciencia. Los conceptos, por otro lado, relacionan las palabras con los objetos, lo que permite atribuir el significado exacto de las palabras y desarrollar el proceso de pensamiento a través de éstas. En síntesis, podemos destacar: gracias al proceso mental de la abstracción se aíslan los elementos o propiedades y se separan del objeto; posteriormente, la generalización conduce a aplicar los elementos o propiedades concretas y aisladas que son comunes a varios objetos diversos y crear conceptos como distancia, calor, etc. Estos conceptos a su vez se enlazan con palabras, lo que nos permite operar con ellas en los procesos mentales.

La capacidad de abstracción del hombre se forma y se afirma en la práctica. El hombre al actuar sobre el objeto capta su esencia y lo descompone en sus propiedades constitutivas.

A medida que la actividad práctica se acentúa, el hombre está apto para desarrollar mayor capacidad de abstracción. Es la práctica la que conduce al hombre a seleccionar las propiedades o elementos que le interesa abstraer, y es la práctica la que permite confrontar los conceptos con una realidad que conduce a verificar la vigencia y la adecuación de los conceptos.

La creación de conceptos como procesos de generación de conocimientos y como práctica social es una cuestión dinámica; los conceptos se formulan y reformulan constantemente como consecuencia de la actividad del individuo que conoce. Precisamente la generación de conceptos es uno de los quehaceres que permite concebir el conocimiento como un proceso en espiral que se crea y recrea constantemente. El concepto una vez formulado permite entender mejor los datos conocidos anteriormente y sirve, también para descubrir otros aspectos y nuevas relaciones entre los procesos. Cuando así ocurre, el concepto se enriquece con la incorporación de esos descubrimientos, incrementándose la comprensión y haciéndose posible la manifestación de nuevos aspectos y otros enlaces.

La determinación de un concepto se produce siempre en conjunción con la de otros conceptos, de tal manera que viene a ser determinado por ellos y simultáneamente les sirve como determinante. En esas condiciones el concepto se encuentra sometido a una determinación incesante, a través de la cual se penetra cada vez más en el conocimiento de la existencia de los procesos que dicho concepto representa.

Aun previniendo que planteamientos como el que a continuación se hará conlleven el riesgo de un simplismo extremo, conviene indicar algunos lineamientos que contribuyan a aclarar el proceso de formulación de conceptos en el *diseño de un marco teórico*:

- a). **Seleccionar los conceptos clave en el desarrollo del trabajo.** La selección de conceptos no se da en forma rígida en un momento preciso de la investigación, sino que es una labor constante que se va reformulando y enriqueciendo en el desarrollo de la misma. Sin embargo, conviene hacer un intento de selección de conceptos en el inicio de la investigación en función de tres criterios: el tema de investigación, el problema tratado y el enfoque metodológico y teórico utilizados por el investigador.

Se desea insistir en el carácter constante y dinámico de la investigación para enfatizar que a lo largo del proceso el investigador se ve enfrentado a la necesidad de reconstruir constantemente sus conceptos, planteando nuevas formas de relación y organización de sus elementos. El concepto, una vez formulado permite entender mejor los elementos y sirve, también para descubrir otros aspectos y nuevas relaciones entre los procesos.

La selección inicial de conceptos requiere de una jerarquización: ¿qué importancia tiene tal o cual concepto para la investigación? De este modo, la distinción de conceptos fundamentales y complementarios forzosamente conduce a diferentes tipos de análisis y tratamiento por parte del investigador. Este punto puede entenderse mejor, cuando el investigador elabora su índice tentativo, en el cual puede observar claramente los con-

ceptos que son consecuencia de otros; dicho índice previamente puede estar estructurado en una *red conceptual* donde cada enlace o brazo de la red representa la dependencia de unos conceptos con otros.

- b). **Efectuar el análisis de dichos conceptos.** Para obtener sus definiciones, tanto en su carácter general como las que convienen a las características precisas del trabajo. El análisis tendrá su fundamento en dos dimensiones: *la que le confiere el conocimiento previo del investigador y el enfoque de otros investigadores*. El análisis deberá conducir a distinguir los elementos que integran el concepto, seleccionar los elementos básicos para el manejo del concepto de la investigación, etc. A manera de analogía, imagínese un plano cartesiano X-Y donde en el eje de las abscisas o eje X (primera dimensión) están los *enfoques de diversas fuentes* (investigadores, bibliografía, etc.) y en el eje Y (segunda dimensión) se encuentran los *enfoques otorgados por el investigador*; si unimos ambos enfoques o proyecciones la resultante que obtendremos será la estructuración del concepto.
- c). **Ubicar el concepto.** Con respecto a la ubicación del concepto, éste se da generalmente dentro de una red conceptual, dentro de un conjunto teórico, juntamente con otros conceptos que influyen sobre él. La ubicación del concepto debe permitirnos identificar sus relaciones e indicar el nivel de generalidad que sume su formulación. El esclarecimiento de las relaciones con otros conceptos podrá darse en la medida en que se distinga el rango de objetos y procesos que cubre y en la medida en que, identificados los conceptos más cercanos, se logre precisar en qué aspectos es determinado por ellos y para cuáles es determinante. El nivel de generalidad también se establece por comparación, al identificar los niveles inmediatos (superior e inferior) de generalización del concepto.
- d). **Verificar el concepto en la experiencia.** Esta operación consiste en la confrontación del concepto con la práctica como forma de constatar su vigencia y su adecuación a ésta. A partir de una concepción que concibe a la actividad teórica como un proceso que se liga a la práctica y al trabajo social y mediante aproximaciones sucesivas, se podrá enriquecer la concepción original y afinar la formulación del concepto.
- e). **Relacionar los conceptos con otros elementos de la investigación: índices e indicadores.** Las ciencias no trabajan con construcciones teóricas puras ni en el completo empirismo. Con el objeto de poder desarrollar su trabajo, las ciencias establecen variables que relacionan los conceptos con los objetos a través de los índices. Para poder identificar entre un índice y un indicador, análogamente considere una brújula simple; la aguja de la brújula es nuestro *indicador*, ya que nos señala o indica hacia donde ir; asimismo, el *índice* es la cantidad en grados que apunta la aguja y que nos confirma la cantidad que debemos orientar para ir al lugar deseado. Sin embargo, un índice puede tomar el lugar de un indicador, tal es el caso de los IMECA (Índice de Medición de Contaminación Ambiental) donde estos valores nos *indican* la cantidad de agentes nocivos que contiene la atmósfera.

Los conceptos se traducen en índices empíricos mediante cuatro pasos:

- **Visión general del concepto.** Concepción de las propiedades, imágenes y relaciones que implica el concepto.
- **Especificación de dimensiones.** Análisis de los componentes y dimensiones, con el objeto de traducir éstos a instrumentos o medidas que permitan su operatividad en la investigación.
- **Selección de indicadores observables.** Una vez delimitadas las dimensiones, se seleccionan los indicadores que pueden variar conforme a las situaciones subjetivas y objetivas de la investigación, por lo que se afirma que entre los indicadores y el concepto se da una relación probable (más que absoluta). Dada esta relación de probabilidad, es necesario identificar muchos indicadores en torno a cada concepto; posteriormente será necesaria una discriminación en torno a estos indicadores que conducirá a seleccionar cuáles son parte del concepto, cuáles externas y cuáles independientes.
- **Combinación de indicadores y formulación de índices.** Una vez identificadas las dimensiones de un concepto y definidos los indicadores relativos a cada dimensión, es necesaria la combinación de estos últimos para obtener los índices. En la medida en que los indicadores (son relativos) se refieren a una relación probable, se presenta una situación de conflicto cuando algunos apuntan a una dirección y otros a otra.

La relación de indicadores asume un papel fundamental en la construcción de la ciencia que busca en último término la elaboración de leyes, principios y teorías que conduzcan a la mayor comprensión de los problemas naturales y sociales.

- f). **Definiciones.** Para fines de la ciencia es necesario que el investigador capte los elementos y las relaciones que aparecen integrados en el concepto y pueda transmitirlos. La necesidad de precisar el significado de los conceptos se da por diferentes razones entre las que cabe mencionar las siguientes: un vocablo puede interpretarse de forma diferente en el lenguaje cotidiano y en científico. El marco de la ciencia confiere a los términos un valor propio y un carácter particular.

En la ciencia suceden casos en que términos diferentes se utilizan para calificar a los mismos fenómenos u objetos. Esto ocurre en tanto que la investigación, como actividad, y la generación de conocimientos, como objetivo, son comunes para todos los campos disciplinarios. En la medida en que, por una parte, existe un lenguaje más o menos particularizado para cada una de las disciplinas (cada disciplina crea su propio lenguaje) y, por otra, en tanto que la distinción entre disciplinas y objeto de investigación ya no puede ser tajante en la actualidad (es un hecho que la mayor parte de los problemas de investigación del mundo moderno requieren de un tratamiento interdisciplinario), se crean problemas de investigación comunes a varios campos, de modo que diversas disciplinas confluyen en el tratamiento de un fenómeno, denominándolo de distintas formas.

El mismo vocablo se utiliza para calificar distintos fenómenos. En virtud del dinamismo de la ciencia y de la dependencia cultural, tecnológica y científica, se da el caso en que fenómenos diferentes se califican con el mismo término. Cabe señalar aquí también que el carácter común

de la investigación científica para diversas disciplinas es lo que en un momento dado determina una confusión entre la terminología y los fenómenos que califica.

Por otra parte, conviene tener presente al hablar de la necesidad de precisar conceptos, que el dinamismo de la ciencia conduce a una modificación constante de los términos, en conformidad con el ritmo de desarrollo de la investigación. Se puede dar con cierta frecuencia el caso de que el lenguaje resulte insuficiente y no se logre transmitir con precisión la definición de un concepto. Definir consiste pues en derivar, aclarar, delimitar, diferenciar o determinar un concepto. La definición expresa los rasgos fundamentales que constituyen el contenido del concepto.

La definición del concepto puede hacerse con base en sus características específicas, sus finalidades, los procedimientos de su formación, origen y estructura, etc. Existen diferentes tipos de definición y la estructura lógica. En la definición del concepto no se plasma éste en toda su amplitud sino que se expresa en forma sintética su esencia. La definición debe formularse atendiendo reglas relativas a la lógica; en consecuencia, una definición no podrá ser amplia, restringida, confusa, ambigua, tautológica o repetitiva.

En los trabajos de investigación existen dos tipos de definiciones de los conceptos: *las definiciones teóricas y las definiciones de trabajo*. Las primeras se enuncian en términos abstractos, se refieren al campo teórico (o doctrinal) que utiliza un enfoque conceptual más o menos similar. Las segundas se definen mediante las operaciones y los hechos concretos a los que hace alusión en el estudio específico de las operaciones que “observan, miden y registran un fenómeno dado”. Las definiciones operacionales proporcionan las instrucciones al investigador para medir o manipular una variable.

5.1.2. **RECOMENDACIONES PARA ELABORAR EL MARCO TEÓRICO**

En la etapa del proyecto de investigación se debe leer bastante literatura, tomar notas cuidadosamente y mantener un archivo y registro organizado de la información. Los beneficios que obtenemos al realizar la revisión de literatura a profundidad en el proyecto son:

- a). Tener un conocimiento profundo del campo de estudio; qué hechos hay, qué científicos eminentes han propuesto metodologías relevantes, qué parámetros de campo hay, qué ideas, teorías, preguntas e hipótesis son las más importantes. La persona que haga la revisión deberá estar en posibilidad de sostener una discusión inteligente y bien informada con un experto, usando referencias y citando autores y conceptos importantes o críticos en el tema.
- b). Se obtiene un conocimiento de las metodologías comunes para el trabajo en cuestión y se observan su utilidad y propiedad para ser usadas en las diferentes condiciones. Se tiene una idea de las metodologías más comunes, las apropiadas para la investigación propuesta y cuándo y cómo estas ideas han tenido éxito al trabajarlas en este campo.
- c). Reforzar la convicción de que es realmente necesario estudiar el tema seleccionado.

- d). La revisión de literatura en esta etapa ayuda a delimitar el problema. Nunca es posible revisar toda la literatura de un tema, parece que la información nunca se acabará, pero el interés va disminuyendo al no tener ningún éxito en el objetivo. Muchos se ven sobrepasados por un cúmulo de información existente, sufriendo frustraciones muy severas. ¿En dónde se encuentra el límite?, ¿dónde y cómo se puede delimitar un tema para posibilitar su entendimiento, sin quitar detalles esenciales que lo hacen importante o entendible o investigable?; éste es el problema más común, el cual no tiene fácil solución.
- e). Quizá el mejor avance esté en la secuencia de tres etapas que tienen que ejecutarse en la revisión de literatura. Al inicio lea amplia y exhaustivamente sobre el tema de interés. Entonces piense analice, intentando siempre eliminar las ideas que no son útiles. Después utilice un poco de tiempo entrevistándose con alguien que tenga experiencia en el tema y hable de los problemas encontrados. Si al hacerlo tiene problemas para entender las ideas que va a añadir al proyecto, regrese a la etapa uno.
- f). En base a la *revisión de la literatura* se generan hipótesis o preguntas para el desarrollo del trabajo de investigación. Entre más conocemos de alguna cosa, más preguntas nos vienen a la mente. Para el investigador siempre existe una razón para cada caso, pero esta razón no es conocida. Quizá no se haya investigado lo suficiente, los datos sean inadecuados, o no exista un esquema teórico para guiar en forma directa más investigación.

5.2. REVISIÓN DE LITERATURA

La revisión de la bibliografía se realiza en diferentes tipos de fuentes como libros, tesis, manuales, memorias, revistas, periódicos, reportes, informes, etc., y de fuentes de apoyo como diccionarios, enciclopedias, mapas, etc. Los lugares en donde se localizan las fuentes de información, son: bibliotecas, hemerotecas, filmotecas, fonotecas y bancos de información computarizados y/o por Internet.

Identificada la fuente de datos, se procede a su revisión y análisis, con el fin de seleccionar los elementos estrictamente indispensables en la investigación. Tratándose de materiales impresos o manuscritos, la revisión y análisis se hace mediante la lectura progresiva del documento, que se realiza siguiendo el orden a continuación expuesto: lectura exploratoria, lectura selectiva, lectura analítica y lectura crítica (García, 1989).

- a). **Lectura Exploratoria.** La lectura exploratoria consiste en hacer una revisión general del documento, referente a las siguientes partes: portada, índice, prólogo, introducción, capítulos, cuadros y figuras, conclusiones, bibliografías y apéndices. Esta revisión puede tener los siguientes objetivos:
- i). Conocer los documentos disponibles.
 - ii). Seleccionar textos.
 - iii). Anticiparse a otro tipo de lectura.

- b). **Lectura Selectiva.** La lectura selectiva es más profunda que la lectura exploratoria, ya que se concentra en la parte importante del documento, puesto que aporta elementos valiosos a la investigación.
- c). **La Lectura Analítica.** La lectura analítica tiene como finalidad estudiar íntegramente el documento seleccionado, registrando los conceptos y las pruebas que sean pertinentes, distinguiendo lo esencial de lo secundario; los hechos de las opiniones; lo lógico de lo absurdo y la verdad de lo falso.
- d). **Lectura Crítica.** La lectura crítica consiste en hacer juicios de valor del contenido del documento, para determinar los elementos que contribuirán a los propósitos de la investigación.

Se debe elaborar el marco teórico siguiendo fielmente el contenido de cada uno de los capítulos considerados en el índice, es decir, no deberá aparecer ni más ni menos de los temas anunciados. Cada párrafo deberá iniciarse con mayúscula y terminarse con punto y aparte (vea anexos A y B). Cada párrafo deberá moverse dentro de una idea concreta; es necesario que guarden armonía con el todo, es decir, tener congruencia unos con otros. Todo trabajo deberá realizarse a espacio y medio o a doble espacio. Los márgenes que se emplean son: 3 cm en el margen derecho e inferior y 4 cm en el margen izquierdo. La sangría queda en libertad de quien realiza el trabajo, es decir, puede utilizarse o no, pero deberá ser consecuente con el empleo de la misma.

Al analizar la revisión de literatura, se debe tener una lista de los encabezados de temas relacionados con el de interés. Se recomienda llevar un orden cronológico yendo de lo más antiguo a lo más reciente publicado, y de lo general a lo particular. Trabajando de lo que se hizo primero a lo más reciente, se tiene un contexto de profundidad que nos ayuda a desarrollar y entender las relaciones que la investigación tiene con otros temas.

A nivel proyecto, al menos cuatro fuentes de información deben consultarse: los principales libros sobre el tema, los *journal*, los bancos de información computarizados y los *abstracts*. Para la presentación del informe final de la investigación se deberá recurrir a boletines, tesis publicadas relacionadas con el tema y otras fuentes de información que conlleven al enriquecimiento de nuestro marco teórico.

Esta parte del reporte, presenta información sobre el desarrollo y el estado actual de los trabajos de investigación sobre el tema propuesto para investigar. Para almacenar la información que se va reuniendo a través de la lectura de los documentos, no es suficiente la memoria, es necesario conservar toda la información con exactitud textual o con detalles de referencias exigidos; sin embargo a la memoria no se le desplaza, por el contrario, debe ayudarse a facilitar el dominio de una cantidad cada vez mayor de información, esto se logra mediante la utilización de instrumentos de recopilación, éstos se utilizan para registrar, resumir, ordenar y codificar la información que se va obteniendo de las fuentes de datos.

En la construcción del marco teórico se auxilia conjunta o alternativamente por varios de estos instrumentos, destacando los siguientes: fichas, cuaderno de notas, fotocopias, fotografías, grabaciones y películas.

5.2.1. CITAS

Todo trabajo científico deberá estar apoyado en fuentes de información que le den seguridad, para lo cual se hace necesario el empleo de citas. Se llama *cita* a la transcripción (textual o no) de palabras y frases de otro autor, las cuales insertamos en un trabajo. Toda cita debe llevar su correspondiente referencia, es decir la descripción de la fuente en donde ha sido tomada. Se puede hacer una clasificación de las citas de acuerdo a su transcripción:

- a). **La cita directa o textual.** Es aquella en la cual se transcribe una idea o concepto del autor de manera textual, es decir, tal como aparece en la obra, incluyendo errores si los hubiere. Esta cita debe de ir entre comillas y dentro del texto del escrito. No hay que olvidar la indicación de la fuente donde ha sido tomada la cita. Cuando la cita es abundante debe descartarse el uso de las comillas.
- b). **La cita indirecta o contextual.** Es la que se toma de una idea o concepto de un autor, lo cual no se transcribe textualmente y aunque nos valemos de nuestras palabras somos fieles a la idea del autor, razón por la cual hay que indicar la fuente. En la cita indirecta se coloca el indicativo antes de citar la idea o concepto del autor, es decir, se hace referencia al autor, se coloca el indicador y luego la idea.
- c). **La cita de cita.** Es la que se hace con fundamento en la autoridad de un autor que cita a otro. Es decir, no se consulta directamente al autor de la idea que se toma de una cita. En lo posible debe tratarse de llegar a la fuente, pero siendo imposible se puede recurrir a este tipo de cita; éstas deben llevar su correspondiente referencia. Vamos a entender como referencia a la indicación de la fuente de donde ha sido tomada la cita o datos que se presentan en el texto. La referencia se indicará con el apellido del autor seguido del año de la publicación del trabajo. El año va entre paréntesis.

Siempre es necesario realizar una revisión de literatura o de las investigaciones del tema de interés, pero no existe un acuerdo sobre el detalle y la profundidad a que debe realizarse a nivel proyecto, comparándolo con la que se escribe en un trabajo publicado. Algunos recomiendan una corta revisión, sobre los principales documentos existentes, y esperan que en el documento final exista una mayor revisión.

La revisión bibliográfica del proyecto deberá ser breve (de diez a quince páginas) y debe concentrarse en el planteamiento de qué es lo que el investigador quiere hacer, por qué y cómo, también en qué forma aumentará lo que se ha hecho sobre el tema. Al hacer esto, el investigador tiene la máxima independencia y libertad de las restricciones hechas por la revisión.

Ahora bien, si la revisión de literatura es completa desde el planteamiento del proyecto de investigación, se comprenderán más algunos conceptos, se mejorará el procedimiento y por consiguiente se tendrá un mejor producto final. La investigación aumenta el conocimiento básico de la profesión y contribuye al avance del conocimiento de la disciplina estudiada.

5.2.2. ELABORACIÓN DE FICHAS

Como se mencionó anteriormente, para elaborar el marco teórico es necesario recopilar información; ello implica utilizar las *fichas* que permiten conservar datos acerca de libros, artículos, conferencias, revistas, etc. Las fichas tienen la enorme ventaja de que facilitan el trabajo, pues se archivan en ficheros en los que se ordenan por temas, de tal manera que el investigador tiene acceso a la información cada vez que la necesite, además de que este acervo puede incrementarse indefinidamente conforme se vayan recopilando más datos.

El tamaño de las fichas varía según las necesidades de cada investigador; las más usuales son las de 16.5 por 22 cm y de 14 por 22 cm, aunque también se utilizan las de tamaño carta (22 por 28 cm) y las de tamaño oficio (22 por 33 cm).

La construcción de una ficha en cualquier tamaño debe contener en el ángulo superior izquierdo la referencia de la cita indicando el apellido del autor seguido por año de publicación, deberá indicarse también el número de páginas donde se localiza el asunto; en el ángulo superior derecho se indica el tema y el subtema en forma condensada, es decir palabras claves para ser usadas posteriormente en la clasificación y archivado de la información. En el resto de la hoja se indicará la información recopilada de acuerdo a la modalidad que se haya elegido para la sintetización del texto y si se desea, al pie de la ficha se pueden hacer anotaciones o comentarios de importancia.

En forma simultánea, se deben elaborar fichas para registrar las diversas fuentes bibliográficas que se han utilizado; su contenido se indica en el capítulo 8, de acuerdo al tipo de publicación. El tamaño de estas fichas es recomendable que sea un cuarto de hoja tamaño carta, es decir de 11 por 14 cm.

Las fichas bibliográficas y de trabajo se deben colocar sistemáticamente en ficheros. En los ficheros de trabajo, las fichas se ordenan por capítulos de trabajo proyectado de acuerdo al índice y, en los ficheros bibliográficos, su ordenación será alfabéticamente de acuerdo al apellido del autor. El uso de los ficheros nos permite ubicar y reubicar continuamente las fichas, facilitando el crecimiento de las mismas, de acuerdo al avance del trabajo.

Una forma recomendable para la elaboración de los ficheros, es que la información que sea de interés para el investigador, sea recopilada en forma de fotocopias para que éstas sean adheridas a las fichas de trabajo y así evitar la supresión de información.

Para ejemplificar el formato de las fichas de trabajo y bibliográficas observe la figura 2 y 3 que se muestran a continuación.

<p>HIDRÁULICA GENERAL Sotelo Ávila, Gilberto. 1996 Página: 56</p> <p>Existen diferentes criterios para clasificar un flujo. Este puede ser permanente o no permanente; uniforme o no uniforme; tridimensional, bidimensional o unidimensional; laminar o turbulento; incompresible o compresible; rotacional o irrotacional; etc. Aunque no los únicos, si son los más importantes que clasifica la ingeniería.</p>	<p>CINEMÁTICA DE LOS LÍQUIDOS Clasificación de los flujos</p>
--	--

Figura 2. Modelo de ficha de trabajo para la elaboración del marco teórico.

<p>Münch, Lourdes y Ángeles, Ernesto; 1991. Métodos y Técnicas de Investigación para Administración e Ingeniería. <i>Ed. Trillas</i>. 2da. edición. México. 72 p.</p>

Figura 3. Modelo de ficha bibliográfica para la elaboración del marco teórico.

5.2.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de la información es la fase de la investigación documental en que se ordenan y se enlazan las fichas elaboradas, en una estructura coherente, redactada en forma clara y precisa, permitiendo la comunicación del pensamiento con la realidad. Para conocer la cantidad y profundidad de la información que se tiene concentrada en los instrumentos de

recopilación, es necesario revisarlos y evaluarlos, mediante la comparación de éstos, con el índice propuesto del trabajo, y ahí nos damos cuenta si la información es insuficiente o excesiva.

Cuando la información es insuficiente deberá realizarse una segunda o tercera revisión bibliográfica en mayor proporción de fuentes documentales. Cuando el material es excesivo, se elimina lo que a juicio del investigado no es relevante para ciertos puntos, conservando la información para ser incluida en caso necesario.

5.2.4. NOTAS INDICADAS EN EL DOCUMENTO

Las notas indicadas en el documento registran aclaraciones y explicaciones adicionales que apoyan el conocimiento de algunos puntos expresados en el texto. Las notas no deben interrumpir el desarrollo lógico de la redacción, por tal motivo deben separarse del texto, constituyendo unidades específicas de información de carácter secundario que se presentan en lugares diferentes y con un tipo de letra más reducido.

Las notas registradas en el documento deben tener igual relación con lo expresado en alguna parte del texto, esta relación se manifiesta con una llamada de atención, indicada con números, letras, asteriscos u otro símbolo similar. En el texto, las llamadas de atención se localizan antes del signo de puntuación inmediato, dependiendo de la oportunidad concreta que se presente; para fines de ejemplo se citan las siguientes:

- Inmediatamente después de la palabra que necesita aclaración.
- Después de la frase, aprovechando un punto y coma, si se desea aclarar algo sobre la unidad que termina allí.
- Al llegar a un punto y seguido, cuando se quiere aclarar algo sobre las frases anteriores.
- En el punto final, para comentar y ampliar, agregando consideraciones semejantes o paralelas a las expresadas en el párrafo concluido.

De acuerdo al fin que persiguen las notas, se clasifican en tres clases: de contenido, de referencia cruzada y de fuente de información.

a). **Notas de contenido.** Se refieren a la temática del asunto, ampliando, explicando, comentando o enriqueciendo un punto determinado que se desprenda del texto. Estas notas pueden tener los siguientes objetivos:

- Definir términos que se emplean.
- Explicar complementariamente las ideas.
- Argumentar los conceptos.

b). **Notas de referencia cruzada.** Remiten al lector a otro capítulo, sección o página del mismo documento, con el fin de relacionar, complementar, comparar o revisar la información.

c). **Notas de fuente de información o referencias documentales.** Complementan las citas registradas en el texto, ya que proporcionan los datos necesarios para localizar el origen de éstas. Los datos que consignan estas notas deben ser reducidos y no redundantes; utilizando para tal efecto locuciones latinas y abreviaturas en mayor cantidad a partir de la segunda mención de un mismo documento¹². Las notas que se hacen con motivo de un documento que se cita por primera vez en la obra, deben contener los siguientes datos:

- Nombre del autor (iniciando con el apellido paterno).
- Título de la obra (entrecomillado o subrayado).
- Editorial.
- Número de edición (excepto la primera).
- Lugar de publicación.
- Año de publicación.
- Página(s) donde se localiza la información.

De acuerdo a la localización de las notas en el informe, se pueden encontrar intercaladas en el texto, agregadas en el texto en pie de página, al final del capítulo o al final de la obra. A continuación se describen cada una de ellas:

- a). **Notas intercaladas en el texto.** Se registran cuando una cita requiere de un espacio mayor de cinco renglones, considerando las siguientes indicaciones: se colocan dos puntos después de la última palabra, antes de empezar la cita, se dejan cinco espacios y a partir de allí se empieza la redacción de la nota, escribiéndola a renglón seguido con un tipo de letra más pequeño y con espacios más reducidos, se deja un margen de tres a cinco espacios del margen normal¹³.
- b). **Notas agregadas al texto.** Se colocan inmediatamente después del párrafo citado o de la frase o término que requiere complementarse o ampliarse en su información; su registro por lo general, se hace entre paréntesis; así, por ejemplo: las notas de fuente de información son breves, ya que se reducen a escribir entre paréntesis el apellido paterno del autor y el año de edición; para consultar la obra bastará consultar la bibliografía. Por último, si se cita un concepto ajeno del autor consultado, se anotará primero el apellido del autor original, seguido del término *citado por...*
- c). **Notas al pie de página o notas de calce.** Se localizan en la parte inferior de la página que se encuentra la llamada de atención con la que se relaciona. Las notas se registran en el margen inferior izquierdo, a renglón seguido y con un tipo de letra más pequeño. Se separan del texto mediante una línea horizontal de cinco a diez centímetros, colocadas entre el margen izquierdo y derecho. Es recomendable que las llamadas de atención *de este tipo* de notas sean numéricas para evitar confusión. Si las notas fueran numerosas, puede seguirse una progresión numérica en cada capítulo.
- d). **Notas al final del capítulo.** Se registran al final de cada capítulo, la progresión numérica puede ser separada por cada capítulo o única para toda la obra.

¹² Puede ampliar estos conceptos con el ejemplo del anexo A.

¹³ Ejemplo en el anexo B.

- e). **Notas al final de la obra.** Si la obra fuera reducida, se pueden agregar al final todas las notas, ordenadas en progresión numérica.

5.2.5. LOCUCIONES LATINAS Y ABREVIATURAS

Las locuciones latinas y abreviaturas se utilizan en el texto y en las notas; en estas últimas, con el propósito de reducir las a su mínima expresión y evitar la redundancia de los datos.

Las locuciones latinas que se usan con más frecuencia son las siguientes (Olea, 1991):

- a). **Idem, Ibid, Ibidem, Id e Ib.** Tienen el mismo significado: “En el mismo lugar, la misma fuente o referencia”; se usan indistintamente en una nota de fuente de información para referirse al mismo documento que se indica en la nota inmediata anterior. La locución se registra seguida de la indicación de la página donde se localiza la información.
- b). **Op. Cit.** Significa “Obra citada”, se usa para referirse a un documento ya citado en la obra, pero no en la nota inmediata anterior. Cuando se usa esta locución los datos que consigna sucesivamente son los siguientes:
- Apellido paterno del autor.
 - Locución latina.
 - La indicación de la página o páginas donde se localiza la información (Baena, *Op. Cit.*, p. 80).

Si el autor que se está mencionando tiene varias obras registradas en la bibliografía del trabajo; entre el autor y la locución latina se intercala la primera o primeras palabras del título de la obra citada (Baena, Manual, *Op Cit*, p. 80).

- c). **Loc cit.** Significa: “En el lugar citado” se usa para referirse a una cita contigua que pertenece al mismo documento y que se encuentra en la misma página del trabajo, pero que se halla separada por algunas expresiones.
- d). **Vid.** Su significado es: “Véase”, se usa para indicar que se vea o se consulte algún aspecto de la obra; o bien, otro documento que se relaciona con lo que se está mencionando. En la nota, la locución se registra antes de los datos que identifiquen a la obra citada. Frecuentemente la locución *Vid* antecede a las locuciones: *infra*, *supra*, o *cfr*; que significan: posteriormente, anteriormente y cotejar.
- e). **Cfr.** Significa: “Igual que el original”, se usa para indicar que se transcribe textualmente el párrafo citado y se coloca entre paréntesis (*Cfr*).

En el texto y en las notas del escrito se usan frecuentemente palabras abreviadas, de las cuales, las más comunes son las siguientes:

Anon.	Anónimo
Bibl.	Bibliografía
bol.	boletín
©	Copyright; derechos de publicación
Ed., Edit.	Editorial
Ed.	Edición
ej.	ejemplo
<i>et al</i>	y otro (s)
etc.	etcétera
facs.	facsimiles
fig., figs.	figura, figuras
fol., ff.	folio, folios
front.	frontispicio
il., illus.	ilustración, ilustraciones
imp.	impresa, impreso
<i>infra</i>	debajo, abajo; más adelante
introd.	introducción
MS., MSS.	manuscrito, manuscritos
n.	nota
n. s.	nueva serie
N. del T.	nota del traductor
No., núm.	número
p. ej.	por ejemplo
<i>post</i>	véase más adelante
p. s.	<i>post scriptum</i> ; después de escrito
p., pág.	página
pp., págs.	páginas
pref.	prefacio
prol.	prólogo
s. a.	sin año
<i>s. d.</i>	<i>sine dato</i> , sin dato
s. e.	sin edición
s. f.	sin fecha
<i>sic</i> .	así
s.n., n.n.	sin nombre, ningún nombre
s.p.i.	sin pie de imprenta ¹⁴
s. l.	sin lugar de edición
<i>supra</i>	más arriba, en la parte anterior
supl.	Suplemento
s., ss.	página siguiente, páginas siguientes
t.	tomo
tít.	título
tr., trad.	traducción, traductor
v. gr.	verbigracia, por ejemplo
Vol., vols.	volumen, volúmenes

Cualquier abreviatura que indique la ausencia de algún elemento de los que deben figurar en la portada (año, lugar, fecha, editor, etc.), debe indicarse entre paréntesis.

¹⁴ En caso que no haya lugar, ni editor, ni año de la publicación.

Ejercicio 7. Siga las indicaciones.

1. **Elabore un ejemplo del marco teórico y conceptual usando sus fichas de trabajo:**

I. NOMBRE DEL CAPÍTULO: _____

Redacte la introducción del capítulo: _____

1.1. NOMBRE DEL SUBCAPÍTULO

Redacte la introducción del subcapítulo: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Realice los comentarios finales y dé cierre a esta sección: _____

2.1. NOMBRE DEL SUBCAPÍTULO

Redacte la introducción del subcapítulo: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

6. MATERIALES Y MÉTODOS

El método se define como un modo de proceder o el procedimiento seguido en las ciencias para hallar la verdad y demostrarla; constituye en sí el diseño de la investigación, entendiéndose éste como la comprobación de un modelo.

El diseño de la investigación será el ajuste de las decisiones requeridas para el hallazgo de un nuevo conocimiento, por medio de la comprobación de una hipótesis. Entre las decisiones relevantes para una investigación tenemos: la elección de un problema, la elección de una o varias hipótesis, la elección de una técnica para comprobar tales hipótesis, el diseño del resultado de confirmar o desconfirmar la hipótesis. El ajuste u ordenamiento de esas decisiones constituye el modelo general de la investigación.

Es necesario tener en cuenta el tipo de investigación o de estudio que se realizará, ya que cada uno de éstos tiene una estrategia diferente para su tratamiento metodológico. Por lo cual, se debe indicar el tipo de investigación; si es una investigación histórica, descriptiva o experimental o si se trata de un estudio causal, exploratorio o predictivo y/o de otro tipo.

Se deberá indicar el tipo de población que se manejará, su delimitación, las condiciones constantes y no constantes que forman parte de ella (condiciones climáticas, edáficas, de laboratorio, etc.), así como del tipo de muestra que se trate. Recordemos que la *población* es la totalidad del fenómeno a estudiar y la parte representativa de éste, se considera como una *muestra*.

Es importante manifestar la forma como será extraída dicha muestra y las técnicas de recolección de datos. La recolección de datos es la parte operativa del diseño investigativo; hace relación al procedimiento, condiciones y lugar de recolección de los datos.

Es vital señalar la totalidad de los instrumentos que se usarán, así como sus formatos, según sea el caso. Deberán ser estructurados de acuerdo al tipo de investigación adoptado y cumplir los requisitos fundamentales de validez y confiabilidad. Dentro de los instrumentos más usados se encuentra el cuestionario, la encuesta y la entrevista.

En esta sección se incluirá también la manera como serán tabulados y graficados los datos. Los datos tienen significado únicamente en función de las interpretaciones que les da el investigador. De nada servirá una abundante información si no se somete a un adecuado tratamiento analítico; pueden utilizarse técnicas lógicas y estadísticas. Estas técnicas utilizadas deberán estar claramente indicadas en el proyecto de investigación.

A fin de estar seguros de la consistencia y validez del diseño metodológico es conveniente someter los instrumentos y las técnicas a una prueba previa, lo cual nos asegurará su confiabilidad. Es importante anotar la manera cómo se realizó esta validación.

Si se trata de una investigación experimental señalar el diseño experimental que se usará en el trabajo, plantear el modelo estadístico, así como las pruebas a que se someterán los datos; sin olvidar el nivel de significancia que se trabajará en las pruebas de hipótesis.

Con el fin que el investigador tenga conocimiento de la metodología estadística que puede usar en sus investigaciones, en las secciones posteriores se plantean *en forma muy general* la teoría básica.

6.1. ANTECEDENTES

La obtención de información es una de las etapas más importantes del proceso de investigación científica ya que es el fundamento para la definición del problema, el planteamiento y la comprobación de las hipótesis, la elaboración del marco teórico y del informe de resultados. Dentro de este contexto, la observación es la técnica de investigación por excelencia; es el principio y la validación de toda teoría científica.

La ciencia *nace y culmina* con la observación. Esta técnica es la más primitiva y la más actual en el proceso del conocimiento. La observación incluye desde los procedimientos informales, como la observación casual, hasta los más sistematizados, como son los experimentos en laboratorio.

En su acepción más general, *observar* equivale a mirar con detenimiento; es la forma más usual con la que se obtiene información acerca del mundo circundante.

Para que la observación pueda ser considerada como científica debe reunir los siguientes requisitos (Münch y Ángeles, 1991):

- Tener objetivos específicos.
- Proyectarse hacia un plan definido y un esquema de trabajo.
- Sujetarse a comprobación.
- Controlarse sistemáticamente.
- Reunir requisitos de validez y confiabilidad.
- Los resultados de la investigación deben escribirse preferentemente en el momento exacto en que están transcurriendo.

6.2. LA EXPERIMENTACIÓN

La *experimentación* la practica el hombre desde tiempos inmemoriales; sin embargo el reconocimiento de que al experimentar se presentan *fenómenos aleatorios* o sea fenómenos donde no se pueden predecir los resultados de ellos, ya sea por desconocimiento total o parcial

de las leyes involucradas o bien, por el uso impráctico de dichas leyes, hace necesario el uso de métodos estadísticos.

Ejemplo:

Al medir durante varios días la producción de azúcar en un ingenio, se ve que la producción varía aleatoriamente, a pesar de que mantengan las condiciones de operación lo más constante posible; esto es, con temperatura, presión, concentración de reactivos, etc., constantes. En este caso la variabilidad es de tipo aleatorio.

Por lo tanto, al efectuar el experimento, éste sólo nos servirá para comparar varias temperaturas y presiones de operación del ingenio (se puede hacer a menor escala en condiciones de laboratorio). En el planteamiento anterior se busca la comparación de varios factores en algún proceso físico-químico, por lo que los experimentos practicados son *comparativos*.

Sin embargo, al estudiar el proceso, existe una variabilidad aleatoria, aun al mantener las condiciones constantes. Entonces cualquiera que sean los resultados de los experimentos se plantea la pregunta: ¿esos resultados indican diferencias reales de las modalidades estudiadas, o bien, las diferencias reflejan la variabilidad aleatoria inherente en los procesos, considerándose que las variantes estudiadas no cambian básicamente el proceso?

Fue Fisher en 1920, el que reconoció la importancia de la pregunta anterior, así como su aplicabilidad a todos los *experimentos comparativos*, independientemente del tipo de experimento. Fisher desarrolló métodos para llegar a contestarla y para hacerlo eficientemente. El primer punto de importancia en el tratamiento fisheriano es el de que se trata de una inferencia. Esto es, se considera que existen en forma ideal *poblaciones infinitas* que son el conjunto de mediciones que se podrían efectuar estudiando el proceso un gran número de veces en condiciones constantes y que el experimento tome muestras de varias poblaciones para comparar características de las poblaciones, no de las muestras.

6.3. CONCEPTO DE POBLACIÓN Y MUESTRA ¹⁵

Retomando los planteamientos precedentes; *población es el conjunto de mediciones que se pueden efectuar sobre una característica común de un grupo de seres u objetos.*

Este concepto desempeña un papel fundamental en la estadística, pues define los límites de la inferencia o inducción que con ella se efectúa.

Como ejemplo de población tenemos:

- a). *Conjunto de valores en cm del diámetro de cilindros de concreto, conocidos como cilindros alfa.*

¹⁵ Méndez, 1976 a.

- b).** *Conjunto de mediciones de tiempo de duración de focos de luz producidos por cierta compañía en un lapso dado.*

Una peculiaridad esencial de los ejemplos anteriores consiste en que, para definir el conjunto de objetos sobre los que se puede efectuar la medición, se requiere especificar una serie de factores comunes. Así en el inciso **a** se dice que son cilindros de concreto conocidos como cilindros alfa; en el inciso **b**, se trata de focos producidos por cierta compañía en un lapso dado.

Al definir la población se especifican ciertos factores comunes a todos los objetos sobre los que se efectúan las mediciones, sin embargo, se deja de señalar un número muy grande de factores que podrían variar entre los objetos de la población. Se considera que la fluctuación entre las mediciones de la población se debe precisamente a esos factores no especificados al definirla. Aunque es frecuente ignorar la variación ocasionada por el instrumento de medida, en ocasiones ciertos aspectos del instrumento de medida se incluyen al definir la población; así se puede especificar el tipo de balanza, cronómetro, regla, etc., que se va a usar, así como también algunas de las condiciones en que se efectúe la medición. Sin embargo, muy frecuentemente se aprecia la variación por errores de medida, considerando que la mayor contribución a la variación entre las mediciones de la población se debe a los cambios en las características peculiares específicas de cada uno de los individuos u objetos que se miden.

En el inciso **a**, algunos de los aspectos determinados que causan variación son: características en la elaboración de los cilindros, tipo de material utilizado, desgaste, etc.; en **b**, los focos pueden variar en su duración por irregularidades en el filamento de encendido, su composición química, cambios en el tipo de atmósfera que rodea al filamento, fluctuaciones en voltaje y frecuencia a la que son sometidos los focos, etc.

Debido a la necesidad de especificar ciertas condiciones comunes a los individuos u objetos en estudio, el concepto de población es un poco flexible de acuerdo con los factores o condiciones características; así dichos ejemplos podrían ampliarse:

- a').** *Conjunto de diámetros de cilindros de concreto.*

En este caso los factores no especificados al definir población tendrán fluctuaciones mayores; de este modo, aumentan las características que no estamos controlando.

- b').** *Conjuntos de tiempos de duración de todos los focos producidos en México.*

Es lógico que aumenten los factores no definidos en la población **b'**, puesto que ahora se agrega la variación entre fábricas y épocas de elaboración de los focos, que a su vez dan mayor variación en los factores no constantes mencionados.

Para esta situación se dice que las poblaciones **a'** y **b'** tienen mayor grado de generalidad que las poblaciones **a** y **b**. También se pueden definir poblaciones con menor grado de generalidad si se especifican más factores al determinar la población; así, se podrán tener las siguientes poblaciones:

a''). *Conjunto de valores en cm del diámetro de cilindros de concreto, conocidos como cilindros alfa; utilizados para soportes de vigas.*

b''). *Conjunto de mediciones, en horas, del tiempo de duración de focos de la marca A, producidos en 2000, para uso doméstico en la Ciudad de México.*

Es obvio que al definir las poblaciones **a''** y **b''** los factores no especificados son menos que en las poblaciones **a** y **b**. Por lo tanto, las variaciones de las mediciones para **a''** y **b''** serán menores que las de **a** y **b**.

Estos ejemplos ilustran el hecho de que el concepto de población es flexible. Se espera entonces que sus características sean diferentes al cambiar la definición misma siendo de interés principal los cambios en valores promedios de las mediciones y su variación. En general, al ampliarse el concepto de población, o sea al tener un mayor grado de generalidad, *habrá más variabilidad*, o lo que es lo mismo, mayores discrepancias en las mediciones que se obtengan.

En las aplicaciones de los modelos lineales, se emplea el concepto de población repetidas veces. *Por lo general, se suponen poblaciones infinitas, que en la práctica, frecuentemente son poblaciones finitas con un número grande de miembros.* Así, una población se convierte en un concepto abstracto que representa las posibles mediciones de una característica común en un conjunto específico (muy grande o infinito) de seres u objetos.

En ocasiones se podrá argumentar que la población bajo estudio no es infinita; sin embargo, en la práctica, este caso es poco frecuente; casi siempre es posible, dentro de las especificaciones de la población, tener un número grande de individuos.

Las poblaciones *muy grandes o infinitas* se manejan a través de *muestras*, o sea que se miden sólo unos cuantos objetos o individuos y mediante el análisis estadístico de esas muestras se generalizan algunas características para toda la población.

En casos extremos la población puede ser totalmente artificial, en el sentido de no existir en realidad ningún individuo; en este caso, la población está en la mente del investigador y para su estudio deberá producir en la realidad algunos miembros de la población (muestra) para medirlos y mediante ellos inferir algo respecto a la población teórica.

Ejemplo:

Si se piensa en la población de presiones arteriales, en mm de mercurio de los hombres adultos de Cunduacán, sometidos a una dosis x de una droga M (la droga M en estado experimental).

6.4. EL MUESTREO

Cuando no es posible medir a cada uno de los individuos de una población se toma una muestra representativa de la misma. La muestra descansa en el principio de que las partes representan al todo y por tal, refleja las características que definen la población de la cual fue extraída, lo que nos indica que es representativa; es decir, que para hacer una generalización exacta de una población es necesario tomar una muestra representativa y por lo tanto la validez de la generalización depende de la validez y el tamaño de la muestra. En general se entiende por *muestreo estadístico* a todo procedimiento de selección de individuos, procedentes de una población objetivo, que asegure, a todo individuo componente de dicha población, una probabilidad conocida, de ser seleccionado; esto es, de formar parte de la muestra que será sometida a estudio.

Esta definición nos plantea un problema, ya que es frecuente que en el momento de realizar la investigación no se tenga acceso a todos los individuos de la población objetivo. Veamos las situaciones más comunes que se pueden presentar:

- a). **Se tiene acceso directo a todos los individuos:** Esta situación, por lo general, sólo ocurre en la solución de algunos problemas. En este caso si se estudia a todos los individuos, no existirá diferencia entre la población y la muestra.

Las muestras se seleccionan mediante la realización de algún procedimiento de aleatorización, o sea, se escoge alguna estrategia de muestreo estadístico y, a partir de la definición del tamaño de la muestra, se realizan distintos tipos de mediciones sobre las muestras unitarias. Sobre estas mediciones (directas o indirectas) se realizan las operaciones vinculadas con la inferencia estadística; las conclusiones obtenidas a partir de la muestra se pueden aplicar directamente a la población.

- b). **No se tiene acceso a todos los individuos.** En este caso se debe definir qué constituye la muestra. Una vez establecido este punto, se aplica algún procedimiento de aleatorización para conseguir una muestra de tamaño n , realizándose los distintos tipos de mediciones planificadas. A partir de estas mediciones se realizan las operaciones vinculadas con la inferencia estadística, y se obtiene toda una serie de conclusiones sobre la muestra.

El vincular estas conclusiones a la población ya no cae en el campo de los métodos estadísticos, sino será el resultado de razonamientos vinculados con el conocimiento disponible para el especialista asociado con la disciplina; en particular este especialista relaciona el fenómeno estudiado con la zona de trabajo. A medida que la muestra es más representativa de la población, las conclusiones obtenidas, a partir de la primera, estarán relacionadas de forma más directa (con pocas modificaciones) a la población.

Se dice que una muestra es representativa para una etapa dada de la investigación (relacionada con el nivel de conocimiento que se desee obtener al terminar el estudio), si los individuos seleccionados, para un tamaño dado de la muestra, presentan una densidad espacial promedio, prácticamente homogénea para toda la región ocupada por la población.

- c). **Las muestras se toman siguiendo criterios no estadísticos:** Esta situación es también bastante común. En este caso se pueden estimar algunos valores numéricos (estadísticos), que representen valores sumarios de los atributos estudiados, pero la inferencia sobre la población se puede realizar sobre la base de los conocimientos asociados a la disciplina científica relacionada por el problema por resolver.

Después de lo expuesto, debemos recalcar que los métodos empleados en la inferencia estadística, *sólo tendrán valor si el método de muestreo empleado es estadístico*, es decir, si la muestra es representativa de la población en cuestión.

6.4.1. LEYES DEL MÉTODO DE MUESTREO

La técnica de muestreo se basa en ciertas leyes que le otorgan su fundamento científico, las cuales son: *la ley de los grandes números y el cálculo de probabilidades*.

- a). **La ley de los grandes números** nos dice que si en una prueba la probabilidad de un acontecimiento es P y si éste se repite una gran cantidad de veces, la relación entre las veces que se reproduce el suceso y la cantidad total de pruebas es decir la frecuencia F del suceso tiende a acercarse cada vez más a la probabilidad P . Más exactamente, si el número de pruebas es suficientemente grande, resulta totalmente improbable que la diferencia entre F y P supone cualquier valor prefijado por pequeño que sea.

La probabilidad de un hecho o suceso es la relación entre el número de casos favorables a este hecho con la cantidad de los casos posibles. El modo de establecer la probabilidad es lo que se denomina cálculo de probabilidad.

- b). **Ley de regularidad estadística.** Según esta ley, un conjunto de n unidades tomadas al azar de un conjunto N , es casi seguro que tenga las características del grupo más grande.
- c). **Ley de la inercia de los grandes números.** Esta ley es contraria de la anterior. Se refiere al hecho de que en la mayoría de los fenómenos, cuando una parte varía en una dirección, es probable que otra igual del mismo grupo, varíe en dirección opuesta.
- d). **Ley de la permanencia de los números pequeños.** Los estadísticos la formulan de la siguiente manera: si una muestra suficientemente grande es representativa de la población, una segunda muestra de igual magnitud deberá ser semejante a la primera; y si en la primera muestra se encuentran pocos individuos con características raras, es de esperar encontrar igual proporción en la segunda muestra.

6.4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Uno de los problemas más difíciles del muestreo probabilístico es la determinación del tamaño de la muestra, ya que el objetivo primordial al determinarlo es obtener información representativa, válida y confiable al mismo costo. Para obtener más exactitud en la infor-

mación es necesario seleccionar una muestra mayor; sin embargo, el solo hecho de contar con una muestra grande no garantiza su representatividad.

El tamaño de la muestra está relacionado con los objetivos del estudio y las características de la población, además de los recursos y del tiempo de que se dispone. El tamaño absoluto de la muestra y sus varianzas son los que ejercen mayor influencia en el error estándar. El tamaño de la muestra se puede determinar con base en la fórmula para estimar la varianza:

$$V(y) = \frac{\sigma^2}{n} \qquad n = \frac{\sigma^2}{V(y)} \qquad n = \frac{z^2}{E}$$

En donde:

- V = Varianza
- n = tamaño de la muestra
- z = Valor de tablas de la distribución normal estándar
- \bar{y} = Media
- σ = valor de la desviación estándar
- E = máxima magnitud de error aceptable

Las etapas para determinar el tamaño de la muestra en el muestreo simple aleatorio, son las siguientes:

- a). Determinar el nivel de confianza con que se desea trabajar. (Al 66, 95 ó 99% de confianza). Es más usual al 95%, es decir, tomando 2σ .
- b). Estimar las características del fenómeno investigado. Para ello se determina la probabilidad de que se realice el evento (p) o la de que no se realice (q); cuando no se posea suficiente información de la probabilidad del evento, se le asignan los máximos valores.

$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

La suma de $p + q$ siempre debe ser igual a uno.

- c). Determinar el grado de error máximo aceptable en los resultados de la investigación. Éste puede ser hasta del 10%, normalmente lo más aconsejable es trabajar con variaciones del 1% al 6%, ya que las variaciones mayores del 10% reducen demasiado la validez de la información.

d). Se aplica la fórmula del tamaño de la muestra de acuerdo con el tipo de población.

- *Infinita*. Cuando no se sabe el número exacto de unidades del que está compuesta la población.
- *Finita*. Cuando se conoce cuantos elementos tiene la población.

Para cada tipo de población se utiliza una fórmula distinta. Para *poblaciones infinitas* la fórmula es:

$$n = \frac{pq}{e^2}$$

Y para *poblaciones finitas* la fórmula es:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{N e^2 + Z^2 pq}$$

En donde:

- n = Tamaño de la muestra
- e = Error de estimación
- Z = Valor de tablas de la distribución normal estándar
- N = Tamaño de la población
- p = Probabilidad de éxito
- q = probabilidad de fracaso

El error de estimación se utiliza para estimar la precisión necesaria y para determinar el tamaño de muestra más adecuado.

Para calcular el error de estimación con un nivel de confianza del 95% se aplica la siguiente fórmula (tomando en cuenta 2σ):

$$e = \frac{3.84 pq}{n}$$

Ejemplo:

Supóngase que el objetivo de nuestra investigación es determinar los factores que inciden en la productividad de los obreros de la pequeña y mediana industria en la ciudad de México; por lo que es necesario entrevistar a los gerentes de producción para conocer su opinión. El tamaño de la muestra se calcula de la siguiente manera:

- Se determina el nivel de confianza (90 o 95%).
- Se obtiene el marco muestral, en este caso la referencia adecuada será el directorio de la pequeña y mediana industria que anualmente publica la Confederación Nacional de Cámaras Industriales (el número de empresas y de gerentes en la zona elegida es de 21,703).

- c). Se obtiene una lista de los gerentes de producción que trabajan en cada empresa y se numera.
- d). Se elige el método de muestreo. Dadas las características de la población se utilizará el método probabilístico y el muestreo simple aleatorio.
- e). Se aplica la fórmula para los distintos valores:

$$e = 5\%$$

$$n = ?$$

$$Z = 1.96 \text{ (por medio de tablas de la normal estándar).}$$

$$N = 21,703$$

$$p = q = .50$$

$$n = \frac{Z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Sustitución con el 95% de confiabilidad:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.50)(1-0.50)(21703)}{(21703)(0.50)^2 + (1.96)^2 (0.50)(1-0.50)}$$

$$n = 377.48$$

Sustitución con el 90% de confiabilidad:

$$n = \frac{(1.65)^2 (0.50)(1-0.50)(21703)}{(21703)(0.10)^2 + (1.65)^2 (0.50)(1-0.50)}$$

$$n = 67.85$$

- f). Se comparan ambos resultados, se analizan y se elige el más adecuado. En este ejemplo, si observamos los resultados, obviamente elegiremos el de 377 entrevistas ya que es el que tiene menor margen de error y consecuentemente una mayor confiabilidad.
- g). Mediante una tabla de números aleatorios se eligen los gerentes a los que se les aplicaría el estudio.

6.4.3. CLASIFICACIÓN DEL MUESTREO PROBABILÍSTICO

El muestreo probabilístico puede llevarse de diversas maneras, que veremos a continuación (Méndez, 1976 b; Münch y Ángeles 1991).

6.4.3.1. Muestreo Simple Aleatorio

El elemento más común para obtener una muestra representativa es la selección al azar, es decir, que cada uno de los individuos de una población tiene la misma probabilidad de ser elegido. Si no se cumple este requisito se dice que la muestra está viciada. Para tener seguridad de que la muestra al azar no está viciada debe elaborarse empleando una tabla de números aleatorios, o bien, empleando números aleatorios obtenidos a través de calculadoras de bolsillo o de cualquier tipo. El muestreo simple aleatorio es la base fundamental del muestreo probabilístico.

El muestreo simple aleatorio puede ser *con reemplazo* o *sin reemplazo*. El muestreo en que cada miembro de la población pueda elegirse más de una vez se llama con reemplazo, y el muestreo sin reemplazo es aquél en el que cada miembro de la población puede elegirse una sola vez.

La representación simbólica de una población de tamaño finito se indica por N , en donde n representa el tamaño de la muestra. De esta manera la fracción de muestreo es igual a:

$$f = \frac{n}{N}$$

Por ejemplo, si se selecciona una muestra de 200 de un total de 6 200 artículos, la fracción de muestreo será:

$$f = \frac{200}{6\ 200} = \frac{1}{310}$$

Esta expresión puede utilizarse cuando se conoce el tamaño de la población, si también se estipula la fracción de muestreo, por ejemplo: ¿qué tamaño de muestra se determina con una población de 3 000 y una fracción de muestreo de 1/20?

$$\frac{1}{20} = \frac{n}{3\ 000} \qquad 20n = 3\ 000 \qquad n = 150$$

Una característica importante de la información obtenida por muestreo simple aleatorio es que permite estimar los valores de la población; por ejemplo, para estimar la edad promedio de una población, basta conocer la edad promedio de una muestra simple aleatoria, de tal manera que:

$$\bar{X} = \bar{X}'$$

Donde la media de la muestra \bar{X}' es un estimador insesgado de la media poblacional.

Los estimadores de la muestra probabilística son confiables en la medida que la experiencia confirma que la disposición de las observaciones tiene cierto comportamiento: la población puede estar distribuida normalmente si más o menos, las dos terceras partes de la muestra poseen la característica en un grado cercano al promedio; un sexto de la muestra posee la característica en un grado muy elevado y otro sexto de la muestra la posee en un grado más débil.

Existen dos expresiones que miden la variabilidad de los valores: *la varianza y la desviación estándar*, que expresan la dispersión de la información alrededor de la media.

La fórmula de la varianza de la población es:

$$\text{VAR } X = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N} = \sigma^2 \quad \dots(1)$$

donde :

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N} \quad \dots(2)$$

La varianza de una muestra es:

$$\text{Var}_x X = \frac{\sum X_i^2}{n} - (\bar{X})^2 \quad \dots(3)$$

donde :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \dots(4)$$

La estimación de la varianza de la población utilizando la varianza de la muestra es:

$$S^2 = \frac{n}{n-1} \text{Var}_x X \quad \dots(5)$$

La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza:

$$\text{Población D.S.}_x = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N} \quad \dots(6)$$

$$\text{Muestra D.S.}_x = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad \dots(7)$$

Para determinar la confiabilidad de la estimación de la media poblacional basándose en la muestra, es necesario calcular el estimador de la varianza y de la desviación estándar. La teoría del muestreo proporciona ecuaciones para calcular la varianza y la desviación estándar, basándose en la información de una sola muestra. A la desviación estándar así calculada se le conoce como error estándar.

Las fórmulas para el error estándar y su estimador son:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{N - n}{N} \frac{\sigma^2}{n}} \quad \dots(8)$$

$$S' = \sqrt{\frac{N - n}{N} \frac{S^2}{n}} \quad \dots(9)$$

$$\text{donde } S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad \text{para } n \leq 30$$

$$\text{y } S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} \quad \text{para } n > 30$$

La cota para el error de estimación es:

$$\bar{X} \pm 2S'$$

lo que significa que al menos $1 - 1/k^2$ de los datos se encuentran en este intervalo. Para $k = 2$ le corresponde un 75%.

Aplicando las fórmulas anteriores, supongamos que se efectuó una encuesta a los dueños de las casas habitación en la ciudad de Cunduacán, acerca de la preferencia de cierto material para la construcción. La pregunta formulada sería:

¿Consumió usted el producto X en la construcción de su casa habitación?

Sí

No

Esta pregunta se formula a una muestra aleatoria simple:

$$N = 3,000$$

$$n = 200$$

A la respuesta Sí se le codificó con 1.

A la respuesta No se le codificó con 0.

La suma de las respuestas afirmativas fue 150, $\sum(X_i) = 150$.

a). Cálculo de la media muestral, usando (4):

$$\bar{X} = \frac{150}{200} = 0.75$$

Es decir que el 75% de la población contestó afirmativamente.

b). Cálculo de la varianza de la muestra, usando (3):

$$\text{Var}_x X = \frac{(150)^2}{200} - (0.75)^2 = 0.187 \approx 19$$

Este indicador nos está manifestando que existe el 19% de probabilidad de que un elemento de la población elegido al azar conteste negativamente.

c). Cálculo de la varianza estimada de la población, usando (5):

$$S^2 = \frac{200}{199} (0.187) = 0.188$$

O sea que existe un 18% de probabilidad de que la media no se ajuste a la media calculada.

d). Estimación del error estándar, usando (9):

$$S' = \frac{3000 - 200}{3000} \frac{0.188}{200} = 0.02$$

En este ejemplo, el intervalo equivalente a un error estándar en relación con la población es de 0.75 ± 0.02 , o sea, el intervalo entre 0.77 y 0.73. Existen 68% de probabilidades de que el

valor de la población se encuentre en este campo de variación. El intervalo de confiabilidad es el campo de variación en relación con el valor de la población en el cual se puede esperar que se sitúen las estimaciones.

El nivel de confiabilidad es la probabilidad de que los valores muestra, le sean correctos. El intervalo de confianza tiene relación con los riesgos de error que el investigador está dispuesto a aceptar en su trabajo. A mayor intervalo de confianza menores riesgos: para un nivel de confianza del 95% se necesita una cota de error o intervalo de confianza de dos desviaciones estándar en torno a la media, es decir que en el ejemplo citado existe un 95% de confiabilidad de que los resultados obtenidos en las encuestas sean acertados para toda la población.

6.4.3.2. *Muestreo Estratificado*

Se dice que una muestra es estratificada cuando los elementos de la muestra son proporcionales en su presencia en la población. La presencia de un elemento en un estrato excluye su presencia en otro, es un requisito de un muestreo estratificado. En la muestra estratificada la representación de los elementos en los estratos es proporcional a su representación en la población.

Para el muestreo estratificado se divide la población en varios grupos o estratos con el fin de dar representatividad a los distintos factores que integran al universo o población en estudio, la condición de la estratificación es la presencia en cada estrato de las características que conforman la población.

Para la selección de los elementos o unidades representantes de cada estrato se utiliza el método del muestreo simple aleatorio.

En relación con el muestreo simple aleatorio, tiene tres ventajas:

- a). El costo de recolección y análisis de datos se reduce al dividir los grupos con elementos similares pero que difieran de grupo a grupo.
- b). La varianza del estimador de la muestra poblacional se reduce debido a que la variabilidad dentro de los estratos es generalmente menor que la variabilidad de la población.
- c). Se obtienen estimadores separados para los parámetros de cada subgrupo o estrato sin necesidad de seleccionar otra muestra.

La estratificación es útil siempre y cuando se puedan definir con facilidad los estratos y sean claramente observables. Cuanto mayor sea el número de variables estratificadoras menos satisfactorios serán los resultados de la muestra.

Las etapas para la selección de una muestra estratificadora son:

- a). Especificación clara y detallada de cada estrato.

b). Selección de una muestra aleatoria de cada estrato.

El muestreo por estratos es aconsejable cuando existen claras diferencias en la población que se va a estudiar, por ejemplo: religión, sexo, nivel socioeconómico, etc., en una población relativamente grande. Cuando el número de elementos que integra cada estrato es diferente, la selección de la muestra deberá realizarse de tal manera que el número de elementos de cada estrato sea proporcional al tamaño de éste.

Fijación de la muestra por estratos:

$$n_i = n \left[\frac{N_i}{N} \right] \quad i = 1, 2, \dots, L$$

donde N_i es el número de elementos de estrato i y

$$N = \sum_{i=1}^L N_i \quad N \text{ es el tamaño de la población.}$$

Estimación de la media y la varianza de cada estrato:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}}{n_i}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i - 1} \quad i = 1, 2, \dots, L$$

donde X_{ij} es la j -ésima observación del estrato i y la varianza s_i^2 es un estimador de la varianza del estrato σ_i^2 .

Estimación de la media poblacional para una muestra aleatoria estratificada:

$$\text{Estimador } \bar{X}_{est} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i \bar{X}_i$$

Varianza estimada:

$$\sigma^2 X_{est} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^L N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) \left(\frac{S_i^2}{n_i} \right)$$

$$\text{Cota de error: } \bar{X}_{est} \pm 2\sigma \bar{X}_{est}$$

Ejemplo:

Se desea determinar los estilos de liderazgo predominantes en las 382 empresas más grandes del país, con un 95% de confiabilidad y un 5% de margen de error, a través de la aplicación de una encuesta a sus ejecutivos.

a). Se aplica la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Valores:

$$e = 5\%$$

$$Z = 1.96$$

$$N = 382$$

$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

Sustitución:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(382)}{382(0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{3.8916(95.5)}{0.9525 + 0.9604} = \frac{366.8728}{1.9129} = 192$$

Por lo que sería necesario encuestar a 192 empresas.

- b). Se utiliza la tabla de números aleatorios para seleccionar a las empresas del marco muestral (directorio publicado por la Confederación Nacional de Cámaras Industriales).
- c). Se obtiene un listado de los ejecutivos y jerarquías o estratos de las empresas elegidas, el cual es el siguiente:

Nivel	Número
N ₁ Directores	534
N ₂ Subdirectores	173
N ₃ Gerentes	345
N ₄ Subgerentes	15
N ₅ Jefes de Departamento	144
Total de ejecutivos	1211

- d). Se aplica el método de números índices para cada estrato. Se utilizó la siguiente fórmula, para efectos de la relación del índice obtenido con la muestra que se calculó:

$$n_i = \frac{n N_i}{N}$$

donde :

n_i = Número índice

n = Tamaño de la muestra

N_i = Número de jefes en cada categoría

N = Tamaño de la población

Sustituyendo :

$$n_1 = (192) \left(\frac{534}{382} \right) = 267 \quad \text{Directores}$$

$$n_2 = (192) \left(\frac{173}{382} \right) = 87 \quad \text{Subdirectores}$$

$$n_3 = (192) \left(\frac{345}{382} \right) = 173 \quad \text{Gerentes}$$

$$n_4 = (192) \left(\frac{15}{382} \right) = 7.54 = 8 \quad \text{Subgerentes}$$

$$n_5 = (192) \left(\frac{144}{382} \right) = 72 \quad \text{Jefes de departamento}$$

- e). En las empresas elegidas en el inciso b, se encuesta al número de ejecutivos determinados para cada estrato, distribuyéndolos proporcionalmente con el método de números índices.

6.4.3.3. Muestreo Sistemático

En este método se eligen las unidades aplicando un intervalo de selección, de tal modo que después de que suceda cada intervalo se van incluyendo unidades en la muestra.

Para determinar el intervalo (I) se divide el tamaño de la población N entre el tamaño de la muestra:

$$I = \frac{N}{n}$$

Si por ejemplo, se requiere de una muestra sistemática de 200 empresarios en una lista de 3000, el intervalo

$$I = \frac{3000}{200} = 15$$

Utilizando la tabla de números aleatorios, cada 15 números se van seleccionando unidades que serán las que conformen la muestra. Las principales ventajas del muestreo sistemático son simplicidad y fácil administración, pero tiene el inconveniente de que pueden existir sesgos si las listas no están ordenadas o son ambiguas.

6.4.3.4. Muestreo por Conglomerados

El muestreo por conglomerados se realiza seleccionando aleatoriamente un conjunto de grupos de elementos muestrales llamados conglomerados y llevando al cabo un censo completo en cada uno de éstos.

Este tipo de muestreo es útil cuando no existe una lista de todos los elementos de la población y/o la población es grande y está dispersa en una región muy extensa, por ejemplo: supongamos que se desea hacer un estudio de la cantidad promedio de refrescos que ingiere cada familia en el DF.; en lugar de una muestra de toda la ciudad, se puede dividir ésta por conglomerados y después extraer una muestra aleatoria de éstos, encuestando a cada una de las familias incluidas en cada conglomerado escogido.

Este tipo de muestreo disminuye los costos pero en ocasiones puede aumentar el error de muestreo debido a que los elementos de un conglomerado por lo general tienen características comunes.

Estimación de la media poblacional en el muestreo por conglomerados donde n_i es igual al número de elementos del conglomerado y t_i es igual al total de mediciones del conglomerado:

Estimador:

$$\mu = X_i = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

Varianza estimada del estimador:

$$\sigma^2 \bar{y}_c = \left(\frac{M-m}{Mm n^2} \right) \left(\sum_{i=1}^m \frac{(t_i - \bar{X}_c n_i)^2}{m-1} \right)$$

Cota de error:

$$y_c \pm 2 \sigma_{y_c}$$

donde

$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i$$

$$\bar{t} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i$$

M = número de conglomerados de la población.

m = número de conglomerados en la muestra.

Estimación del total poblacional:

Estimador:

$$T = M \sum_{i=1}^m t_i$$

Varianza estimada del estimador:

$$\sigma_t = M^2 \left(\frac{M-m}{Mm} \right) \left(\frac{t_i - \bar{t}^2}{m-1} \right)$$

Cota de error:

$$T = 2 \pm \sigma_t$$

6.4.4. **FACTORES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA UN PROCESO DE MUESTREO**

- a). Contar con la asesoría de un estadístico experimentado para obtener un diseño de muestreo.
- b). La exactitud de la información no sólo depende de la aplicación de fórmulas de muestreo sino también de la calidad del cuestionario, la capacitación de los entrevistadores, la supervisión del trabajo de campo y la confiabilidad de la codificación.
- c). Las entrevistas y cuestionarios incompletos y la sustitución de los entrevistados (por dificultad para entrevistarlos dañan la representatividad de la muestra).
- d). El muestreo es sólo una parte del proceso de investigación y aunque los resultados que se obtienen son cuantificables, es necesario analizarlos e integrarlos en relación con el contexto total de la investigación.
- e). A medida que el tamaño de la muestra crece, el error tiende a cero.
- f). De los diseños de la muestra debe elegirse el de mayor precisión al costo mínimo.

6.4.5. CUALIDADES DE UNA BUENA MUESTRA

Para que una muestra proporcione datos confiables, éstos deben ser representativos de la población, es decir, que los errores del muestreo deben ser relativamente pequeños para que ésta no pierda su validez. Ninguna muestra da garantía absoluta en relación con la población de donde ha sido extraída, de ahí, la importancia de poder determinar el posible margen de error y la frecuencia de los mismos dentro del conjunto.

Generalmente, se presentan dos tipos de errores: errores sistemáticos y de muestreo.

6.4.5.1. El error Sistemático

Llamado también de distorsión o sesgo de la muestra, se presenta por diferentes causas ajenas a la muestra:

- a). **Situaciones inadecuadas:** se presentan cuando el encuestador tiene dificultades para obtener información y la sustituye por la que más fácilmente está a su alcance, no siempre es la más confiable.
- b). **Insuficiencia en la recolección de datos:** hay distorsión por falta de respuesta, o por respuestas inadecuadas, ya sea por ignorancia o falta de datos relativos a los elementos incluidos. Distorsiones del encuestador causados por sus prejuicios, interés personal, o por fallas en la aplicación de los instrumentos.
- c). **Errores de cobertura:** a causa de que no se han incluido elementos importantes y significativos para la investigación que se realiza.

6.4.5.2. El error de muestreo

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado y la perfección del método utilizado, la muestra diferirá de la población. A esta diferencia entre la población y la muestra se le denomina error de muestreo.

6.4.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos depende en gran parte del tipo de investigación y del problema planteado para la misma. Las actividades en esta etapa son variadas, en donde podemos encontrar fichas de trabajo, observación, entrevista, cuestionario o encuesta, entre otras.

- a). **La ficha o tarjeta de trabajo.** Es de gran valor para la investigación documental. Su construcción obedece a un trabajo creador, de análisis, de crítica o de síntesis. En ella se manifiesta la capacidad de profundización del investigador de acuerdo al fin que persigue, ya que aunando la lectura y la reflexión, se extraen los aspectos de utilidad para la investigación. La ficha de trabajo es el instrumento que nos permite ordenar y clasificar

los datos consultados, incluyendo nuestras observaciones y críticas, facilitando así la redacción del escrito.

- b). **La observación.** La observación es la más común de las técnicas de investigación; la observación sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos. La observación científica debe trascender una serie de limitaciones y obstáculos.

La palabra observación hará referencia explícitamente a la percepción visual y se emplea para indicar todas las formas de percepción utilizadas para el registro de respuestas tal como se presentan a nuestros sentidos. Pero es conveniente distinguir una respuesta y un dato: una respuesta es cierto tipo manifiesto de acción, un dato es el producto del registro de la respuesta. Una respuesta es observable, un dato es observado. El camino de la respuesta al dato es complejo debido a las variaciones sensoriales intrapersonales, variaciones en el uso de símbolos para registrar las impresiones de las respuestas.

La observación directa es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Este tipo de observación puede ser intersubjetiva cuando es basada en el principio de que observaciones repetidas de las mismas respuestas por el mismo observador deben producir los mismos datos, y la observación intrasubjetiva, que expone que observaciones repetidas de las mismas respuestas por observadores diferentes deben producir los mismos datos.

Dentro de las ciencias del comportamiento humano la observación puede subdividirse en dos tipos: la observación participante y no participante. La observación participante es aquella en la que el investigador juega un papel determinado dentro de la comunidad en la cual se realiza la investigación, mientras que la observación no participante es en la que el investigador hace uso de la observación directa sin ocupar un determinado status o función dentro de la comunidad, en la cual se realiza la investigación.

La observación indirecta se presenta cuando el investigador corrobora los datos que ha tomado de otros, o sea de testimonios orales o escritos de personas que han tenido contacto de primera mano con la fuente que proporciona los datos.

- c). **La entrevista.** Al igual que la observación, es de uso bastante común en la investigación, ya que en la investigación de campo, buena parte de los datos obtenidos se logran por entrevistas. Podemos decir que la entrevista es la relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos y grupos con el fin de obtener testimonios orales. La entrevista puede ser individual o colectiva y por la forma que está estructurada puede ser libre o dirigida. Cuando ciertas condiciones externas a la investigación lo permiten, es conveniente repetir la entrevista para verificar la información obtenida.
- d). **El Cuestionario.** Es de gran utilidad en la investigación científica, ya que constituye una forma concreta de la técnica de observación, logrando que el investigador fije su atención en ciertos aspectos y se sujeten a determinadas condiciones. El cuestionario contiene los aspectos del fenómeno que se consideran importantes; permite, además, aislar ciertos

problemas que nos interesan principalmente. Reduce la realidad a ciertos números de datos esenciales y precisa el objeto de estudio.

La elaboración del cuestionario requiere un conocimiento previo del fenómeno que se va a investigar, lo cual es el resultado de la primera etapa de trabajo. Una vez que se ha tenido contacto directo con la realidad que se investiga y se tiene conocimiento de los aspectos más relevantes, es el momento para precisar el tipo de preguntas que haremos y que nos llevarán a la verificación de nuestras hipótesis.

La experiencia del investigador es un gran auxiliar para la construcción de cuestionarios, los cuales deben ser adaptados a las necesidades del investigador y a las características de la comunidad en la cual se realiza la investigación.

La estructura y forma del cuestionario deben estar cuidadosamente elaboradas, no deben incluirse preguntas y datos cuya utilidad no esté precisada con exactitud. Es de gran importancia el orden en que deben aparecer las preguntas, ya que su redacción está íntimamente relacionada con el orden en que son formuladas.

La redacción de las preguntas debe ser suficientemente sencilla para que sean comprendidas con facilidad, además deberá ser clara y precisa a fin de que se refiera directa e inequívocamente al punto de información deseado.

Las preguntas pueden ser:

- a). **Dato objetivo:** edad, sexo, etc.
- b). **Cerradas:** se contestan con un sí o con un no.
- c). **Abiertas:** las que se contestan a criterio y juicio del entrevistado.
- d). **De opción múltiple:** cuando se presenta una serie de posibilidades para responder, entre las cuales el entrevistado escogerá la que crea conveniente.

Una vez elaborado el cuestionario debe ser aplicado por el investigador a fin de realizar una prueba, la cual le permitirá la corrección de los errores que se hayan presentado, tales como: preguntas inútiles, poco precisas, que se repiten, mal redactadas, de no conveniencia, etc. El cuestionario se prueba en un pequeño grupo antes de ser aplicado en la totalidad de la muestra.

6.4.7. ESTUDIO PILOTO

Antes de realizar la investigación es conveniente y necesario, para la efectividad de la misma, cuestionar la calidad de los instrumentos que se han diseñado y se piensan aplicar, bien sean entrevistas escritas u orales. Esta prueba nos permite ver las deficiencias existentes en torno al diseño metodológico y nos lleva a la realización de los ajustes necesarios, e igualmente pondrá de manifiesto las ventajas y desventajas en torno a la investigación que se realizará

posteriormente. El estudio piloto nos ayudará a perfeccionar las hipótesis ya planteadas y a solucionar pequeños imprevistos en la etapa de planteamiento de la investigación. Este estudio de preinvestigación debe realizarse en una pequeña muestra, la cual debe darnos confiabilidad, es decir, debe ser lo más representativa posible a la muestra definitiva de la investigación. Es importante señalar que del muestreo piloto se obtienen estadísticas que nos ayudarán al cálculo del tamaño de la muestra, es recomendable que se recurra a un estadístico para que conjuntamente con el investigador se realicen los cálculos y ajustes necesarios.

6.4.8. PROCESAMIENTOS DE DATOS

Una vez recopilados los datos por medio de los instrumentos diseñados para este fin, es necesario procesarlos, ya que la cuantificación y su tratamiento estadístico nos permitirán llegar a conclusiones en relación con las hipótesis planteadas. No basta con recolectar los datos ni con cuantificarlos adecuadamente. Una simple colección de datos no constituye una investigación. Es necesario analizarlos, compararlos y presentarlos de manera que realmente lleven a la confirmación o al rechazo de las hipótesis.

El procesamiento de datos, antes muy laborioso mediante métodos manuales, es hoy realizado por computadoras electrónicas, las cuales han eliminado, por así decirlo, gran parte del trabajo matemático y estadístico que antes se realizaba. Hoy en día toda investigación seria (presupuestada adecuadamente) es procesada por computadoras, lo cual aligera la obtención de resultados que anteriormente se demoraba por los procesos matemáticos implementados. El procesamiento de datos, cualquiera que sea la técnica empleada para ello, no es otra cosa que el registro de los datos obtenidos por los instrumentos empleados, mediante una técnica analítica en la cual se comprueba la hipótesis y se obtienen conclusiones. Por lo tanto, se trata de especificar el tratamiento que se dará a los datos: ver si se pueden clasificar, codificar y establecer categorías precisas con ellos.

6.4.8.1. Codificación

Es el procedimiento técnico mediante el cual los datos son categorizados. A través de la codificación, los datos sin elaborar son transformados en símbolos, ordinariamente numéricos, que pueden ser tabulados y contados. Sin embargo, la transformación no es automática; supone un juicio por parte del codificador.

Codificar es clasificar todos los datos en base a las variables independientes y dependientes relacionadas con la investigación; es decir, todas las manipulaciones que deberán hacerse con los datos numéricos de tales variables para descubrir los resultados de esas manipulaciones. Una vez manipulados y obtenidos los resultados, se realiza un análisis de datos para compararlos con las hipótesis propuestas. El juicio que asigna una respuesta a una categoría es con frecuencia emitido por alguien distinto de la persona que ostenta oficialmente el título de "codificador". A menudo es el propio interrogado quien asigna su respuesta a una categoría. Esto es cierto para muchas preguntas tipo elecciones y de elección múltiple, por ejemplo, cuando una persona se limita a una respuesta de "sí", "no", "no sé", o "estoy de acuerdo", "no estoy de acuerdo", "no estoy seguro" o bien indicando con una señal su posición en una escala

de valores. Asimismo, la persona que recoge los datos puede categorizar al tiempo que los va reuniendo. Este procedimiento permite disponer de tiempo para la reflexión. Los juicios de los encargados de la recolección de los datos pueden ser matizados por notas nada significativas como el aspecto y la manera del interrogatorio, su acento, respuestas a preguntas previas, etc.

6.4.8.2. *Tabulación*

Es una parte del proceso técnico en análisis estadístico de los datos. La operación esencial en la tabulación es el recuento para determinar el número de casos que encajan en las distintas categorías. El término *marginales* es utilizado para referirnos a simples recuentos de frecuencias en los que concurren las diversas categorías con los datos. El término *tabulación cruzada* es utilizado con frecuencia para referirnos a la tabulación del número de casos que ocurren conjuntamente en dos o más categorías.

6.4.8.3. *Interpretación*

Aquí se considera si las variables correlacionadas en el sistema, resisten una interpretación no sólo a nivel muestra sino del colectivo; si los resultados obtenidos nos resultaron o no (por honestidad se aclara siempre) extensivos o interpretativos de la población considerada. Básicamente la interpretación es ya la "expresión de la relación existente entre los fenómenos". Esto es simplemente lo que en ciencia se define en la actualidad como ley: la expresión de la relación existente entre las variables consideradas en el estudio. En su forma más perfecta esta relación tiende a expresarse en términos cuantitativos.

6.5. DEFINICIONES BÁSICAS EN LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

El *experimento* es la selección de variantes bajo estudio, la toma de muestras de las poblaciones y los cuidados durante la producción controlada de esas muestras de poblaciones. El *análisis estadístico* de los resultados, para contestar las preguntas básicas del experimento, se basa en el *modelo teórico* que se cree que es el más adecuado para representar cómo cambian las medias de las poblaciones estudiadas (las que se generan al variar los niveles de algunos factores).

Se llama *factor* a alguna de las condiciones constantes dentro de las poblaciones, pero que varían entre las poblaciones estudiadas. Las modalidades que definen a las poblaciones en el estudio de un factor se llaman *niveles*. Entonces una población queda definida por los niveles de los factores estudiados y se conoce como un *tratamiento* (o combinación de tratamientos). El diseño es la configuración de puntos en el espacio de los factores, (es decir, los niveles de los factores) y el orden en el cual se efectúa la toma de observaciones en el tiempo y/o espacio.

El diseño consiste en la determinación de cuántos factores se varían, a qué niveles, qué combinaciones de ellos se estudian y cómo se asignan a las unidades experimentales. A cada diseño le corresponde un modelo y éste a su vez determina el análisis estadístico.

6.6. PASOS EN LA PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS¹⁶

6.6.1. ESTABLECER OBJETIVOS

Esto deberá hacerse preferentemente por un grupo interdisciplinario con un estadístico en él. En los experimentos los objetivos son esencialmente de tipo comparativo; esto es, se comparan las medias de diferentes poblaciones. El objetivo de la investigación es un enunciado claro y preciso de las metas que se persiguen en razón de la solución de un problema mediante el proceso científico.

6.6.2. DEFINIR TRATAMIENTOS

El mismo comité o grupo interdisciplinario debe decidir qué factores y qué niveles son los más convenientes para los objetivos seleccionados. Se deberá tener cuidado también al definir las condiciones constantes comunes a todas las poblaciones (tratamientos) bajo estudio. Aquí hay dos principios contrapuestos, ya que si se definen poblaciones con grados de generalidad muy reducido, esto es, con muchas condiciones constantes, se tendrá una variabilidad aleatoria reducida, y esto puede ser más costoso y además reducirá el área de aplicabilidad de los resultados del experimento. Por otro lado, las poblaciones con grado de generalidad alto, o sea, con pocos factores constantes, tienen área de aplicabilidad amplia, pero mucha variabilidad aleatoria. Se debe buscar un balance adecuado según los objetivos, el presupuesto y las facilidades físicas disponibles.

Los tratamientos seleccionados deberán ser de una naturaleza tal, que puedan ser reproducidas a gran escala. Por ejemplo, no tiene sentido práctico (aunque tal vez sí lo tenga desde el punto de vista científico) ver si teniendo un maestro por cada alumno de la UJAT se eleva su I. Q. (a esto se le llama practicabilidad de los tratamientos).

Ejemplo:

Considerar 120, 130 y 140 grados centígrados como temperatura de proceso de un ingenio para la producción de azúcar y además caña de variedades CO-245 y POJ-321 (factorial 3 por 2), manteniendo constantes la presión y concentración de reactivos.

Al definir los tratamientos se define el denominado espacio de exploración o región de exploración. En el ejemplo anterior se tienen temperaturas en el rango de 120 a 140 grados centígrados y dos variedades de caña.

6.6.3. DEFINIR LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental es la subdivisión menor del material experimental que puede recibir un tratamiento diferente. Aquí intervienen factores de tipo práctico y de tipo estadístico.

¹⁶ Se trata de experimentos comparativos que requieren de la estadística para su análisis. Méndez, 1977.

Dentro de los aspectos de tipo práctico, se tiene por ejemplo: la producción de un día del ingenio puede ser una unidad experimental (o un lote). Otro aspecto práctico es la representabilidad de las unidades experimentales. Esto es, las unidades deben ser reproducciones de condiciones comerciales o de gran escala.

Dentro de los aspectos estadísticos está la precisión del experimento, en general, unidades experimentales grandes producen menos variabilidad aleatoria. El tamaño de la unidad experimental debe considerarse en forma simultánea con el tamaño de muestra y el costo. Se ha trabajado muy intensamente en este aspecto y la recomendación más adecuada es reducir al máximo la unidad experimental, de manera que continúe siendo representativa, así como aumentar el tamaño de la muestra (número de unidades experimentales que se estudian con un tratamiento constante), para un costo fijo. O sea, es más efectivo aumentar el tamaño de la muestra que el tamaño de la unidad experimental, reduciendo de este modo la variabilidad de los estimadores de los parámetros de interés.

6.6.4. DEFINIR LAS OBSERVACIONES O MEDICIONES A EFECTUARSE

A. Tipos de Mediciones. Escalas

El investigador, en su trabajo cotidiano, se enfrenta a distintas actividades en las que realiza mediciones de las más diversas magnitudes, atendiendo algún criterio dado. Estas actividades se realizan con un propósito que determina la secuencia de operaciones mediante las cuales se obtienen, el resultado de la medición, así como la confiabilidad de los números que caracterizan la cualidad estudiada.

Una medición consiste en el proceso de asignar un valor numérico (o un símbolo) a alguna cualidad de un objeto o de un proceso, asociado a una definición operacional. Es posible definir cuatro tipos de niveles de medición, los que a continuación se describen brevemente (Alfonso, 1989).

- a). **Nivel nominal o clasificatorio.** Se usa para clasificar objetos en distintas clases o categorías, en dependencia del comportamiento de un conjunto de propiedades. Pueden ser designadas por medio de números o de símbolos. Las categorías son mutuamente excluyentes y no es posible establecer relaciones de orden, ejemplo; tipos de maquinaria, coloración del suelo, tipos de reactivos, etc.
- b). **Nivel ordinal.** Este nivel se usa cuando los objetos o eventos estudiados se pueden ordenar de forma consecutiva, atendiendo al comportamiento mayor que y menor que del atributo o cualidad que se emplea como criterio común y como ejemplo se pueden mencionar. Escala de resistencia a la ruptura por compresión de las rocas, con diez categorías; escala para la intensidad de los terremotos con diez categorías, etc. Las clases o categorías sucesivas de las escalas ordinales no tienen que estar equiespaciadas con respecto al atributo.

- c). **Escala de intervalos.** Se emplea cuando se establece o define la igualdad de intervalos (intervalo de longitud) entre dos clases sucesivas. Pero el valor del cero absoluto se puede definir de forma arbitraria. El caso más representativo del uso de estos tipos de escalas es la medición de la temperatura en las escalas de Celsius y la de Fahrenheit. Las magnitudes medidas con estos tipos de escalas se pueden someter al tratamiento estadístico convencional.
- d). **Escalas relacionales o de proporciones.** Constituyen las escalas de medición más completas. En este tipo de escalas quedan definidos tanto el cero de la magnitud, como el intervalo de longitud entre dos unidades consecutivas de la misma. Los datos correspondientes al uso de este tipo de escala pueden ser sometidos a todo tipo de procesamiento matemático definido en la estadística matemática, siempre y cuando los propios datos cumplan con los requisitos exigidos para cada método en particular.

B. Tipos de Variables

Se denomina variable a la característica o atributo de la unidad de estudio que tiene la facultad de adoptar diferentes valores o modalidades. Es la relación causa efecto que se da entre uno o más fenómenos estudiados.

La validez de una variable depende sistemáticamente del marco teórico que fundamenta el problema y del cual se ha desprendido y de su relación directa con la hipótesis que la respalda. Inicialmente se definen las variables contenidas en la hipótesis en forma teórica, luego en forma empírica, lo cual recibe el nombre de indicadores de variables.

- a). **Variables de interés primario.** Son aquellas que permiten medir en forma directa los aspectos fundamentales de la investigación; ejemplo: tiempo de fraguado, rendimiento, descontaminación de los suelos, etc.
- b). **Variables sustitutas de interés primario.** Son las variables que se utilizan cuando no se pueden medir las de interés primario por motivos tecnológicos, éticos o de tiempo; éstas deben contener aspectos altamente correlacionados con las de interés primario; por ejemplo: número de bretaduras por unidad de superficie, como indicador del estado de deterioro ambiental.
- c). **Variables auxiliares.** Son aquellas que aunque no son fundamentales proporcionan información adicional al proceso estudiado; ejemplo: procedencia de determinado material, calidad del material, etc.
- d). **Variables absolutas.** Se refiere a las características de los objetos de estudio sin necesidad de hacer referencia a la propiedad de algún grupo; ejemplo: edad de la maquinaria, su uso, etc.
- e). **Variables relacionales.** Se refiere a las características de los objetos de estudio, que sólo se pueden expresar en relación con otros objetos de estudio; por ejemplo: la referencia de una máquina se puede definir de acuerdo al número de individuos que la tengan en uso.

- f). **VARIABLES COMPARATIVAS.** Se refiere a las características de los objetos de estudio que se plantean en relación con un grupo; por ejemplo: el rendimiento de una máquina puede ser mayor, igual o menor al promedio del grupo.
- g). **VARIABLES EXPLICATIVAS.** Son mediciones que se hacen para conocer mejor el efecto de los tratamientos. Así por ejemplo el contenido de impurezas en el azúcar, color y otras medidas de calidad.
- h). **VARIABLES EXTRAÑAS.** Son las variables que el investigador no controla y que pueden presentar efectos sobre la variable dependiente.
- i). **OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS PARA INCREMENTAR PRECISIÓN, (COVARIABLES).** Estas son variables que sirven para usar el análisis de covarianza, de modo que los resultados son como si el experimento se hiciera con valores de la covariable constante. La covarianza disminuye la magnitud de los errores en el experimento; ejemplo: sólidos totales en el jugo de caña o el denominado "brix" que da idea del contenido de azúcar en el jugo.
- j). **OBSERVACIONES PARA VERIFICAR LA APLICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.** Son observaciones que se usan para ver si se tienen las condiciones deseadas en cada unidad experimental; ejemplo: observar si las condiciones de temperatura (tratamiento) son las adecuadas.
- k). **OBSERVACIONES PARA VERIFICAR LAS CONDICIONES EXTERNAS.** Es muy importante este tipo de observaciones puesto que si las condiciones externas no son comunes a las unidades experimentales aumentaría el error experimental y corremos el riesgo de enmascarar el efecto de los tratamientos; ejemplo: condiciones climáticas, tipo de técnica empleada, etc.

En la elaboración de un proyecto de investigación, se debe definir y/o describir cada una de las variables involucradas en la investigación, así como sus escalas de medición.

Durante la toma de observaciones, se debe hacer notar las precauciones necesarias para eliminar sesgos introducidos por operaciones conscientes o inconscientes.

6.6.5. ELECCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Para toda investigación es de importancia fundamental que los hechos y relaciones que establece, los resultados obtenidos o nuevos conocimientos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad. Para ello se planea una metodología o procedimiento ordenado que se sigue para establecer lo significativo de los hechos y los fenómenos hacia los cuales está encaminado el interés de la investigación.

Científicamente la metodología es un procedimiento general para lograr de una manera precisa el objetivo de la investigación. De ahí, que la metodología de la investigación nos presenta los métodos y técnicas para realizar la investigación.

El diseño experimental es la forma de asignar los tratamientos a las unidades experimentales. El diseño determina el modelo y el análisis estadístico a seguir.

Las ideas centrales que guían la elección del diseño son los principios de aleatorización y de bloques. El uso de bloqueo en el diseño (modelo) es con el fin de contrarrestar el efecto de algunos factores que aunque no son de interés se reconoce que pueden causar una fuerte variación en las unidades experimentales y que sin embargo no pueden mantenerse constantes todas las unidades experimentales. Se puede definir el concepto de bloque como un grupo de unidades experimentales más o menos homogéneas, de modo que la asignación de tratamientos diferenciales a dichas unidades experimentales produzcan en las observaciones un efecto más fácil de distinguir de otros factores aleatorios. Los modelos con bloques asumen un valor constante que se adiciona a todas las unidades experimentales de cada bloque.

Los factores de bloqueo importantes son las posiciones en el tiempo y en el espacio ya que las unidades contiguas o concomitantes tienden a ser parecidas. El principio de bloqueo fue establecido por Fisher en los experimentos agronómicos y de ahí se extendió a todas las áreas de la investigación.

Se llama bloque completo a un grupo de unidades experimentales que contienen todos los tratamientos del experimento y bloque incompleto, si no contiene más que a una parte de los tratamientos. Para el caso de dos tratamientos los bloques completos de parejas de unidades experimentales semejantes se les denomina observaciones apareadas.

El uso de bloques tiene como objetivo el control de factores de variación en forma explícita en el modelo, disminuyendo así la varianza de los errores.

El principio de aleatorización también introducido por Fisher es fundamental por dos razones: la primera, porque es un medio de impartir insesgamiento a los estimadores a pesar de tener unidades experimentales heterogéneas. Esto es, todos aquellos factores no estudiados (que no son parte de los tratamientos) ni controlados explícitamente en el modelo (que no es parte de los bloques) y que causen variación en las unidades experimentales son controladas por la aleatorización. Al aleatorizar se controlan factores de variación no incluidas en el modelo en forma implícita. Se busca eliminar sesgos sistemáticos y justificar la independencia de los errores. Si después de revisar la aleatorización se nota alguna disposición sistemática, se recomienda rechazar este arreglo y generar otro nuevo. Entonces la aleatorización es como un seguro contra posibles sesgos que pueden o no ocurrir. La propiedad de aleatoriedad de un arreglo de tratamientos no está en el arreglo en sí, sino en el sistema que genera el arreglo.

6.6.6. DETERMINAR EL NÚMERO DE REPETICIONES

Las repeticiones son las veces en que se reproduce cada tratamiento en las unidades experimentales. Las repeticiones son necesarias en casi todos los experimentos ya que:

- a). Proveen una estimación de la varianza del error experimental.
- b). Incrementan la precisión del experimento, puesto que de hecho son los tamaños de la muestra de las poblaciones estudiadas.
- c). La varianza de los estimadores será menor a mayor número de repeticiones.

6.6.7. PROYECTO DE RESULTADOS Y ANÁLISIS

Esto debe determinarse antes de efectuar el experimento para que el estadístico señale al experimentador cuales son las suposiciones básicas del modelo y este último determine si el experimento cumple satisfactoriamente esas suposiciones. Si se cree que algunas suposiciones no son realistas, o sea, no se cumplen de modo satisfactorio (estrictamente nunca se cumplen), entonces se cambia el modelo y/o modelo experimental.

También se realiza el proyecto de resultados para ver si las respuestas que se obtengan cumplen con los objetivos planteados, esto se hace señalando cuáles son las hipótesis estadísticas que se probarían. Si es posible determinar potencia de las pruebas, ésta se realiza. Se debe señalar también la forma gráfica o tabulada en que se resumirán los resultados. Un aspecto importante a discutir es la relación entre el costo y la precisión, así también como la generalidad de los resultados.

Desafortunadamente, en muchas áreas de experimentación no se conoce bien el papel de la estadística y es frecuente que se efectúen experimentos sin tener una idea clara de cuáles son sus objetivos, cuál es el diseño, el modelo y su análisis.

Si se realiza este paso, el investigador tiene que considerar estos aspectos antes del experimento. Es frecuente que se presenten datos a los estadísticos para que "vean qué se les puede sacar", de antemano el investigador debe pensar que esta situación es inadecuada, aunque, algunas veces cuando se conduce un experimento y se pierde información por aspectos fuera de su control, es conveniente reconsiderar el modelo y rediseñar el experimento, esto es para aprovechar al máximo la información restante.

6.6.8. REALIZAR EL EXPERIMENTO Y COLECTAR DATOS

En la realización del experimento y en la colección de los datos el estadístico sólo debe asesorar al investigador; sobre él recae todo el trabajo que se realiza con el material experimental. Se debe tener cuidado de especificar los pasos prácticos a seguir y tener formas especialmente diseñadas para vaciar las observaciones. Se debe cuidar también no introducir sesgos o vicios personales inconscientes. Por ejemplo: al tomar los datos en cierto orden puede sesgar la información.

En ocasiones durante el desarrollo del experimento pueden surgir problemas prácticos que obliguen a reconsiderar el diseño y en consecuencia el modelo, y que estos cambios puedan modificar los resultados planeados. Es claro que estas consideraciones se deben hacer en equipo interdisciplinario, puesto que el rediseñar implica generar un nuevo modelo para el análisis.

6.6.9. EFECTUAR EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para esto, hay usualmente programas de computadora como el SPSS y el SAS en donde se realizarán las pruebas de hipótesis. Se pueden revisar algunas de las suposiciones del modelo por ejemplo: independencia de errores, normalidad y homogeneidad de varianzas.

Es muy importante analizar el experimento de varias maneras, esto se hace con el fin de comparar los métodos de análisis y tomar el más adecuado.

6.6.10. OBTENCIÓN DE CONCLUSIONES

Es frecuente que el investigador no conozca lo suficiente de estadística para obtener conclusiones claras. El estadístico debe auxiliarlo para la interpretación de los análisis. Algunos aspectos de discusión casi obligada son los niveles de significancia, potencia y alcance o aplicabilidad de las inferencias realizadas.

Es importante hacer notar que el investigador es el que más sabe del fenómeno en cuestión dentro del equipo interdisciplinario, por lo que deberá tener cuidado en relacionar los resultados de los análisis, (desde el punto de vista matemático), con la realidad de su investigación.

6.7. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO

La evaluación del experimento se realiza ya sea para publicarse o para el planteamiento de futuros experimentos con base a la información obtenida. Hay que recordar que la adquisición de tecnología nueva es un proceso infinito con ciclos de experimentación, alimentados por los análisis científicos. Se debe analizar si hubo concordancia entre los objetivos planteados al principio de la investigación con los resultados y si la precisión con que se realizó el experimento fue lo suficientemente buena para el problema en estudio. Por ser de importancia especial, se mencionan las características más importantes que debe poseer un buen experimento.

6.7.1. AUSENCIA DE ERRORES SISTEMÁTICOS

Se debe buscar que los factores de variación no controlados, o sea, no incluidos como tratamientos o como bloques, no causen variación sistemática. Pueden existir estas tendencias pero no se consideran muy marcadas y pueden controlarse por medio de la aleatorización.

Desde 1923 se notaba este fenómeno, Student indica que el grado de contigüidad de dos parcelas en un campo, son semejantes y se supone esperado en los rendimientos. En 1939, Yates afirma que las parcelas cercanas tienden a estar positivamente correlacionadas, disturbando la *teoría básica de los mínimos cuadrados*, los estimadores del error y por consiguiente las pruebas de significancia.

Se puede resumir, diciendo que las unidades experimentales con un determinado tratamiento, deberán tener únicamente diferencias aleatorias con otras unidades experimentales. Cuando esto es desconocido, las suposiciones de ausencia de efectos sistemáticos se deben probar y deben verificarse en el experimento; usando observaciones complementarias, o por experiencia previa.

6.7.2. PRECISIÓN

Los estimadores de funciones de diferencias entre tratamientos o diferencias entre las medias, deberán fluctuar alrededor de su valor verdadero (parámetro) de un modo aleatorio. La magnitud de estas fluctuaciones se mide por la varianza o desviación estándar de los estimadores. La precisión del experimento se mide por esas desviaciones estándar; si son bajas se tiene mayor precisión; por supuesto, comparable con experimentos similares y escala de medidas iguales. La precisión del experimento o sea la magnitud de las desviaciones estándar de los estimadores depende principalmente:

- a). De la variabilidad intrínseca de las unidades experimentales; esto es, de la magnitud de la varianza en función de la esperanza matemática de los errores al cuadrado, una vez definido el modelo.
- b). De la exactitud y cuidados con los que se efectúa el experimento.
- c). Del diseño del experimento que involucra el número de repeticiones y la forma de eliminar heterogeneidad de las unidades experimentales mediante el uso de bloques, número y tipo de tratamientos.
- d). Del método de análisis; ya que pueden usarse una o más covariables que de hecho reducen la varianza. Usualmente se acostumbra determinar el coeficiente de variación del experimento, esto es, la varianza estimada sobre la media; lo cual es útil para comparar experimentos similares. Aunque es más recomendable determinar qué magnitud de diferencias entre medias se puede detectar con ese experimento manteniendo constantes las probabilidades de error.

6.7.3. EL RANGO DE VALIDEZ

Depende del grado de generalización que se haga dentro de las poblaciones realizadas. Si se tienen pocas condiciones comunes, el rango de validez es más amplio, pero esto se debe hacer siempre y cuando la varianza no resulte demasiado grande. Si la varianza es grande y se quiere validez amplia se deben incluir los factores no comunes que causen variabilidad grande como parte de los tratamientos o de los bloques, con varios equipos y técnicas. Esto se debe hacer sin complicar demasiado el experimento.

Aun en los experimentos de tipo tecnológico puro, es muy conveniente salir lo más que se pueda del empirismo y no únicamente señalar las diferencias que existen entre tratamientos (significativos), sino que con auxilio de conocimientos científicos particulares, el problema

tratado, se debe procurar explicar el porqué de esas diferencias; de este modo, se da mayor rango de validez al experimento. Si se conoce el porqué de las diferencias se puede tener una base para saber en qué condiciones se pueden extrapolar los resultados del experimento. De hecho, esto es lo que hace un técnico o un científico al estudiar los resultados experimentales realizados en otros lugares y con objetivos diferentes a los suyos.

6.7.4. SIMPLICIDAD

Aunque los análisis estadísticos simplificados se pueden hacer por computadora o incluso generar arreglos aleatorios con las mismas, no es recomendable usar diseños que involucren análisis complicados por dos razones:

- a). La interpretación de análisis complicados es difícil y la aplicabilidad de los resultados es poco práctica.
- b). Si el experimento es complicado y durante el desarrollo práctico se presentan problemas no visualizados que obliguen a reconsiderar el diseño, los análisis resultan más complicados aún. También se tiene poca flexibilidad para modificar el diseño y análisis planteados. Con un diseño sencillo se puede hacer frente a contingencias no previstas durante la conducción del experimento.

6.7.5. VERIFICABILIDAD DE SUPOSICIONES EN EL MODELO

El diseño deberá proporcionar información sobre la validez de las conclusiones, esto es, el grado de precisión en los estimadores. También debe ser posible verificar las principales suposiciones hechas en el modelo. Por ejemplo: hay diseños en que se supone que no hay cierta interacción, y una vez realizado el experimento no es posible verificar el hecho de que no lo haya. El diseño no sería conveniente, si la suposición real de no interacción no es justificada debidamente. Esto conducirá al uso de un diseño que permita verificar si tal interacción es comparable a los errores experimentales o no.

Generalmente, es difícil por parte del investigador interpretar el término de interacción por lo que se considera negligible y no se efectúa como consecuencia un análisis más detallado de los datos para verificar si se cumplen los supuestos del modelo propuesto.

6.8. APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS MODELOS LINEALES

Para resaltar la importancia que en la práctica tienen los modelos estadísticos lineales, se enuncian cuáles son las aplicaciones principales de los diferentes modelos lineales mencionados en los capítulos anteriores. De hecho, es sólo un intento de enunciación de dichas aplicaciones, porque es muy probable que existan otras además de las mencionadas aquí. También hay la posibilidad de emplear un modelo para varias aplicaciones a la vez. Es conveniente hacer notar que la información de este capítulo fue extraída del libro de "Modelos

Estadísticos Lineales" de Méndez, 1976 a, este libro es adecuado para los investigadores de todas las especialidades que deseen ampliar conocimientos de modelos lineales.

El término de análisis de varianza se emplea para designar el análisis de los modelos estadísticos lineales en general; debemos recordar que el análisis de varianza no es un "molino" que muele y produce resultados automáticamente sin ningún cuidado ni examen previo por parte del operador. Es un instrumento bastante delicado que se debe usar cuando se requiera precisión, pero necesita de habilidad y entusiasmo para que se aplique con el máximo de ventajas. El investigador que busque en la literatura, puede encontrar, algunas veces, análisis muy elaborados aplicados a ciertos datos para probar algo que era casi obvio al hacer una inspección cuidadosa antes de efectuar el análisis; o bien, encontrar resultados establecidos como "significativos" sin ningún intento de aplicación crítica.

Para facilitar la discusión, comenzamos por los modelos de regresión y continuaremos por los diseños experimentales, entre los que mencionaremos un uso de la covarianza (aparte de su empleo similar al de bloques, para reducir la varianza de los errores e impartirles la propiedad de distribuirse normalmente). Los modelos de regresión tienen cuatro tipos de uso fundamental: descripción y explicación, predicción, control y calibración. Los modelos de diseños se emplean principalmente para comparación de medias, estudios de efectos y estimación de parámetros poblacionales.

6.8.1. DESCRIPCIÓN Y EXPLICACIÓN

Los modelos de regresión son valiosos para describir el tipo de asociación entre la variable y (dependiente o respuesta) y las variables $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_j, \dots, \chi_p$ (independientes), en este caso lo que se persigue es resumir las tendencias de los datos y encontrar la forma de asociación entre las variables.

Es muy importante señalar que en dicho uso no se pretende establecer relaciones causales, en el sentido de que los valores de las χ_i produzcan cambios en los valores de y . Los modelos de regresión indican únicamente que existe asociación entre las variables y cuál es la forma de dicha asociación; esto se hace de manera empírica, sólo con la información de los datos observados.

Puede suceder que existan factores no estudiados que están causando conjuntamente cambios en los valores de y y en los de las χ_j . Para citar un ejemplo clásico, señalaremos que en un estudio de población de los Estados Unidos se encontró que la frecuencia de cáncer (y) estaba relacionada con la intensidad del hábito de fumar (χ) a través de un modelo del tipo $y_i = \beta_0 + \beta_1 + \chi_i + \epsilon_i$, con $\beta_1 > 0$; sin embargo los defensores de las compañías de cigarrillos señalaron, con justa razón, que podría existir un factor genético, fisiológico o psicológico que produjera ambos efectos, es decir, que aumentara la susceptibilidad al cáncer y al mismo tiempo incrementara el deseo de fumar. Posteriormente, con experimentos más precisos, empleando perros, se encontró una relación causa-efecto que indicaba que el cáncer era causado entre otros factores por el hábito de fumar. Otro caso es el de la relación entre el número de cigüefías en Inglaterra (y) y la producción de acero (χ); esto nos indica que al aumentar la

producción de acero se incremente la cantidad de cigüeñas, pero esta relación es puramente matemática, en estos casos, el criterio del investigador es importante para discernir.

No pretendemos que los modelos de regresión señalen relaciones causa-efecto a través de una relación funcional. Sin embargo, si basados en otros conocimientos científicos ajenos a la estadística se establece la relación causa-efecto, los modelos de regresión son valiosos auxiliares que permiten simplificar y estudiar dicha relación. Por ejemplo, aquí incluiríamos los modelos llamados "curvas de crecimiento", que son los que ligan la edad o tiempo con la masa o número de individuos producidos al estudiar seres vivos o poblaciones de seres vivos.

Un empleo interesante de los modelos de regresión se da en las relaciones entre factores que puedan pasar a ser hipótesis científicas al suponerse la relación causa-efecto provisionalmente. Así, por ejemplo, si al estudiar a los alumnos de nivel universitario se encuentran que las calificaciones promedio en la universidad (y) tienen una asociación lineal positiva con el ingreso promedio de los padres (χ), se puede plantear como hipótesis que de un ingreso bajo produce estudiantes con malas calificaciones y que ingresos altos producen buenas calificaciones. Provisionalmente, y con explicación, se considera que los estudiantes de familias de ingresos bajos tienen que trabajar y dedican menos tiempo al estudio que los del otro tipo de familias; otra alternativa sería que los estudiantes de familias con ingresos bajos tienen una alimentación deficiente, cosa que no sucede con los de ingresos altos. Se requerirá una investigación para probar las hipótesis sugeridas y que la regresión sólo ayudó a plantear. Ejemplo como el anterior son útiles en economía, donde el empleo de modelos lineales es muy abundante en el área conocida como econometría; por ejemplo el estudio del precio de los automóviles y , como función de ingreso χ_1 , $\chi_2 = \chi_1^2$, costo de transporte de tipo colectivo χ_3 e índice de costo de alimentos χ_4 .

6.8.2. PREDICCIÓN

Un ejemplo sumamente importante de los modelos de regresión es la posibilidad de predecir el valor que tendrá y_i , o la media de la población del conjunto de y_i , que se genera cuando se especifican las condiciones del proceso mediante los valores de las χ_{ji} .

Un ejemplo lo constituyen las llamadas *series de tiempo* donde se trata de predecir cuál será el valor de una característica y que depende del tiempo. Por ejemplo el precio de la maquinaria A para un año futuro, donde las χ_j ($j = 1, \dots, p$) son funciones del tiempo y/o observaciones y anteriores.

Otro ejemplo; cuando en una fábrica se quieren introducir muchas variables en el modelo, ya que pueden aparecer algunas que no son "explicativas", o sea que, aunque no reducen mucho la variabilidad de los errores, pueden incrementar la variabilidad de las predicciones al estimar los parámetros ligados a las variables no explicativas. También debe tenerse en cuenta que es factible lograr una reducción de la variabilidad del error mediante la introducción de muchas variables independientes, hasta el grado de tener error cero cuando las variables independientes son $n - 1$, siendo n el número de observaciones; en este caso hay un "ajuste" perfecto; sin embargo, en virtud de que es para las observaciones y_i particulares que se

tienen, no se ajustará del mismo modo a otras observaciones. Por dicha razón, este modelo con "ajuste perfecto" no funciona para la predicción, de manera que no es recomendable medir e incluir como variables independientes todo lo que puede tener influencia sobre la variable dependiente; se debe concretar en cambio a estudiar aquellas variables independientes que, con base en conocimientos previos, se supone que poseen una influencia preponderante para determinar los valores de las observaciones en la variable dependiente.

Existen en la literatura especializada, varios procedimientos para seleccionar de entre un conjunto de posibles variables independientes uno de los mejores subconjuntos. Estos procedimientos se conocen como "forward", "backward", "stepwise" y otros. Entre los criterios para saber si un subconjunto dado es de los mejores están: el valor de R^2 (que es el porcentaje de variación en la variable dependiente, explicado por las variables independientes a través del modelo de regresión), la estimación de la varianza de los errores o cuadrado medio del error y otros criterios especiales.

6.8.3. CONTROL

Un modelo de regresión puede servir para encontrar los valores de las χ_j ($j = 1, \dots, p$) que pueden optimizar, de acuerdo con algún criterio, los valores de la variable dependiente y . En esta área se hallan las llamadas funciones de producción, las cuales constituyen una extensión de las llamadas "superficies de respuesta".

Para dar una idea del tipo de problemas que representan damos un ejemplo: se interesa encontrar la mezcla óptima (la más económica) para la producción de bloques; para lograrlo se encuentra por regresión una función que ligue, la cantidad de bloques producida y y las cantidades de varios compuestos como arena, agua, cemento, entre otros (las χ_j); posteriormente, en función de los costos y , con ayuda de programación lineal, se obtiene la mezcla óptima. En este ejemplo se establece la ecuación de regresión y se buscan los valores de las χ_i que controlen los cambios en y en el sentido deseado.

En la industria se pueden usar los modelos de regresión para controlar, es decir, para optimizar procesos de producción. En la del acero, por ejemplo es factible relacionar la producción o resistencia del acero y con las características del proceso, tales como temperatura de fundición χ_1 , cantidad de hierro χ_2 , cantidad de carbón χ_3 , etc. De este modo se pueden determinar los valores de las χ_j que optimicen y , en un contexto económico.

En términos generales, si bien se puede ligar, mediante un modelo de regresión, una característica de interés económico y , con un conjunto de factores χ_j o variables independientes susceptibles de modificarse según el albedrío humano, se optimizarán las características y variando los valores de los factores χ_j . Éste es el proceso estadístico conocido como "control". Para esto, el modelo de regresión deberá ser satisfactorio desde el punto de vista estadístico, es decir con varianza de errores baja y cumpliendo con bastante aproximación las suposiciones hechas en el planteamiento del modelo. Por supuesto que se podrán tener algunas variables independientes que no sean controlables: lluvia, temperatura

ambiental de la región, concentración de materias primas, etc., pero habrá otras variables independientes factibles de ser controladas.

6.8.4. CALIBRACIÓN

La regresión se emplea también en el problema llamado "calibración", en el que cada y es una característica aleatoria fácil de medir que depende de una variable no aleatoria difícil de medir χ la relación de dependencia se puede determinar mediante una regresión del tipo:

$$y_i = \sum_{j=1}^P \beta_j g_j(X_i) + \varepsilon_i$$

El modelo se usa para predecir el valor de χ que ha producido una y determinada. Por ejemplo si se desea saber el contenido de calcio χ en una sustancia, se pueden medir ciertas bandas características al analizar en un espectrofotómetro (y). Si se preparan algunas muestras con cantidades de calcio conocidas χ y se determina la y para cada muestra, se ajusta una regresión como la mencionada. El modelo obtenido se empleará para encontrar el valor de χ , que es el contenido de calcio de una muestra nueva desconocida, sólo midiendo las bandas del espectrofotómetro y . En general, dicho procedimiento se aplica para la calibración de aparatos científicos y métodos de determinación de características no aleatorias, pero en los que el aparato o el método de determinación están sujetos a fluctuaciones aleatorias que producen variabilidad en sus resultados.

6.8.5. COMPARACIÓN DE MEDIAS

Los modelos estadísticos lineales de diseño de experimentos tienen como objetivo principal comparar las medias de las poblaciones estudiadas; por ejemplo, al comparar en el trópico la producción de azúcar de cinco ingenios, considerando igual número de formas de producción, o bien de tipo de manejo o combinaciones de ambos criterios; lo que interesa aquí es comparar las medias de producción, o bien de tipo de manejo o combinaciones de ambos criterios. En la industria, así como en este ejemplo, se pueden comparar las medias de producción de varias poblaciones generadas al considerar diferentes tipos de operación de las fábricas.

Otro ejemplo sería la comparación de medias de calificaciones de los alumnos de la UJAT sometidos a métodos diversos de enseñanza, los cuales constituyen las diferentes poblaciones. En medicina es frecuente la comparación de las medias de poblaciones de ciertos caracteres fisiológicos o morfológicos tales como presión arterial, contenido de azúcar en la sangre, tamaño de órganos en hipertrofias, etc., y las poblaciones que se generan al considerar cierto tipo de drogas, dosis de una misma droga o tipos de tratamientos médicos en general.

En todos los casos las hipótesis planteadas son del tipo:

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t ;$$

esto es:

$$\mu_j = \mu^* \quad \text{para } j = 1, \dots, t$$

Esta hipótesis, al incorporarse a los modelos genera una hipótesis del tipo:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_t \quad \text{ó} \quad \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$$

O sea, que la hipótesis de igualdad de medias se confirma mediante la hipótesis de igualdad de efecto de poblaciones. No siempre se prueba la llamada "nulidad de efectos" sobre todo con ciertos casos restringidos. Una hipótesis de nulidad sería:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_t = 0$$

Si una hipótesis del tipo $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$ es rechazada (mediante el análisis de varianza), se puede deber a que μ_1 es diferente del resto y $\mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_t$; a que todas sean distintas entre sí, o bien que $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \neq \mu_6$, etc. Como se puede ver, existe un número grande de posibilidades en las cuales no se cumple $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$. En estos casos se recurre a ciertos tipos de pruebas estadísticas, que permiten probar un conjunto de hipótesis que consisten en la igualdad de parejas de medias de poblaciones, y establecer un orden entre los valores de las μ_j , lo que obviamente permitirá inferir sobre las poblaciones que optimicen los valores de y . Un ejemplo sería:

$$\mu_1 = \mu_2, \quad \mu_2 = \mu_3 \quad \text{y} \quad \mu_1 \neq \mu_3$$

Obsérvese que en este caso no actúa la ley de transitividad según la cual "dos cosas iguales a una tercera son iguales entre sí" debido a que no se trata de una igualdad algebraica sino de una igualdad estadística, es decir, con algún grado de probabilidad de ser cierta y otro de ser falsa.

Las pruebas estadísticas que permiten efectuar esas comparaciones de medias dos a dos, se describen en casi todos los textos de diseños experimentales con el nombre de "comparaciones múltiples". Entre estas pruebas destacan por su volumen de uso e importancia, *la diferencia mínima significativa* (DMS) que ha sido criticada por aumentar cierto tipo de probabilidad de error y *las pruebas de Duncan, Tukey, Student-Newman-Keuls* (SNK) y *Scheffé*.

6.8.6. ESTUDIO DE EFECTOS

Un diseño experimental puede planearse para estudiar las relaciones entre varios factores cuantitativos o cualitativos que sirven como criterios para definir las poblaciones bajo estudio y sus respectivas medias.

Una hipótesis de gran importancia práctica es la de "no interacción" entre dos o más factores cualitativos o cuantitativos que sirven como criterios para definir las poblaciones bajo estudio. Por ejemplo, al estudiar la depresión de sujetos drogadictos, se podrá conocer si el efecto de la

droga se modifica al tratarse de hombres o de mujeres, o bien en un proceso industrial, si el efecto de concentración de reactivos sobre la producción se modifica o no con el tiempo de proceso. Cuando no es rechazada la hipótesis de "no interacción" los resultados relativos a un factor de clasificación en estudio respecto a un nivel de los otros factores se pueden generalizar a los otros niveles de los demás factores. Cuando la hipótesis de "no interacción" es rechazada, los resultados de un factor se ven modificados por los niveles de otro(s) factor(es). Por ejemplo, si se estudian ciertas variedades de plantas en diferentes lugares, la "no interacción" indicará que la mejor variedad en general es también la mejor en cada uno de los lugares estudiados; o sea que las relaciones entre las medias de las variedades son las mismas en los diferentes lugares. Si la hipótesis de "no interacción" es rechazada, ello indicará que para cada lugar se tiene cierto tipo de relaciones entre las medias de variedades. Posiblemente, la mejor variedad en general no sea la mejor en todos los lugares, lo que indicará la necesidad de estudiar las relaciones entre las medias de variedades en cada lugar por separado.

Otro aspecto de interés práctico es cuando se investiga el patrón de cambio que siguen las medias de poblaciones generadas al modificar los niveles de un factor con respecto a los niveles dados; por ejemplo, si el cambio en las medias es de tipo lineal, cúbico, cuadrático, etc. En general, con las medias estimadas de poblaciones de un experimento, se puede investigar la relación funcional entre dichas medias y los niveles de los factores empleados en el experimento; esto es, lo que se conoce con el nombre de "*superficie de respuesta*". De hecho se usan primero los modelos de diseños experimentales y, posteriormente, considerando las medias de tratamientos estimadas como variables dependientes y los niveles de los factores cuantitativos como independientes, se emplea el modelo de regresión.

Es posible también comparar ciertos grupos de poblaciones, considerados como una sola población con mayor grado de generalidad, con otro grupo de poblaciones, a través de los llamados contrastes. Esto es un valioso auxiliar para investigar la naturaleza de los cambios de las medias de las poblaciones al variar los diversos factores en estudio. En ocasiones se estudia la interrelación de variables reales (como las de regresión) y las cualitativas de clasificación del diseño.

Éste es otro de los posibles usos de los modelos de covarianza; por ejemplo, al analizar los rendimientos de diferentes poblaciones de plantas, definidas por distintas prácticas de cultivos o variedades (tratamientos), puede interesar la comparación de medias de rendimiento de las poblaciones (tratamientos) en un mismo valor de número de plantas presentes y grado de enfermedad; esto se consigue en forma teórica empleando un modelo de covarianza, donde las covariables son la medida del número de plantas y del grado de enfermedad. La información anterior sirve para investigar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento a través del número de plantas y grado de enfermedad comparando las diferencias de medias de las poblaciones (tratamientos) "ajustados" por las covariables, o sea comparando un valor común de éstas con las diferencias de medias de tratamientos, pero ignorando las covariables. Por ejemplo, si al comparar tratamientos hay alguno que produce una población con media de rendimientos mayor que las otras cuando la comparación se hace con un valor teórico constante de las covariables; mientras que al ignorar las covariables, ese mismo tratamiento produce una media igual o menor que las demás. Esto indicará que el tratamiento en cuestión tiene potencialidad de alto rendimiento siempre y cuando, por otros medios se pueda lograr un

grado de enfermedad y un número de plantas como el logrado teóricamente con el análisis de covarianza.

6.8.7. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

Los diseños experimentales pueden estar planeados para estimar el valor absoluto de medias de poblaciones, aunque esto es poco común. Por ser de utilidad práctica es muy frecuente la estimación de las covarianzas de efectos aleatorios, a las que se llama componentes de varianza. Una posibilidad es estimar la variabilidad con la cual los *toros* transmiten la potencialidad para la producción de leche. Con inseminación artificial, un macho puede tener muchos hijos a la vez, si las *vacas hijas* llegan a producir leche, la calidad del *toro* se mide por la cantidad de leche de sus hijas, lo que es, en cierto grado, independiente del aspecto físico del macho. En este caso es importante estimar variabilidad con la cual se presenta la producción de leche. Así, el ejemplo del modelo anterior puede ser:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

- y_{ijk} Producción de leche anual promedio de la vaca que es la k -ésima hija del toro j -ésimo en el hato i -ésimo.
- μ Media de la producción en una población general que ignora toda clasificación.
- α_i Efecto de hato i -ésimo, o sea la diferencia $\mu_i - \mu$ donde μ_i es la media de la población teórica formada por el i -ésimo hato.
- β_j Efecto del toro j -ésimo, o sea $\mu_j - \mu$, donde μ_j es la media de la población teórica del descendiente del toro j -ésimo. Como a su vez los toros forman una población, se considera que β_j es un efecto aleatorio con varianza σ_B^2 . Y es precisamente la estimación de σ_B^2 la que es de importancia práctica.
- γ_{ij} Interacción del i -ésimo hato, con el j -ésimo toro.
- ε_{ijk} error aleatorio por las particularidades de la k -ésima hija del toro j -ésimo en el hato i -ésimo, ε_{ijk} NID $(0, \sigma^2)$.

6.8.8. OTROS USOS

Los modelos estadísticos lineales se han empleado para generar algunas técnicas estadísticas muy especiales. Por ser consideradas de gran importancia, señalamos la de la estadística multivariada; entre sus aplicaciones están, técnicas muy usadas en dasonomía en general, psicología, sociología y muchas otras áreas. Este campo es considerado como una extensión de los modelos lineales.

Un entendimiento completo del manejo de los modelos lineales es necesario para comprender el análisis multivariado, ya que las bases heurísticas y matemáticas son esencialmente las mismas. El cambio fundamental consiste en considerar para cada individuo de las poblaciones, varias mediciones $y_{1p} \dots y_{pi}$, o sea, que se toman en cuenta las mediciones de vectores

aleatorios con componentes no independientes, como elemento mínimo la observación. Las suposiciones básicas son similares; así, se supone que las y_{1i}, \dots, y_{pi} siguen una distribución normal multivariada, que hay independencia del vector y_{1i}, \dots, y_{pi} , y que las matrices de covarianzas para las diferentes poblaciones (multivariadas) con igual grado de generalización son iguales. En este caso se usan modelos semejantes a los tratados aquí.

Ejercicio 8. A fin de tener los elementos para la redacción de “Materiales y Métodos”, es necesario que conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el problema de su Investigación?

2. ¿Cuál es la hipótesis de su Investigación?

3. ¿Cuál es el Objetivo General?

4. ¿Cuáles son los Objetivos Específicos?

5. **¿De qué tipo es la investigación (histórica, descriptiva o experimental)? Explique.**

6. **¿Es un estudio causal, predictivo o exploratorio? Explique.**

7. **¿Cuál es la forma de la Investigación (básica o aplicada)? Explique.**

8. **¿De qué tipo es la población, cuál es su delimitación, cuáles son las condiciones constantes y no constantes que forman parte de ella (condiciones edáficas, climáticas, de laboratorio, etc.)?**

9. **¿De qué tipo es la muestra y qué técnicas de muestreo usará (la forma como será extraída la muestra y las técnicas de recolección de datos)? Explique a detalle.**

10. Señale los instrumentos que se usarán, así como sus formatos, según sea el caso (deberán ser estructurados de acuerdo al tipo de investigación adoptado y cumplir los requisitos fundamentales de validez y confiabilidad. Dentro de los instrumentos más usados se encuentra el cuestionario, la encuesta y la entrevista).

11. Indique de qué manera validará los instrumentos y las técnicas para asegurarnos confiabilidad.

12. Indique la manera como serán tabulados y graficados los datos.

13. ¿Si se trata de una investigación histórica, de qué manera recopilará los datos y cuál será la validez de ellos?

14. ¿Si se trata de una investigación descriptiva, cuáles son las técnicas de muestreo que se usarán y de qué manera calculará el tamaño de la muestra?

15. ¿Si se trata de una investigación experimental, cuál será su diseño experimental, y el modelo estadístico, así como las pruebas a que se someterán los datos; sin olvidar el nivel de significancia que se trabajará en las pruebas de hipótesis?

16. Describa cuidadosamente los sujetos, el escenario, y el equipo o materiales utilizados.

17. Describa las comparaciones experimentales que se harán, anotando el diseño experimental dentro del cual se realizaron dichas comparaciones.

18. Describa cuidadosamente los procedimientos de registro que se utilizarán. ¿Son éstos susceptibles a réplica? Explique claramente.

19. Señale las variables dependientes y cómo es que estas variables permiten la evaluación de las variables independientes. ¿Son dichas variables dependientes sensibles?

20. ¿Se demuestra la confiabilidad de los instrumentos de medición usados, y si realmente registraron lo que el investigador pretendía evaluar? Explique.

21. Señale los procedimientos de administración de la variable independiente ¿se ajusta esa descripción a la del diseño experimental?

22. ¿Se evitó la contaminación derivada de que los experimentadores o registradores desconocieran el diseño experimental, o el efecto probable de los procedimientos, o la asignación de sujetos a los tratamientos experimentales?

7. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

7.1. CRONOGRAMA

El cronograma es una forma de presentación del programa de actividades, que facilita la realización y el control del avance de la investigación; los elementos básicos que lo constituyen son las actividades y los tiempos de realización. A saber:

- a). **Actividades:** Para organizar las actividades, es necesario considerar las etapas del proceso de investigación, con el fin de seguir una secuencia lógica.
- b). **Determinación del tiempo:** Para la fijación del tiempo de realización de cada actividad, se considera el criterio del investigador, que se basa en el esfuerzo individual y colectivo que está dispuesto a realizar. Al fijarse el tiempo, debe dejarse un margen adecuado por las variaciones que puedan presentarse.

Es importante mencionar que tanto el cronograma como el presupuesto, se exponen en un trabajo a nivel proyecto de investigación y no en un informe de investigación, ya que en el primero lo esencial radica en cómo realizar la investigación, y en el segundo los resultados de la misma.

La presentación más objetiva de un cronograma es mediante una gráfica, en la que los tiempos de duración de las actividades se presentan en barras, cuya longitud la determina su duración. Para que esta gráfica sirva de control debe indicar por cada actividad tanto su cumplimiento como su estimación. Actualmente, existen softwares o programas de computación que auxilian en la elaboración del cronograma y el presupuesto de un proyecto de investigación, como ejemplos se mencionan: Opus, Primavera, Microsoft Project, o Microsoft Excel.

Con fines de ejemplo, en la figura 2 se presenta un cronograma en el que tanto las columnas como los renglones tienen propósitos definidos; en el caso de las columnas, la primera corresponde al número que se le asignó a cada actividad; la segunda a la descripción de la actividad o tarea; la tercera al tiempo asignado a cada actividad.

Cuando diseñe su cronograma primero haga una lista de las actividades que crea usted son de importancia y después vaya eliminando las que no tienen la necesidad de calendarizarse. Llevar un buen control del quehacer de la investigación, nos lleva a obtener los resultados a tiempo y esto ocasionará que se cuente con el tiempo suficiente para poder evaluar el trabajo que se realizó.

Los cronogramas no tienen un diseño fijo; cada institución proporciona un formato distinto de acuerdo a las necesidades que requiera. Como ejemplo, se presenta en el cuadro 1, y las figuras 4 y 5, un ejemplo de calendarización de acuerdo a Microsoft Project.

Cuadro 1. Calendarización de actividades para un Proyecto de investigación.

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Recopilación de datos	20 días	ma 1/07/03	lu 28/07/03	
2	Análisis de laboratorio	25 días	ma 29/07/03	lu 1/09/03	1
3	Análisis de datos	15 días	ma 2/09/03	lu 22/09/03	2,1
4	Interpretación	10 días	ma 23/09/03	lu 6/10/03	3
5	Informe de la investigación	30 días	ma 7/10/03	lu 17/11/03	4

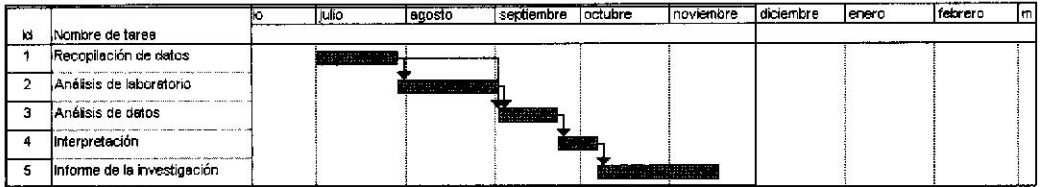


Figura 4. Cronograma de actividades para Proyecto de Investigación.

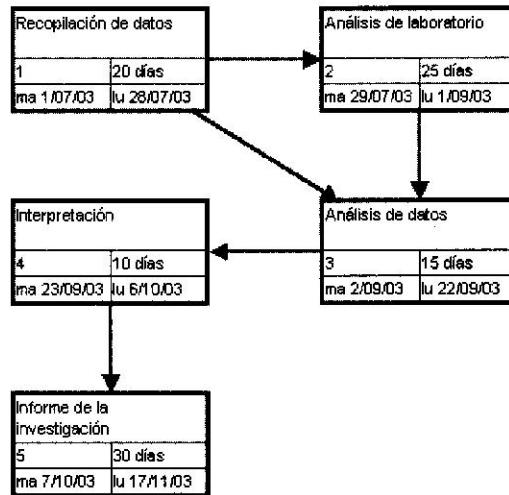


Figura 5. Diagrama de Pert para el Proyecto de Investigación.

7.2. PRESUPUESTO

Los costos de investigación se especificarán detalladamente, de tal modo que los investigadores conozcan cuál va a ser el recurso financiero necesario en el estudio.

Al desglosar los costos deberá indicarse qué salarios percibirá el personal, determinar los costos del material de consumo (reactivos, materia prima, material de computación, etc.), los gastos de envío de muestras, los del manejo de materiales, los de animales y su manipulación (para investigaciones en ciencias biológicas), de mantenimiento de equipo y de publicación.

Si se requiere de apoyo financiero, se puede solicitar a varias instituciones gubernamentales o privadas que lo proporcionan. Para ello, se llenan formas de solicitud específicas que deberán acompañarse del protocolo de investigación correspondiente. Es necesario justificar el presupuesto para cada rubro de acuerdo con las metodologías y objetivos del estudio. Si el proyecto es financiado por cualquiera de estas instituciones, es necesario describir los detalles del convenio.

Independientemente de la fuente de financiamiento, es útil desglosar todos los recursos señalados, por lo que será necesario generar una forma especial en la cual se especifique cada uno de los rubros (Méndez *et al*, 1990).

En el cuadro 2 se da un ejemplo del cálculo del *Presupuesto* de una investigación, tomado de formato de la solicitud de apoyo a proyectos de investigación de la Dirección de Investigación y Postgrado de la UJAT.

FINANCIAMIENTO

Recursos

- a). Infraestructura con que cuenta la División Académica para desarrollar el presente proyecto tal como instalaciones, equipo, materiales, información bibliográfica, etc. (anexar en hojas por separado)
- b). Personal académico y de apoyo con el que cuenta la Institución para la realización de este proyecto.

Monto solicitado N\$ _____

CONCENTRADO

GASTO CORRIENTE _____
INVERSIÓN _____
TOTAL _____

Cuadro 2 Presupuesto total del proyecto.

CONCEPTO	MONTO SOLICITADO	OTRA PARTICIPACIÓN
GASTO CORRIENTE		
PERSONAL DE APOYO		
MANTENIMIENTO DE EQUIPO		
SUBSTANCIAS Y MATERIALES		
PASAJES Y VIÁTICOS		
CONSULTA A BANCOS DE INFORMACIÓN		
ACERVOS HEMEROBIBLIOGRÁFICOS		
OTROS		
SUBTOTAL		
INVERSIÓN		
EQUIPO DE LABORATORIO ¹⁷		
HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS ¹⁵		
SUBTOTAL		
IMPORTE TOTAL		

(EN MILES DE PESOS)

Nota: El presupuesto también se puede realizar con Microsoft Project, el motivo de anotar el ejemplo anterior es para hacer notar que las instituciones cuentan con formatos establecidos.

¹⁷ Anexar listado y cotización del equipo solicitado, así como una justificación de cada uno de los rubros.

8. LA LITERATURA CITADA¹

La literatura citada será de acuerdo a las indicaciones dadas a los autores de la revista en particular. Sin embargo, entre los sistemas ya mencionados, se encuentran bastantes variaciones con respecto a las construcciones de las referencias aparte de las restricciones impuestas por las características inherentes de estos sistemas (por ejemplo en el sistema Harvard el año de publicación sin excepción, seguirá a los autores). Las causas de estas variaciones radican en que los organismos nacionales e internacionales no se ponen de acuerdo para reglamentar la manera de estructurar una referencia. Sin embargo, se han obtenido logros en algunas disciplinas con respecto a la uniformidad en las normas de presentación de las citas, en particular del *International Committee of Medical Journal Editors*, pero todavía falta mucho camino por recorrer sobre este tópico.

En los ejemplos que siguen, excepto cuando sea indicado, las publicaciones serán citadas de acuerdo al sistema numérico, el cual respeta el orden alfabético de los autores, como está especificado en las instrucciones para los autores de la revista *Veterinaria-México*. Este sistema se emplea también en la preparación de tesis, tanto a nivel licenciatura como de postgrado, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Posiblemente el mejor consejo que se puede dar si hay duda después de consultar las instrucciones para los autores y de haber revisado algunos artículos publicados recientemente en esa revista, es tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a). Las consideraciones más relevantes para la presentación de referencias bibliográficas son: que sean *completas, correctas y uniformes*; al decir completas, se alude a la necesidad de incluir todas las características bibliográficas esenciales para localizar la publicación; correctas, se refiere a asegurarse de que toda la información presentada sea verídica; y uniforme, que todas las referencias sean presentadas de la misma manera.
- b). Las referencias individuales son presentadas en forma continua y no necesitan tener una línea para cada parte de la cita; tampoco es necesario agrupar las referencias por tipo de publicación, i.e. todos los artículos de revistas juntos o todas las tesis. Es común usar letra minúscula en los títulos de las publicaciones periódicas excepto cuando únicamente sean correctas las mayúsculas.
- c). La primera característica que debe tener una referencia bibliográfica, no importa qué sistema se emplee, es el nombre del autor. Los nombres y orden de aparición de los autores como constan en la publicación deben ser respetados y no excluir alguno de los autores en la literatura citada. En el caso de los nombres compuestos como *Von Karajan* o *De Lucía*, es usual que el prefijo siga al apellido y no que se tome en cuenta a la hora de ordenar las citas, aunque la decisión final depende de la política de la revista en cuestión.

¹ Russel, 1989.

Cuando un artículo no trae autor, puede ser clasificado como anónimo o enlistado por título. Clasificarlo como anónimo indica la presencia de un autor aunque sea desconocido, en cambio un artículo enlistado por título remite a reseñas de información o noticias como son los publicados en periódicos o revistas de divulgación técnica:

Anónimo.: Los flamencos de río Lagartos. *Naturaleza*, 13: 208-209 (1982).

Acuerdo sobre investigaciones biomédicas. *Inform. Cient. Tecnol.*, 4(71): 3 (1982).

En el caso de autores corporativos dependientes de una institución superior, se cita primero la organización superior:

World Health Organization. WHO Expert Committee on Filariasis. 3rd. report. *WHO Tech. Rep. Ser.*, No. 542, (1974).

Cuando se cita más de un artículo escrito por el mismo autor y existen coautores, las referencias se ordenan según el orden alfabético del segundo y los subsecuentes autores:

Nicoletti, P. L., Jones, L. M. and Berman, D. T. Adult vaccination with standard and reduced dosis of *Brucella abortus* strain 19 vaccine in dairy herd infected with brucellosis. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 173: 1445-1499 (1978).

Nicoletti, P. L. and Masachi, T. F. Bacteriological evaluation of serologic test procedures for the diagnosis of brucellosis in problem cattle herds. *Am. J. Vet. Res.*, 27: 684-689 (1966).

Cuando se cita más de un artículo escrito por el mismo autor o los mismos autores en el mismo orden, las referencias se colocan en orden cronológico:

Nicoletti, P. L. Utilization of the card test in brucellosis eradication. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 151: 1778-1783. (1965).

Nicoletti, P. L. Further evaluation of serologic test procedures to diagnose brucellosis. *Am. J. Vet. Res.*, 30:1811-1816 (1969).

Cuando se utilice el sistema Harvard, a dos trabajos publicados por el mismo autor en el mismo año, se le asignan letras, por ejemplo: 1982 a y 1982 b, y así son citados en el texto.

- d). Algunas revistas no requieren que se incluya el título del trabajo en las referencias. Sin embargo, esta política dificulta tanto a los lectores como a bibliotecarios evaluar su interés por la obra. Si hay oportunidad de escoger conviene dar el título completo.

- e). Si dentro de un volumen en particular de una revista la paginación es consecutiva, el número de la revista no constituye un dato esencial para poder localizar el artículo y se siguen en este caso las indicaciones de la revista donde se piensa publicar el artículo. Sin embargo, si con cada número empieza una nueva paginación, característica más propia de las revistas de divulgación técnica, es indispensable también indicar el número después del volumen y entre paréntesis:

Azcárate, Leonor. Complejos petroquímicos. *Inf. Cient. Tecnol.*, 5(83): 23-26. (1983).

- f). La primera y última página del artículo deben incluirse en la cita, esto permitirá al lector diferenciar si es un artículo de una sola nota o extensa revisión de literatura. Es también importante para considerar costos de fotocopiado.
- g). Las referencias deben estar escritas en su lengua original incluyendo todas las palabras como *citado por*, *y editado por*, *2a. ed.* etc. Cuando se traduzca un título por considerarse necesario (por ejemplo el artículo se publicó en ruso u otro idioma poco conocido) las palabras traducidas deben incluirse entre corchetes.

Masilowski, R., Jandl, E. and Krzyzanski, Z. [Reasons for culling of boars]. *Spostrzezenia nt. przyczyn brakowania knurów. Medycyna wet.*, 35: 118 -120 (1979).

- h). *Las comunicaciones personales* no deben ser incluidas en la literatura citada por el hecho de no ser literatura; deben ser mencionadas dentro del texto del trabajo o como llamada a pie de página.
- i). Las publicaciones de prensa pueden ser incluidas en la *literatura citada* pero sólo si se menciona el nombre de la revista donde el artículo va a ser publicado, preferentemente incluyendo volumen y año. En el caso de libros en prensa debe citarse la casa editorial.

Rosiles, R. y Paasch, L. H. Megalocitosis hepática en ovinos. Nota Informativa. *Vet. Méx.*, 13: (3) (1982) en prensa.

Escobosa Laveaga, A. Electrolytes in feeds for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, (1982) in press.

- j). En caso de material mimeografiado, después de la cita bibliográfica en la literatura citada se indica (mimeo) así informando al lector de la poca disponibilidad y permanencia de estas publicaciones.

Cabello Frias, E. y Cortés Noguero, A. Enfermedad de brucelosis. *Campaña Nacional para el Control de Brucelosis*. Boletín informativo No. 1, México, 1970 (mimeo).

- k). El año de publicación es esencial para completar una referencia bibliográfica. Cuando no aparece el año en la publicación algunas revistas recomiendan, si se puede deducir el año, que éste se coloque en la referencia seguido por una interrogación. Cuando no se puede deducir el año es conveniente preguntarse a uno mismo si dicha cita debe de incluirse tomando en cuenta la falta de tan importante dato bibliográfico en la evaluación de fuentes de información.
- l). Si se tiene que citar una referencia de segunda mano es importante indicarlo para evitar la repetición de errores de interpretación del primer autor por el segundo que lo cita, en este caso, si no se incluye en la cita una referencia a los dos autores, los errores se atribuirán al que escribe. Vale la pena volver a mencionar aquí, que una literatura citada que contiene muchas citas secundarias, pierde confiabilidad.

Baker, A. A. The pattern of oestrus behaviour in Sahiwal Shorthorn heifers in south eastern Queensland. *Aust. Vet. J.* 43: 140-147 (1967) cited by Galina, C. S., Calderón, A. and McCloskey, M. Detection of signs of oestrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology*, 17: 485-498 (1982).

Lee, Y. C. and Liv, C. C. Isolation of *Escherichia coli*, *Alcaligenes faecalis* and *Pseudomonas aeruginosa* from eggs of *Ascaris suum*. *J. Chin. Soc. Vet. Sci.*, 2: 59-61 (1976) In: *Vet. Bull.*, 47: 509 (1977).

- m). El título de la revista debe ser abreviado y subrayado. El hecho de subrayarlo en los originales indica al impresor que esta información saldrá en letra cursiva en la forma impresa. Existen numerosos métodos para abreviar los títulos; sin embargo es necesario respetar lo estipulado por las instrucciones a los autores. Frecuentemente las abreviaturas utilizadas en revistas especializadas de resúmenes como *Index Medicus* son las recomendadas. Las listas autorizadas de abreviaturas se pueden dividir en dos grupos; las que enlistan títulos completos y las que enlistan las abreviaturas de las palabras individuales. El segundo, es quizás más adecuado porque permite la formación de las abreviaturas de títulos nuevos consultando la abreviatura correspondiente de cada una de sus palabras. Los títulos de una sola palabra no se abrevian.
- n). En el caso de un libro es importante tomar en cuenta lo siguiente: autor, título del libro, casa editorial, lugar y año de edición.

Davis, J. W., Anderson, R. C., Karstad, L. and Trainer, D.O. Infectious and Parasitic Diseases of Wild Birds. *Iowa State University Press*, Ames, Iowa. (1971).

No es difícil encontrar que la editorial y el lugar de publicación figuran invertidos. El número de edición (no reimpresión) debe ser indicado después del título siempre que sea subsecuente a la primera. En el caso de títulos de varios volúmenes, éstos deben ser indicados inmediatamente después del título y antes del número de la edición. El nombre de la casa editorial debe ser escrito en su forma más reducida, por ejemplo: John Wiley and Sons, Ltd se reduce a John Wiley. Si el lugar de publicación no es bien conocido debe de indicarse el estado o país de origen. En el caso de ciudades bien conocidas como Nueva

York es suficiente incluir sólo el nombre de la ciudad, respetando el idioma de publicación por ejemplo: New York si se trata de un libro en inglés o Nueva York cuando es una traducción al español. Cuando una casa editorial tiene oficinas en diferentes ciudades sólo es necesario incluir la primera. Algunas editoriales recomiendan que en el caso de títulos de libros (no de artículos de revistas) la inicial de todas las palabras se indique con letras mayúsculas. Cuando se refiere a un libro que tiene editor y capítulos escritos por diferentes autores, la publicación en su totalidad debe ser citada así:

Flisser, A., Willms, K., Laclette, J. P., Larralde, C., Ridaurá, C. and Beltrán, F. (eds). *Cysticercosis, Present State of Knowledge and Perspectives. Academic Press, New York. (1982).*

Cuando se hace referencia a un capítulo en particular, los autores de la sección se citan primero:

Acevedo, A. Economic impact of porcine cysticercosis. In: *Cysticercosis, Present State of Knowledge and Perspectives. Edited by: Flisser, A., Willms, K., Laclette, J. P., Larralde, C., Ridaurá, C. and Beltrán, F., 63-67, Academic Press., New York. (1982).*

- o).** Citas de tesis deben de incluir la siguiente información: nombre del autor, título de la tesis, grado, institución, lugar y año:

Banegas, V., A. M.: Estudio bacteriológico de los canales de bovinos. Tesis de licenciatura. *Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. (1968).*

- p).** Cuando se citan memorias de congresos o reuniones se hace de la siguiente manera:

Larios, F. Respuesta patofisiológica de becerros inoculados experimentalmente con *Babesia bovis* (Cepa virulenta y atenuada). Resúmenes de trabajos de la Reunión Anual de Parasitología Veterinaria. México, D. F. (1982). 2. *Asociación Mexicana de Parasitología Veterinaria. México, D. F. (1982).*

González Monroy, C. Obtención de los valores absolutos de una biometría hemática y su importancia en el diagnóstico. Memorias del IX Congreso Nacional de Buiatría. Puebla, Pue. (1983). 88-89. *Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos y Pequeños Rumiantes, Puebla, México (1983).*

Medios electrónicos en Internet

Si es un artículo que es un duplicado de una versión impresa en una revista, se utiliza el mismo formato para artículo de revista, poniendo entre paréntesis cuadrados [Versión electrónica] después del título del artículo:

Maller, S. J. (2001). Differential item functioning in the WISC-III: Item parameters for boys and girls in the national standardization sample [Versión electrónica]. *Educational and Psychological Measurement*, 61, 793-817.

Si el artículo en línea pareciera ser algo distinto de la versión impresa en una revista, después de las páginas de la revista, se pone la fecha de la extracción y la dirección:

Hudson, J. L. & Rapee, M. R. (2001). Parent child interactions and anxiety disorders: An observational study. *Behaviour Research and Therapy*, 39, 1411-1427. Extraído el 23 Enero, 2005, de <http://www.sibuc.puc.cl/sibuc/index.html>

Si el artículo aparece sólo en una revista de Internet:

Biglan, A. & Smolkowski, K. (2002, Enero 15). The role of the community psychologist in the 21st century. *Prevention & Treatment*, 5, Artículo 2. Extraído el 31 Enero, 2005 de <http://journals.apa.org/prevention/volume5/pre0050002a.html>

Cuando se trata de un capítulo o sección de un documento de Internet de un sitio Web de una universidad:

Se debe identificar la organización y luego la dirección exacta donde se encuentra el documento. En vez de páginas del capítulo leído, se anota el número del capítulo.

Jencks, C. & Phillips, M. (1999). Aptitude or achievement: Why do test scores predict educational attainments and earnings? En S. E. Mayer & P. E. Peterson (Eds.) *Earning and learning: How schools matter* (cap. 2). Extraído el 31 Enero, 2002 del sitio Web de Columbia University: <http://www.columbia.edu/cu/lweb/indiv/ets/offsite.html#finding> y posteriormente <http://brookings.nap.edu/books/0815755295/html/15.html#pagetop>

9. ETAPAS DEL INFORME DE UN TRABAJO CIENTÍFICO

Una vez realizada la investigación de acuerdo a los distintos pasos presentados en el diseño de la misma, viene la parte final, la presentación del informe de investigación. El objetivo del informe es detallar el proceso de solución del problema, de los métodos empleados para su resolución, los resultados obtenidos en la investigación, la discusión y las conclusiones obtenidas. El informe debe ser claro y preciso, a fin de que el lector obtenga una idea real y fiel de lo realizado por el investigador, entendiendo por *claro* que el estilo que se utiliza en la redacción no es vulgar, es decir, las palabras empleadas no son del lenguaje común sino del lenguaje de la ciencia tratada. Se debe tener presente que la finalidad de un informe es *difundir* la investigación y no de divulgarla. La estructura del *informe de investigación* es sencilla y sigue fielmente los pasos fundamentales del diseño de la investigación; en ningún momento debe ser contraria al diseño, ya que el informe es la respuesta a lo planteado por el diseño de la investigación. A manera de ejemplo, estos son los pasos que debe contener el *informe de una investigación experimental*:

INTRODUCCIÓN

Justificación.
Propósito del estudio.
Planteamiento del problema.
Hipótesis o preguntas de investigación.
Objetivos.

1. MARCO TEÓRICO

Definición de conceptos.
Teoría explicativa y/o antecedentes históricos.
Investigaciones similares.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Delimitación y limitación del estudio.
Población de investigación.
Diseños de experimentos.
Diseños de muestreo.

- Instrumentación.
- Diseño del cuestionario.
- Muestreo piloto.
- Colección de datos.
- Determinación del tamaño de la muestra.
- Análisis de los datos.

3. RESULTADOS

Presentación.
Interpretación.
Discusión.
Conclusión.

LITERATURA CITADA

APÉNDICES Y/O ANEXOS

Para la presentación del informe deben seguirse las normas de la metodología formal de presentación de *trabajos científicos*. Existen algunas variantes que el investigador fija como norma dentro de su reporte y que no alteran la calidad de presentación del trabajo. A continuación se presenta una guía que consigna los aspectos fundamentales que deben tenerse en cuenta en la elaboración del informe de la investigación.

9.1. PORTADA

Es la primera parte del trabajo que el lector lee, aquí se debe indicar el nombre del trabajo, y otros elementos importantes que se mencionarán en esta sección. El tamaño adecuado de los informes, es el de tamaño carta; sin embargo en algunas instituciones puede variar. El color de la portada debe tomarse en cuenta, puesto que de aquí depende, junto con otros elementos, que el lector se interese por el trabajo, así como también refleja la seriedad del mismo. Se recomienda usar colores *fríos*, evitando, de alguna manera el uso de colores brillantes o colores pastel. El color negro se recomienda para tesis de grado, debido a la excelente presentación que resulta.

Es conveniente incluir en la portada el escudo de la institución; si se ha decidido incluirla, ubicarla en el ángulo izquierdo del margen superior, acompañada con un sistema de líneas muy discretas; si se quiere. Es importante elegir el tipo de letra empleado; debiendo ser de un sólo estilo y *en mayúsculas acentuadas*, permitiéndose variar el tamaño y/o la intensidad, no olvidando usar las letras cursivas en los nombres científicos y extranjerismos. Con respecto a la impresión debe utilizarse un solo color, de preferencia en negro. La portada consta de cinco elementos, a saber:

- a). **Nombre de la entidad o institución.** En el caso de que el trabajo sea una tesis de la U. J. A. T., el encabezado podría presentarse de la siguiente manera:

Ejemplo:



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

- b). **Título del trabajo.** Deberá cuidarse que el título esté centrado y se encuentre en la parte inferior de la primera mitad de la portada. Se recomienda usar letras en negrita, de un tamaño mayor que el estándar del texto.

Ejemplo:

**SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE TUMORES
EN EL CEREBRO HUMANO UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS
FRONTERA**

- c). **Material de referencia.** Cuando se trate de un reporte de investigación de una materia determinada, tesis o trabajo recepcional, es necesario hacer la distinción.

Ejemplo:

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA MECÁNICA

- d). **Nombre del autor o autores.** Es importante señalar al autor o a los autores que intervinieron directamente en el trabajo de investigación (responsables directos) y el nombre de aparición deberá ser de acuerdo a la responsabilidad asumida en el trabajo. El nombre deberá preceder del tipo de reporte de investigación y su finalidad como se hace notar en el ejemplo del inciso c).
- e). **Ciudad y fecha.** La ciudad deberá ir estratégicamente indicada en el ángulo inferior izquierdo y la fecha debe encontrarse en el ángulo inferior derecho, utilizando un tamaño de letra inferior que el usado en el resto de la portada.

Ejemplo:

CUNDUACÁN, TABASCO

ENERO DE 2005

Si se integran los elementos indicados en los párrafos precedentes, la portada quedaría como a continuación se presenta:



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE TUMORES
EN EL CEREBRO HUMANO UTILIZANDO EL MÉTODO DE
ELEMENTOS FRONTERA**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA MECÁNICA

CANDELARIO BOLAINA TORRES

9.2. CONTRAPORTADA

Luego de la portada, aparecerá la portada interior o contraportada, precedida de una hoja en blanco, la cual llevará los mismos elementos de la portada exterior e igualmente distribuidos, excepto que el material deberá ser de papel bond.

9.3. PÁGINAS PRELIMINARES

Éstas varían según el objetivo de la investigación, en esta sección se presentarán las páginas preliminares *que pueden* ser incluidas en la tesis.

- a). **Carta de autorización.** En esta página se incluye la carta otorgada por la División Académica correspondiente, en donde indica que se autoriza formalmente la presentación de dicho trabajo en el examen recepcional, por reunir los requisitos exigidos por el reglamento académico respectivo. Al insertar en el trabajo el documento de autorización, proporciona al mismo validez y un reconocimiento público al autor por sus méritos escolares.
- b). **Página de jurados.** Se ubica inmediatamente después de la carta de autorización. En ella se colocará espacio para la firma de los jurados, dándole la importancia a cada uno de ellos de acuerdo a su participación.
- c). **Dedicatoria.** Posteriormente seguirá la página de dedicatoria, ésta, deberá ser lo más formal que se pueda, y se colocará en el ángulo inferior derecho. Si son varias personas a las que se les dedica el trabajo, es conveniente diseñar la página, tomando en cuenta el número de párrafos, de manera que no vayan amontonados y se pierda la intención de esta sección. Deberá evitarse añadir epígrafe de poemas, modismos, apodos o cualquier otra expresión que reste seriedad al trabajo. Asimismo se recomienda evitar escribir una lista interminable de familiares y amigos. Basta hacer referencia de ellos en forma general.
- d). **Agradecimientos.** Al elaborar cualquier trabajo de investigación, además de los esfuerzos del autor para su realización, participan otras personas e instituciones que proporcionan diversas ayudas como orientaciones, información, facilidad de acceso a las fuentes de datos etc. Debido a estas ayudas, se les hace un reconocimiento público en esta página. Los agradecimientos deben ir de una manera formal; si es abundante, deberán ser distribuidos en forma escalonada en toda la hoja, o si lo prefiere, pueden ponerse en párrafos normales.

Ejemplo:

Se agradece a la empresa **Rectificaciones Campeche S.A de C.V** por todas las atenciones prestadas para la realización de la presente investigación.

En cuanto a la paginación de las páginas preliminares, deben hacerse con números romanos en minúscula, colocada en la parte superior derecha.

Ejemplo:

i, ii, iii, iv, v, vi, ... n ; donde n es el número de páginas preliminares consideradas, incluyendo al índice.

9.4. ÍNDICE

El índice presenta la estructura del trabajo a realizar, e incluye las divisiones, subdivisiones, y división de la subdivisión de los temas, indicando frente a cada tema o subdivisión la página en que se encuentran. La finalidad del índice es presentar en orden sistemático el contenido de un trabajo; por lo tanto nos traza directrices de la realización de un tema dentro de un recto orden de prioridades. El índice *podrá* ser presentado mediante el sistema decimal.

El sistema decimal emplea los números romanos o arábigos indistintamente, para indicar los capítulos y los números arábigos para indicar los títulos de segundo y tercer orden. Conviene tener presente que todo nomenclador debe tener su correlativo, es decir, si aparece 1.1., su correlativo será 1.2. La ventaja del método decimal es que organiza y facilita la localización de los temas. El desarrollo del índice, es decir, el desenvolvimiento lógico de cada uno de los temas enunciados en este esquema debe seguirse con mucho rigor.

Cuando se diseña un esquema de investigación, se elabora un índice *provisional* que sufre modificaciones conforme se avanza en el proceso de investigación y en la redacción del informe. El índice debe contener no sólo los capítulos, sino también la introducción, las conclusiones, y todas las partes que integran el informe.

Deben tomarse en cuenta en la elaboración del índice las siguientes recomendaciones:

- a). Agrupar por párrafos cada uno de los capítulos.
- b). El nombre del título de primer orden puede escribirse con mayúsculas, en un tamaño mayor que la letra usada en el texto y resaltado con **negritas**. El de segundo orden puede usarse mayúsculas del tamaño de la letra del texto. En los títulos de tercer orden se pueden usar minúsculas.
- c). Respetar los márgenes de las columnas destinadas a títulos de primero, segundo y tercer orden.
- d). Cuidar que de la misma manera como se enuncian los títulos de primero, segundo o tercer orden en el cuerpo de la obra, se presenten en el índice. Es común que los cambios de última hora se realicen en el texto, pero no en el índice.

Ejemplo:

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
1. NEUROLOGÍA. NOCIONES	2
1.1. ASPECTOS FUNDAMENTALES SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL	3
1.1.1. Terminología topográfica	5
1.1.2. Cortes cerebrales	9
1.1.3. Hemisferios cerebrales	11
1.1.4. Estructuras cerebrales	.
1.1.5. Meninges	.
1.1.6. Ventriculos	.
1.1.7. Edema cerebral	.
1.2. TUMORES CEREBRALES	
1.2.1. Tumores meningiomas	
1.2.2. Clasificación de los meningiomas	
2. FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	
2.1. LOS FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE CONSOLIDACIÓN DE BIOT	
2.1.1. Medio poroso	
2.1.2. Ley de Darcy	
2.1.3. Esfuerzo efectivo de Terzaghi	
2.1.4. Tensores de deformación	
2.1.5. Vector y Tensor de esfuerzos	
2.1.6. Conservación de masa: ecuación de continuidad	
2.1.7. Principio de momentum lineal: ecuaciones de movimiento y de equilibrio	
2.2. TEORÍA DE CONSOLIDACIÓN DE BIOT	
2.2.1. Relación entre el cambio de volumen y la presión del fluido en un material poroso	
2.2.2. Formulación de elasticidad para un medio poroso	
2.3. PROBLEMA CON VALORES EN LA FRONTERA (PVF)	
2.3.1. PVF del potencial de presión	
2.3.2. PVF poroelástico	
3. ECUACIONES INTEGRALES EN LA FRONTERA PARA EL PROBLEMA DEL POTENCIAL DE PRESIÓN	
3.1. ECUACIÓN INTEGRAL EN LA FRONTERA CONVENCIONAL	
3.1.1. Regularización de la ecuación convencional	
3.2. ECUACIÓN INTEGRAL DERIVADA TANGENTE EN LA FRONTERA	

4. ECUACIONES INTEGRALES EN LA FRONTERA PARA EL PROBLEMA POROELÁSTICO

- 4.1. ECUACIÓN INTEGRAL EN LA FRONTERA CONVENCIONAL**
- 4.2. ECUACIÓN INTEGRAL DERIVADA TANGENTE EN LA FRONTERA**
 - 4.2.1. Proceso de regularización**

5. EL MÉTODO DE ELEMENTOS FRONTERA Y SU IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA

- 5.1. EL MÉTODO DE ELEMENTOS FRONTERA**
 - 5.1.1. Discretización de la frontera**
 - 5.1.2. Integración numérica regular**
 - 5.1.3. Sistema de ecuaciones**
- 5.2. IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA**

6. VALIDACIÓN DEL PROGRAMA ELAST

- 6.1. VALIDACIÓN**
- 6.2. RESULTADOS**
- 6.3. VALORES EN PUNTOS EN EL INTERIOR**

7. METODOLOGÍA

- 7.1. OBTENCIÓN DE LA GEOMETRÍA**
- 7.2. OBTENCIÓN DE LA MALLA DE ELEMENTOS FRONTERA**
- 7.3. CORRIDAS DEL PROGRAMA ELAST**
- 7.4. POSPROCESAMIENTO DE LA GEOMETRÍA DEFORMADA**
- 7.5. POSPROCESAMIENTO DE LOS ESFUERZOS OBTENIDOS**

8. MODELACIÓN DEL CASO CLÍNICO

- 8.1. COMPORTAMIENTO FÍSICO DE LAS ESTRUCTURAS CEREBRALES**
- 8.2. PRESIÓN INTRACRANEAL**
- 8.3. PROPIEDADES DEL TEJIDO CEREBRAL**
- 8.4. CASO CLÍNICO**
- 8.5. MODELACIÓN POR MEDIO DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FRONTERA**

9. CORRELACIÓN CLÍNICA

- 9.1. GEOMETRÍA DEFORMADA**
- 9.2. ESTADO DE ESFUERZOS EN EL CEREBRO**

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICE A: TERMINOLOGÍA MÉDICA

APÉNDICE B: NOTACIÓN INDICIAL Y TENSORES

9.5. LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Se conoce con el nombre de *cuadro* a una serie o conjunto de números, valores o unidades relacionados entre sí, los cuales se presentan en columnas para facilitar sus relaciones, comparaciones o referencias. Con el nombre de *figuras* se conocen a las ayudas visuales del tipo que sean (a excepción de los cuadros). Son figuras por lo tanto, las gráficas de líneas rectas o curvas, diagramas, pictogramas, organigramas, dibujos, mapas, fotografías, etc. No todo trabajo requiere de cuadros y figuras, en caso de que las hubiere, deberán presentarse sus respectivas *listas de cuadros y figuras* por separado y numeradas de uno a infinito en arábigo. Tienen la misma estructura que el índice: en la parte izquierda se indica el número de cuadro o figura en la parte central el nombre completo con su referencia si la tiene y en la parte derecha va la página donde se encuentra. Esta página o páginas, se ubicarán después del índice, en página independiente.

Ejemplo:

LISTA DE CUADROS

NÚMERO	NOMBRE	PÁGINA
1	Subrutina SING2P	25
2	Ejemplo del archivo <i>archivo.prn</i>	30
3	Programa fuente MCFEM.FOR en lenguaje Fortran 77	31
4	Formato del archivo universal con la información de los puntos	32
5	Programa fuente TERCON.FOR	36

LISTA DE FIGURAS

NÚMERO	NOMBRE	PÁGINA
1	Neurona motora típica y algunas de sus estructuras	2
2	Fibra nerviosa mielinica de la corteza cerebral	3
3	Terminología topográfica del cuerpo humano (persona vista de perfil)	4
4	Terminología empleada en el cerebro	5
5	Corte sagital del cerebro	6

9.6. RESUMEN

El *resumen* es una breve descripción que debe contener el problema tratado en la investigación, la metodología empleada, los resultados y las conclusiones. El propósito del resumen es dar un breve informe de la investigación para que los lectores puedan determinar si les interesa o no leer el resto del artículo.

En la elaboración de informes de investigación a menudo es necesario incluir el resumen como parte integral del trabajo, es importante en los siguientes casos:

- **En la presentación de trabajos de tesis.** Es frecuente que los resúmenes de las tesis de postgrado y doctorado se publiquen y se difundan antes de la presentación del examen de grado correspondiente.
- **Cuando se requiere un artículo científico.** La mayoría de los Comité Editoriales de las publicaciones periódicas científicas solicitan un resumen para las memorias científicas.

En la preparación de un resumen deberán tomarse en cuenta las siguientes consideraciones preliminares para motivar al lector a leer el trabajo:

- a). Es necesario apegarse a la extensión máxima aprobada por los Comité Editoriales de las publicaciones periódicas y los instructivos para alumnos de las diversas instituciones educativas. Generalmente se acepta un máximo de 250 palabras para el resumen de tesis de maestría y 500 palabras para el resumen de tesis doctorales.
- b). La primera oración debe ser el enunciado del problema investigado o del propósito del experimento. En una o dos oraciones se deben consignar los antecedentes que indiquen que el trabajo realizado es un paso en una secuencia lógica en la búsqueda de la solución de un problema.
- c). Las siguientes dos o tres oraciones deben tratar sobre la metodología; puede incluirse una descripción de la población, los instrumentos y si lo considera adecuado, indicar el procedimiento o diseño.
- d). El paso siguiente es la exposición de los resultados; ésta debe ser general y no debe incluir los resultados de pruebas estadísticas si no lo amerita.
- e). Las últimas oraciones deben dar al lector alguna indicación del contexto en el que se comentaron los resultados. Debe quedar incluida la conclusión que deriva del análisis de los resultados.
- f). La escrituración del resumen debe hacerse usando un espacio entre renglones y unir las ideas con punto y seguido, es decir el resumen deberá ser de un sólo párrafo.
- g). El resumen deberá contener los elementos necesarios para una codificación bibliográfica adecuada. Los Comité Editoriales de algunas publicaciones periódicas exigen además del resumen, una serie de palabras clave para la codificación. Éstas deberán aparecer en la redacción del resumen. Si su trabajo, por ejemplo, trata sobre los grupos sanguíneos de los cerdos, una serie de palabras clave que pueden codificarse en el sistema de referencia cruzada serían *grupos sanguíneos, cerdos, antígenos eritrocíticos, isoanticuerpos, enfermedad hemolítica*.
- h). En el resumen, preferentemente no deberán usarse abreviaturas.
- i). No es permisible incluir en el resumen citas bibliográficas, ni citas a pie de página.

- j). La brevedad del resumen no justifica alterar la sintaxis ni la ortografía. La omisión de pronombres, conjunciones, preposiciones y otros elementos se hace frecuentemente buscando mantener reducido el número de palabras, lo que origina una construcción incorrecta de las oraciones. La redacción del resumen es el ejercicio de extraer de un texto los conceptos importantes y expresarlos en forma breve, pero gramaticalmente correctos.

Ejemplo:

“Hasta la fecha ya se han publicado en la literatura algunos trabajos de investigación en los cuales se simulan afecciones en el cerebro utilizando métodos numéricos, específicamente el Método de Elementos Finitos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se tienen problemas al realizar los pasos de la simulación a causa de que se comienza a distorsionar la malla empleada para la discretización del continuo. En el presente trabajo de investigación se propone una nueva alternativa que minimiza tales dificultades a través del Método de Elementos Frontera, el cual sólo requiere la discretización de los contornos que delimitan las diferentes sustancias que constituyen al cerebro. El comportamiento biomecánico del tejido cerebral se modela a través de la teoría de consolidación de Biot, la cual se aplica para la simulación y análisis bidimensional del crecimiento cuasiestático de tumores meningiomas. Con el uso de la teoría de consolidación de Biot se llega a un sistema de ecuaciones diferenciales parciales que se vuelve desacoplado debido a la consideración de independencia del tiempo. Estas ecuaciones diferenciales, que se aplican a todo el dominio de interés, son transformadas en ecuaciones integrales en la frontera o contorno mediante la segunda identidad de Green en el plano y realizando procesos límites, aunque también es importante tener una Solución Fundamental para poder aplicar el Método de Elementos Frontera. Esta Solución Fundamental se obtiene a partir de las ecuaciones diferenciales cuando se resuelve el problema de aplicar una carga unitaria en un punto llamado fuente viendo sus efectos en otro punto llamado de campo y sin considerar condiciones de frontera. Se desarrollan las dos ecuaciones integrales en la frontera denominadas convencional y derivada tangente, las cuales se resuelven conjuntamente para obtener la solución deseada. Las mencionadas ecuaciones integrales contienen kernels con singularidades débiles $O(\ln r)$, fuertes $O(1/r)$ e hipersingulares $O(1/r^2)$ en el límite cuando $r \rightarrow 0$. La implementación numérica de los términos con singularidades débiles se realiza a través de un mapeo, mientras que para los términos con singularidades fuertes e hipersingulares, primero se efectúa un proceso de regularización para remover las singularidades antes de implementarlas. Los procesos de regularización se llevan al cabo mediante el uso de identidades de la solución fundamental y realizando procesos límites. El proceso de regularización más relevante en este trabajo de investigación se realiza a un kernel contenido en la ecuación integral de poroelasticidad donde se presenta la deducción de una identidad no reportada anteriormente en la literatura y que fue desarrollada por el Dr. Karim H. Muci K. La implementación numérica de las ecuaciones integrales en la frontera regularizadas se lleva al cabo acoplando subrutinas a un programa en lenguaje Fortran 77 denominado ELAST V1.0 y desarrollado parcialmente por el Dr. Karim H. Muci K. En el desarrollo de la simulación del crecimiento de tumores cerebrales se presentan contornos muy cercanos. Es por eso que la validación del programa consiste en explorar hasta que valores de la distancia r , entre el punto fuente y el punto de campo, los resultados numéricos son aceptables. Para ilustrar la utilidad de la metodología propuesta, se presenta el caso de una paciente afectada por un meningioma del ala mayor del esfenoides izquierdo. La geometría de un corte axial del cerebro de la persona afectada y que se emplea

en el análisis se obtiene a partir de la imagen de una tomografía axial computarizada (TAC) con la ayuda de una máquina de coordenadas y del software comercial I-DEAS de SDRC 1991. Para definir totalmente la geometría del cerebro, se cuenta con la experiencia de un médico neurocirujano; así como también, para entender de una mejor manera la física del problema médico. La simulación se realiza en cuatro pasos o etapas del crecimiento de tumor mediante el desplazamiento de la frontera adyacente al meningioma. Las propiedades de las diferentes sustancias que constituyen el cerebro se consideran constantes durante la simulación. Para la discretización se usan elementos convencionales y tipo Hermite. El análisis de esfuerzos se realizó bajo la suposición de deformaciones planas de donde se obtiene la correlación clínica correspondiente tanto para los esfuerzos como para los desplazamientos. Esta correlación clínica se realiza en base a la sintomatología presentada en la paciente y extraída del expediente clínico. Se alcanzaron los objetivos propuestos de los cuales, el más relevante fue el se obtener la correlación clínica de manera satisfactoria.” (Bolaina *et al*, 1995).

9.7. SIMBOLOGÍA

Es importante poner en el informe de la investigación las siglas usadas en el área del conocimiento que se está manejando, y considerar además, las que fueron creadas exprofeso para uso exclusivo en el estudio. En caso de utilizarse cualquiera de las dos modalidades, deberán ser incluidas en el texto colocándolas en una lista después del resumen.

Ejemplo:

SIMBOLOGÍA

<i>A</i>	Área
<i>b</i>	Fuerza de cuerpo por unidad de volumen
<i>c</i>	Tensor de propiedades elásticas
<i>e</i>	Deformación o dilatación volumétrica
<i>E</i>	Módulo de Elasticidad de la estructura sólida
<i>E</i>	Tensor finito Lagrangiano de deformaciones
<i>E*</i>	Tensor finito Euleriano de deformaciones
<i>F</i>	Solución Fundamental para el potencial de presión
<i>f</i>	Fuerza de cuerpo
<i>g</i>	Aceleración de la gravedad
<i>G</i>	Derivada normal de la Solución Fundamental <i>F</i>
<i>G</i>	Vector de Galerkin

9.8. INTRODUCCIÓN

Es con la excepción de algunos lectores que acostumbran leer primero el resumen; la primera sección que es leída; sin embargo, la redacción de la introducción es la última parte que se

escribe. Debe ser corta (1 ó 2 páginas), cuanto más breve sea, mejor; la introducción se escribe para motivar al lector a leer el trabajo. Si es larga o excesiva en detalle, se convierte en un obstáculo y puede orillar al lector a desistir en su lectura antes de llegar a la parte medular del informe.

La *introducción* es un planteamiento general de la investigación que el autor redacta y que familiariza al lector sobre el tema, debe indicar sobre *qué trata el estudio y por qué su importancia* (justificación). Debiendo despertar el interés para que desee informarse más sobre el trabajo. Es importante ponerlo a pensar en lo que sigue después, indicando las partes más importantes del tema en la perspectiva adecuada. No se olvide indicar los linderos de la investigación, para que no se esperen logros mayores que los preestablecidos.

Después de leer la introducción se debe saber con precisión *cuál es el problema, y cómo se resolvió*. La introducción culmina con su planteamiento, sin olvidar indicar *los objetivos* que le hicieron surgir la formulación de éste y el planteamiento de *las hipótesis*.

Con respecto a la *paginación*, ésta se inicia a partir de la introducción con números arábigos de uno a infinito; los cuales deberán ir en la región superior derecha y a dos centímetros del borde de la hoja. Los inicios de capítulo, las páginas en blanco y en donde aparecen figuras del tamaño de una hoja, se toma en cuenta para la paginación pero no se les coloca el número correspondiente, aunque algunos autores prefieren hacer excepciones.

Generalmente la tesis no lleva prólogo ni prefacio. El *prólogo* está escrito por una persona distinta al autor y su objetivo es presentar tanto al autor como a la obra. El *prefacio* lo escribe el autor, pero tiene el carácter más subjetivo, es más pequeño que la introducción y en éste se habla de los problemas a los que se enfrentó para realizar la investigación.

9.9. MARCO TEÓRICO

El marco teórico que se presenta en el *informe de la investigación*, se realiza de acuerdo a la revisión de bibliografía efectuada en la elaboración del *proyecto de la investigación*, es necesario solamente, realizar una revisión más exhaustiva de los puntos más importantes en cuanto a la teoría explicativa y/o los antecedentes históricos, además de tomar en cuenta las investigaciones similares. No se debe olvidar definir los conceptos que se manejan en su investigación en particular¹.

9.10. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se indicarán los materiales y los métodos *usados* en la investigación; guíese para su elaboración, de los materiales y métodos anotados en el *proyecto* (consulte el capítulo 6). Solamente no olvide tomar en cuenta las innovaciones que se realizaron de acuerdo al desarrollo del trabajo de investigación.

¹ Amplíe información en el capítulo 5.

9.11. RESULTADOS

La trascendencia de un informe de investigación radica básicamente en su capítulo de *Resultados*, por lo que si hay un capítulo que necesita ser escrito con claridad y simplicidad es precisamente éste. En los *Resultados* se exponen los datos que el estudio aporta al conocimiento sobre el tema; en la *Introducción* se dice por qué se realiza el trabajo; en *Materiales y Métodos* se indica cómo se logran los resultados manifestados en la sección de *Resultados*; y en la *Discusión* se interpreta el significado de los mismos. Es evidente que la calidad del artículo se edifica sobre la base de los *Resultados*: aunque esta sección es la más importante, también es también la más corta, especialmente si el informe cuenta con un artículo de *Materiales y Métodos* bien escrito.

Antes de empezar a escribir *los resultados* se debe tener a la mano los datos que constituyen las pruebas para fundamentar las conclusiones. Estas pruebas pueden consistir en cuadros con datos cuantitativos y figuras que muestren la relación entre las variables estudiadas, etc. Deben analizarse estos datos con objetividad y eliminar aquellos que no sean relevantes para fundamentar las conclusiones. Sin embargo, muchas veces es importante señalar los aspectos negativos de los experimentos y quizá aquello que no se encontró en las condiciones experimentales. Un error común es querer incluir en los resultados todo lo que se observa; inconscientemente se desea demostrar, con esa actitud, que se trabaja “mucho” y que se cuenta con un gran número de datos, producto de un gran esfuerzo. Sin embargo, lejos de demostrar que se cuenta con mucha información, lo que se demuestra es la poca capacidad de discernimiento.

Los resultados deben proporcionar información de dos tipos: primero debe presentarse una idea global de lo que se obtuvo, sin dar detalles experimentales considerados en *Materiales y Métodos* y enseguida, presentar los datos correspondientes. El uso de datos numéricos deberá hacerse con congruencia. Los resultados pueden presentarse de maneras diferentes: textualmente, en cuadros o en figuras. Si se van a presentar unos cuantos datos, solamente bastará con describirlos en el texto. Si los datos corresponden a muchas determinaciones deberán utilizarse cuadros y/o figuras.

Antes de decidir hacer un cuadro, debemos decidir si en realidad lo necesitamos. No deben utilizarse cuadros, a menos que sea *indispensable* incluirlos para presentar los datos de varias observaciones. Toma mucho tiempo preparar un buen cuadro y representa más trabajo para el investigador.

Para la presentación adecuada de los cuadros y figuras es necesario tener en cuenta los siguientes puntos (Münch y Ángeles, 1991; López, 1990).

- a). La mayoría de los cuadros están constituidos por cuatro partes: el número y el título; los encabezamientos de las columnas, los encabezamientos de las líneas horizontales y los datos. Muchos cuadros incluyen explicaciones aclaratorias en el pie del cuadro.
- b). Los cuadros deben contener solamente los datos correspondientes a condiciones variables y no aquellos que corresponden a condiciones invariables.

- c). Todo cuadro y figura deberá tener claridad, de tal manera que por sí solo se entienda, sin necesidad de acudir al contenido del trabajo.
- d). El título debe ir centrado o justificado en ambos lados, deberá ser colocado en la parte superior en los cuadros, y en la parte inferior en las figuras. El texto deberá escribirse con mayúsculas o minúsculas e indicar con exactitud el contenido de la información teniendo en cuenta las siguientes pautas:
- ¿Qué representa la figura?
 - Lugar de referencia, institucional o geográfico.
 - Codificación. Es decir, clasificación utilizada, la cual debe indicarse de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo.
 - Fecha. Indicando el año, mes y día.
 - Indicar la fuente, si la figura o el cuadro fueron extraídos de algún libro, revista, etc.
- e). El título debe ser lo más corto posible, sin sacrificar claridad, debiendo evitar palabras innecesarias como “Resumen de...” o “Número de...” ya que son evidentes por los datos contenidos en el cuadro.
- f). No incluir los encabezados como parte del título, ejemplo: “Velocidad de dilatación, tipo de material, grosor del material,...” y podrían ser sustituidos por un término general como “Características de los materiales...”
- g). En los cuadros, los encabezados de las hileras y de las columnas deben describir con precisión los datos que representan, incluyendo también las unidades de medida.
- h). Los cuadros y las figuras deben estar identificados con números arábigos en el orden secuencial de las citas correspondientes en el texto.
- i). Ningún cuadro o figura debe aparecer si no es citado en el texto.
- j). En lo posible debe evitarse la colocación de cuadros y figuras a lo largo, pero si es necesario hacerlo, *la parte superior del cuadro*, es decir su título, *debe ir al lado de la encuadernación*.
- k). Si tienen que incluirse cifras de muchos dígitos debe reducirse el número de los mismos a solamente dos o tres indicando la aclaración correspondiente en el encabezamiento, ejemplo: 185.715 podría sustituirse por 185.7 e indicar en el encabezamiento *miles*.
- l). Debe evitarse las notaciones numéricas con multiplicadores, es decir, evitar poner 3.4×10^4 o bien 4.5×10^{-3} , etc.; simplemente indíquelo en el encabezamiento.

Antes de dar por terminado el cuadro, es conveniente examinar nuevamente y contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Los datos están bien organizados para facilitar las comparaciones y mostrar las tendencias?
2. ¿El contenido del cuadro es claro a partir de su título, sus encabezamientos y sus pies?
3. ¿El diseño del cuadro está de acuerdo con el estilo editorial de la revista?

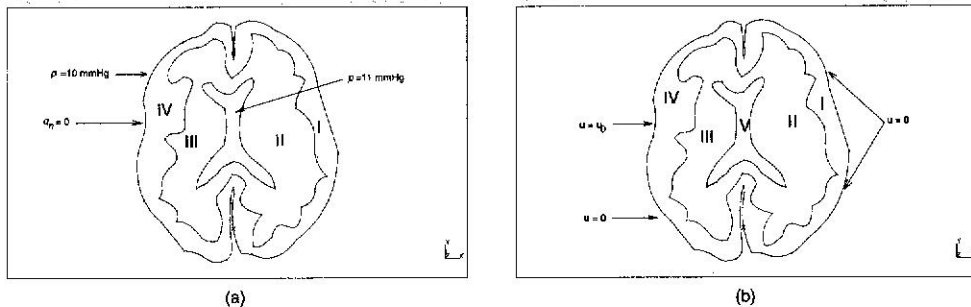
En cuanto a las figuras que se van a incluir (diagramas, mapas, fotos, etc.), se debe estar seguro de que realmente es necesario incluirlas, de que todavía serán legibles después de la reducción a que son sometidas en el proceso de la publicación. Algunas veces existe la tendencia de “*dar cuerpo*” al trabajo incluyendo figuras que muchas veces no son necesarias. Es conveniente describir con palabras lo que se represente, posiblemente sólo importe unos pocos valores, ya sea el máximo o el mínimo, el resto sólo constituye un adorno para la figura.

Ejemplo:

Cuadro 3. Propiedades mecánicas e hidráulicas del tejido cerebral.

PROPIEDAD	SUSTANCIA BLANCA	SUSTANCIA GRIS	VENTRÍCULOS
E [N/m ²]	1000.0	10 000.0	100.0
N	0.25	0.25	0.25
A	1.0	1.0	1.0
k [m ⁴ /N s]	10E-07	10E-10	10E-05

Fuente: Bolaina *et al*, 1995



Fuente: Bolaina *et al*, 1995

Figura 6. (a) Regiones y condiciones de frontera para la fase líquida. (b) Regiones y condiciones de frontera para la fase sólida.

9.12. DISCUSIÓN

Después de haber efectuado el análisis estadístico de los datos y diseñado los cuadros y figuras que resuman los resultados, la siguiente etapa es analizar dichos resultados e interpretarlos, relacionándolos con el marco teórico y la hipótesis planteada.

La discusión es una de las partes más importantes del trabajo, en ella el autor hace una *interpretación de los resultados* y esto requiere un conocimiento profundo del tema y madurez profesional.

Si la investigación fue bien diseñada y se desarrolló de acuerdo a la metodología, el análisis de los resultados se obtiene casi en forma automática, pues la tarea consistiría únicamente en explicar el porqué de los fenómenos que han sucedido (Gutiérrez y Sánchez, 1990).

De esta manera, al analizar la información se parte del estudio de la relación de los resultados con el planteamiento del problema, las variables, las hipótesis y los instrumentos de recolección de datos. Tal vez, la etapa de la discusión de los resultados es la que *requiere de mayor creatividad y habilidad intelectual*, pues es en ésta, donde hay que encontrar los puntos de coincidencia de resultados con los que se plantearon en el esquema de investigación.

En la discusión, el investigador tiene la oportunidad de hacer resaltar la trascendencia de los resultados del experimento. En ocasiones la falta de habilidad, o de experiencia en el tema, impide que la información sea manejada correctamente, y aunque los resultados sean magníficos, la discusión resultante será pobre.

El otro extremo también se observa frecuentemente, cuando los resultados no son muy buenos y se trata de enmascarar esta situación, procurando basándose en verborrea suplir esa deficiencia. Las características de la redacción de cualquier parte del informe, no solamente de la discusión, siempre deben exponerse en forma breve, clara y precisa, con el objeto de que el lector no pierda demasiado tiempo y obtenga un provecho inmediato.

Algunos autores prefieren escribir conjuntamente los resultados y la discusión, mientras que otros optan por separar estas dos partes. En general es más conveniente presentarlas en forma separada. Por lo mismo, si en una publicación se presentan los resultados y la discusión separadamente, habrá que establecer una clara diferencia entre lo que es un hecho (*resultados*), de lo que son opiniones o explicaciones (*discusión*). El error más frecuente consiste precisamente en confundir estas dos partes o mezclarlas.

De acuerdo a los criterios de Gutiérrez y Sánchez en 1990 y Méndez *et al*, en 1990; la discusión consiste en:

- La asociación de ideas y establecer las relaciones de causa y efecto.
- Deducir las generalizaciones y los principios básicos que se desprenden de los resultados.
- Aclarar las limitaciones dentro de las cuales se desarrolló el experimento.
- Explicar aquellos puntos que no estén suficientemente claros.

- Mostrar cómo los resultados o las interpretaciones concuerdan o se contraponen con los trabajos previos.
- Indicar las implicaciones teóricas y las aplicaciones prácticas de los resultados.

En la discusión debe evitarse describir nuevamente los resultados. Muchos trabajos de tesis incurren en este error y no discuten nada, dejando al lector el trabajo de extraer sus propias conclusiones. Quizás en muchos casos el autor, por falta de conocimiento, después de haber obtenido los resultados se pregunte: ¡bueno!, ¿ahora para qué me sirve todo esto?

En los trabajos de recapitulación o de revisión sobre algún tema, la discusión es particularmente importante, pues la aportación del investigador radica precisamente en el *análisis* de la información existente hasta el momento. Si la discusión es pobre, el esfuerzo quedaría limitado a una simple recopilación de datos. La estructura de estos escritos es diferente y cada parte puede llevar un título específico del tema de que se trate, pero la discusión va incluida en cada capítulo o subtema.

Para llevar al cabo la discusión de los resultados, se sugieren los siguientes pasos:

- a). Analizar cada una de las hipótesis en relación con los resultados, a fin de determinar cuáles fueron comprobadas y cuáles rechazadas.
- b). Estudiar cada uno de los resultados por separado y relacionarlos con el marco teórico.
- c). Efectuar una síntesis general tomando en cuenta todos los resultados.

Después de este proceso se estará en posibilidades de contribuir por medio de aportaciones teóricas, con base en los resultados obtenidos. El desarrollo de la teoría en esta etapa, proporcionará medios para la resolución del problema y dará una base más sólida a la investigación. Ya que se ha analizado la relación entre los resultados estadísticos y el marco teórico y que se han aportado las contribuciones teóricas, se deberán establecer las ventajas y desventajas de la investigación. Es necesario aclarar las limitaciones del estudio y las probables mejoras que se pudieran realizar, para que el lector interesado o los futuros investigadores lo tomen en cuenta.

9.13. CONCLUSIONES

La parte final de la discusión corresponde a las conclusiones y es en donde el artículo llega a su clímax. Aquí el investigador nos indicará el aporte a la ciencia que representó su trabajo. Pero en algunos de los casos, las conclusiones se encuentran implícitas en los resultados y la discusión, *sin que sea necesario* tomarlas en cuenta como un capítulo aparte.

Las conclusiones representan la síntesis de los resultados obtenidos a lo largo del proceso de investigación. Esta sección es una de las más importantes; es imprescindible que exista coherencia entre los resultados y la discusión, con las conclusiones. Cualquier conclusión deberá fundamentarse en el cuerpo teórico y los resultados de la investigación, además de

resumir los principales hallazgos. Debe ser enunciada con claridad y precisión ya que en ella se presenta la comprobación o rechazo de las hipótesis, sus limitaciones, la relación con otras hipótesis y las sugerencias y/o aportaciones teóricas del investigador.

Existe cierta relación entre la introducción y las conclusiones de un documento científico, pues mientras que en la *introducción se plantea la naturaleza del problema*, en las *conclusiones se indica su posible solución*. Sin embargo, la presentación del capítulo de conclusiones dependerá de las normas de la revista a la cual se envíe el artículo para su publicación, o bien, si es una tesis dependerá del análisis que se realice de acuerdo con el consejero.

En este punto se vierten las generalizaciones sobre hechos comprobados y suficientemente respaldados por los resultados y la discusión. Al escribir una conclusión no se debe exagerar más allá de lo que la evidencia experimental lo permite, esto puede resultar muy peligroso, pues las conclusiones a las que se llegara, pudieran ser falsas y mal fundamentadas.

Las conclusiones pueden ser positivas o negativas, y deben ser escritas en frases cortas. En ocasiones se prefiere *numerarlas*, colocándolas en el orden de importancia. Aquí se puede tratar algún otro punto, como podría ser el mejoramiento de la metodología usada, el probar el experimento bajo condiciones y tiempos diferentes, pero debe evitarse el escribirlas en forma de *recomendaciones*, pues estas últimas no deben ser incluidas en un documento científico (Méndez *et al*, 1990).

Si al final de la discusión el autor no llega a presentar sus conclusiones claramente, quizás nos deje la impresión de que él mismo duda acerca de su investigación y que ésta no debería haberse publicado.

9.14. BIBLIOGRAFÍA O LITERATURA CITADA

La *Bibliografía*, es con frecuencia la sección de un artículo científico que presenta más dificultad en su elaboración. Ésta se compone por la lista de libros que hemos empleado y consultado para la realización del trabajo. Cumple con dos funciones principales como parte esencial de un artículo científico: una para testificar y autenticar los datos originales de nuestro trabajo y otra para proveer al lector de bibliografía referente al tema en cuestión (Quijano, 1957). Para recordar las diferentes maneras en que se puede presentar, recurra al capítulo 8.

9.15. APÉNDICE Y ANEXOS

El *apéndice* es la parte que se agrega al final de la obra, ya sea para prolongar su obra o para hacer salvedades necesarias de la misma. *Todo apéndice debe ser del autor de la obra*, no debe confundirse con el anexo.

La información que registran los apéndices, puede ser la siguiente:

- Datos relacionados directa o indirectamente con el estudio.
- Consecuencias colaterales del estudio.
- Verificaciones realizadas por medio de métodos diferentes al estilo general de la exposición del trabajo.

Si en el trabajo se presentan varios apéndices, éstos deben aparecer de acuerdo a la secuencia lógica del informe, separados y ordenados alfabéticamente o numéricamente.

Los apéndices se separan de las demás partes del trabajo, por los siguientes motivos:

- a). Presentan material interesante y nutrido, que no es posible colocarlo dentro del texto, ya que su presencia produciría una desviación grande de estudio.
- b). La información que presenta es tan amplia que no es posible ubicarla en el cuerpo de la obra, ya que resultaría demasiado para una sola sección e imposible repartirla en varias ya que perdería su unidad sistemática.
- c). Los apéndices son importantes en este tipo de trabajo, pero no hay que abusar de ellos; ni en número, ni en volumen. Si así fuere, se puede cometer el error de desvirtuar la finalidad del informe.

El *anexo* es también algo que el autor agrega al final de la obra y que, como el apéndice, depende de ella. Está compuesto por gráficas, mapas, cuadros, estadísticas, documentos y todo tipo de ilustración que el autor crea conveniente insertar en el trabajo, separadamente del cuerpo de la obra. *Los anexos exigen que se haga referencia de ellos* en el contenido o cuerpo de la obra.

10. REGLAS DE ORTOGRAFÍA

10.1. LA SEPARACIÓN SILÁBICA¹

El mínimo sonido de la lengua es, precisamente el fonema que llamamos vocal; y que apoyados en la vocal, existen otros fonemas llamados consonantes.

Cuando una consonante se asocia con una vocal, obtenemos una sílaba. La sílaba es la unidad más pequeña que podemos oír. La vocal aislada es también una sílaba, la cual, al aparecer en compañía de consonantes, constituye el núcleo de la sílaba.

Las palabras que sólo tienen una sílaba son monosílabas, incluyendo las que constan de una sola vocal, tal la preposición *a*, la conjunción *o* y las interjecciones *eh*, *oh*, *ah*.

Cuando una o más consonantes acompañan a una vocal, tenemos monosílabos tan importantes como las preposiciones *de*, *en*; las conjunciones *si*, *que*, *ni*; los pronombres *yo*, *tú*, *él*; los verbos, en infinitivo o conjugados, *ver*, *él ve*, *ser*, *él es*, *dar*, *él da*. Naturalmente, una palabra monosílaba es indivisible, aunque conste de varios fonemas, por ejemplo *tren*.

Para dividir una palabra en sílabas no podemos atenernos a las solas vocales, debemos considerar también las consonantes que dependen de ellas. ¿Dónde empiezan y dónde terminan las sílabas en *transporte*?; esta palabra se divide así: *trans-por-te* y vemos que *n* y *s* siguen a la *a* y forman parte de su sílaba, *trans-*, mientras que *-por-* constituye otra sílaba.

Algunos grupos de palabras resultan indivisibles; tal es el caso de los afijos (prefijos y sufijos) como *trans-* (*trans-po-ner*), *con-* (*con-cier-to*), *des-* (*des-ha-cer*); *-ción* (*can-ción*), *-pazo* (*gol-pazo*); y en el caso de estos dos sufijos, vemos que llevan adherida la consonante final de la raíz. En cuanto a *nosotros*, la tradición permite separarlo por sílabas (*no-so-tros*) o conservar el sentido de cada componente: *nos-otros*.

Por lo general, al llegar al final de una línea no conviene dividir las sílabas de tal modo que sólo queden dos letras al final o al principio de la línea. Hay que evitar escribir: *fa-tigado* o *fatiga-do*. Y peor aún, dejar una sola vocal: *o-lor*, *a-yer* o *cesanti-a*.

También, cuando hay doble consonante como en *elección*, es aceptable dividir la doble *c*: *elec-ción* pero no *e-lección*.

¹ Reader's Digest, 1994.

Se puede generalizar diciendo que es imposible separar, al final del renglón:

- Las palabras de tres a cinco letras (*idea, asear, crear, adiós, raíz*), aun cuando sean de dos o tres sílabas.
- Las siglas NAFINSA, PEMEX, UJAT, DAIA, etc.
- Las cantidades escritas con números (35,456,776.56).
- Los números de serie como Luis XV, Jorge V, Alfonso XII.

Aun cuando la vocal es el núcleo de la sílaba, este núcleo no siempre será una sola vocal, pues en ocasiones constará de combinaciones de vocales. Tal es el caso del diptongo y el triptongo, que también son núcleos de sílabas.

Cuando el núcleo de la sílaba consta de dos vocales, se dice que es un diptongo. Ejemplo de diptongo son: *viento, baile, oigo, odio*, y su división silábica se efectúa así: *vien-to, bai-le, oi-go, o-dio*.

En ocasiones, no son dos sino tres las vocales que constituyen el núcleo de la sílaba, y entonces se dice que es un triptongo. Ejemplos de triptongos, poco usuales en el español en México, son las segundas personas del plural (correspondiente a *vosotros*) en verbos tales como *averiguar: averiguáis, cambiar: cambiáis*. Tampoco las vocales que forman triptongos pueden separarse: *a-ve-ri-guáis, cam-biáis*

Encontraremos a veces dos vocales juntas que no forman diptongo, y tal vez haya un acento ortográfico que nos ayude a distinguirlos: *Ayer leímos (le-i-mos) una historia curiosa. Él sabía (sa-bí-a) que tú y yo vendríamos (ven-drí-a-mos)*. Y lo mismo pasará con algunos triptongos: *decíais (de-cí-ais)*.

10.2. LA FORMACIÓN DE PLURALES

10.2.1. EL PLURAL DEL ARTÍCULO

El plural del artículo determinado masculino *el* no sigue la regla general del plural, que consiste en agregar *-s* o *-es* al final de la palabra: el plural de *el* es *los*. En cambio, el plural del artículo *la* es *las*.

El artículo indeterminado masculino *un* forma el plural en *unos*, y el femenino *una* (y en algunos casos *un*, como en un águila), en *unas*.

10.2.2. EL PLURAL DEL ADJETIVO

A los adjetivos, ya sean del género masculino, del femenino o del común, terminados en vocal no acentuada, se le agrega una *s* en plural: *bonito, bonitos; bonita, bonitas; alta, altas; triste, tristes*.

Cuando el adjetivo es palabra aguda y termina en consonante, el plural se forma agregándole *es* al final: *natural, naturales; fiel, fieles; celular, celulares; angular, angulares*. (Nótese que estas terminaciones *l* y *r* caracterizan también adjetivos comunes a ambos géneros). Otros adjetivos como: *pelón, pelones; llorón, llorones; fregón, fregonés*- en plural pierden el acento, pues se han convertido en palabras graves.

Pero cuando la consonante termina en *z*, esta consonante cambiará a *c* ante la terminación plural *es*: *precoz, precoces; feroz, feroces; audaz, audaces; capaz, capaces*. (También esta terminación en *z* es común a ambos géneros).

10.2.3. EL PLURAL DEL SUSTANTIVO COMÚN

En plural, todos los sustantivos terminan en *s* (salvo alguna excepción de palabras que carezcan de plural: *déficit*, por ejemplo).

A los nombres terminados en vocal no acentuada o en *e* acentuada (*é*), se les agrega una *s* al final: *casa, casas; ojo, ojos; nene, nenes; café, cafés*.

Al pasar al plural, las palabras agudas terminadas en consonante adquieren *es* al final: *color, colores; pañal, pañales; libertad, libertades; reloj, relojes; canon, cánones; acimut, acimutes*.

Si la palabra es aguda y la consonante final es *z*, ésta se cambiará en *c*: *luz, luces; pez, peces; paz, paces; codorniz, codornices; capataz, capataces; albornoz, albornoces; cruz, cruces; arroz, arroces*.

En español tenemos tres vocales fuertes: *a, e, o*; y dos débiles: *i, u*.

Cuando la vocal terminal está acentuada y no es *a, o* ni *e* (es decir, que no sea una vocal fuerte), el plural se forma agregando *es* a la sílaba final: *cebú, cebúes, colibrí, colibríes*;. Sin embargo, cada día se nota un rechazo mayor en el habla popular contra esta forma de plural, y no tardaremos en decir: *memús y colibrís* tan pronto como los gramáticos y la Academia nos lo permitan.

En algunos casos, al poner en plural nombres terminados en una sílaba acentuada y consonante final, se pierde el acento gráfico: la palabra se vuelve grave, y el acento prosódico queda en la misma sílaba que en singular: *francés, franceses; revés, reveses; arnés, arneses*.

En otros casos, cuando el acento está en otra sílaba, no cambiará de lugar en plural: *ángel, ángeles; árbol, árboles*.

Algunas palabras pasan de graves a esdrújulas al ponerse en plural, para conservar el acento prosódico donde se encontraba; ejemplo: *cardumen, cardúmenes, origen, orígenes; resu-men, resúmenes*; en cambio *carácter* se mantiene como palabra grave en plural-*caracteres*- y se pierde el acento escrito.

Palabras esdrújulas como *espécimen*, *régimen*, seguirán siendo esdrújulas mediante un cambio de la sílaba acentuada: *especímenes* y *regímenes* respectivamente.

10.3. REGLAS DE ACENTUACIÓN

Tenemos dos tipos de acento en español:

- a). **El acento prosódico**, es decir, el que se manifiesta cuando al hablar aplicamos mayor intensidad a la pronunciación de una de las sílabas de la palabra. Por ejemplo, al articular la palabra *caritativo* apoyaremos ligeramente la voz en la penúltima sílaba, *ti*; al pronunciar la palabra *calor*, nuestra voz destacará la sílaba final *lor*; y al pronunciar *libertad* será la sílaba *tad* la que destaque.
- b). **El acento ortográfico**, es el acento que va escrito, e indica dónde debe aplicarse la intensidad al hablar, como en *cantó*, *ratón*, *prófugo*, *árbol*.

De acuerdo a las normas generales de acentuación las palabras del español, se dividen en: agudas, graves, esdrújulas y sobreesdrújulas.

- a). **Agudas**. Son las que llevan el acento, prosódico u ortográfico, en la última sílaba; se acentúan gráficamente todas las terminadas en *n*, *s* o vocal: *ladrón*, *cebú*, *café*, *mamá*, *rodó*, *colibrí*, *jazmín*. También son palabras agudas, pero no llevan tilde: *calor*, *dolor*, *portal*, *arrabal*, *celestial*, *papel*, *crisol*, *matiz*, *desliz*, *billar*, *doblez*, *beldad*, *libertad*, *reloj*, *carcaj*, *cenit*, *acimut*. Y son agudas, sin tilde, las terminadas en alguno de los diptongos *ay*, *ey*, *oy*, *uy*: *guirigay*, *mamey*, *convoy*, *lujuy*.
- b). **Graves**. Son Palabras graves las que llevan acento ortográfico o prosódico en la penúltima sílaba. No se acentúan si terminan en vocal o en consonantes *s* o *n*: *cautiverio*, *sombrero*, *aliciente*, *aguacate*, *leen*, *ibis*, *crisis*. Pero sí llevan tilde en caso contrario: *débil*, *árbol*, *ángel*, *cáliz*.
- c). **Esdrújulas**. Estas palabras llevan acento; un acento que siempre se escribe en la antepenúltima sílaba: *cántaro*, *jícara*, *rústico*, *fúnebre*, *esdrújula*.
- d). **Sobreesdrújulas**. El acento de estas palabras siempre se escribe y va sobre la sílaba anterior a la antepenúltima. No son palabras simples, sino formaciones verbales unidas a dos pronombres átonos: *corrigiéndoselo*, *contestádoselo*, *descuéntamelo*.

10.3.1. CASOS ESPECIALES DE ACENTUACIÓN²

- **Grupos de vocales que no forman sílaba (hiatos).** Los grupos de vocales que no forman sílaba (hiatos) llevarán siempre acento ortográfico sobre la *i* o la *u*, se ajusten o no a las normas generales de acentuación.

Ejemplo:

<i>Palabras agudas</i>	<i>Palabras graves</i>	<i>Palabras esdrújulas</i>
la <u>í</u> d	poes <u>í</u> a	per <u>í</u> odo
re <u>í</u>	hablar <u>í</u> as	veh <u>í</u> culo
o <u>í</u>	ca <u>í</u> da	Pr <u>í</u> amo

- **Palabras de una sola sílaba (monosílabos).** Las palabras de una sola sílaba (monosílabos) se escriben sin acento ortográfico.

Ejemplo:

Vio	dio	fue	pan	fe	dual	Seis	rey	buey	des	ves	as
-----	-----	-----	-----	----	------	------	-----	------	-----	-----	----

- **Palabras compuestas.** Los compuestos sólo llevan acento prosódico en el último de sus componentes y siguen las reglas generales del acento ortográfico.

Ejemplo:

<i>Compuestos agudos</i>	<i>Compuestos graves</i>	<i>Compuestos esdrújulos</i>
ciemp <u>í</u> s	Porta <u>á</u> gujas	antec <u>á</u> mara
reh <u>a</u> cer	Campos <u>o</u>	mil <u>í</u> metro
alt <u>a</u> voz	Sord <u>o</u> mudo	preh <u>í</u> stórico

Hay que hacer notar que cuando los compuestos están unidos con guión, los componentes llevan o no acento según la regla general de acentuación que se aplique en cada caso: *histórico-crítico, científico-cultural, médico-quirúrgico*.

- **Adverbios de modo terminados en mente.** Estos compuestos conservan el acento del primer elemento (el adjetivo), que lo lleva o no según las normas generales de acentuación. Como ejemplo tenemos: *claramente, serenamente, alegremente y ágilmente*.

² Rosas, 1994.

- **Compuestos con formas verbales y pronombres personales pospuestos (enclíticos).** Las formas verbales *con acento* lo conservarán cuando formen compuestos con pronombres enclíticos, se ajusten o no a las normas generales de acentuación.

Ejemplo:

<i>Verbo</i>		<i>enclítico</i>		
rogó	+	le	=	rogóle
situó	+	se	=	situóse
miró	+	me	=	miróme

Las formas verbales *sin acento* que forman compuestos con pronombres personales enclíticos siguen las normas generales de acentuación.

Ejemplo:

<i>Verbo</i>		<i>enclítico</i>		
dio	+	le	=	diole ³
pon	+	te	=	Ponte ³
da	+	Se + lo	=	dáselo ⁴

- **Acento enfático.** Palabras que llevan acento cuando forman parte de construcciones interrogativas, exclamativas o enfáticas.

Construcción 1:

Que la fuerza te acompañe

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Qué deseas? Dime qué deseas.	¡Qué deseas!	Qué hacer en caso de emergencia.

Construcción 2:

Donde vivo hace mucho frío.

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Dónde vives? Ignoro dónde vives.	¡Dónde vives!	Dónde vivir como un verdadero rey.

³ No lleva acento por ser palabra grave acabada en vocal.

⁴ Lleva acento por ser palabra esdrújula.

Construcción 3:*Vive como quieras.*

Construcción Interrogativa	Construcción Exclamativa	Construcción Enfática
¿Cómo estas? Quiero saber cómo estás.	¡Cómo estas!	Cómo tener éxito en los negocios.

Construcción 4:*Lo hago porque quiero.*

Construcción Interrogativa	Construcción Exclamativa	Construcción Enfática
¿Por qué lo hiciste? Aclárame por qué lo hiciste.	¡Por qué lo hiciste!	Por qué vale la pena estudiar computación.

Tenga en cuenta lo siguiente: *por qué*, en dos palabras, se emplea únicamente para preguntar. Ejemplo: ¿*Por qué* llegaste tarde?, quisiera saber *por qué* no ahorras dinero. Estas preguntas, aunque no tengan signo de interrogación, se responden con la conjunción *porque*, escrita en una sola palabra y sin acento ortográfico. Ejemplo: *llegué tarde porque* tuve mucho trabajo. *No ahorro porque* el sueldo no me alcanza.

También existe el sustantivo *porqué* -una sola palabra- que equivale a razón, causa o motivo. Es fácil identificarlo como tal porque suele antecederle un artículo (el, los, un, unos): *Todos mis alumnos conocen ya el porqué* de esta decisión. *No mencionaré ante ustedes los porqués* de mi parecer.

Construcción 5:*Leeré el libro cuando tenga tiempo.*

Construcción Interrogativa	Construcción Exclamativa	Construcción Enfática
¿Cuándo leerás el libro? Indícame cuándo leerás el libro.	¡Cuándo leerás el libro!	Cuándo leer un libro.

- **Acento diacrítico (diferenciador).** Algunas palabras llevan un acento diferenciador (diacrítico), que sirve para distinguir sus diversos significados o las funciones que desempeñan dentro de la oración. Este acento se usa aunque no se ajuste a las reglas generales de acentuación.

<i>Sin acento</i>	<i>Con acento</i>
Juego con el niño. (el = artículo)	Juego con él. (él = pronombre personal)
Me gusta tu trabajo. (tu = adjetivo posesivo)	Tú trabajas en una oficina. (tú = pronombre personal)
Todo lo hizo por mi bien. (mi = adjetivo posesivo)	Todo lo hizo por mí. (mí = pronombre personal)
¿Te gusta el café? (Te = pronombre personal)	A los ingleses les gusta mucho el té. (té = sustantivo: bebida)
La casa de Miguel es amplia. (de = preposición)	Quiere que le dé un regalo. (dé = verbo)
Aun los sabios se equivocan. (aun = adverbio: hasta, incluso)	Aún no llega el avión. (aún = adverbio: todavía)
A este crítico le gustan esos cuadros que hizo aquel pintor. (este, ese, aquel = adjetivos demostrativos). No se acentúan cuando acompañan al nombre.	Éste vive aquí; ése, en otro barrio, y aquél, en otra ciudad. (éste, ése, aquél = adjetivos demostrativos)
Siempre ignorarás la verdad de todo esto. ¿No fue eso lo que dijo? ¿Cuándo sucedió aquello?	Las formas verbales de los pronombres demostrativos, <i>esto, eso y aquello</i> , nunca se acentúan por ser exclusivamente pronombres. Sin embargo: Éstos son mis libros. (Éstos = adjetivo demostrativo).
El teatro estaba muy solo. (solo = adjetivo)	Sólo los más aptos sobreviven. (sólo = adverbio)
Era una hermosa sonata en si bemol ¿Si te digo que no, quién iría? (si = nombre o conjunción)	Si te digo que sí, ¿qué sucedería? (sí = afirmación o pronombre)
Se publicó un libro muy exitoso. (se = pronombre)	Sé lo que quiero. (sé = del verbo saber) Sé prudente y sensato. (sé = del verbo ser)

10.4. LA PUNTUACIÓN Y LOS SIGNOS⁵

En la lengua escrita, la puntuación representa lo que es la respiración en la lengua hablada. No podríamos hablar sin interrumpirnos, de vez en cuando realizamos pausas para recobrar el aliento. La puntuación realiza lógicamente y oportunamente esos cortes. Los signos de puntuación cumplen, pues, una función necesaria, toda vez que lo escrito debe poder leerse en voz alta, sin que se asfixie el lector por falta de aire. Veamos cuáles son los signos de puntuación y la función que desempeñan.

⁵ Reader's Digest, 1977.

10.4.1. LA COMA (,)

Es el signo correspondiente a la pausa más breve, y se usa:

- a). Para separar los elementos de una enumeración o lista: *los ojos, la boca, la nariz, las mejillas, la frente y la barbilla*. Los dos últimos elementos no van separados por una coma sino unidos por la conjunción de coordinación *y*.
- b). Para separar varias proposiciones sucesivas: *se levantó, fue hacia la ventana, la cerró, se acercó a la mesa y encendió la lámpara*. También aquí, las dos últimas proposiciones van unidas por la conjunción *y*.
- c). Para destacar el vocativo en medio de una frase: *Usted, amigo mío, siéntase como en su casa*.
- d). Para ocupar el lugar de un verbo ausente: *Todos lo apoyaremos, y tú, también*.
- e). Para separar, dentro de la frase, alguna aclaración: *La dama, vestida a la última moda, tenía un aspecto ridículo. Luis, que nada sabía del asunto, se mantuvo callado. Las niñas, que habían merendado mucho, no quisieron cenar*. Aquí tenemos que establecer una distinción importante. En el ejemplo anterior, gracias a las comas, nos enteramos de que *todas la niñas* habían merendado mucho. Ahora bien, si quitamos las comas tendremos: *Las niñas que habían merendado mucho no quisieron cenar*. Pero las demás, las que **no** habían merendado mucho, sí cenaron.
- f). Y para separar dos sujetos distintos en una misma frase: *Juan y Pedro querían venir, Luis se lo prohibió. Me puse los zapatos, y las botas se quedaron en el armario* (sin la coma, se habría puesto *los zapatos y las botas*).

Es frecuente que entre el sujeto y el verbo de una oración aparezca una coma. Pese a su frecuencia, tal uso es incorrecto, aunque el sujeto conste de varias palabras. Así, las comas que aparecen en los ejemplos siguientes son absolutamente innecesarias: *Los nombres propios, se escriben siempre con inicial mayúscula. El presente estudio sobre el nacimiento del imperio romano, representa una valiosa aportación al conocimiento histórico. Todos los miembros presentes, elegirán al nuevo director*.

Recuérdese que, en una oración no debe existir coma entre el sujeto y el verbo, por más largo que sea el sujeto.

10.4.2. EL PUNTO Y COMA (;)

Se emplea:

- a). Cuando, sin llegar al final de la frase, conviene hacer una pausa de separación más prolongada que la coma, pero sin que corresponda el **punto**, porque la idea no ha sido

totalmente expresada: *La oscuridad de la noche fue causa de que los barcos de la armada se separaran; al amanecer, todos se habían dispersado.*

- b). Cuando distintas proposiciones independientes van unidas únicamente por el sentido: *Ha llegado la hora; debemos iniciar la marcha. Es demasiado tarde; ya nadie nos espera.*

Existe cierta tendencia a menospreciar el punto y coma; casi podría decirse que está pasando de moda. Este prejuicio injustificado no debe privarnos de un útil recurso de puntuación.

10.4.3. LOS DOS PUNTOS (:)

Son muy prácticos para anunciar algo, ya sea:

- a). Una enumeración, como en: *se enmendarán los siguientes artículos: el 1º, el 2º y el 3º.*
- b). La indicación de que se dirá, anunciará, preguntará, indicará, ordenará, etcétera, *algo a alguien*, como en: *explicate: ¿qué has hecho? Es una orden: a las 10 deberán apagarse todas las luces.*

10.4.4. EL PUNTO (.)

El *punto y seguido* es un punto que aparece dentro del párrafo sin ponerle fin. Éste es un signo que marca una pausa más prolongada que los tres signos anteriormente estudiados. Se emplea cuando las oraciones sucesivas tienen estrecha relación entre sí. El *punto y aparte*, en cambio, sirve para separar los párrafos, entendidos éstos como ideas totalmente desarrolladas. El *punto* sirve también para cerrar las abreviaturas, como en: Sr., Sra., fig., pág.

10.4.5. LOS PUNTOS SUSPENSIVOS (...)

Formados por tres puntos (y sólo tres), constituyen un solo signo ortográfico y denotan que ha quedado incompleto el sentido de algún enunciado; alguna expresión de incertidumbre, temor o duda. *Quién sabe... por favor, no...* No deben escribirse después de la palabra etc. Si aparecen al final de una frase, hacen inútil el punto final. También se usan para señalar un corte en una cita entrecomillada: *"...huele, y no a ámbar"*. En la conversación, todo el mundo habla dejando sus frases sin terminar, como si se quedara al final de lo que dice al cuidado del interlocutor: es un poco hablar con *puntos suspensivos*, aun cuando éstos no se vean.

10.4.6. EL ASTERISCO (*)

Suele emplearse para indicar que habrá una nota al calce, y cuando haya dos (**), indicará la segunda nota. Pero si son más de dos, deberán ir señaladas con números: (1), (2), (3), etc.

10.4.7. EL SIGNO DE INTERROGACIÓN (¿ ?)

En español, el signo se compone de dos partes. Hay una tendencia indebida a suprimir la primera parte (¿) como imitación servil de otros idiomas. Pero si tomamos en cuenta que por lo menos en francés, el inglés y el alemán, construyen el inicio de sus preguntas de tal manera que no es necesario señalarlo por otros medios, se justifica que sus interrogaciones no comienzan con un signo. Pero en español, el caso es muy distinto.

En efecto, afirmamos: *Está servida la cena*. Pero también preguntamos: *¿Está servida la cena?*

La segunda vez se trata de una interrogación, y la construcción de la frase es la misma que en la frase afirmativa; por lo tanto, es necesario anunciar desde el principio que se trata de una pregunta. Cuando van una después de otra, varias preguntas o admiraciones breves, separadas con coma, sólo la primera debe escribirse con mayúscula: *¿Qué piensas hacer?, ¿qué te ocurre?, ¿qué es lo que vamos a hacer?*

Si a continuación de la pregunta o de la frase admirativa se añade algo a manera de explicación, se debe comenzar con una coma y, por ende, minúscula. Ejemplo: *¿Qué es lo que quieres?, me dijo entonces bruscamente*. Hay ocasiones en que, por ser al mismo tiempo interrogativa y admirativa, una frase puede llevar interrogación al principio y admiración al final, o viceversa, pero esta modalidad ortográfica es poco usual. Ejemplo: *¿Qué es lo que se imagina usted, caballero!*

10.4.8. EL SIGNO DE ADMIRACIÓN O DE EXCLAMACIÓN (!)

Este caso es similar al de los signos de interrogación: *¡qué barbaridad! ¡No lo puedo creer! ¡Es imposible!* Estas tres expresiones, habladas, llevan una carga enfática en la voz; escritas, deben traducir ese mismo énfasis mediante las dos partes del signo de admiración.

10.4.9. EL PARÉNTESIS ()

Este signo ortográfico suele encerrar una frase o expresión sin enlace necesario con los demás miembros de la oración que la rodea, pero que explica o agrega algo necesario a su entendimiento: *Los hijos de Juan (eran tres) corrieron a su encuentro. La sardana (baile nacional de Cataluña) se baila en corro y contando los pasos. La oración (enunciado bimembre) consta de sujeto y predicado.*

10.4.10. EL GUIÓN (-) Y LAS RAYAS (—)

Al final de un renglón, si no cabe la palabra entera, escribimos un **guión** y terminamos de escribir la palabra al principio del renglón siguiente.

También ponemos un **guión** entre adjetivos compuestos creados por la necesidad de actualizarse: *técnico-administrativo, físico-químico*.

Las rayas (más largas que el guión) sirven, al igual que el paréntesis, para explicar algo o para completar lo que se dice pero que no forma parte de la oración que se enuncia. En ocasiones podría sustituirse por un paréntesis: *Emilio –su hermano– contestó por él*. Pero en otros caso encierran una oración incisa y realizan la misma función que desempeña la coma: *las dos maestras –que ya se habían puesto de acuerdo– firmaron la reclamación*.

10.4.11. LAS COMILLAS (“ ”)

Se emplean para destacar alguna frase dentro de otra, por ejemplo, al citar el título de algún libro: *Encontré esa palabra en el “Diccionario de Sinónimos”*. Al citar una frase de otra persona: *como dijo Descartes: “Pienso, luego existo”*. Para señalar alguna palabra que todavía no es de uso común: *A estas fechas no todos están “credencializados”*.

¿Qué sucede cuando debería haber comillas dobles?

Por ejemplo: *“Reflexionen ustedes y comenten la siguientes expresión que aparece en ‘Don Quijote de la Mancha’: ‘Tripas llevan patas, que no patas llevan tripas’.”* ¿No resulta algo pesado? Los textos en inglés tienen resuelto el problema de la siguiente manera: *“Reflexionen ustedes y comenten la siguiente expresión que aparece en ‘Don Quijote de la Mancha’: ‘Tripas llevan patas, que no patas llevan tripas’.”* Así se evita la acumulación de comillas. Unos pocos editores de libros en español ya han adoptado este sistema.

10.4.12. LA DIÉRESIS (Û)

La *diéresis* se define como un signo ortográfico que se pone sobre la *u* de las sílabas *gue*, *gui*, para indicar que esta letra debe pronunciarse; como en *vergüenza*, *argüir*.⁶ Otros ejemplos son los sustantivos *agüero*, *pingüino*, y el diminutivo de *agua*, *agüita*; del verbo averiguar: *averigüen*; y el adjetivo *pingüe*.⁶ Consideremos el sustantivo *paraguas*; si queremos conservar ese sonido de la *u*, para indicar “*la tienda donde venden paraguas*”, tendremos que ortografiarla como sigue: *paragüería*.

10.5. EL DIMINUTIVO Y EL AUMENTATIVO

Diminutivo:

Los diminutivos consisten en un agregado al final de la palabra, un **sufijo**, que la alarga, para indicar algo más pequeño. Los diminutivos se aplican a los nombres sustantivos y a los adjetivos calificativos.

⁶ Abundante, copioso, fértil.

Si la palabra termina en vocal, pierde ésta al agregársele un diminutivo: **casa**, casita; **perro**, perrito; **vino**, vinito, vinillo; **borrico**, borriquito, borriquillo (nótese el cambio de *c* en *qu* en presencia de la *i*); **callando**, callandito; **guapa**, guapita; **bobó**, bobito.

El diminutivo **-ito**, **-ita** es el más empleado en español; sin embargo, existen muchos diminutivos más, y algunos caracterizan perfectamente la región de España donde se usan preferentemente. El diminutivo **-illo**, **-illa** también es muy usual, aun cuando en ocasiones no demuestra afecto sino un leve desprecio: *Tengo un trabajillo de poca monta. Aunque sean pocos, los dinerillos siempre caen bien.*

Los diminutivos **-ececito**, **-ececillo**, **-ececico** y sus correspondientes femeninos terminados en *a*, sirven para alargar un poco algunas palabras monosílabas: *pie*, *piececito*; *luz*, *lucécita*; *cruz*, *crucecita* -estas dos última con el cambio de *z* en *c* como sucede en el plural-; *pan*, *panecillo*. Los diminutivos **-ecito**, **-ecillo**, **-ecico** (siempre con la terminación *a* para el femenino) se aplican a:

- Los monosílabos terminados en consonante (incluso la *y*): *red-ecilla*; *sol-ecito*; *pan-ecillo*; *flor-ecita*; *rey-ecito*. Excepciones: *Juan-ito*, *Luis-ito*.
- Los bisílabos cuya segunda sílaba es diptongo de *ia*, *io*, *ua*: *bestia*, *besti-ecilla* (*es más usual bestezuela*); *genio*, *geniecillo*; *guante*, *guant-ecito*; *poco*, *poqu-ito*; *fresco*, *fresqu-ecito* (*pero también se dice fresquito*).

Los diminutivos **-cito**, **-cillo**, **-cico** y sus femeninos se aplican a:

- Las voces agudas de dos o más sílabas terminadas en *n* o *r*: *calor-cillo*; *olor-cillo*; *dolor-cillo*; *amor-cito*; *corazon-cito*; *colchon-cito*; *cantar-cito*; *cancion-cita*. (Obsérvese que las palabras acentuadas como *corazón*, *canción* y *colchón* al adquirir un diminutivo se vuelven graves y pierden el acento que las hacía agudas).
- Las dicciones graves terminadas en *n*: *Carmen-cita*; *examen-cito*; *imagen-cica*.

Los diminutivos en **-ito**, **-illo**, **-ico** y sus femeninos se usan con palabras que no han sido especificadas antes, pero que admiten diminutivo: *estatu-illa*; *pajar-ito*; *vain-illa*; *pucher-ico*.

Aumentativo:

Son los sufijos **-ón**, **-azo** y **-ote**, **-ona**, **-aza** y **-ota** en femenino. Hay palabras que admiten el aumentativo; si terminan en vocal, la pierden, pero si finalizan en consonante, conservan ésta: *grande*, *grand-ote*; *perra*, *perrota*; *avergonzado*, *avergonzad-ón*; *hombre*, *hombr-ón* (*y hombrach-ón*); *muchacho*, *muchach-ón*, *muchach-ote*; *papel*, *papel-ón*, *papel-ote*; *calor*, *calor-ón*; *gigante*, *gigant-ón*; *ladrón*, *ladron-azo*; *picaro*, *picar-ón*, *picaron-azo*; *salvaje*, *salvaj-azo*; *golpe*, *golp-azo*; *encuentro*, *encontr-ón*, *encontr-on-azo*; *amigo*, *amig-azo*, *amig-ote*.

10.6. EL GRADO COMPARATIVO Y EL GRADO SUPERLATIVO

Comparativo:

Para comparar, empleamos las formas *más... que*, *menos... que*, *tan... como*, flanqueando la palabra (adjetivo, nombre común o adverbio) que se compara: *El niño es más alto que su hermana*, comparativo de superioridad. *Tengo menos dinero que tú*, comparativo de inferioridad. *Juan llegará tan lejos como nosotros*, comparativo de igualdad.

Para comparar, el adjetivo *bueno* (*buena*) dispone de la forma *mejor*. *El agua es buena pero el vino es mejor*. Pero eso no excluye el uso de *más bueno*, como en “*Es más bueno que el pan.*” También el adjetivo *malo* (*mala*) tiene su forma comparativa, que es *peor*. *La bronquitis es peor que el catarro*. La forma *peor* no elimina el uso de *más malo*, como en “*Es más malo que el mismísimo demonio.*”

Superlativo:

No todas las palabras admiten superlativo, pues algunas son superlativas de por sí: *maravilloso*, *extraordinario*, *exquisito*, *inmenso*, *incommensurable*, *desmedido*, *incapacitado*; sería ridículo pretender agregarles algo.

Un adjetivo terminado en consonante se volverá superlativo al añadirse *-ísimo* al final; los terminados en vocal perderán ésta: *grande*, *grand-ísimo*; *hermoso*, *hermos-ísimo*; *triste*, *trist-ísimo*; *alta*, *alt-ísima*; *guapa*, *guap-ísima*; *dulce*, *dulc-ísima*; *formal*, *formal-ísimo*, *actual*, *actual-ísimo*.

Los adverbios formados partiendo de un adjetivo también suelen admitir este superlativo, pero aplicado al adjetivo que constituye su raíz: *lenta*, *lentamente*, *lentísimamente*; *triste*, *tristemente*, *tristísimamente*. Los adjetivos terminados en *-ble*, como *amable*, *sensible*, *horrible*, reciben una *i* entre la *b* y la *l*: *amabil-ísimo*, *sensibil-ísimo*, *horribil-ísimo*. Y los adverbios de modo, al aceptar el superlativo en *-ísimo* conservarán esa *i* del adjetivo: *amabilísimamente*, *sensibilísimamente*, *horribilísimamente*.

Algunos adjetivos tienen su propio superlativo: *bueno*, *óptimo*, o sea: insuperablemente *bueno*; *malo*, *pésimo*, es decir, el colmo de lo malo. Eso no es obstáculo para emplear los superlativos *bonísimo* (popularmente se dice *buenísimo*) y *malísimo*, que producen, a su vez, los adverbios *bonísimamente*, o *buenísimamente*, y *malísimamente*. Otro superlativo de *bueno* se forma con el comparativo *mejor*, y así tenemos: *el mejor*, *la mejor*, *los mejores*, *las mejores*. Y el otro comparativo de *malo*, naturalmente, también se forma con su comparativo *peor*: *el peor*, *la peor*, *los peores*, *las peores*.

El superlativo de los siguientes adjetivos se forma con el sufijo *-érrimo*: *acre*, *acérrimo*; *pobre*, *paupérrimo*; *célebre*, *celebérrimo*; *pulcro*, *pulquérrimo*; *íntegro*, *integérrimo*; *mísero*, *misérrimo*; *libre*, *libérrimo*. **Muy** es “un adverbio que se antepone a nombres adjetivados, adjetivos, adverbios y modos adverbiales, para denotar en ellos grado sumo o superlativo de significación” (DRAE).

Ejemplos: *Es muy hombre. Está muy enterado. Caminan muy sobre seguro. Era muy hermosa. Llego muy temprano. Leen muy despacio. Vive muy lejos.*

10.7. LAS MAYÚSCULAS

Utiliza las mayúsculas principalmente en los siguientes casos:

- La primera letra de la palabra con que se empieza una oración o párrafo y después de dos puntos en citas textuales.⁷
- Con los nombres propios de personas, animales o seres personificados.
- Con los nombres propios de lugares (calles, colonias, países, montañas, etc.)
- Con los nombres de productos y marcas comerciales.
- En la primera letra del título de libros, revistas, periódicos, artículos, películas, canciones, programas de televisión, etc.
- Con nombres de compañías, instituciones, asociaciones, sindicatos, clubes, grupos políticos y religiosos.
- Con nombres geográficos como los de planetas, estrellas, constelaciones, ríos, puntos cardinales y otras designaciones cuando se emplean estrictamente como nombres propios.
- Con títulos, cargos, apodos, dignidades y algunos nombres colectivos.
- Los nombres de los días, meses y estaciones del año se escribirán con mayúscula cuando indiquen una fecha histórica o memorable.

(Rosas, 1994).

Por lo general no llevan acento las mayúsculas, pero deberían llevarlo. Por ejemplo, en los libros que tratan de la Lengua Española encontramos acentuadas las mayúsculas; y es una gran ayuda para los estudiantes. Con respecto a los informes de investigación, es recomendable usarlas acentuadas cuando las palabras sean escritas con mayúsculas, por la facilidad de poderlas distinguir, debido a ciertas acentuaciones especiales.

10.8. PLEONASMO Y LAS REDUNDANCIAS

Pleonismo:

Es una “figura de construcción que consiste en emplear en la oración uno o más vocablos innecesarios para el recto y cabal sentido de ella, pero con los cuales se da gracia o vigor a la expresión” o, claro está, se puede incurrir en una pesadez imperdonable, como cuando se dice: *Padece artritis **articular***, pues la artritis es, precisamente, un tipo de *reumatismo articular*. O también: *¿Has comido la **comida**?*, o *Mañana vendrán a cenar **ambos dos***.

⁷ Si después de dos puntos no se pone una cita textual, puede usarse mayúsculas o minúsculas.

Redundancia:

Demasiada abundancia de cualquier cosa en cualquier línea. A pesar de que las definiciones no son iguales, suelen usarse indiferentemente *pleonismo* y *redundancia*. Pero en el campo de la gramática, emplearemos, de preferencia, *pleonismo*.

10.9. INCORRECCIONES Y CORRECCIONES

En la actualidad, se ha dado en emplear una serie de expresiones incorrectas sin el menor remordimiento; es decir, que las personas que cometen incorrecciones lo hacen sin tener conciencia de ello.

- a). Una palabra que se emplea a diario es *televisivo*, como en *Un programa televisivo*. ¿Qué significa la palabra *televisivo*?; simplemente: "Que tiene buenas condiciones para ser televisado: "O sea que la expresión un programa televisivo sólo indica que podría ser televisado, no que lo haya sido. El adjetivo *televisual* es "Perteneiente o relativo a la televisión".
- b). *Emocionante* es un adjetivo y significa "que emociona". Este adjetivo está perdiendo la batalla contra *emotivo*, que deberíamos reservar para una cualidad anímica, dando a cada uno el lugar que le corresponde: *La ceremonia fue emocionante*, y *María, que es una jovencita muy emotiva, se deshizo en llanto*.
- c). *El mercurio difiere de los demás metales porque es líquido*. Se dice claramente: *difiere de. El mercurio es diferente de los demás metales... Ser distinto de...Ser diferente de... Pero ser igual que: Yo soy igual que tú*. Sólo en matemáticas debe decirse igual a: $3+4=7$, es decir, tres más cuatro es igual a siete.
- d). Para hacer hincapié en algo que ha dicho anteriormente, una persona suele decir, mal hecho: *Te vuelvo a repetir*. Sólo se volverá a repetir lo que se haya repetido anteriormente después de haberlo dicho por vez primera. O sea: *Anteayer te lo dije, ayer te lo repetí, y hoy vuelvo a repetirtelo*. Esto es lo correcto: sólo desde la tercera vez que se dice, en adelante, *se ha vuelto a repetir*. El razonamiento anterior sirve para modificar: *Ha vuelto a resurgir. Eso implica que ya había resurgido* por lo menos una vez después de haber surgido.

11. TÉCNICAS DE REDACCIÓN PARA INFORMES DE INVESTIGACIÓN

La redacción, entendida como “*resultado de la acción de dar forma escrita a lo que se desea hacer llegar a otro en forma de mensaje*”, pertenece al sector de las actividades sociales puestas al servicio de las relaciones humanas. Forma parte del grupo utilizado para transmitir lo que el hombre exterioriza mediante elementos de comunicación.

La redacción del trabajo es, quizá, lo más tedioso para la mayoría de los investigadores; implica volver a repasar conceptos en el terreno investigado y, al mismo tiempo, lograr la etapa final por la que se puede llegar a difundir todo el trabajo realizado.

11.1. LA REDACCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

La redacción del informe consiste en desarrollar por medio de la expresión escrita, cada una de las partes que integran el índice. La redacción debe darse en forma gradual, guiándose por los objetivos del trabajo; presentando, a través del cuerpo de la obra, los hechos, los problemas y las soluciones interpretativas particulares, hasta llegar a las afirmaciones fundamentales del estudio (García, 1989).

La información obtenida en la etapa de recolección, se utiliza durante la redacción del informe, enlazándolos en frases y oraciones claras y verificables, estructuradas con un criterio racional.

Las formas de utilizar las fichas se reducen a lo siguiente:

- a). Uniendo diversas ideas por medio de conjunciones, adverbios o preposiciones (y, con, bien, aquí, para, hasta, etc.).
- b). Sintetizando los datos registrados en una o varias fichas de trabajo referentes al mismo asunto.
- c). Sistematizando los datos obtenidos de las distintas fuentes, para dar una aportación al tema tratado.
- d). Todo comentario, observación, duda, conocimiento nuevo o aportación que surja del análisis de la información registrada, debe incluirse en la redacción, ya que representa la aportación y el enfoque del trabajo.

Tomar la pluma y escribir las primeras palabras de un informe cuesta siempre mucho trabajo. Habría que facilitar esa situación. Antes que nada, debe disciplinarse y poner en práctica todo tipo de recomendaciones como las que a continuación se mencionan (Reader's Digest, 1977 y Basalto, 1989).

11.1.1. ANTES DE REDACTAR

Antes de iniciar la redacción del informe es importante que se tengan presente las siguientes indicaciones: procure un ambiente externo favorable, en donde el ruido y las interrupciones queden reducidas al mínimo. Para esto, las primeras horas de la mañana, o las últimas de la noche son las adecuadas.

El ánimo interno es el principal factor en el trabajo de redacción. En efecto, se trata de que aflore a la conciencia el material investigado en forma fluida, coherente e inteligible. Por tanto, las preocupaciones excesivas, el temor, la prisa, el cansancio, no son los mejores acompañantes de la redacción científica.

Ya teniendo el ambiente propicio para la redacción, es importante tomar en cuenta la organización que se requiere. Para esto se señalan los siguientes puntos:

- a). Precise claramente el objetivo de su escrito.
- b). Determine las características del destinatario.
- c). Documentese: junte todo el material referente al tema.
- d). Seleccione el material que utilizará en su trabajo.
- e). Jerarquice el material seleccionado para ordenarlo según su importancia relativa.
- f). Distribuya los elementos de acuerdo con el objetivo de cada parte del escrito, (entrada-cuerpo- cierre).
- g). Consigne gráficamente las ideas principales (destáquelas) y secundarias correspondientes a cada parte del escrito.
- h). Reflexione, y, en su caso, consulte para determinar el contenido de su trabajo para cumplir el objetivo propuesto.
- i). Realice un plan detallado de la obra, con todos los elementos que contendrá.

11.1.2. AL REDACTAR

Al redactar debemos tomar en cuenta ciertos conocimientos, entre ellos el concepto de párrafo. El párrafo consiste en una serie de oraciones separadas por los distintos signos de puntuación.

- f). Cuide escrupulosamente el empleo de los signos de puntuación y auxiliares, así como los subrayados y destacados.
- g). Emplee el tono y el estilo adecuado al objetivo, al tema y al destinatario del mensaje.
- h). Respete todas las prescripciones ortográficas.
- i). Conceda atención a la inclusión atinada de adiciones (notas, cuadros y figuras, etc.).
- j). Tenga a la mano un diccionario del idioma que esté manejando, así como uno de sinónimos, antónimos, técnicos, y si lo desea uno bilingüe.

11.1.3. DESPUÉS DE REDACTAR

Después de elaborar el escrito es conveniente tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a). Repase cuidadosamente todo el escrito.
- b). Corrija los errores gráficos. Cuide títulos y subtítulos.
- c). Corrija o mejore la construcción de párrafos, con especial atención a la puntuación.
- d). Lea analíticamente, o haga leer su trabajo a quien está en condiciones de asesorarlo.
- e). Si es posible, archive su trabajo durante cierto tiempo, para retomarlo con renovado sentido crítico en otra revisión.
- f). Realice los toques finales, con minuciosidad.
- g). Seleccione convenientemente los elementos de presentación de su escrito.
- h). Distribuya el texto con sentido estético funcional.
- i). Realice la escritura definitiva del trabajo.

11.2. RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA LA REDACCIÓN

- a). Es necesario, primero, que medite con detenimiento en el asunto que desea tratar, ordenando las ideas accesorias en torno a la idea principal. Antes de empuñar la pluma, debe usted tener una idea clara de lo que quiere decir.
- b). Dé usted unidad al escrito, evitando cambios bruscos de tono o de perspectiva. Procure ligar el principio de una frase, en alguna forma, con el final de la frase anterior.

- c). Si usted no tiene mucha práctica en el arte de la redacción, no pretenda lograr una versión definitiva al primer intento. Es conveniente hacer esquemas y borradores.
- d). Recuerde que el sustantivo y el verbo son piedras angulares del idioma, por lo que debemos emplearlos atinadamente.
- e). Elimine adjetivos inútiles y, sobre todo, evite su acumulación. Se ha dicho que un adjetivo no da vida, mata.
- f). Cuando modifique un verbo, utilice el adverbio apropiado. Recuerde que el adverbio es al verbo lo que el adjetivo al sustantivo.
- g). Tenga cuidado con los adverbios terminados en “mente”. Abundan tanto en español que puede incurrirse en repeticiones ingratas al oído. La manera de evitarlo es decir, por ejemplo, “con facilidad”, en vez de “fácilmente”.
- h). Use con propiedad las preposiciones y conjunciones indispensables para lograr cohesión y claridad. El mal uso y abuso de estas partículas endurece el estilo.
- i). Los modos adverbiales y los modismos dan colorido y sabor a la expresión si usted lo emplea oportunamente. Con todo, evite su abuso.
- j). También sea parco en el uso de modos conjuntivos. Hasta donde sea posible evite expresiones como “por consiguiente”, “a fin de que”, “por lo tanto”, etc.
- k). Es muy común escribir sin el menor sentido de la puntuación. Ciertos autores siguen adrede esta costumbre poco ortodoxa, aunque hay mucha gente que no puede entender lo que escriben. Dé la puntuación correctamente a sus escritos.
- l). Evite el uso de palabras “elevadas” o sea rebuscadas e incomprensibles. Entre dos sinónimos, elija siempre el más conocido y más breve. No hay que decir “oblación” si se puede decir “ofrenda”. Entre “provisión” y “acopio”, prefiera “provisión”, etc.
- m). El uso de palabras extranjeras sólo está justificado cuando en español carecemos de voces equivalentes.
- n). No todos los neologismos merecen carta de naturaleza en el idioma. Sea usted cauto al usarlos. Pregúntese si verdaderamente son necesarios, y deje a los peritos la tarea de renovar el lenguaje.
- o). En español hay libertad para ordenar las palabras en la formación. Sin embargo, algunos giros resultan forzados. Use los que a su juicio sean los más naturales.
- p). No imite ningún estilo determinado, aun cuando algunos le parezcan magníficos. Luche para crearse un estilo propio, y piense que esto sólo se logra a fuerza de una gran sinceridad consigo mismo. No hay en el mundo dos personas iguales; si lo que dice o

escribe obedece sólo a usted mismo, será original, no se parecerá a lo dicho o escrito por nadie más.

- q). Si escribe usted para que otro u otros le entiendan, hágalo en la forma más clara, sencilla y concisa que le sea posible.
- r). Si usted tiene tiempo, lea y relea lo escrito antes de enviarlo a su destino. Quizá encuentre algo que corregir.
- s). Por conseguir la norma anterior, no caiga usted en la manía de la perfección, como quienes cambian varias veces la forma de cada frase y nunca quedan conformes. El exceso de autocritica perjudica o aún peor, hace enmudecer a no pocos escritores.
- t). Por último, todos tenemos derecho a expresar lo que pensamos. Y más aún si es una buena idea y está expresada correctamente.

11.3. LAS CUALIDADES DEL ESTILO CORRECTO

Los trabajos científicos deben estar redactados en un estilo que, por lo menos, llene los requisitos del lenguaje correcto. Estas cualidades son las siguientes: claridad, orden, exactitud y propiedad gramatical. La claridad consiste en que el tema tratado sea efectivamente expresado de manera que el lector medio pueda captarlo sin demasiado esfuerzo. A este respecto, es recomendable el uso de un lenguaje sencillo, que evite las palabras extrañas y sofisticadas. Sin embargo, en un trabajo científico será necesario el empleo de términos técnicos, aunque no sean del dominio público. Si el trabajo va dirigido a un público especializado en esa rama, no será necesario aclarar dichos términos. Pero, en el caso de un trabajo de divulgación, se impone una breve explicación de los términos técnicos empleados.

También será necesario cuidar la longitud de los párrafos. La claridad pide párrafos breves. A mayor longitud del párrafo, mayor posibilidad de obscurecer la idea expresada. Es mejor un párrafo que contenga varias oraciones breves y separadas por “punto y seguido”, en lugar de una sola oración larga y llena de frases adverbiales, intercalamientos y verbos secundarios.

El orden consiste en presentar los razonamientos en forma lógica, organizada y accesible separando los distintos tópicos con subincisos; además deberá existir coherencia y lógica en la temática de informe. La exactitud en un escrito científico es imprescindible; consiste en seleccionar el vocabulario más adecuado para no dar lugar a confusión y malas interpretaciones. También es indispensable aplicar las reglas gramaticales de ortografía, puntuación y redacción, para lo cual el investigador debe auxiliarse de un libro de gramática y un diccionario como ya se ha mencionado.

LITERATURA CITADA

- Arias Galicia , Fernando; 1984.** *Introducción a las Técnicas de Investigación en Ciencias de la Administración y del Comportamiento.* Ed. Trillas. 3ª. Edición. México. 130 pp.
- Baena Paz, Guillermina; 1986.** *Instrumentos de Investigación.* Ed. Editoriales Mexicanos Unidos. 13ª. Edición. México. 134 pp.
- Bolaina Torres Candelario; Muci Kùchler, Karim heinz y López Calderón, Roberto; 1975.** *Simulación del Crecimiento de Tumores en el Cerebro Humano Utilizando el Método de Elementos Frontera.* Rev. Unidad Chontalpa. UJAT. U. CH. Tabasco, México. 6:1-15
- Cáceres Hernández, Laura y Chesten, María; 1985.** *Técnicas Actuales de Investigación Documental.* Ed. Trillas. México. 123 pp.
- Eco, Umberto; 1987.** *Cómo se Hace una Tesis.* Ed. Gedisa. 4ª edición. México. 267 pp.
- Espinoza Salvatierra, Arturo y Armella Villalpando, Miguel; 1991.** *El Efecto de Aprendizaje Temprano y la Selección del Alimento en Roedores.* Rev. Universidad y Ciencia. U.J.A.T. 8 (15): 37-45.
- Flowers, Robert J. y Cruz S., H. Daniel; 1995.** *Un Modelo de Homogeneidad Marginal para Tablas de Contingencia 1x1.* Rev. Unidad Chontalpa. U.J.A.T. U. CH. Tabasco, México.
- García Martínez, Rosendo; 1989.** *Guía Práctica para Realizar Trabajos de Investigación Documental.* U.J.A.T. Centro de Investigación de la DACEA. Villahermosa, Tabasco, México.
- Garza Mercado, Ario; 1981.** *Manual de Técnicas de Investigación.* Ed. Colegio de México. 3ª edición. México. 190 pp.
- González Reina, Susana; 1990.** *Manual de Redacción e Investigación Documental.* Ed. Trillas. 4ª edición. México. 204 pp.
- Goode, William y Hatt, Paul; 1977.** *Métodos de Investigación Social.* Ed. Trillas. México. 90 pp.
- Gutiérrez Sáenz, Santiago y Sánchez González, Jorge; 1990.** *Metodología del Trabajo Intelectual.* Ed. Esfinge. 10ª edición. México. 200 pp.

- Lamothe Argumedo, Rafael; Pineda López, Raúl y Andrade Salas, Obdulio; 1989.** *Descripción de una Especie Nueva del Género Neochasmus (Trematoda: cryptogonimidae) Parásita de Peces de Tabasco, México.* Rev. Universidad y Ciencia. U.J.A.T.. 6 (12): 11-14.
- López Cano, José Luis; 1990.** *Métodos e Hipótesis Científicos.* Ed. Trillas. 3ª edición. México. 111 pp.
- Méndez Ramírez, Ignacio; 1976a.** *Modelos Estadísticos Lineales: Interpretación y Aplicaciones.* FOCCA VI – CONACYT. México. 140 pp.
- Méndez Ramírez, Ignacio; 1976b.** *Conceptos muy Elementales del Muestreo con Énfasis a la Determinación Práctica del Tamaño de Muestra.* Comunicaciones Técnicas IIMAS-UNAM. Vol. 3, No 25. 55 pp.
- Méndez Ramírez, Ignacio; 1977.** *Lineamientos Generales de la Investigación.* Comunicaciones Técnicas IIMAS-UNAM. México. 35 pp.
- Méndez Ramírez, Ignacio; Narnihira Altamirano, Delia; Moreno Altamirano, Laura y Sosa de Martínez, Cristina; 1990.** *El Protocolo de Investigación.* Ed. Trillas. 2ª edición. México. 72 pp.
- Munich, Lourdes y Ángeles, Ernesto; 1991.** *Métodos y Técnicas de Investigación para Administración e Ingeniería.* Ed. Trillas. 2ª edición. México. 166 pp.
- Muñoz Cano, Juan Manuel; Martínez López, Miriam y Soriano Garibay, Jaime; 1992.** *Riesgo de Cardiopatía Isquémica en una Muestra de Jóvenes de Tabasco, México.* Rev. Universidad y Ciencia. U.J.A.T. 9 (18): 88-91.
- Olea Franco, Pedro; 1991.** *Manual de Técnicas de Investigación Documental.* Ed. Esfinge. 20ª edición. México. 216 pp.
- Pardinas, Felipe; 1981.** *Metodología y Técnicas de Investigación en Ciencias Sociales.* Ed. Siglo Veintiuno. 24ª edición. México. 120 pp.
- Pérez Chino, Joaquín; 1988.** *Elementos de Investigación Bibliográfica.* Bol. UNAM, Iztacala. México. 40 pp.
- Quezada Martínez, Benjamín y Moreno López, Norma; 1987.** *Metodología de la Investigación.* Ed. Dirección General de Institutos Tecnológicos. Cd. Juárez, Chih., México.
- Reader's Digest; 1994.** *Hablar y Escribir Bien.* Ed. Selecciones de Reader's Digest S.A. de C.V. México.
- Reader's Digest; 1977.** *La Fuerza de las Palabras.* Ed. Selecciones de Reader's Digest S.A. de C.V. México.

Riveros, Héctor y Rosas, Lucía; 1990. *El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales*. Ed. Trillas. 2ª edición. México. 164 pp.

Rojas Soriano, Raúl; 1992. *Guía para Realizar Investigaciones Sociales*. Ed. UNAM. 7ª edición. México. 130 pp.

Rosas, Rosa María; 1994. *Ortografía. Ejercicios*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. México, D.F. p:145-150.

Russell de Galina, Jane M.; 1989. *Presentación de la Literatura Citada*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. (mimeo).

Salomón, Paul R.; 1989. *Guía para Redactar Informes de Investigación*. Ed. Trillas. México. 56 pp.

Yurén Camarena, Ma. Teresa; 1990. *Leyes, Teorías y Modelos*. Ed. Trillas. 2ª edición. México. 78 pp.

Zorrilla Arena, Santiago y Torres Xamar, Miguel; 1989. *Guía para Elaborar Tesis*. Ed. McGraw-Hill. México. 106 pp.

Zubizarreta, Armando; 1986. *La Aventura del Trabajo Intelectual*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 2ª edición. USA. 197 pp.

Metodología de la investigación, de Ernesto A. Rodríguez
Moguel se terminó de imprimir en julio de 2005.
El tiraje consta de 1000 ejemplares.

Impresora Mercantil
Iguala 113 Centro C.P. 86000
Villahermosa, Tabasco.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

**La creatividad, el rigor del estudio y la integridad
son factores que transforman al estudiante en un
profesionista de éxito**

C O L E C C I Ó N
DE TEXTOS DE INGENIERÍA
Textos de Enseñanza de Ingeniería

Candita Victoria Gil Jiménez
Rectora

Pedro Antonio Sánchez Ruiz
*Director de la División Académica
de Ingeniería y Arquitectura*

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

**La creatividad, el rigor del estudio y la integridad
son factores que transforman al estudiante en un
profesionista de éxito**

ERNESTO A. RODRÍGUEZ MOGUEL



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
División Académica de Ingeniería y Arquitectura**

© 2005, esta edición:
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n
Zona de la Cultura, Centro
Villahermosa, Tab. C.P. 86090

Primera edición en la Colección Héctor Merino Rodríguez: 2005
© Quinta edición, agosto de 2003
Ernesto A. Rodríguez Moguel

Tipografía: Ernesto A. Rodríguez Moguel
Ernesto Rodríguez Sandoval
Revisión: Alma Sandoval Valenzuela

Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor.

ISBN 968-5748-66-7

Impreso y hecho en México

Para las luces que guían mi vida:

*Mi amada esposa Alma
Mis queridos hijos Alma Olivia,
Ernesto y Fabiola
Mi adorada nieta Daniela*

ÍNDICE

PÁG.

INTRODUCCIÓN.....	1
1. LEYES Y TEORÍAS	3
1.1. LEY	3
1.1.1. Hecho	4
1.1.2. Relación	5
1.1.3. Relación Constante	5
1.1.4. Noción de Ley	7
1.1.5. Obtención de las Leyes	8
1.2. TEORÍA.....	10
1.2.1. Ciencias Factuales y Ciencias Formales	10
1.2.2. Sistema.....	11
1.2.3. Deducibilidad.....	11
1.2.4. Formalización	12
1.2.5. Teorías Factuales y Teorías Formales.....	14
1.2.6. La Teoría como Sistema Explicativo	14
1.2.7. Demostrabilidad y Verificación de las Teorías.....	15
1.2.8. Algunos Rasgos Característicos de la Teoría.....	16
1.2.9. Función de la Teoría	16
2. LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	20
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.3. FORMAS DE INVESTIGACIÓN.....	22
2.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN	23
2.4.1. Investigación Histórica	23
2.4.2. Investigación Descriptiva.....	24
2.4.3. Investigación Experimental	25
2.5. EL MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL	26
2.5.1. Etapas del Método Científico.....	27
2.5.2. Aplicación del Método Científico.....	28
2.6. MÉTODOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	28
2.6.1. Método Inductivo.....	29
2.6.2. Método Deductivo	29
2.6.3. Método Sintético	30
2.6.4. Método Analítico	30
3. EL PROBLEMA, LAS HIPÓTESIS Y LOS OBJETIVOS.....	31
3.1. EL PROBLEMA	31
3.1.1. Características de los Problemas Científicos	32
3.1.2. ¿Cómo redactar los Problemas?.....	33
3.2. LAS HIPÓTESIS.....	34
3.2.1. Hipótesis, Ley y Teoría.....	36
3.2.2. La hipótesis y la Observación	36
3.2.3. Importancia de la Hipótesis en la Investigación Científica	37
3.2.4. Características de las Hipótesis.....	38
3.2.5. Tipos de Hipótesis.....	38
3.3. LOS OBJETIVOS.....	39
4. EL TEMA DE ESTUDIO	45
4.1. ELECCIÓN DEL TEMA	45
4.2. DELIMITACIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO.....	49

5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	57
5.1. LOS CONCEPTOS.....	58
5.1.1. Proceso de la Formación de Conceptos.....	59
5.1.2. Recomendaciones para Elaborar el Marco Teórico	63
5.2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	64
5.2.1. Citas.....	66
5.2.2. Elaboración de Fichas	67
5.2.3. Procesamiento de la Información.....	68
5.2.4. Notas indicadas en el Documento	69
5.2.5. Locuciones Latinas y Abreviaturas	71
6. MATERIALES Y MÉTODOS	77
6.1. ANTECEDENTES	78
6.2. LA EXPERIMENTACIÓN.....	78
6.3. CONCEPTO DE POBLACIÓN Y MUESTRA	79
6.4. EL MUESTREO.....	82
6.4.1. Leyes del método de muestreo.....	83
6.4.2. Tamaño de la muestra	83
6.4.3. Clasificación del muestreo probabilístico	87
6.4.4. Factores que deben tomarse en cuenta para un proceso de muestreo	96
6.4.5. Cualidades de una buena muestra	97
6.4.6. Recolección de datos.....	97
6.4.7. Estudio piloto	99
6.4.8. Procesamientos de datos.....	100
6.5. DEFINICIONES BÁSICAS EN LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES.....	101
6.6. PASOS EN LA PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS.....	102
6.6.1. Establecer Objetivos.....	102
6.6.2. Definir tratamientos.....	102
6.6.3. Definir la unidad experimental.....	102
6.6.4. Definir las observaciones o mediciones a efectuarse.....	103
6.6.5. Elección del diseño experimental.....	105
6.6.6. Determinar el número de repeticiones	106
6.6.7. Proyecto de resultados y análisis.....	107
6.6.8. Realizar el experimento y coleccionar datos.....	107
6.6.9. Efectuar el análisis estadístico.....	108
6.6.10. Obtención de conclusiones.....	108
6.7. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	108
6.7.1. Ausencia de errores sistemáticos.....	108
6.7.2. Precisión.....	109
6.7.3. El rango de validez.....	109
6.7.4. Simplicidad.....	110
6.7.5. Verificabilidad de suposiciones en el modelo.....	110
6.8. APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS MODELOS LINEALES.....	110
6.8.1. Descripción y explicación	111
6.8.2. Predicción.....	112
6.8.3. Control.....	113
6.8.4. Calibración	114
6.8.5. Comparación de medias	114
6.8.6. Estudio de efectos.....	115
6.8.7. Estimación de parámetros	117
6.8.8. Otros usos.....	117

7. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO.....	125
7.1. CRONOGRAMA.....	125
7.2. PRESUPUESTO.....	127
8. LA LITERATURA CITADA.....	129
9. ETAPAS DEL INFORME DE UN TRABAJO CIENTÍFICO.....	135
9.1. PORTADA.....	136
9.2. CONTRAPORTADA.....	139
9.3. PÁGINAS PRELIMINARES.....	139
9.4. ÍNDICE.....	140
9.5. LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	143
9.6. RESUMEN.....	143
9.7. SIMBOLOGÍA.....	146
9.8. INTRODUCCIÓN.....	146
9.9. MARCO TEÓRICO.....	147
9.10. MATERIALES Y MÉTODOS.....	147
9.11. RESULTADOS.....	148
9.12. DISCUSIÓN.....	151
9.13. CONCLUSIONES.....	152
9.14. BIBLIOGRAFÍA O LITERATURA CITADA.....	153
9.15. APÉNDICE Y ANEXOS.....	153
10. REGLAS DE ORTOGRAFÍA.....	155
10.1. LA SEPARACIÓN SILÁBICA.....	155
10.2. LA FORMACIÓN DE PLURALES.....	156
10.2.1. El plural del artículo.....	156
10.2.2. El plural del adjetivo.....	156
10.2.3. El plural del sustantivo común.....	157
10.3. REGLAS DE ACENTUACIÓN.....	158
10.3.1. Casos especiales de acentuación.....	159
10.4. LA PUNTUACIÓN Y LOS SIGNOS.....	162
10.4.1. La coma (,).....	163
10.4.2. El punto y coma (;).....	163
10.4.3. Los dos puntos (:).....	164
10.4.4. El punto (.).....	164
10.4.5. Los puntos suspensivos (...).....	164
10.4.6. El asterisco (*).....	164
10.4.7. El signo de interrogación (¿ ?).....	165
10.4.8. El signo de admiración o de exclamación (!).....	165
10.4.9. El paréntesis ().....	165
10.4.10. El guión (-) y las rayas (—).....	165
10.4.11. Las Comillas (" ").....	166
10.4.12. La diéresis (ü).....	166
10.5. EL DIMINUTIVO Y EL AUMENTATIVO.....	166
10.6. EL GRADO COMPARATIVO Y EL GRADO SUPERLATIVO.....	168
10.7. LAS MAYÚSCULAS.....	169
10.8. PLEONASMO Y LAS REDUNDANCIAS.....	169
10.9. INCORRECCIONES Y CORRECCIONES.....	170

11. TÉCNICAS DE REDACCIÓN PARA INFORMES DE INVESTIGACIÓN...	171
11.1. LA REDACCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.....	171
11.1.1. Antes de redactar.....	172
11.1.2. Al redactar.....	172
11.1.3. Después de redactar.....	174
11.2. RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA LA REDACCIÓN.....	174
11.3. LAS CUALIDADES DEL ESTILO CORRECTO.....	176
LITERATURA CITADA.....	177
ANEXO A.....	181
ANEXO B.....	182

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

No. de Cuadro	Nombre	Página
1	Calendarización de actividades para un Proyecto de investigación.	126
2	Presupuesto total del proyecto.	128
3	Propiedades mecánicas e hidráulicas del tejido cerebral.	150

No. de Figura	Nombre	Página
1	Analogía para las tres características de las relaciones que interesan a la ciencia.	7
2	Modelo de ficha de trabajo para la elaboración del marco teórico.	68
3	Modelo de ficha bibliográfica para la elaboración del marco teórico.	68
4	Cronograma de actividades para Proyecto de Investigación.	126
5	Diagrama de Pert para el Proyecto de Investigación.	126
6	(a) Regiones y condiciones de frontera para la fase líquida. (b) Regiones y condiciones de frontera para la fase sólida.	150

PRESENTACIÓN

El libro *Metodología de la investigación*, del M. en C. Ernesto A. Rodríguez Moguel, es una valiosa aportación al acervo universitario, que permitirá a los interesados abordar las diversas cuestiones asociadas al desarrollo de un proyecto de investigación, con la importante componente de que es producto del amplio conocimiento y experiencia que sobre la materia tiene el autor. Experiencia derivada de varios años de trabajo docente, con alumnos de la División Académica de Ingeniería y Arquitectura, impartiendo las asignaturas de Proyectos de Investigación I y II, que le han permitido generar y concretar esta obra, que también coadyuvará a alcanzar uno de los objetivos institucionales, señalado en el *Plan de Desarrollo Institucional 2004-2008* de la Mtra. Candita Victoria Gil Jiménez, rectora de nuestra universidad, que es el de fortalecer la investigación científica, como la vía idónea para acceder a mejores niveles de desarrollo económico, político y social en Tabasco.

Tengo la plena convicción que esta obra tendrá un impacto positivo, tanto en la formación de nuestros profesionistas, como en la actualización del investigador experto que está siempre a la búsqueda de nuevos horizontes de desarrollo, ya que podrá encontrar en ella una herramienta complementaria de su quehacer científico.

Pedro Antonio Sánchez Ruiz
Director de la DAIA

INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación es una actividad que consta de varios pasos concomitantes para la resolución de un problema científico, dentro de un período de tiempo y un presupuesto definidos. Es posible comparar en forma alegórica la solución de dicho problema, con la *toma de una fortaleza*, la cual puede conquistarse de tres maneras diferentes:

La primera es la *toma por asalto*, la cual requiere de la disponibilidad de un gran número de recursos materiales y humanos. Estos últimos deben estar dispuestos a obedecer ciegamente las órdenes de un comandante, quien, a su vez, estará dispuesto a aceptar un número indeterminado de bajas con el fin de conquistar dicha fortaleza. Este modelo implica la anulación intelectual casi total de la mayoría de los participantes y la concentración de la toma de decisiones recae en unas cuantas manos; el ser humano desempeña el papel de un instrumento.

En el mundo de la ciencia se pone énfasis en que actualmente es imposible que una sola persona pueda articular y llevar al cabo un programa de investigación cuyos resultados sean significativos; razón por la cual, la solución metodológica consiste en el trabajo en equipo. Sin embargo, tal aproximación democrática suele encubrir a un sistema dictatorial en el cual sólo una minoría de individuos conoce y es capaz de definir los propósitos del programa de investigación; el resto se ve reducido a la categoría de esclavo intelectual y su función primordial consiste en realizar el mayor número de experimentos y producir la mayor cantidad posible de datos, mismos que los *comandantes* científicos interpretarán y articularán.

La segunda aproximación a la solución de un problema científico consiste en *someterlo a sitio*. Dicha estrategia es eminentemente pasiva y suele requerir de poca actividad intelectual. En este caso, el factor crucial está determinado por el duelo entre paciencia y aburrimiento, y la solución depende de procesos casi sobrenaturales, o de procesos aleatorios. En concreto, tal enfoque está representado por el científico que pacientemente se dedica a la observación y descripción de un fenómeno bajo diferentes condiciones experimentales. Dichos experimentos se realizan y repiten en forma casi ritual con la esperanza de que algún día la naturaleza terminará por rendir sus secretos. Los practicantes de este enfoque se basan en la confianza o esperanza desmedida y pueden compararse con los aficionados empíricos de la tradición alquimista, los cuales, en ausencia de método y de disciplina intelectual, pretendían llegar, por medio de la mera repetición azarosa de procedimientos, a la obtención de la piedra filosofal.

La tercera posibilidad para conquistar la fortaleza del conocimiento consiste en el uso de *estrategias*. El poema homérico dice que un caballo de madera con el vientre cargado de aqueos fue suficiente para lograr lo que no habían podido diez años de *sitio y ataques por asalto*. Este enfoque no requiere de la disponibilidad de numerosos recursos humanos o materiales; sin embargo, suele imponer grandes demandas a la capacidad intelectual de los

científicos involucrados, pues consiste en la precisa identificación del problema a resolver y en la evaluación de posibles estrategias para solucionarlo. Dichas estrategias han sido concebidas en función de la experiencia pasada, asociada con la investigación de dicho problema, y se apoyan en hipótesis enmarcadas dentro del contexto de teorías previamente enunciadas o en controvertidos informes de observación. En este modelo, la experimentación sirve para sondear el problema y está diseñada en forma flexible tomando en cuenta las expectativas sobre los posibles resultados. Asimismo, los datos experimentales o de observación se analizan e interpretan entre cada etapa con el fin de establecer su correlación con la hipótesis y con el programa experimental previamente concebido.

La idea primordial de todo Centro de Educación Superior es crear estudiantes-investigadores, pensando desde ahora que la responsabilidad de la investigación dentro de algunos años recaerá en los jóvenes de hoy en día, y tenemos que esmerarnos en su preparación, pero una preparación que sea integrada al yo interno de cada individuo, es decir, que los conocimientos que ahora adquieren se incorporen a su hábito profesional.

El contenido de este trabajo está basado en recopilaciones realizadas de diversas fuentes, manejadas de tal manera que pueda ser de gran apoyo a todas las carreras, en las materias de Metodología de la Investigación, Proyecto de Investigación, Seminarios y otras materias afines.

El material está compuesto de cuatro tipos de información: la primera es una antología sobre los aspectos generales de la ciencia y del método científico, con el propósito de inducir al alumno y/o investigador al pensamiento científico; la segunda parte está integrada por una serie de señalamientos para guiarlo en la elaboración de un *proyecto de investigación*. La tercera parte consta de reglas prácticas sobre la aplicación de las técnicas de investigación documental y experimental como apoyo al método científico. La cuarta y última sección constan de reglas de ortografía y de redacción para que en los informes de investigación se use adecuadamente el lenguaje, cuidando que sea claro y preciso; que no se pierda el rigor que la ciencia exige.

1. LEYES Y TEORÍAS

Para llegar a un conocimiento objetivo, es decir, que corresponda a la realidad que se estudia, es necesario que el conocimiento científico se construya recorriendo un largo camino en el que se vinculen niveles de abstracción, se cumplan determinados principios metodológicos y se cubran diversas etapas en el proceso de investigación de los fenómenos.

La adquisición del *conocimiento empírico*, se inicia al entrar en contacto los *órganos de los sentidos* con el mundo exterior a través de las actividades que el hombre realiza diariamente, lo cual, le ha permitido acumular valiosas experiencias a lo largo de su historia. En cambio, en el *conocimiento científico* se requiere la actividad conjunta de los *órganos sensoriales y del pensamiento*, apoyada en la reflexión teórica guiada por una serie de principios y reglas con la finalidad de descubrir lo que el conocimiento empírico-espontáneo no puede captar: la esencia de los procesos, acontecimientos y objetos; lo que implica conocer las causas por las cuales surgieron, se desarrollan y modifican, es decir, el conocimiento de las leyes del desarrollo de la naturaleza y la sociedad.

El conocimiento científico no se contrapone al conocimiento común, sino más bien lo supera, puesto que va más allá de la simple descripción o del establecimiento de tendencias empíricas elementales de los fenómenos las cuales representan, pero no toman en cuenta los nexos internos que sólo pueden ser descubiertos recurriendo al pensamiento abstracto (conceptos, hipótesis, leyes y teorías).

El propósito de la ciencia es describir, explicar y predecir los fenómenos naturales y sociales a fin de tener un mayor dominio sobre ellos y poder ejercer su práctica transformadora en forma más acertada (Rojas, 1992).

1.1. LEY

En el proceso del conocimiento científico, es necesario armarse de medios tanto teórico-metodológicos como de los conceptos, las hipótesis, las leyes y las teorías; y de los medios técnicos en donde se encuentran los instrumentos y los aparatos, vinculados ambos a una práctica científica (observaciones sistematizadas, experimentos, mediciones, etc.) con el fin de alcanzar un conocimiento cada vez más profundo y completo de la realidad objeto de estudio.

Por lo anteriormente manifestado, es importante iniciar el estudio de los procesos de investigación conociendo los conceptos teórico-metodológicos, por lo que en esta sección se explicará en forma consistente el concepto de ley; a qué se refiere, cuáles son sus elementos, cuáles son sus características principales, cuál es su función, el papel que desempeña la ley en

la ciencia y cómo se expresa. Después de haber analizado todo lo que respecta a la ley, se sabrá de manera más precisa qué es la ley y qué no es la ley; es decir, se habrá definido.

No es fácil adoptar un concepto único de ley, pues existe un gran número de definiciones dadas por distintos autores y desde distintos puntos de vista, así es que se tomará aquello de lo que hay de común en la mayor parte de las definiciones¹.

1.1.1. HECHO

Se llama *hecho*:

- a). *A cualquier acontecimiento*, es decir, a algo que se produce en el espacio y en el tiempo, como por ejemplo un relámpago, un huracán, etc.
- b). *A un proceso*, esto es, una secuencia temporalmente ordenada de acontecimientos, de tal manera que cada miembro de esa secuencia ayuda a determinar los que le siguen. Por ejemplo: el conjunto de pasos que se realizan para inscribirse en la Universidad, desde el momento de hacer la solicitud, hasta el momento de recibir el aviso de que ya se está inscrito. Podría afirmarse que la mayoría de los acontecimientos resultan ser *procesos*; por ejemplo, un rayo de luz consiste en la emisión de grupos de ondas que se propagan a una velocidad finita.
- c). También se llama hecho a *un sistema concreto*, esto es, un ser físico cuyas partes están estructuradas formando una unidad, por ejemplo: un capacitor, un motor, el suelo, la roca, etc.

A los *hechos* también se les llaman *fenómenos*, lo que significa que un sujeto es quien percibe los hechos o los capta por medio de sus sentidos. Ejemplo: una *reacción química* es un fenómeno cuando éste lo capta una persona por medio de sus sentidos. En conclusión, todo aquello que forma parte de la realidad es un hecho, y *cuando este hecho es conocido por alguien*, se llama *fenómeno*. En cambio, no son hechos, los conceptos, los razonamientos, las fórmulas que de ellos se derivan, etc. Ejemplo: la idea del ser, una expresión matemática, etc.

De todo el conjunto de hechos que se presentan, *sólo una pequeña parte de ellos son observables*, y sobre esta pequeña parte, el científico inicia la investigación utilizándolos como documentos que confirman o sugieren la existencia tras de ellos de hechos más interesantes, o bien de relaciones entre hechos. Por ejemplo: una tarde de lluvia no es sólo un acontecimiento para el científico sino un fenómeno en donde se puede descubrir las relaciones entre sus diversos elementos: las nubes, las gotas de lluvia, la humedad del ambiente, etc.

¹ Sintetizado de Leyes, Teorías y Modelos de Yurén, 1990.

1.1.2. RELACIÓN

Se entiende por *relación* la conexión de una cosa con otra, o bien la acción y efecto de referir o referirse. Ejemplo de relaciones:

- *Cuando existe infección*, AUMENTA LA TEMPERATURA.
- *Los metales sometidos a la acción del calor*, SE DILATAN.

En los ejemplos precedentes encontramos que existe una conexión entre los fenómenos indicados en *letra cursiva* y los fenómenos indicados con MAYÚSCULAS. La relación no está expresada con palabras, pero se comprende.

Las relaciones no se pueden señalar y no se pueden tocar o experimentar. Sin embargo, podemos percatarnos de que existen distintas formas de relacionar los hechos (acontecimientos, procesos o cosas). Ejemplo: un conjunto de bloques se pueden relacionar, colocando uno sobre el otro, formando una torre, una pared, una pirámide, etc. Los bloques no cambian, lo que cambia es la relación entre ellos. A la *forma de relacionarse* se le llama *estructura*. La estructura cambia cuando la relación entre sus partes cambian; no necesariamente tienen que ser partes físicas (como los bloques), pues también hay relaciones entre cualidades y aspectos; a las *cualidades o aspectos*, se le llaman *elementos*.

1.1.3. RELACIÓN CONSTANTE

Analice los siguientes ejemplos:

Grupo A

- Yo conduzco cuidadosamente mi automóvil.
- Soy maestro de un grupo de 30 alumnos de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Grupo B

- El calor dilata los metales.
- El agua hierve a 100 °C al nivel del mar.

Note lo siguiente:

- a). Los ejemplos del primer grupo dan a conocer relaciones entre hechos particulares. No dicen que "*todos conducen cuidadosamente su automóvil*", sino únicamente que "*yo*" conduzco cuidadosamente mi automóvil, dígame lo mismo para el segundo caso; en cambio, en el grupo B dice que es "*el calor*" en general y *no una especie de calor* el que dilata los metales; el mismo razonamiento puede hacerse en el segundo caso.
- b). La relación en los ejemplos en el grupo A no es una relación necesaria, sino contingente, es decir, puede ser de otra manera; puesto que si soy maestro de un grupo de 30 alumnos

de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, hubiera podido suceder que el grupo fuera de 20 o de 70 alumnos y no habría nada que haga forzoso el hecho de que sean 30 alumnos. En el grupo B la relación entre los hechos es forzosa (porque no puede ser de otra manera) y es necesaria. Esto significa que si se somete cualquier metal a la acción del calor, se dilatará; si se pone el agua a la acción del fuego hasta que llegue a los 100 °C y, además se está a nivel del mar forzosamente el agua hervirá. Además, este grupo muestra relaciones que son constantes; es decir, que *siempre* cualquier metal sometido al calor, se dilatará. Este tipo de relación es constante porque los hechos mencionados son considerados de una manera general y la relación entre ellos es necesaria.

- c). Los ejemplos del grupo A, muestran relaciones que no son constantes, es decir, que no se da el caso de que siempre todos los maestros tengan 30 alumnos, ni tampoco se da el caso de que siempre los conductores de automóvil, lo conduzcan con cuidado, sino que a veces sucede así y otras veces no. Esto se debe a que la relación que se da entre los hechos mencionados en esos ejemplos, es contingente y los hechos son particulares. De la particularidad y la contingencia se derivan el que la relación no sea constante.

Los tipos de relaciones que interesan a la ciencia son las que tienen las siguientes características:

- Generales
- Necesarias
- Constantes

Esto se debe a que la ciencia tiende a conectar con coherencia todos sus conocimientos, y sólo es posible hacerlo si éstos se refieren a relaciones que no varían, pues de otra forma no se podría dar como válido ningún conocimiento. Pero además, es necesario que esas relaciones constantes estén comprobadas, pues la ciencia no acepta los conocimientos sin verificarlos, ya que aspira a la objetividad y ésta se logra cuando refleja la realidad.

Para ejemplificar las características anteriores, se puede observar la analogía expresada por la función matemática $Y=2$ (debe recordarse que toda función matemática es una *relación* que existe entre dos conjuntos de números X y Y). Si esta función es representada gráficamente en un sistema de ejes coordenados (figura 1), para todos los valores positivos de X de 0 a 9, se puede resaltar lo siguiente:

- a). **Generalidad.** A *todos* los valores del 0 al 9 sobre el eje X les corresponde el valor de 2 en el eje Y.
- b). **Necesidad.** Es *necesario* que los valores en el eje X correspondan a un solo valor del eje Y para que se exprese como función constante.
- c). **Constancia.** Los valores del eje X, *siempre* son recíprocos al valor del eje Y.

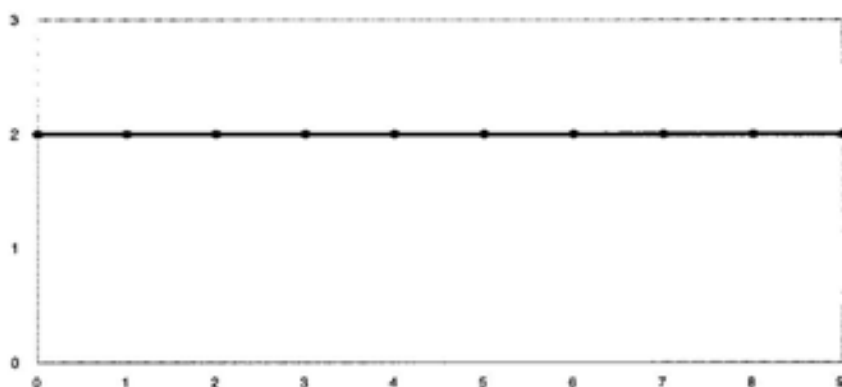


Figura 1. Analogía para las tres características de las relaciones que interesan a la ciencia.

1.1.4. NOCIÓN DE LEY

La ciencia se ocupa de las relaciones constantes e invariables entre los hechos, y a este tipo de relación se les llama ley. La palabra ley, se deriva del griego *nomos* que significa "mandato", "imperativo".

Ejemplo:

La tercera Ley del Movimiento de Newton dice: "a toda acción se opone siempre una reacción contraria e igual" es decir, que las acciones entre dos cuerpos son siempre iguales entre sí dirigidas en sentido contrario. Esto significa que la estructura² permanece, aunque los elementos varíen.

Así, todo cuerpo que atrae a otro, es a su vez atraído. Si un caballo tira de una piedra atada por una cuerda, también es atraído igualmente el caballo hacia la piedra, pues la cuerda tensa en todos sus puntos con el mismo esfuerzo y tirará el caballo hacia la piedra, lo mismo que de la piedra hacia el caballo, e impedirá en tanto el progreso o el avance de uno de ellos.

La misma ley se puede ilustrar diciendo que si un cuerpo **A** choca contra un cuerpo **B**, modifica su estado, pero a su vez, también el cuerpo **A** se ve modificado en el suyo. Con este ejemplo se nota que la característica principal de toda ley es de ser una relación constante entre dos o más variables y cuando se formula la ley, no se afirma que existan elementos que no cambian, sino que se afirma la invarianza es decir, la constancia o permanencia de ciertas relaciones, independientemente de los cambios entre los elementos relacionados. Por esta razón se dice que una ley es un esquema o estructura permanente de las cosas o acontecimientos que varían.

² Forma de relación que existe entre los elementos.

1.1.5. OBTENCIÓN DE LAS LEYES

Puesto que las leyes son relaciones constantes y las relaciones no son observables ni experimentables, entonces a las leyes se les comprende a partir de la observación de los hechos.

La información que el observador obtiene a partir de lo observado recibe el nombre de *dato*. Los *datos* son un conjunto de antecedentes que se pueden estudiar, analizar, reflexionar y ordenar para descubrir qué tipo de relación hay entre ellos. Al *dato* se le conoce al inicio de la investigación científica y se desconoce la relación que existe entre ellos; a esta *relación* se le llama *incógnita*. Los datos y la incógnita son los *elementos de un problema* que se plantea a manera de pregunta encaminada a resolver la incógnita (problema de investigación). La *respuesta provisional que se da a esa pregunta* recibe el nombre de *hipótesis*.

Ejemplo:

Joseph Henry, (1797-1878) investigador cuyos estudios fueron las primicias del telégrafo³, escribió lo siguiente:

“He llevado al cabo varios experimentos relativos a la electricidad; pero deberes más importantes no me permitirán verificarlos antes de que se imprima este boletín. No obstante, puedo mencionar un hecho que no he visto señalado en ninguna obra y que, según creo, pertenece a la misma clase de fenómenos que los antes descritos. Consiste en lo siguiente: cuando por medio de un ácido diluido se excita moderadamente una batería pequeña, y sus polos, que han de terminar en recipientes de mercurio, se conectan mediante un alambre de cobre de un pie de largo, no se ve chispa alguna, ni al formar la conexión ni al cortarla. Pero si en vez del alambre corto, se emplea uno de 30 ó 40 pies de largo, aunque no se ve ninguna chispa al hacerse la conexión; al cortarse la misma, sacando una punta del alambre de su recipiente de mercurio, produce una chispa brillante. Si fuera muy intensa la acción de la batería, el alambre corto daría una chispa; en este caso sólo es menester aguardar unos pocos minutos para que la acción cese parcialmente, y ya no dé más chispas el alambre corto; pero entonces, si se pone en el lugar de éste el alambre largo, se obtendría de nuevo una chispa. Parece que el efecto se acrecienta algún tanto, enrollando el alambre en forma de hélice, parece también que depende hasta cierto punto del largo y grueso del alambre”.

La pregunta de Joseph Henry se pudo haber formulado de la siguiente manera:

¿Cuál es la causa de que se produzca la chispa brillante?⁴

En este caso se conocían los datos, es decir, los elementos con que se produjo el experimento: ácido diluido, batería, alambre de cobre, etc., y el resultado del experimento fue la chispa brillante; sin embargo se desconoce la relación entre los primeros y el último, o sea que no se sabía por qué se producía.

³ Que posteriormente convirtió en realidad Samuel Morse.

⁴ Es una manera de plantear el problema de investigación.

Entonces formuló la pregunta, y a esa pregunta se le dio una *respuesta provisional* o *hipótesis*:

"No puedo explicarme estos fenómenos; supongo que el alambre largo se carga de electricidad, el cual, reaccionando sobre sí mismo, lanza una chispa, cuando se corta la conexión".

Esta explicación dada, es tomada como supuesto o premisa para derivar de ella conclusiones que sean contrastables. La *contrastación* o *comprobación de la hipótesis*, le da la categoría de *ley*, siempre y cuando la hipótesis cumpla con los siguientes requisitos:

- a). **Tener generalidad en algún aspecto**, es decir, que la ley debe aplicarse a todas o a casi todas las situaciones. Si la ley se refiere a un individuo (como ocurre con las leyes geofísicas que se refieren a nuestro planeta), exigiremos que el enunciado exprese el comportamiento regular. Si la ley se refiere a una clase, podremos tolerar, la casi generalidad como en el caso de: *"la mayoría de las sales de los metales alcalinos son muy solubles en agua"*. Al afinar o perfeccionar la ley, quedará: *"toda sal"*.
- b). **Confirmarse empíricamente** mediante la observación y experimentación, en un grado que se considere satisfactorio en el momento en que se declara ley.
- c). **Que la hipótesis esté formulada sobre un fondo científico**, es decir que pueda encajar dentro de un sistema⁵ científico plenamente desarrollado o por lo menos en gestación, estos rasgos distinguen a la ley de las generalizaciones propias del sentido común, las cuales:
 - i). Se refieren a acontecimientos de la vida cotidiana.
 - ii). No presuponen ningún conocimiento especializado.
 - iii). No se someten a contrastaciones metódicas.
 - iv). Son muy frecuentes los resúmenes o conjunciones de hechos observados (sumas de hechos).
 - v). Son aisladas, sueltas, no sistemáticas.

Ejemplo:

- El ojo de venado colgado en el cuello de los niños les evita el mal de ojo.
- El té de tila es bueno para el hígado.

Las leyes no son simples generalizaciones del sentido común sino son relaciones constantes, precisamente porque son necesarias y universales. La necesidad y universalidad se confirma empíricamente mediante el experimento⁶, y formalmente mediante la prueba lógica y matemática.

⁵ Cohesión o encadenamiento de conocimientos.

⁶ Experimento es la reproducción de un fenómeno en condiciones controladas.

1.2. TEORÍA

Una investigación llega a ser ciencia cuando se han construido teorías. *Los datos, los problemas de investigación, las hipótesis y las leyes sueltas, no constituyen una ciencia; se podría decir que las teorías son para la ciencia como la columna vertebral para los vertebrados. El progreso de la investigación científica culmina en la elaboración de teorías y a su vez esas teorías impulsan a iniciar una nueva investigación.*

La importancia de las teorías se hace patente si nos percatamos que:

- a). Los datos se obtienen a la luz de teorías y con la esperanza de concebir nuevas hipótesis que pueden a su vez emplearse o sintetizarse en teorías.
- b). La observación y la experimentación se realizan no sólo para recoger información y producir hipótesis, sino también para someter a contrastación (comprobación) las consecuencias de la teoría o bien para saber cuál es su dominio de validez.
- c). La función explicativa y predictiva de la ciencia se realiza en el seno de las teorías; la acción misma se basa en las teorías.

En fin, la teoría es un elemento sin el cual no hay ciencia.

1.2.1. CIENCIAS FACTUALES Y CIENCIAS FORMALES

En las secciones anteriores se hace referencia a los *hechos* y a las *relaciones*, tales conceptos serán de gran utilidad, pues una vez dada la diferencia, se puede comprender que existen ciencias que se ocupan de estudiar los hechos y las relaciones entre los hechos. Estas ciencias no consideran a las relaciones en sí mismas como estructuras, sino que las consideran siempre referidas a los hechos. Este tipo de ciencias que explican los hechos y sus relaciones se llaman *ciencias factuales* (hecho: facto).

Los hechos requieren de la experiencia para ser conocidos; las fórmulas legaliformes y las conclusiones que se infieren a partir de esos conocimientos referentes a los hechos, también requieren de la experiencia para ser convalidados. Dada la importancia de la experiencia en estas ciencias, se les ha llamado *ciencias experimentales*. Estas ciencias, como todas las ciencias, guardan un orden entre sus conocimientos, los estructuran y los relacionan. La relación, estructura y orden que guardan los conocimientos, constituyen su aspecto formal; es decir, que todas las ciencias tienen una forma, una columna vertebral que la sostiene; esa estructura está dada por la razón. Pero *el contenido de las ciencias factuales son los hechos y a ellos sólo se tiene acceso mediante la experiencia.*

Resumiendo, toda ciencia factual tiene:

- Una estructura o forma: se logra mediante la razón.
- Un contenido: hechos; se conocen mediante la experiencia.

Existen hechos naturales como son la luz, las células, los ácidos, etc.; y hechos sociales como una obra de teatro, una revolución, una huelga, etc. Dentro de las ciencias factuales que estudian los hechos naturales están la Física, la Química, la Biología y en las ciencias factuales que estudian los hechos sociales está la Sociología, la Economía, la Política, la Antropología y el Derecho.

Por otro lado, existe otro tipo de ciencias, las ciencias formales, que se ocupan de estudiar relaciones, pero sin referirlas a hechos. Este tipo de ciencias tienen como contenido entidades lógicas o matemáticas que no tienen una correspondencia en la realidad, por ejemplo: $2ab+2ab=4ab$. Son ciencias formales las Matemáticas y la Lógica porque no requieren de la experiencia, ni para conocer su objeto de estudio ni para convalidar sus fórmulas.

1.2.2. SISTEMA

El camino que se sigue en la investigación científica va de los datos (que es la evidencia con la que contamos) al problema de investigación; del problema a la hipótesis; de la hipótesis a la ley, de la ley a la teoría; y luego, de la teoría a la proyección de la teoría, sometiendo ésta a contrastación para obtener nuevamente evidencia.

Imaginemos la labor de un investigador: al principio se encuentra con datos aislados, formula hipótesis sueltas, sin conexión entre ellas; en este punto las ideas no se enriquecen unas a otras, ni están ordenadas, de tal manera que no se sabe cuáles controlan a cuáles; pero a medida que se desarrolla la investigación, se descubren relaciones entre las hipótesis antes aisladas, se comprueban para obtener leyes y se introducen nuevas leyes y ayudan a la fundamentación de la teoría. Se va haciendo una conexión entre las diversas leyes, ordenándolas coherentemente hasta formar una unidad. Esta cohesión o encadenamiento de leyes se llama *sistema* y el conjunto que resulta de ese encadenamiento, recibe el nombre de *teoría*.

Los sistemas de leyes son síntesis que incluyen a los datos (lo conocido), las leyes (de nivel alto o bajo), y lo que puede predecirse acerca de un tema dado, lo cual se deduce de la relación entre las leyes y el conjunto de conocimientos sobre ese tema.

1.2.3. DEDUCIBILIDAD

Una teoría es un sistema relacional de leyes. Esa relación permite deducir o derivar una serie de consecuencias. A esta propiedad se le llama deducibilidad. Esto significa que *una ley puede ocupar el papel de premisa o supuesto* en un razonamiento y se pueden derivar de ella conclusiones. Por ello es válido decir que una ley incluida en un sistema, es una hipótesis en sentido lógico. Debido a esto, a las teorías se les conoce también como *sistemas hipotético-deductivos*.

1.2.4. FORMALIZACIÓN

Los *supuestos iniciales* o premisas del sistema deductivo son proposiciones generales como: *axiomas* y *postulados*. Las consecuencias derivadas de estos supuestos se llaman *teoremas*. El término "*axioma*", en algunos casos, ha dejado de evocar la idea de evidencia y simplemente significa "*principio establecido hipotéticamente*", por lo que recibe el nombre de *postulado*. El *postulado* es una proposición admitida sin demostración pero apoyada por algún criterio de verdad.

En otras palabras, el *axioma* es una proposición tan sencilla y evidente que se admite sin demostración como: "el todo es mayor que cualquiera de sus partes". El *postulado* es una proposición no tan evidente como un *axioma* pero que también se admite sin demostración como: "hay infinitos puntos". El *teorema* es una proposición que puede ser demostrada. La demostración consta de un conjunto de razonamientos que conducen a la evidencia de la verdad de la proposición. En el enunciado de todo *teorema* se distinguen dos partes: la hipótesis, que es lo que se supone, y la tesis que es lo que se quiere demostrar.

Ejemplo:

- La suma de los ángulos interiores de un triángulo vale dos rectos (teorema).
- A, B y C son los ángulos interiores de un triángulo (hipótesis).
- La suma de los ángulos A, B y C vale dos rectos (tesis).

En la demostración se utilizan los conocimientos adquiridos hasta aquel momento, enlazados de una manera lógica. En la mayor parte de las teorías hay un pequeño subconjunto de supuestos iniciales que pueden considerarse centrales. Los demás supuestos pueden cambiarse sin afectar esencialmente la teoría.

Ejemplo:

El *axioma* central de la Mecánica Newtoniana es la fórmula: $F = m \times a$. El resto de los *axiomas* sólo tienen como función: fijar el campo de la teoría. Una vez establecidos los supuestos o premisas de la teoría, el trabajo ulterior consiste en construir, a partir de ahí, proposiciones nuevas (conclusiones justificadas por medio de demostraciones) y términos nuevos fijados por medio de definiciones.

Explicados ya los elementos principales de la formalización, *axiomas*, *postulados* y *teoremas*, se indicará a continuación el proceso que permite formalizar una teoría:

- Formulación explícita de los *axiomas* y *postulados*.
- Simbolización de los *axiomas*, *postulados* y conceptos básicos.
- Establecimiento de las reglas de deducción.
- Demostración de que toda proposición de la teoría es derivada de los *axiomas*.

El formar un sistema tiene para el científico las siguientes ventajas:

- a). Una proposición aislada no tiene significancia, o tiene escasa; en cambio una proposición dentro de un contexto puede adquirir pleno sentido, esto, gracias a la relación lógica con otros elementos de dicho contexto.

Ejemplo:

La proposición "la tierra es redonda", en la época de Cristóbal Colón, carecía de significancia. Hubo que conectarla con otras proposiciones que expresaban datos, como: "los barcos desaparecen paulatinamente en el horizonte" o suposiciones como "si el sol siempre sale por el mismo lado, entonces la tierra debe girar sobre su propio eje". Colón formó un sistema coherente de hipótesis, ordenándolas, conectándolas lógicamente y apoyándose en datos obtenidos empíricamente mediante la observación y la experimentación. Derivó consecuencias de su proposición y logró hacer predicciones como *"si tomo camino hacia occidente, en lugar de ir hacia oriente como siempre se ha hecho, entonces llegaré a las Indias"*.

Una vez elaborado el sistema hipotético-deductivo o teoría, emprendió la tarea de contrastarla o corroborarla, para lo cual se lanzó a hacer un viaje por mar rumbo a occidente.

- b). Al quedar absorbida por una teoría, una hipótesis recibe el apoyo o bien la refutación de un campo de conocimientos más amplio, mientras que una hipótesis aislada no tiene gran apoyo.

Ejemplo:

Supongamos que un abogado desea defender a un cliente en un juicio. Su hipótesis consiste en suponer que el acusado es inocente. Tal información dada aisladamente, carecería de fuerza para convencer al jurado, aun cuando el defensor pudiera derivar algunas conclusiones a partir de la hipótesis. Pero, puesto que se supone que un abogado defensor conoce su oficio, se ha de creer que ha elaborado una teoría respecto al caso de su cliente, de tal manera que la hipótesis de la inocencia del acusado, puede ser apoyada por hipótesis más fácilmente comprobables, como puede ser:

"Si estaba en la oficina en la hora en que se cometió el delito, entonces él no pudo cometerlo".

Este ejemplo ilustra las ventajas mencionadas, que pueden resumirse así: al construir un sistema de hipótesis deben hacerse más precisas y deben reforzar su contrastabilidad (la posibilidad de comprobarla).

1.2.5. TEORÍAS FACTUALES Y TEORÍAS FORMALES

Ya se explicó anteriormente lo que es la formalización, sólo debe recordarse que en una teoría formalizada, las conclusiones (los teoremas) se derivan de los supuestos iniciales (axiomas o postulados) mediante la aplicación de las reglas de la inferencia deductiva.

La formalización de una teoría permite lograr precisión, una teoría no formalizada es una teoría natural y consiste en la organización de las generalizaciones empíricas formuladas por medio de palabras del lenguaje ordinario, planteadas con vaguedad y ambigüedad. Por esta razón estas teorías naturales son difíciles de criticar, de demostrar y de verificar.

Existen dos tipos de teorías formalizadas:

- a). Los *sistemas sintácticos* que consisten en una estructura formal sin referencia a hechos concretos. Cuando son formalizados, reciben el nombre de *teorías formales*.
- b). Los *sistemas semánticos*, que son aquellos en que los símbolos se pueden sustituir por términos que se refieren a hechos concretos; cuando son formalizados reciben el nombre de *teorías factuales*.

Estos dos conceptos, en teoría, dan origen a la clasificación de las ciencias mencionadas anteriormente. Aquellas ciencias que contienen teorías factuales reciben el nombre de *ciencias factuales*⁷, las ciencias que contienen teorías formales se llaman *ciencias formales*.

1.2.6. LA TEORÍA COMO SISTEMA EXPLICATIVO

La teoría es un sistema relacional de leyes, pero su papel no es solamente conectar leyes, sino también determinar el cómo y el porqué de esa relación; es decir, dar una explicación sobre un determinado campo de conocimientos que ha sido explicado de una manera fragmentaria por las leyes, pero que requiere de una explicación integrada. La teoría como unidad explicativa supone un objeto⁸ y un punto de vista⁹ y esto queda establecido desde el principio de una investigación, es decir, desde el momento de obtener datos.

Como ejemplo de lo expuesto en esta sección se pone a manifiesto la Teoría de la Relatividad de Albert Einstein, que modifica los conceptos del espacio y del tiempo (objetos) considerados como inamovibles o constantes. Esta teoría menciona que las leyes de la física de Newton son válidas, únicamente para un espectador que se encuentra en la Tierra, pero no para otro que estuviera en un lugar distinto del Universo (punto de vista).

Los datos por sí mismos no nos dicen nada, es necesario interpretarlos por medio de términos, que son expresiones de conceptos los cuales muchas veces no corresponden a una realidad

⁷ Hay que hacer la aclaración de que esta denominación se ha aplicado para cualquier ciencia que se ocupe de estudiar hechos

⁸ Aquello sobre lo que se investiga.

⁹ La manera como se estudia ese objeto.

observable directamente como por ejemplo: átomo, molécula, energía, etc. El científico interpreta los objetos de conocimiento que están a su alcance y estos objetos son el primer acercamiento con la realidad de su investigación. Los puntos de vista de cada investigador, le llevarán a distintos planteamientos del problema, sobre el mismo objeto y por lo tanto, también diferentes respuestas o explicaciones a ese planteamiento. Se puede hacer una comparación con lo siguiente: un tren pasa a 100 km por hora ante nosotros y un niño lanza dentro del tren una pelota a 20 km por hora en la dirección del tren, para el niño la pelota se mueve a 20 km por hora; para nosotros a 120 km por hora.

Ejemplo:

Un hueso fósil no es más que un objeto de conocimiento para cualquiera que lo encontrara, pero si ese alguien que lo encuentra es un científico, éste le dará una interpretación muy particular, pues lo considerará como una evidencia y lo enfocará desde su punto de vista. Si este objeto es presentado a otro investigador, su opinión diferirá. De aquí que podemos afirmar que la construcción de teorías está determinado por el planteamiento inicial del problema.

1.2.7. DEMOSTRABILIDAD Y VERIFICACIÓN DE LAS TEORÍAS

La demostrabilidad es el resultado de la relación lógica entre los enunciados de una teoría y es fácil comprender que la formalización nos permite ver con toda claridad este aspecto que es puramente formal. La verificabilidad de una teoría, consiste en la posibilidad de determinar la verdad o falsedad de una teoría; aquí no se trata de una relación lógica sino de una relación entre enunciados y hechos mediante la experiencia.

Las teorías formales son demostrables, pero no son verificables por lo que no adquieren calidad de verdad o falsedad, pero se consideran coherentes o incoherentes. Las teorías factuales en cambio, pueden demostrarse y verificarse; y ambas cosas se complementan. La relación lógica entre los enunciados no nos muestra la verdad de las premisas, pero sí nos da la seguridad de que si las premisas son verdaderas, la conclusión tiene que ser verdadera, nosotros partimos de premisas verdad en la conclusión, ahora bien, para estar seguros de la verdad de los axiomas o postulados factuales (que son las premisas), el procedimiento es como sigue: de entre las consecuencias resultantes, se buscan teoremas que definen experimentos que pueden llevarse al cabo, si en todas las circunstancias la experiencia conduce al resultado establecido por el teorema, se dice que la hipótesis ha sido corroborada; recuérdese el ejemplo de Cristóbal Colón, en donde las experiencias corroboraron que se podía ir a Las Indias tomando el rumbo a Occidente, lo cual era consecuencia del razonamiento atribuido a Colón.

En cambio, cuando vemos que lo establecido por el teorema, contradice a los hechos, esto significa que por lo menos una de las premisas es falsa, pues no puede derivarse una conclusión falsa a partir de premisas verdaderas. Entonces se invalida la teoría, se examinan los supuestos y se presentan nuevos supuestos para que sean sometidos al mismo tratamiento.

En resumen, podemos afirmar que una teoría queda demostrada, es decir, probada formalmente cuando existe una relación lógica entre los enunciados, de los cuales unos son premisas y otros conclusiones derivadas de las primeras siguiendo las reglas de la lógica, descubrién-

dose que no hay contradicción en el seno de la teoría. A esta situación se le llama *consistencia interna*; pero cuando además se requiere que la teoría no contradiga otras teorías del mismo campo o de campos adyacentes significa que tiene *consistencia externa*. Gracias a esta conexión lógica, la teoría nos ofrece una versión sistemáticamente unificada de fenómenos diversos y la ciencia adquiere la categoría de corrección.

Una teoría queda verificada, es decir, corroborada o confirmada empíricamente cuando las consecuencias (teoremas) de la teoría, pueden ser confrontadas con los hechos y no los contradice. Cuando esto sucede, la teoría se clasifica como verdadera y se adquiere certeza respecto de ella, por lo cual podemos afirmar que la validez de la teoría es independiente de cualquier sujeto, es decir, *es objetiva*.

1.2.8. ALGUNOS RASGOS CARACTERÍSTICOS DE LA TEORÍA

Por lo anterior, es notorio que la teoría aumenta los conocimientos cuando las consecuencias lógicas se estiman, no sólo sobre la base de las premisas y las reglas lógicas, sino a la luz de los datos empíricos. Este aumento de conocimientos origina nuevos planteamientos de problemas y se abre un nuevo camino para otras leyes, teorías e investigaciones. Una buena teoría, es entonces, dinámica.

La correspondencia entre la teoría y el campo de conocimientos que abarca es global, es decir, que la teoría en su conjunto, corresponde de un modo más o menos imperfecto al objeto de estudio en su conjunto. Generalmente una nueva teoría no suprime enteramente las teorías anteriores, sino que conserva algunos de sus componentes, es pues *acumulativa*.

La formulación de una teoría factual requiere de dos tipos de principios:

- a). *Los principios internos*, que indican las características de los fenómenos básicos a los que se refiere la teoría y de las leyes que explican esos fenómenos.
- b). *Los principios puente*, que indican cómo se relacionan los procesos considerados por la teoría con fenómenos empíricos, con los que estamos familiarizados y que la teoría puede entonces explicar, predecir o retrodecir.

1.2.9. FUNCIÓN DE LA TEORÍA

Para comprender la función de la teoría en la ciencia, es necesario conocer los objetivos que muevan a los científicos a teorizar:

- Sistematizar el conocimiento estableciendo relaciones lógicas entre leyes.
- Explicar dichas leyes.
- Incrementar el conocimiento.
- Reforzar la contrastabilidad de las hipótesis sometiéndolas al control de las demás hipótesis del sistema.

Además de estos objetivos principales, tenemos objetivos adicionales:

- Orientar la investigación, es decir, planteando o reformulando problemas científicos fecundos, sugiriendo formas de recolección de datos e inspirando nuevas líneas de investigación.
- Ofrecer un mapa de un sector de la realidad, esto es, una representación o modelo de objetos reales (y no solamente un agregado de datos) y un procedimiento para producir datos nuevos (previsiones).

El *papel de la teoría en la ciencia*, es fundamentalmente explicativo; las teorías se introducen normalmente cuando estudios anteriormente realizados de una clase de fenómenos han revelado un sistema de leyes; las teorías intentan por tanto, explicar este sistema de leyes y proporcionar una comprensión más profunda y exacta de los fenómenos en cuestión.

Otra de las funciones de la teoría es la predicción, un ejemplo lo tenemos en la teoría de Newton que incluye presunciones específicas expresadas en la ley de la gravitación y las leyes del movimiento. La explicación y la predicción de cualquier hecho real, requiere la cooperación de cierto número de teorías, aproximadamente una para cada aspecto del hecho.

En toda teoría, aparte de la generalización ya explicada se requiere un trabajo de simplificación de datos e invención para que se comprenda mejor. La simplificación afecta ante todo, el material empírico, y tiene como resultado la selección de unas cuantas variables que, por alguna razón se suponen esenciales, así como la selección de unas pocas relaciones clave entre ellos. Muchas de ellas no quedan en absoluto sugeridas por el conocimiento empírico disponible, entonces se inventan o se crean. La invención o el trabajo de conjetura culminan en un modelo del sistema de estudio.

2. LA INVESTIGACIÓN

Una de las cualidades esenciales del ser humano es su tendencia a comprender y explicar el mundo que le rodea y buscar el sentido de las cosas. Esta capacidad innata, tendiente a la búsqueda de la verdad y la razón de ser de la existencia, constituye el motor que lo ha impulsado, para lograr un avance substancial de la ciencia y la tecnología. Así pues, la investigación es una actividad inherente a la naturaleza humana, aunque no por eso se pretenda afirmar que todos los seres humanos sean investigadores.

La *investigación científica* consiste en una serie de etapas a través de las cuales se busca entender, verificar, corregir y aplicar el conocimiento, por medio de la aplicación del *método científico* procurando tener información importante y fidedigna.

La investigación científica consta de dos partes, a saber:

1. **La investigación como parte del proceso** (*metodología*); la cual nos indica *cómo* realizar una investigación dado un problema, es decir, qué pasos se deben seguir para lograr la aplicación de las etapas del método científico a una determinada investigación.
2. **La investigación como parte formal** (*reporte*), esta es más mecánica; hace relación de la manera como se debe presentar el resultado final de la investigación, lo que comúnmente llamamos el Informe de la Investigación.

Existen varias definiciones de investigación:

- Es una indagación o examen cuidadoso o crítico en la búsqueda de hechos o principios; una diligente pesquisa para averiguar algo.
- La investigación, por ser sistemática, genera procedimientos, presenta resultados y debe llegar a conclusiones, ya que la sola recopilación de datos o hechos y aun su tabulación no son investigación, sólo forman parte importante de ella.
- Es un procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico, que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano.
- Es una serie de métodos para resolver problemas cuyas soluciones necesitan ser obtenidas a través de una serie de operaciones lógicas tomando como punto de partida datos objetivos.

La investigación científica como base fundamental de las ciencias, parte de la realidad, investiga esa realidad, la analiza, formula hipótesis y fundamenta nuevas teorías.

2.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

El *objetivo* general de la investigación científica es la *descripción, explicación y predicción* de la conducta de los fenómenos, es decir, la búsqueda de nuevos conocimientos.

Específicamente, la investigación tiene los siguientes objetivos (Münch y Ángeles, 1991):

- Entender y desarrollar los conocimientos de un tema.
- Profundizar y precisar acerca de tesis o argumentos científicos.
- Llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en el diseño de una investigación.
- Interrelacionar y precisar. Encontrar el sentido último de los fenómenos de la naturaleza y de la sociedad mediante la integración de teorías ya existentes.
- Establecer principios generales para ofrecer soluciones a problemas prácticos.
- Encontrar los factores centrales en relación con un problema.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Deben tomarse en cuenta los elementos que esperamos estén dentro de una investigación científica; citarlos a todos sería dificultoso por su gran cantidad, por esa razón se mencionan aquellos que más peso tienen y éstos son:

- La creatividad por parte del investigador.
- El rigor del estudio.
- La integridad con que se maneje la investigación.

Además de estos elementos, Münch, plantea los siguientes atributos que deben imperar en las investigaciones:

- a). Sistematización y exactitud.** Debe realizarse partiendo de un plan en el que se formule el problema y las hipótesis, se recopilen datos y se ordene y analice la información con la mayor exactitud posible.
- b). Objetividad y lógica.** La investigación debe ser objetiva, es decir, el investigador debe eliminar preferencias y sentimientos personales, y se deberán buscar únicamente aquellos datos que confirmen las hipótesis, de ahí que emplea todas las pruebas posibles para el control crítico de los datos recogidos y los procedimientos empleados. En otras palabras, la investigación debe describir y explicar los fenómenos, eliminando criterios subjetivos y basándose en el método científico, además de utilizar todas las pruebas necesarias para controlar la validez y confiabilidad de los datos.
- c). Delimitación del objeto de conocimiento.** Al explicar las causas o razones de fenómenos específicos, la investigación debe enfocarse a temas delimitados con precisión.

- d). **Enfoque sistemático.** Los datos del fenómeno por investigar, que inicialmente se encuentran dispersos, se integran, mediante el proceso de investigación, en un todo con sentido y significado.
- e). **Fundamentación de la metodología.** La investigación científica siempre se vale del método y la técnica.
- f). **El proceso de la investigación no es lineal.** Las etapas del proceso de la investigación *no tienen una secuencia mecánica ni rígida*. Las etapas que proporcionan los distintos diseños de investigación en la metodología deben ser adaptadas por cada investigador según los requerimientos del estudio, sin olvidar que existen criterios generales que deben observarse de acuerdo con el método.

Para que la investigación se considere importante, deberá reunir las siguientes características:

- a). Debe incrementar el conocimiento sobre un tema relevante en la práctica de la profesión y reforzar la actitud de utilizar enfoques objetivos y sistemáticos para resolver problemas.
- b). El problema de estudio es cualquiera dentro de la realidad del conocimiento humano, en tanto éste, demuestre estar relacionado con las empresas profesionales de la sociedad.
- c). El valor de lo producido es juzgado por el hecho de que, si el estudiante o profesional demuestra o no, competencia para aplicar y reportar procedimientos de investigación y reconocer las aplicaciones potenciales de los resultados y conclusiones en la práctica profesional.
- d). El conocimiento se incrementa cuando se relaciona con las prácticas profesionales y consecuentemente guía substancialmente el mejoramiento de la profesión.
- e). Los métodos de investigación usados son determinados, creados o adaptados por el investigador con ayuda de un estadístico si se requiere,¹ para adecuarlos a los problemas que requieren ser probados. Los investigadores toman prestados en forma libre procedimientos de otras disciplinas si observan que ellos son útiles para ayudar a resolver el problema.

De lo anterior, podemos afirmar que los trabajos de investigación *deberán tener una misión social² en la profesión*, es decir apoyarla y hacerla crecer. Entre mejor se entienda el papel social y su función, estará mejor preparado el profesionalista para conducir o dirigir investigaciones.

La investigación produce hechos e ideas, las cuales a su tiempo, servirán para retroalimentar el pensamiento y conocer, de esta manera qué cosas son importantes para considerarlas en el estudio de un problema. La investigación por sí misma nunca produce soluciones; *el pensamiento humano es el que resuelve los problemas*. Sólo cuando pensamos sobre la información

¹ Recuerde que la investigación es interdisciplinaria.

² La investigación deberá ser humanística.

generada por la investigación es probable que un resultado válido confiable y útil sobre lo obtenido, se encuentre. Es por lo que es muy importante *la experiencia* que tenga el investigador en el área de estudio.

La calidad de un trabajo de investigación dependerá del tipo de investigación que se realice y del conocimiento que sea aplicado en el proceso. La investigación recoge conocimientos o datos de fuentes primarias y lo sistematiza para el logro de nuevos conocimientos. *No es investigación confirmar o recopilar lo que ya es conocido o ha sido escrito o investigado por otros.* La característica fundamental de la investigación es el descubrimiento de principios generales, sin embargo, el investigador parte de resultados anteriores, que le ayudan a los planteamientos, proposiciones o respuestas en torno al problema que le ocupa.

Para ello debe:

- Plantear cuidadosamente una metodología.
- Recoger, registrar y analizar los datos obtenidos.
- Para recoger los datos emplea instrumentos válidos y reconocidos científicamente.
- De no existir estos instrumentos debe crearlos.

Finalmente, una vez sistematizados los datos son registrados y expresados mediante un informe o documento de investigación (parte formal de la investigación), en el cual se indica la metodología utilizada y los procedimientos empleados para llegar a las conclusiones presentadas las cuales se sustentan por la misma investigación realizada.

2.3. FORMAS DE INVESTIGACIÓN

- a). **Investigación básica.** A la investigación pura se le da el nombre de básica o fundamental, se apoya dentro de un contexto teórico y su propósito fundamental es el de desarrollar teoría mediante el descubrimiento de amplias generalizaciones o principios. Esta forma de investigación emplea cuidadosamente el procedimiento de muestra, a fin de extender sus hallazgos más allá del grupo o situaciones estudiadas. Poco se preocupa de la aplicación de los hallazgos, por considerar que ello corresponde a otra persona y no al investigador.

No obstante la carencia de aplicación inmediata, esta forma de investigación busca el progreso científico y su importancia reside en que presenta amplias generalizaciones y niveles de abstracciones con miras a formulaciones hipotéticas de posible aplicación posterior. La investigación básica o fundamental es un proceso formal y sistemático, coordina el método científico, de análisis y generalización con las fases deductivas e inductivas del razonamiento.

Como ejemplo de investigación básica tenemos:

"Un modelo de homogeneidad marginal para tablas de contingencia 1x1"

b). **Investigación aplicada.** A la investigación aplicada se le denomina también activa o dinámica y se encuentra íntimamente ligada a la anterior ya que depende de sus descubrimientos y aportes teóricos. Aquí se aplica la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a una utilización inmediata y no al desarrollo de teorías.

Un ejemplo de investigación aplicada es el siguiente:

*"Aprovechamiento de peces forrajeros en la alimentación del pejelagarto *Atractosteus Tripticus Gill* en jaulas flotantes en el Estado de Tabasco, México"*

2.4. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Cuando se va a resolver un problema en forma científica es conveniente tener conocimiento de los tipos de investigación que se pueden seguir. Este conocimiento hace posible evitar equivocaciones en la elección del método adecuado para un procedimiento específico. Es importante recalcar que los tipos de investigación no se presentan puros, generalmente se combinan entre sí y obedecen sistemáticamente a la aplicación de la investigación. Tradicionalmente se presentan tres tipos de investigación.

2.4.1. INVESTIGACIÓN HISTÓRICA

La investigación histórica, es una investigación retrospectiva; trata de la experiencia pasada, se aplica no sólo a la historia sino también a las ciencias de la naturaleza, al derecho, a la medicina, a las ingenierías y a cualquier otra disciplina científica.

Ejemplo:

"Fronteras y Relaciones Internacionales de México durante el siglo XIX".

En la actualidad, la investigación histórica se presenta como una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos del pasado. La tarea del investigador en este tipo de investigaciones tiene las siguientes etapas:

- Enunciado del problema.
- Recolección de la información.
- Crítica de datos y fuentes.
- Formulación de hipótesis.
- Interpretación e informe.

A continuación describiremos cada una de ellas:

- a). **Enunciado del problema.** La indagación histórica se da cuando se quiere entender un hecho o experiencia del pasado. Al igual que cualquier indagación científica, nace de una situación problemática que impulsa al investigador a emprender la búsqueda de una solución. Al iniciar el proceso, el investigador no tiene una noción clara del problema, pero luego intenta aislar uno a uno los elementos fundamentales de su incertidumbre y llega a formular un enunciado simple, claro y completo.
- b). **Recolección del material informativo.** El investigador cuenta con fuentes primarias y secundarias. De las fuentes primarias, el investigador obtiene las mejores pruebas disponibles: testimonio de testigos oculares de los hechos pasados y objetos reales que se usaron en el pasado y que se pueden examinar ahora. Estas fuentes constituyen elementos básicos de la investigación. El investigador recurre también a fuentes secundarias, es decir, la información que proporcionan las personas que no observaron directamente la situación. Estos datos se encuentran en enciclopedias, diarios, revistas, publicaciones periódicas y otros materiales. Las fuentes primarias y secundarias pueden hacer que el investigador modifique el esquema del problema cuando la información indique que ello es necesario.
- c). **Crítica de datos y fuentes.** El investigador examina cuidadosamente cada uno de los elementos de que dispone y procura determinar qué grado de confiabilidad posee. Somete sus documentos a una crítica externa e interna. Mediante la crítica externa, el investigador verifica la autenticidad o la validez de un vestigio a fin de ver si le sirve como prueba. Formula una serie de preguntas hasta determinar *cuándo, dónde y por qué* fue producido un documento o vestigio y verificar quién fue su autor. Procura restaurar la forma original y el lenguaje empleado por el autor. La crítica interna tiene por objetivo determinar el significado y la confiabilidad de los datos que contiene el documento; condiciones en la que se produjo, validez de las premisas intelectuales que usó el autor y la interpretación concreta de los datos. Conocerá el motivo que indujo al autor a redactar un informe y si expresa sus verdaderos sentimientos.
- d). **Formulación de hipótesis.** El investigador, basado en las fuentes y la crítica de las mismas propone distintas hipótesis que expliquen los hechos. Éstos, aislados, carecen de significado; en consecuencia los investigadores no pueden limitarse a describirlos y clasificarlos según sus características superficiales.
- e). **Interpretación e informe.** La exposición del investigador incluye el enunciado del problema, una reseña de la literatura utilizada, los supuestos básicos de las hipótesis, la formulación de esta última, los métodos que se emplearon para ponerla a prueba, los resultados que se obtuvieron, las conclusiones a que se llega y una bibliografía.

2.4.2. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes, o sobre

cómo una persona, grupo o cosa, se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. La tarea del investigador en este tipo de investigaciones tiene las siguientes etapas:

- Descripción del problema.
- Definición y formulación de hipótesis.
- Supuestos en que se basan las hipótesis.
- Marco teórico y conceptual.
- Selección de técnicas de recolección de datos (muestreo).
- Categorías de datos a fin de facilitar relaciones.
- Verificación de validez de instrumentos.
- Recolección de los datos.
- Descripción, análisis e interpretación.
- Conclusiones.

Ejemplo:

"Descripción de una especie nueva del género Neochasmus (TREMATODA: CRYPTOGNIMIDAE) parásita de peces de Tabasco, México".

(Lamothe, et al. 1991).

2.4.3. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Este tipo de investigación, se refiere a una investigación prospectiva. Se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas.

En el experimento, el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas. Este tipo de investigación presenta las siguientes etapas:

- a). Presencia de un problema. Para el cual se ha realizado una revisión bibliográfica.
- b). Identificación y definición del problema.
- c). Definición de hipótesis y variables. Y la operatividad de las mismas.

- d). Diseño del plan experimental. Tiene los siguientes aspectos:
- i). Diseño de investigación.
 - ii). Determinación de la población y muestra.
 - iii). Elaboración de instrumentos y procedimientos para la obtención de datos.
 - iv). Verificación de validez de instrumentos.
 - v). Recopilación, descripción, análisis e interpretación de datos.
- e). Discusión de los resultados y conclusiones.
- f). Informe de la investigación.

Como ejemplo podemos citar a un experimento controlado, que consiste en la selección de dos muestras aleatorias; una, la muestra experimental sujeta a una variable especial, y la otra, la muestra de control no sujeta a la influencia de la misma variable. Comparando las características finales de las dos muestras se puede determinar el efecto del experimento. Cuando se presenta una diferencia significativa entre la muestra experimental y la muestra de control, es necesario analizar la hipótesis y volver a realizar el experimento. La dificultad se encuentra en lograr la uniformidad de las características de la muestra experimental y la muestra de control.

Ejemplo:

"El efecto del aprendizaje temprano y la selección del alimento en roedores".

(Espinoza y Armella, 1991)

En torno a la investigación experimental se presentan diversos tipos de diseños experimentales: diseño completamente al azar, diseño de bloques completos al azar, diseños de cuadros latinos, diseños de cuadros grecolatinos, diseños de bloques incompletos, etc.

En la investigación comparativa se usan como herramientas de prueba de hipótesis: el análisis de varianza y el análisis de regresión.

2.5. EL MÉTODO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL

El asombroso avance de las ciencias experimentales, también llamadas factuales, como la Física, Química, Biología, Sociología, etc., se debe en gran medida a que los científicos que han contribuido a su desarrollo, se han preocupado porque sus métodos de trabajo cumplan con ciertas reglas, apoyadas fuertemente en la lógica y en el sentido común; dichas reglas constituyen lo que se conoce como *método experimental* y han sido estudiadas y analizadas por los filósofos.

El método científico es la *sucesión de pasos* que debemos dar para *descubrir* nuevos conocimientos, o en otras palabras, para comprobar hipótesis que implican o predicen conductas de fenómenos desconocidos hasta el momento. Resumiendo, podemos decir que el

método científico es un conjunto de procedimientos en los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo. El método científico se caracteriza por ser generalmente:

- Tentativo.
- Verificable.
- De razonamiento riguroso y
- Observación empírica.

Los elementos fundamentales del método científico son los conceptos y las hipótesis.

2.5.1. ETAPAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

En el método científico se conjugan la inducción y la deducción, es decir, se da un pensamiento reflexivo. En este proceso tiene cinco etapas para resolver un problema. A saber:

- a). **Percepción de una dificultad.** El individuo detecta algún problema que le preocupa y se encuentra sin los medios para llegar al fin deseado; actúa con dificultad para determinar el carácter de un objeto, o no puede explicar un acontecimiento inesperado.
- b). **Identificación y definición de la dificultad.** El individuo efectúa observaciones que le permiten definir el problema con mayor precisión.
- c). **Soluciones propuestas para el problema (hipótesis).** A partir del estudio de los hechos, el individuo formula conjeturas acerca de las posibles soluciones del problema; esto es, formula hipótesis.
- d). **Deducción de las consecuencias de las soluciones propuestas.** El individuo llega a la conclusión de que si cada hipótesis es verdadera, la seguirán ciertas consecuencias.
- e). **Verificación de las hipótesis mediante la acción.** El individuo pone a prueba cada una de las hipótesis buscando hechos observables que permitan confirmar si las consecuencias que deberían seguir se producen o no. Con este procedimiento puede determinar cuál de las hipótesis concuerda con los hechos observables y así hallar la solución más confiable para su problema.

Las características del método científico son las siguientes:

- a). **Es fáctico.** Porque se apega a los hechos.
- b). **Trasciende los hechos.** Los científicos expresan la realidad para ir mas allá de las apariencias.
- c). **Verificación empírica.** Se vale de la verificación empírica para formular respuestas a los problemas planteados y para apoyar sus propias afirmaciones.

- d). **Autocorrectivo.** Esta permanente confrontación hace que el método científico sea además autocorrectivo y progresivo; autocorrectivo en cuanto va rechazando o ajustando las propias conclusiones; es progresivo ya que al no tomar sus conclusiones como infalibles y finales, está abierto a nuevos aportes y a la utilización de nuevos procedimientos y nuevas técnicas. Es decir, está en constante evolución.
- e). **Formulaciones de tipo general.** El hecho singular interesa en la medida en que éste es miembro de una clase o caso de una ley; más aún, presupone que todo hecho es clasificable.
- f). **Es objetivo.** La objetividad no sólo es lograr el objeto tal como es, sino evitar la distorsión del sujeto que lo conoce mediante las circunstancias concretas. Un hecho es un dato real y objetivo.

2.5.2. APLICACIÓN DEL MÉTODO CIENTÍFICO

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los objetivos de las ciencias factuales, es la *creación de modelos* que permitan predecir el comportamiento de algunos fenómenos de la naturaleza; dichos modelos son en principio aproximados, pero a medida que aumenta el conocimiento de la naturaleza, se refinan y amplían para dar lugar a leyes y teorías, lo que significa un grado de confiabilidad mayor que en el simple modelo.

Los investigadores emplean el método científico para resolver diversos tipos de problemas; por ejemplo, el científico que se dedica a la investigación pura, usa este método para lograr nuevos conocimientos. Los investigadores que cultivan la investigación aplicada, lo utilizan cuando quieren hallar un nuevo producto que mejore las condiciones de vida, cuando requieren mejorar sus tecnologías o bien cuando tienen incertidumbre en la toma de decisiones.

La búsqueda del conocimiento es un proceso lento pero las soluciones son aproximativas. A pesar de los avances logrados en la búsqueda del conocimiento, el hombre no ha encontrado aun un método perfecto para obtener respuestas a sus problemas.

Finalmente se puede afirmar que el método científico ha demostrado ser un medio útil para adquirir conocimientos en todos los campos de la ciencia.

2.6. MÉTODOS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Es muy aventurado explicar de una manera breve en qué consisten los métodos de investigación científica. Para fines de información *muy general* se enunciarán las características esenciales de cada método; hacemos notar que el hecho de presentarlos aislados *es sólo* para lograr una mayor comprensión de éstos, ya que en el proceso de investigación se interrelacionan y se aplican varios métodos al mismo tiempo.

2.6.1. MÉTODO INDUCTIVO

El método inductivo es un proceso en el que, a partir del estudio de casos particulares, se obtienen conclusiones o leyes universales que explican o relacionan los fenómenos estudiados.

Ejemplo:

Mediante la observación de la productividad de un grupo de trabajadores en la construcción de una carretera, ante determinados factores de motivación, se obtiene una teoría acerca de la motivación en la compañía.

El método inductivo utiliza:

- La observación directa de los fenómenos.
- La experimentación.
- El estudio de las relaciones que existen entre ellos.

Inicialmente se separan los actos más elementales para examinarlos en forma individual, se observan en relación con fenómenos similares, se formulan hipótesis y a través de la experimentación se contrastan.

También pueden ser utilizados los siguientes métodos:

1. **Método de concordancia.** Analiza varios hechos y observa los datos que se encuentran relacionados en forma análoga con el fenómeno por investigar.
2. **Método de residuos.** Cuando una parte del fenómeno se atribuye a otro de los antecedentes, se admite que esta parte o residuo es efecto del grupo restante de dichos antecedentes.
3. **Método de la diferencia.** Analiza los casos que difieren por la presencia o ausencia de características en el fenómeno.
4. **Método de la variación concomitante.** Estudia las diferencias halladas en la evolución de un fenómeno que coinciden con la evolución de otros fenómenos.

2.6.2. MÉTODO DEDUCTIVO

Consiste en obtener conclusiones particulares a partir de una ley universal.

Ejemplo:

La aplicación de la ley de los grandes números formulada por Bernoulli. Esta ley es un fundamento del muestreo estadístico, en el que, para obtener los datos necesarios, en lugar de aplicar una encuesta a toda la población se aplica una muestra representativa.

El método deductivo consta de las siguientes etapas:

- Determina los hechos más importantes en el fenómeno por analizar.
- Deduce las relaciones constantes de naturaleza uniforme que dan lugar al fenómeno.
- Con base a las deducciones anteriores se formula la hipótesis.
- Se observa la realidad para comprobar la hipótesis.
- Del proceso anterior se deducen leyes.

Mientras que en el método inductivo se parte de los hechos para hacer inferencias de carácter general, el método deductivo parte siempre de verdades generales y progresa por el razonamiento.

2.6.3. *MÉTODO SINTÉTICO*

Es un proceso mediante el cual se relacionan hechos aparentemente aislados y se formula una teoría que unifica los diversos elementos. El historiador que realiza investigación documental y de campo acerca de la comunidad, integrando todos los acontecimientos de determinada época, aplica el método sintético.

2.6.4. *MÉTODO ANALÍTICO*

En este método se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. La Física, la Química, la Biología utilizan este método; a partir de la experimentación y el análisis de un gran número de casos, se establecen leyes universales.

Si se analizan las características de los métodos explicados anteriormente, es fácil concluir que todos ellos se relacionan y complementan. A partir del *método analítico* se observan fenómenos singulares; con la *inducción* se formulan *leyes* universales; mediante el *método deductivo* se aplican esas leyes a *situaciones particulares*; y a través de la *síntesis*, se integran *conocimientos* aparentemente no relacionados.

Por otra parte, existe una íntima relación entre el método *deductivo y el sintético* y el método *inductivo y el analítico*, ya que la inducción puede considerarse como un caso de análisis, y la deducción como una parte de la síntesis.

3. EL PROBLEMA, LAS HIPÓTESIS Y LOS OBJETIVOS

3.1. EL PROBLEMA

Una dificultad muy común al inicio de todo trabajo de investigación radica en el *planteamiento del problema* y en entender el significado de la investigación en general.

La investigación, al nivel más simple, es la búsqueda de un conocimiento; la búsqueda de algo que es importante entender (al menos para el investigador). Sin embargo, investigar, no solamente es buscar; sobre todo si se quiere hacer de una manera formal, en donde los resultados sean publicados y contribuyan a aumentar el conocimiento y/o entendimiento de otros profesionistas. La búsqueda deberá ser, por lo tanto, para establecer hechos y principios que sean lo bastante accesibles para ser utilizados por otros.

Al planear y pensar en el problema se debe preguntar constantemente: si realizo mi investigación ¿cuáles son los resultados posibles y cuáles son los aportes que con ellos se consigue?; es una pregunta difícil de responder, pero es importante porque ello lleva al investigador a la parte medular del propósito y la importancia del tema.

La identificación, análisis y el planteamiento del problema es la sección más corta pero quizá la más importante en un trabajo de investigación ya que de ello depende la congruencia y claridad del diseño del proyecto.

Los problemas de orden científico, como objeto de estudio de la investigación, se pueden definir de la siguiente manera:

- a). Es cualquier dificultad que no se puede resolver automáticamente, es decir, con la sola acción de nuestros reflejos instintivos y condicionados, o mediante el recuerdo de lo que hemos aprendido anteriormente.
- b). Es el punto de partida de la investigación, surge cuando el investigador encuentra una *laguna teórica* dentro de un conjunto de datos conocidos, o un hecho no abarcado por una teoría, un tropiezo o un acontecimiento que no encaja dentro de las expectativas en su campo de estudio.
- c). *El problema surge como una pregunta* de observación más o menos estructurada y se le considera como un instrumento para generar nueva información. El investigador primeramente reconoce los hechos y por un proceso de *selección* (de lo que cree que es relevante)

y *supresión* (de lo que se considera irrelevante), genera una pregunta coherente, y es probable, que aquí se encuentre la parte más genuinamente creativa de la investigación científica.

- d). Nos da una guía a seguir en todo lo que vendrá después y al mismo tiempo debe basarse en un acuerdo muy serio entre el investigador y el consejero³.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PROBLEMAS CIENTÍFICOS

No todo problema es un problema científico, los problemas científicos son exclusivamente aquellos que se plantean sobre un trasfondo científico y se estudian por medios científicos y con el objetivo primario de incrementar nuestro conocimiento.

Si el objetivo de la investigación es práctico más que teórico, y los instrumentos son científicos, entonces el problema se enfoca a la ciencia aplicada o tecnología, y no de ciencia pura. Sin embargo hay que considerar que no es una línea rígida la que separa los problemas científicos de los tecnológicos, pues un mismo problema, planteado y resuelto con cualquier fin, puede dar una solución que tenga ambos valores, el cognoscitivo y el práctico.

Los problemas por resolver implican la necesidad de hallar la respuesta a una cuestión indagada, descifrar los valores de ciertas incógnitas, descubrir algún proceso desconocido, encontrar la manera de intervenir en el comportamiento de un proceso para cambiarlo, construir objetos e instrumentos, formular nuevos conceptos, inferir conclusiones, establecer hipótesis, comprobar o eliminar experimentalmente la conclusión de un razonamiento, o resolver la contradicción entre dos o más posibilidades incompatibles.

Para identificar problemas científicos es conveniente recordar los rasgos esenciales del pensamiento científico. Entre los rasgos fundamentales de la ciencia se puede mencionar *la racionalidad, la objetividad y la sistematicidad*. El conocimiento científico es racional porque está constituido por conceptos, juicios y razonamientos y no por sensaciones, imágenes, reglas de conducta, emociones, etc. Aunque el científico puede basarse en un momento dado en imágenes o ilustraciones, su finalidad es llegar a *ideas*, a *conceptos*. La objetividad en el conocimiento científico, significa que el hombre de ciencia pretende llegar a ideas que expresen lo que realmente es el objeto por conocer, independientemente de todo elemento *subjetivo* como podría ser el disgusto o el agrado.

La *sistematicidad* se explica en la medida en que la ciencia no busca conocimientos dispersos, sino que trata de unificarlos. El conocimiento científico no aumenta por simple acumulación. Todo conocimiento científico es parte de un conjunto al que está relacionado de manera tal, que sólo cobra todo su sentido en función de ese conjunto. No se entenderá qué es un tejido, si no tenemos en cuenta al órgano de que forma parte; y sólo se entiende el aparato si tenemos

³ El planteamiento del problema en instituciones donde se realiza investigación de alta calidad debe ser cuidadosamente analizada por el consejero y una vez aceptado, no puede ser cambiado sin la autorización del mismo.

en cuenta la totalidad del organismo. Cuando existe esta relación de todo a parte, tenemos un sistema. La ciencia está formada por un conocimiento sistemático.

El carácter útil de la ciencia se entiende en la medida que sus conocimientos pueden ser aplicados; la ciencia nos enseña los procedimientos para averiguar cómo son las cosas y las leyes que rigen los procesos naturales y consecuentemente, a utilizar la naturaleza para servicio del hombre (López, 1990).

3.1.2. ¿CÓMO REDACTAR LOS PROBLEMAS?

El planteamiento del problema ayuda a pensar acerca del propósito del estudio como una forma de conceptualizarlo y escribirlo de manera clara. Cuando se redacte la introducción, *es recomendable agregar un párrafo en el que exprese el propósito del estudio, antes de definir el problema, éste debe ser breve y de información relacionada con él. Es necesario indicar el porqué se propone el estudio, qué es lo que se puede satisfacer y con respecto a los resultados anticipados del estudio, indicar cómo está propuesto. Después de definir el propósito, un párrafo de dos o más líneas es suficiente para plantear el problema. Seleccione sus palabras con cuidado, no prometa más de lo necesario para realizar un trabajo de alto nivel en un tiempo razonable. Debe ser expresado como una pregunta o declaración, preferentemente planteada por el estudiante o investigador, con la ayuda del consejero y dependiendo del tema. Sin embargo deberá anotarse también en la sección de materiales y métodos.*

Ejemplo:

Este estudio investiga: *Cuál es la dosis óptima de nitrógeno, para la fertilización de coníferas tropicales de rápido crecimiento, considerando diferentes fuentes de nitrógeno a partir de fertilizantes químicos.*

Si reconocemos que el planteamiento del problema es fundamental para la elaboración del proyecto y desarrollo de la investigación, es necesario que en su descripción y presentación se tomen en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Su presentación debe ser objetiva, clara y concisa.
- Se debe ubicar dentro del contexto espacio, tiempo y objeto.
- Se deben incluir las variables involucradas en el estudio.
- Debe ser consecuente de hechos observados y/o conocimientos teóricos comprobados.
- Debe proponer las posibles relaciones entre variables, como alternativas de solución al problema.

La primera recomendación, se refiere a que en el planteamiento del problema se deben evitar ambigüedades, imprecisiones y subjetividades de tipo personal, asimismo, en los puntos subsecuentes se señala su ubicación dentro del contexto espacio, tiempo y objeto, es decir, se debe tener respuesta a las preguntas de *qué, dónde, cuándo, cómo, por qué y para qué.*

Por otro lado, también se señala que se deben incluir de manera explícita todas las variables involucradas en el estudio, con el fin de tener un panorama global del problema, considerando

las características de sus elementos, sus relaciones internas y externas, asimismo, desde el momento en el que nos enfrentamos a un posible problema, debemos confrontarlo con la información científica acumulada y actualizada, es decir, debemos sustentarlo con la información obtenida de una investigación documental exhaustiva y actualizada, la cual nos permitirá de manera paralela elaborar el marco teórico. Además, se deben presentar de manera explícita todas las posibles relaciones de las variables en estudio.

Ejemplo:

- Determinar si en las diferentes fuentes por sistema terrestre se aplican las mismas dosis o alguna es más económica con el mismo efecto de rendimiento.
- Identificar los sistemas terrestres donde se puede aumentar el rendimiento sobre la base del uso de fertilizantes a más bajo costo.

3.2. LAS HIPÓTESIS

Para tener un concepto preciso de lo que es la *hipótesis*, a continuación se señala lo expresado por diferentes autores:

- "Es una conjetura o proposición sujeta a comprobación" (Zorrilla, 1989).
- "Es una proposición enunciada para responder tentativamente a un problema" (Pardinas, 1981).
- "Es una anticipación en el sentido de que se proponen ciertos hechos o relaciones que pueden existir, pero que todavía no conocemos y no hemos comprobado que existan" (Arias, 1984).

La palabra hipótesis viene del griego *hipó*: bajo y *thesis*: posición o situación. De acuerdo a sus raíces etimológicas, hipótesis significa: una explicación supuesta que está bajo ciertos hechos, a los que sirve de soporte. La hipótesis es aquella explicación anticipada que le permite al científico asomarse a la realidad (López, 1990). Otra definición de hipótesis que amplía la anterior, nos dice: Una hipótesis es una suposición, que da respuesta tentativa al problema de investigación, que permite establecer relaciones entre hechos. El valor de una hipótesis reside en su capacidad para establecer esas relaciones entre los hechos, y de esa manera explicaremos por qué se produce. En esta definición debemos fijarnos en el término *suposición*. En efecto, es característico de la hipótesis partir de *suposiciones*; pero de suposiciones no gratuitas, sino de aquellas que están fundamentadas en observaciones. Un ejemplo ilustrativo de hipótesis, en este sentido, es el que supone la existencia de una sustancia física como el éter. Newton comenzaba con estas palabras la enunciación de la hipótesis del éter:

Supongo que existe una sustancia aérea difundida por todas partes, capaz de contraerse o dilatarse, sumamente elástica; en una palabra, muy parecida al aire, en todo aspecto, pero mucho más sutil. Supongo -decía más adelante- que el éter penetra en todos los cuerpos sólidos; pero de tal manera, que está más rarificado cuando más pequeños sean los poros.

- a). **Hipótesis explicativas.** Una característica más de la hipótesis es su papel meramente explicativo. Por medio de su hipótesis sobre el éter, Newton no pretendía decir qué era el éter, cuál era su esencia, sino simplemente señalar las características o cualidades que le pertenecen, después de suponer su existencia, para que fuese posible explicar, a su vez, una serie de fenómenos. En virtud de esto, podríamos definir la hipótesis, en sentido estricto, como sigue: *la hipótesis es una suposición acerca de la existencia de una entidad, la cual permite la explicación del fenómeno o de los fenómenos estudiados.*

En efecto las hipótesis fraguadas por los científicos pueden estar encaminadas a explicar un conjunto de fenómenos, como en el caso del éter, o bien explicar un solo hecho, como la hipótesis que permitió descubrir la existencia de Neptuno y Plutón. La finalidad de las hipótesis explicativas es la de explicar, de dar razón de los acontecimientos por medio de la interpolación de hechos que podrían haber sido observados, en condiciones adecuadas. ¿Qué es una explicación? Podemos definirla como un conjunto de enunciados de los cuales deducimos el hecho o los hechos que se desea explicar. La explicación nos permite eliminar el carácter problemático de las cosas.

Para que se comprenda bien este carácter explicativo de la hipótesis, citamos un ejemplo sencillo: pensemos en la hipótesis de un robo para *explicar* la desaparición de un collar de perlas o de cualquier objeto valioso. En la vida cotidiana, pedimos explicaciones sobre lo desusado y extraño. Un mandadero de oficina puede llegar a su trabajo a la misma hora todas las mañanas, durante mucho tiempo, y ello no despertará ninguna curiosidad. Pero si un día llega una hora tarde, su patrón le pedirá una *explicación*. ¿Qué es lo que se quiere cuando se pide una explicación de algo? Un ejemplo ayudará a responder esta pregunta: El mandadero de oficina puede contestar que tomó el camión de las siete y media para dirigirse a su trabajo, como de costumbre; pero que el camión sufrió un accidente de tránsito, a consecuencia de lo cual perdió mucho tiempo. En ausencia de otro medio de transporte, tuvo que esperar que el camión fuera reparado, y esto llevó una hora entera. Este relato probablemente sería aceptado como una *explicación satisfactoria*.

- b). **Hipótesis descriptivas e hipótesis analógicas.** Aparte de las hipótesis llamadas explicativas, que ya se han desarrollado, se pueden citar otros dos tipos, tales como las *hipótesis descriptivas* y las *hipótesis analógicas*. La función de una hipótesis descriptiva consiste en simbolizar la conexión ordenada de los hechos. Un ejemplo de este tipo de hipótesis lo encontramos en Ptolomeo, en la medida en que este astrónomo proporcionó una representación geométrica de los cuerpos celestes; y por otro lado, la hipótesis del éter concebido como un fluido sin fricción y como sólido completamente elástico, es en realidad una hipótesis descriptiva.

Las hipótesis analógicas son aquellas, mediante las cuales formulamos una hipótesis basándonos en lo que es verdadero en un conjunto de fenómenos, puede ser también verdadero acerca de otro conjunto, debido a que ambos tienen en común ciertas propiedades formales. Por ejemplo, es conocido el caso del físico James Clark Maxwell, el cual reconoció una analogía entre ciertos problemas relativos a la teoría de la atracción gravitacional y determinados problemas referentes a la teoría de la electrostática.

3.2.1. HIPÓTESIS, LEY Y TEORÍA⁴

Ya hemos hablado del carácter de suposición, de conjetura, que tiene la hipótesis; la hemos caracterizado como una suposición o conjetura acerca de determinados hechos. Esto implica sostener que la *hipótesis es una verdad provisional y nunca definitiva*. En realidad, la ciencia toda puede considerarse, en última instancia como una continua hipótesis susceptible de verificarse y de ser corregida (un sentido amplio del término hipótesis). Sin embargo, en el proceso de la ciencia, es preciso distinguir entre *hipótesis, ley y teoría*.

La hipótesis tiene carácter provisional; pero puede irse depurando y ajustando hasta convertirse en una ley y después en una teoría científica, la cual viene siendo una explicación más completa de un conjunto de fenómenos, y a su vez, puede abarcar varias leyes. Cuando una hipótesis es comprobada, adquiere el carácter de la ley que puede definirse como aquella "relación constante y necesaria entre ciertos hechos" como acontece, por ejemplo, con las leyes del movimiento de Newton. Es claro que antes de llegar a ser comprobadas estas leyes, Newton formuló hipótesis en las cuales presumía lo que debía acontecer, y lo cual quedó confirmado al hacer los experimentos.

Podemos definir la teoría así: *la teoría es una construcción intelectual que abraza a varias leyes e intenta dar cuenta de un sector de la realidad*. La teoría puede explicar hechos restringidos; por ejemplo, la teoría de Kant-Laplace sobre el origen de los planetas y satélites; o bien puede explicar un dominio de conocimientos más amplios, como sucede con el evolucionismo de Darwin, la concepción mecánica de la física, la energética, etc.

3.2.2. LA HIPÓTESIS Y LA OBSERVACIÓN⁴

En el método experimental, la hipótesis constituye una etapa ineludible; pero antes que la hipótesis, propiamente dicha, está la observación que consiste: en la atención cuidadosa a un objeto con el fin de conocerlo. La observación de los científicos generalmente está auxiliada con instrumentos que dan mayor exactitud a los resultados, como el microscopio, el barómetro, el telescopio, el espectroscopio etc.

La observación se realiza por medio de los sentidos, pero se auxilia por medio de instrumentos científicos; los sentidos son limitados. Por ejemplo, el telescopio nos permite extender nuestra observación hacia espacios insospechados. La película sobre el crecimiento de una planta nos permite observar el proceso mismo de su desarrollo con todo detalle, etc.

El segundo paso en el llamado método experimental, o sea el que utilizan las ciencias naturales, es precisamente la *hipótesis* concebida como una explicación provisional de los hechos observados. En virtud de que la hipótesis es posterior a la observación, se dice que tiene un carácter *a priori*, lo cual significa aquello que está acondicionado por la experiencia, lo que está después de la observación de los hechos.

⁴ López, 1990

Así pues, la hipótesis tiene como base la experiencia; a ello se refiere cuando se dice que la hipótesis no son supuestos gratuitos o arbitrarios, sino que están fundamentados en la observación empírica. La hipótesis científica se formula teniendo en cuenta los últimos resultados de la experiencia; su formulación se ciñe a los cánones o reglas de la lógica, ya sea a la ley lógica de la posibilidad o al llamado principio de "no contradicción" (el cual nos dice que: "ningún objeto puede ser y dejar de ser al mismo tiempo lo que es, bajo el mismo punto de vista").

Ahora bien, la experiencia que busca la ciencia es la que no se limita a un hecho aislado, aquella que nos permite prever o hacer generalizaciones. La experiencia no puede ser desvinculada de la elaboración de hipótesis. Decía Henri Poincaré que "la experiencia es la única fuente de la verdad: sólo ella puede enseñarnos algo nuevo; sólo ella puede darnos la certeza". He aquí dos afirmaciones que nadie puede discutir.

3.2.3. **IMPORTANCIA DE LA HIPÓTESIS EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA⁵**

- a). **La importancia de la hipótesis.** La importancia de la hipótesis en la tarea científica es decisiva. Las hipótesis *han constituido valiosas guías para la formulación de teorías científicas*. Por ejemplo, la historia de la teoría atómica de la materia ha mostrado la manera en que diferentes clases de hipótesis han contribuido al desarrollo de la ciencia. A menos que se comprenda el papel que desempeña la hipótesis, es imposible comprender la estructura del método científico. Ya vimos, cómo la hipótesis cobra significación dentro de las fases o pasos del método experimental. Dentro del método científico, la hipótesis representa la anticipación de la naturaleza, que condiciona el proceso de la indagación experiencial. En este sentido, la hipótesis es la idea que dirige la investigación, es una anticipación, un adelanto sobre la experiencia, que la propia experiencia debe juzgar.
- b). **Utilidad de las hipótesis incompatibles.** La importancia de la hipótesis en la investigación científica nos lleva a afirmar que aun las hipótesis que se consideran incorrectas o falsas le son verdaderamente útiles al científico. Cuando la hipótesis va contra los resultados experimentales, entonces es necesario abandonarla con el fin de formular en su lugar una nueva hipótesis que la reemplace, con la cual se vuelve a iniciar el proceso de la verificación experimental. Esto significa que *a pesar de que una hipótesis puede resultar falsa al ser sometida a prueba, sirve como instrumento para hacer avanzar el conocimiento científico*.

Así como la teoría puede dar orientación a la búsqueda de hechos, una hipótesis indica lo que estamos buscando. Al analizar lógicamente los hechos de una teoría, pueden deducirse relaciones distintas de las establecidas en ellas; aquí todavía no sabemos si tales deducciones son correctas. Sin embargo, la formulación de la deducción constituye una hipótesis; si se comprueba, pasa a formar parte de una futura construcción teórica; entonces la relación entre hipótesis y teoría se vuelve estrecha. Actualmente la gente va más allá, dando explicaciones tentativas de lo que ellos observan o ven; frecuentemente se utilizan estas explicaciones como

⁵ López, 1990.

base para más investigaciones; determinando, si es posible, cual de las explicaciones tentativas se observa que es precisa para hacer una descripción de lo que está pasando, y cual de las explicaciones es lo bastante precisa para predecir qué pasará si ciertas condiciones se mantienen.

Si el investigador está buscando respuestas directas a preguntas, esto prácticamente no es muy útil para poder establecer hipótesis formales y diseñar el estudio y el método de prueba; de esta manera, posiblemente algunas relaciones por coincidencia pueden ser importantes, o puede parecer que un factor sea causa o resultado de otro. Las hipótesis son el mejor camino para indicarle al investigador que está a punto de encontrar algo nuevo. Las partes importantes en el diseño del estudio están relacionadas con las hipótesis, como son los objetivos, diseño del experimento, que incluye la colección, el análisis de los datos y la presentación e interpretación de los resultados.

3.2.4. CARACTERÍSTICAS DE LAS HIPÓTESIS

Para formular científicamente las hipótesis, es necesario satisfacer los requisitos siguientes⁵:

- Tienen que ser claras, es decir, los conceptos deben estar claramente definidos, si es probable operacionalmente.
- Deben tener referentes empíricos, ninguna hipótesis utilizable debe llevar a juicios morales.
- Estar relacionadas con técnicas disponibles; el teórico debe conocer cuáles son esas técnicas para someter su hipótesis a prueba.
- Ser susceptibles de verificación.
- Permitir la conexión entre el marco teórico y el campo específico de estudio.
- Apoyarse en conocimientos comprobados.
- Tener el mismo alcance que el problema propuesto.
- Conducir a la predicción de fenómenos reales, ya que éstas, son las que se someten a prueba para verificarla.

3.2.5. TIPOS DE HIPÓTESIS

En función del número de variable y del tipo de relación que guarden entre sí, las hipótesis pueden ser de tres tipos:

- a). **Hipótesis de una sola variable:** Se les denomina descriptivas porque se plantean en investigaciones que sólo pretenden la descripción del objeto de estudio.

⁵ Quezada y Moreno, 1987.

Ejemplo:

"Los alumnos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) son en su mayoría tabasqueños". Unidad de observación: Los alumnos de la UJAT Variable: tabasqueños. Término de relación: son.

- b). **Hipótesis de dos variables que guardan una relación de dependencia (causa-efecto).** Se les llama hipótesis explicativas porque proponen estudiar las causas y los efectos de los fenómenos.

Ejemplo:

"Cuanto menor sea el tiempo que pasan los alumnos en la institución, menor será el grado de aprovechamiento académico". Unidad de observación: Los estudiantes y la institución. Variables: Tiempo en la institución y grado de aprovechamiento. Términos de relación: Cuanto menor sea..., menor será.

- c). **Hipótesis de dos o más variables con una relación asociativa.** En ésta se postula una relación de covarianza: si se modifica una variable, también se modifica la otra (sin que se establezca una relación causa-efecto entre las variables). Estas hipótesis se llaman asociativas.

Ejemplo:

"A mayor alza en el costo de la vida, menores posibilidades de lograr la confianza del pueblo en sus gobernantes". Unidades de observación: pueblo y gobernantes. Variables: el costo de la vida y el grado de confiabilidad. Términos de relación: a mayor alza, menores posibilidades.

3.3. LOS OBJETIVOS

Cuando se ha determinado el tema de la investigación y ya se tiene el problema planteado, se procede a formular los objetivos; que deben estar armonizados con los del investigador y los de la investigación. El *objetivo del investigador* es el deseo llegar a tomar decisiones y obtener una teoría que le permita generalizar y resolver en la misma forma problemas semejantes en el futuro. El *objetivo de investigación* es lo que se ha de demostrar por medio de la *hipótesis propuesta*, lo cual nos permite formular objetivos generales y específicos.

El objetivo general consiste en un enunciado claro y preciso de lo que pretendemos realizar en la investigación. Los objetivos específicos son originados del objetivo general y nos indican lo que se pretende realizar en *cada una de las etapas* de la investigación. Estos objetivos deben ser evaluados en cada paso para conocer los distintos niveles de resultados. Todo trabajo de investigación es *evaluado* por el logro de los objetivos mediante un proceso sistemático, los cuales deben haber sido previamente señalados y seleccionados al comienzo de la investigación. La sistematización hace posible el planteamiento de estrategias válidas para el

logro de los objetivos; por esta razón, tienen que ser revisados en cada una de las etapas del proceso; el no hacerlo puede ocasionar fallas en la investigación.

¿Cómo formular objetivos? Un objetivo bien formulado es aquél que logra transmitir lo que intenta realizar el investigador; es decir, lo que pretende obtener como resultado. El mejor enunciado de un objetivo excluye el mayor número de interpretaciones posibles del propósito a lograr. No se deben englobar todos los objetivos de una investigación en un solo enunciado, sino que se deben formular por separado de acuerdo a cada uno de los fines deseados. Para una buena formulación de objetivos conviene redactar todos los posibles enunciados que se tengan en mente, lo cual nos ayuda a pulir el o los objetivos hasta lograr el enunciado que responda a nuestro propósito.

Ejemplo de objetivo general:

“Generar el método de elementos frontera para la simulación del crecimiento de tumores cerebrales”

(Bolaina *et al*, 1995).

De aquí se pueden derivar los objetivos específicos que son las partes de un todo.

Ejercicio 1. Anote las siguientes consideraciones a detalle.

- 1. Anote el objeto⁶ de su interés sobre el cual realizará la investigación.**

- 2. Delimite el objeto de estudio.**

- 3. Realice un listado de preguntas de investigación e identifíquelas de acuerdo a sus prioridades.**

⁶ No confunda con los objetivos. El objeto es el fenómeno que se va a someter a estudio.

4. En base a la pregunta elegida como prioritaria, plantee el “Problema de la Investigación”.

Este estudio investiga: _____

5. ¿Por qué está usted proponiendo este estudio, qué es lo que se puede satisfacer con respecto a los resultados anticipados del estudio? Indique cómo está propuesto (propósito).

Ejercicio 2. Conteste las siguientes preguntas a detalle.

1. De acuerdo al problema de investigación planteado en el ejercicio 1, anote las respuestas tentativas (hipótesis de la investigación):

2. ¿Existen razones de peso, experiencia práctica, teoría o resultados de investigaciones previas que apoyen la hipótesis? Indique cuáles son estas razones. Si es así, puede decir que fueron elaboradas en forma válida.

3. ¿Es posible coleccionar y analizar los datos en tal forma que muestren qué hipótesis son sostenibles y cuáles no? Si es posible, se pueden probar.

4. ¿La hipótesis está enfocadas al campo de estudio? ¿La hipótesis relevante es aquélla que prueba parte de las preguntas a todo aquello que se está investigando? Indique cómo.

5. ¿Tiene un grupo aceptable de preguntas de investigación o hipótesis?

6. ¿Puede usted especificar cómo contestar las preguntas y cómo probar las hipótesis?

7. ¿Puede el trabajo de investigación ser una contribución si se encuentra que la hipótesis es falsa? Indique cómo.

8. **¿Se tienen preguntas complementarias o hipótesis paralelas a la principal? Indique cuáles.**

9. **¿Existen preguntas alternativas o hipótesis que puedan explicar lo que se encontrará anticipadamente? Indique cuáles.**

Ejercicio 3. Anote las siguientes consideraciones a detalle.

1. **Indique el objetivo general:**

2. **Indique los objetivos específicos:**

- ---

- ---

- _____

- _____

NOTAS:

4. EL TEMA DE ESTUDIO

4.1. ELECCIÓN DEL TEMA

El proceso de la investigación debe realizarse mediante una cuidadosa planeación, la cual comienza con la elección del tema. En este proceso es donde van a *fundamentarse los problemas, las hipótesis y los métodos de estudio*. De no hacerlo, puede darse el caso de que algunos investigadores, al analizar sus datos, no sepan cuáles ni cuántas medidas estadísticas deben emplear; o que se den cuenta que han pasado por alto una variable importante y que no fue tomada en cuenta. Antes de iniciar una investigación deberá darse importancia a cuatro requerimientos, a saber:

- a). Que el investigador tenga conocimientos generales de fundamentos de investigación y que tenga un conocimiento mínimo del tema a investigar.
- b). Que se cuente con un plan ya definido de lo que quiere investigar.
- c). Que se consideren los recursos económicos y el tiempo para realizar el trabajo de investigación.
- d). Que el investigador esté motivado, es decir, esté dispuesto a concluir las actividades con disposición y buena voluntad.

Si el investigador cumple con los requerimientos mínimos debe proceder a escoger el tema de investigación.

Otra manera de plantear los requerimientos mínimos para que la investigación sea efectiva en un tiempo y en un espacio determinados y enriquezca a la ciencia de la que forma parte; es el presentado por Garza, 1981; citado por García 1989, en donde considera que el tema seleccionado debe ser:

- Interesante.
- Importante.
- Preciso.
- Original.
- Viable.
- Que tenga propósitos bien definidos.

A continuación se da una explicación exhaustiva de estos puntos:

- a). **El tema debe ser interesante.** Un tema de investigación es interesante, cuando para el investigador resulta atractivo en todos o algunos de sus aspectos o que se encuentra relacionado con otro tema u otros temas que el investigador desearía estudiar.
- b). **El tema debe ser importante.** La importancia de un tema, se manifiesta por el interés que la investigación pueda tener para un grupo de personas; el grupo puede ser pequeño (una fábrica, un parque industrial, etc.); o amplio, que cubra todo el género humano; la importancia también se destaca por la actualidad del tema, la generalidad que tenga o la gravedad del problema que se esté tratando.
- c). **El tema debe ser preciso.** El tema es preciso cuando se concreta en un área específica del conocimiento y no en áreas amplias que son propias de generalizaciones o enciclopedias. Un tema bien delimitado es un tema concreto.
- d). **El tema debe ser original.** El trabajo de investigación no debe de ser un duplicado de trabajos anteriores, para evitar esto, el estudio debe contar con *información reciente*, que utilice datos distintos a los que sirvieron a otros trabajos y además el planteamiento del problema deberá ser también distinto.
- e). **El tema debe ser viable.** El tema de investigación es viable, cuando se presentan las siguientes situaciones:
 - i). Que el problema sea susceptible de *resolución*, de acuerdo al estado actual del conocimiento.
 - ii). Que las teorías, los métodos y las técnicas, sean accesibles al investigador, en términos de aptitud, preparación y experiencia.
 - iii). Que el investigador disponga de tiempo, financiamiento, acceso a servicios, conocimientos y literatura de la especialidad.
- f). **El tema debe tener propósitos bien definidos.** El tema debe expresar objetivos bien definidos de lo que se desea obtener en el estudio.

La elección del tema es difícil en algunas circunstancias, no por falta de temas, sino porque muchas veces esta decisión está precedida por una situación angustiosa por parte del investigador, relacionada con la escasa preparación académica o de la poca experiencia profesional que muchas veces se tiene. Cuando pasa esa angustia, la elección del tema, tiene especial atractivo, por dos motivos (Garza, 1981):

1. Se disfruta de mayor libertad, no siendo así en las demás etapas, ya que en éstas, el investigador debe ajustarse con mayor rigor a las exigencias de métodos y técnicas aceptables por la comunidad académica o profesional.
2. El investigador se orienta en forma determinante a sus propios juicios de valor. Si esto lo hace en otras etapas, puede llegar a la falsificación de su trabajo.

Es importante elegir el tema de investigación puesto que de aquí se fundamenta el problema. Cuando se selecciona el tema se mueve en un marco de generalidad, cuando se selecciona el problema se reduce la misma. Es decir, a partir de la realidad surge una problemática, la cual está integrada por una serie de factores. De dicha problemática, debe elegirse un *factor* (que le llamamos objeto de investigación), que es el que va a estar sujeto a estudio y es el que determina el tema de investigación; dentro del cual debe seleccionarse un problema investigable. Iniciar con la selección del tema implica no perder de vista su ubicación contextual.

El buen título de un trabajo de investigación es aquél que refleja fielmente los alcances y la naturaleza del estudio.

Para elegir el tema de la investigación debe considerarse una o varias de las siguientes fuentes para que se facilite la ubicación del investigador en el área de interés (García, 1989):

- Literatura de la especialidad.
- Trabajos profesionales.
- Consultas a profesores y a profesionistas.
- Seminarios.
- Creatividad personal.

A continuación se describen cada una de ellas:

- a). **Literatura de la Especialidad.** La literatura de la especialidad, es una fuente que se utiliza cuando el investigador selecciona el tema, leyendo y revisando libros, tesis, revistas científicas, enciclopedias, videos, etc. Es importante destacar que no basta leer sino que *se debe ir formulando una serie de preguntas* a medida que se avanza en la lectura, estas preguntas pueden ser: ¿cuáles fueron los instrumentos empleados? ¿Existen dudas en los resultados? ¿El método seguido es objetivo? ¿Los datos son suficientes? Etc. (Arias, 1984).
- b). **Trabajos Profesionales.** En el desempeño de las funciones propias del investigador, en el ámbito profesional, surgen temas de investigación. Tratándose de profesionistas libres, los temas son planteados por los clientes; ahora si trabaja o estudia en una Institución, los temas surgen durante el desempeño del trabajo o por *líneas de investigación*⁷ ya establecidas de antemano.
- c). **Consultas a Profesores y Profesionistas.** Las consultas a profesores y profesionistas se dan cuando se tiene el interés en realizar un trabajo escolar terminal (tesis) o desarrollar un trabajo profesional técnico.
- d). **Seminarios.** Los seminarios fomentan la investigación en temas relacionados con las actividades de los participantes, además son fuentes de elección y acopio de datos sobre trabajos específicos⁸.

⁷ Pregunte sobre las Líneas de Investigación en el Centro de Investigación de su División Académica.

⁸ Asista a eventos importantes como la "Semana de Divulgación Científica" que organiza la UJAT.

- e). **Creatividad Personal.** La creatividad personal se manifiesta, cuando el investigador haciendo uso de sus habilidades creativas, se desprende de secuencias comunes de pensamiento para crear otras.

La elección del tema es una actividad que necesariamente corresponde al investigador; éste lo presentará por escrito a la instancia indicada por la Universidad o a cualquier otra Institución o Centro de Investigación para su análisis y aceptación, si así se determina. En el caso de la UJAT, este proceso puede realizarse en la Coordinación de Investigación de la División Académica correspondiente o en el Centro de Investigación de dicha División.

Al presentarlo, se indicará el título del tema, señalando las divisiones y las subdivisiones que la conformarán (índice tentativo), el problema de la investigación, los objetivos y las hipótesis; no omitiendo justificar el tema de estudio. Posteriormente, si el tema es aceptado, se procederá a realizar en forma adecuada el Protocolo de la Investigación.

El tema relaciona a la parte global del contenido a tratar; las divisiones y subdivisiones del índice hacen relación a la temática o aspectos principales del tema.

En el *título* se debe incluir la idea central del trabajo en *forma* clara y *concisa*. Preferentemente debe iniciarse con un nombre que describa o indique directamente el *objeto* de estudio. Asimismo, debe permitimos, sin leer el contenido del proyecto, tener una idea clara de lo que se pretende llevar al cabo en la investigación. Por otro lado aunque debe ser conciso no se debe sacrificar lo informativo, por lo que se debe dar respuesta al *qué, cómo, cuándo, y dónde*.

Una manera de seleccionar el tema de investigación, en el cual, la mayoría de los investigadores tendrían una mayor claridad en la definición del tema, es como sigue:

- a). Definir en qué área del conocimiento y a qué formación profesional quiere llevar al cabo la investigación⁹.
- b). Responder a las interrogantes: ¿es el tema de interés?, ¿existe información?, ¿dónde?, ¿se imagina los resultados que puede tener la investigación?, ¿son de impacto?, etc.
- c). Definir si desea profundizar en el conocimiento sobre el aspecto seleccionado o bien contrastar el modelo teórico con la realidad¹⁰.
- d). Cualquiera que haya sido su decisión en el inciso c, deberá documentarse en bibliotecas, banco de datos, etc. , y revisar todo el material escrito referido a su objeto de estudio.
- e). Los profesionistas ayudarán al investigador a delimitar el objeto de la investigación. Busque a uno o más profesores expertos en el tema que le orienten y le indiquen bibliografía adicional a la seleccionada en el inciso precedente.

⁹ Se sugiere que el investigador elabore una lista de aquellos aspectos que más le interesan.

¹⁰ Debe conocer previamente el objeto de investigación (problema de investigación).

- f). Elabore una lista preliminar de toda la bibliografía e inicie un proceso de lectura sobre los temas más importantes que le señale el experto referido en el inciso anterior.
- g). Inicie una lectura analítica y elabore fichas.
- h). Defina el ámbito espacial al cual va a referirse la investigación.
- i). Vea si existe interés dentro de ese ámbito. Consulte con las personas que trabajan en esas áreas para que le suministren la información que usted necesita, hable con especialistas sobre el tema, consulte con las personas que van a tener un beneficio directo de los resultados de la investigación.
- j). Defina el tema y el título preliminar de la investigación.

Ejemplo:

"Simulación de crecimiento de tumores en el cerebro humano utilizando el método de elementos frontera".

(Bolaina *et al*, 1995).

4.2. DELIMITACIÓN DEL TEMA DE ESTUDIO

El propósito de la delimitación del tema de investigación es procurar que sea preciso y concreto, evitando en todo momento temas amplios y confusos que sean difíciles de estudiar por su extensión. Delimitar el tema es ver la viabilidad para su desarrollo (Olea, 1991).

Una de las fallas más comunes de la investigación consiste en la ausencia de la delimitación del tema; la mayoría de las investigaciones fracasan al no hacerlo. Delimitar el tema quiere decir *poner límites a la investigación* y especificar el *alcance de esos límites*, para eso, hay que tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a). Al delimitar, se aclara si el tema de la investigación será de tipo *histórico, descriptivo o experimental*. La aclaración sobre el tipo de estudio permite tener una visión general sobre la validez y el grado de confianza que puede tener como resultado nuestro trabajo.
- b). Hay que tomar en cuenta las *variables* que se van utilizar, las *hipótesis* que se van a probar, los objetivos que se pretenden alcanzar y contrastar las variables con los objetivos.
- c). Es necesario presentar los *elementos* que pueden condicionar la investigación, ya sea de una u otra forma a nivel del método, de recursos o de otros factores.
- d). Al delimitar el tema, deben considerarse los *materiales y fuentes bibliográficas*, ya que se puede dar el caso de no encontrar lo requerido cuando el trabajo ya se está desarrollando.
- e). Al delimitar conviene tener en cuenta a qué *población* va a llegar el estudio, para saber cuál va a ser el *lenguaje* que se empleará.

- f). El investigador también debe delimitar el tiempo, elaborando un *cronograma* donde indicará la distribución del tiempo que le va a dedicar a su trabajo. Debe interesarse en realizar la investigación dentro de un lapso razonable y no excesivamente largo.
- g). Es necesario establecer cada una de las actividades que intervienen en el proceso de la investigación e *indicar todos los recursos* necesarios para llevarla al cabo, es decir se elaborará un *presupuesto*.

Una vez que el investigador ha efectuado la delimitación de su tema, se procede a dejar claro el propósito de su estudio y la motivación personal que lo ha llevado a interesarse en ese problema; también se indicará la importancia técnica de su indagación y las aportaciones que en ese campo específico proporcionará. Esta instancia conocida como la *justificación* del tema es la explicación que el investigador proporciona al interesado, a fin de precisar el enfoque del problema, la metodología y las técnicas escogidas y, por último, justificar la conveniencia de su estudio.

La planeación es la fase fundamental de la investigación. En esta etapa, el análisis de la información se convierte en labor casi mecánica. La preparación del índice que regirá la investigación, ayuda a visualizar el conjunto del trabajo y lo que se requiere para efectuarlo. A continuación se da una propuesta de elaboración del índice de un *Proyecto de Investigación experimental*¹¹.

INTRODUCCIÓN

- Justificación.
- Propósito del estudio.
- Planteamiento del problema.
- Hipótesis o preguntas de investigación.
- Objetivos.

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

- Definición de conceptos.
- Teoría explicativa y/o antecedentes históricos.
- Investigaciones similares.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

- Delimitación y limitación del estudio.
- Población de investigación.
- Diseños de experimentos.
- Diseños de muestreo.
 - Instrumentación.
 - Diseño del cuestionario.
 - Muestreo piloto.
 - Colección de datos.
 - Determinación del tamaño de la muestra.
 - Análisis de los datos.

¹¹ Contraste con el índice del informe final de la investigación del capítulo 8. Note las diferencias.

3. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

LITERATURA CITADA

APÉNDICES Y/O ANEXOS

Al realizar la planeación de la investigación, nos adelantamos al tiempo: visualizamos los pasos sucesivos que se necesitan para llegar a los objetivos, se observan las posibles dificultades que se puedan presentar a fin de buscarle una solución antes de iniciar el trabajo. En conclusión, se puede decir que el hecho de planear asegura al investigador la sistematización de que será objeto en su investigación.

La elaboración del plan requiere tiempo y reflexión. No se puede hacer a la ligera, ya que presentará el ordenamiento lógico y sistemático del área en estudio y debe servir como guía durante todo el trabajo. Sin embargo, el esquema de este plan no será el definitivo. Seguramente durante el desarrollo del trabajo, el investigador se vea en la necesidad de introducir en él algunos cambios. Puede suceder también, que al desarrollar su tema, se le presenten nuevas perspectivas que no había tomado en cuenta al iniciar el trabajo, pero que le parecen de tal importancia que no puede dejar de considerarlas.

Ejercicio 4. Conteste las siguientes preguntas a detalle.

1. ¿Cuál es el tema de su investigación?

2. Delimite el tema de la investigación:

3. ¿Cuál fue la motivación personal que lo ha llevado a interesarse en la resolución de ese problema?

4. ¿Cuál es la importancia técnica de su indagación y las aportaciones que en ese campo específico proporcionará?

Ejercicio 5. Indique lo que se solicita.

1. ¿Cuál es el índice tentativo de su proyecto de investigación? Guíese por la siguiente estructura.

INTRODUCCIÓN

1. _____

1.1. _____

1.2. _____

1.3. _____

2. _____

2.1 _____

2.2 _____

2.3 _____

3. _____

3.1 _____

3.2 _____

3.3. _____

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 _____

4.2 _____

4.3. _____

5. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO**LITERATURA CITADA****APÉNDICES Y/O ANEXOS**

Ejercicio 6. Conteste las siguientes preguntas a detalle.

1. ¿Se requerirá financiamiento, está disponible, de qué institución?

2. ¿Existirá literatura disponible relevante sobre el tema? ¿Dónde?

3. ¿El tema se relaciona con otros que se han desarrollado en nuestro medio? ¿Cuáles?

4. ¿Se tiene información sobre su aceptabilidad? ¿Se encuentra su trabajo dentro de las Líneas de Investigación de su División Académica? Indique cual.

5. ¿Ha platicado con cinco o más estudiantes o investigadores quienes han pasado por esa etapa y le han explicado como definieron su tema? ¿Quiénes?

6. ¿Ha asistido a exámenes de grado para familiarizarse con los temas y las ideas?
¿Cuándo y dónde?

7. ¿Ha asistido a reuniones donde traten el tema de su interés? ¿Dónde?

8. ¿Ha examinado las tesis o trabajos de investigación que se han presentado en su campo de estudio en los últimos años? ¿Cuáles?

9. ¿Ha discutido alguna tesis con algún miembro del personal académico de la institución? ¿Con quién?

10. ¿Hay actualmente interés en el tema dentro del campo de estudio? ¿Cuál?

11. ¿Su tema ayudaría a resolver problemas del conocimiento o técnicos? ¿De qué manera?

12. ¿Es posible manejar una parte del tema para un proyecto de tesis o de investigación? ¿Cómo?

13. ¿Son los datos necesarios y fácilmente accesibles? ¿Se tiene control sobre los datos? ¿Son los datos válidos y confiables? Explique.

14. ¿Tiene un enfoque claro del propósito, objetivos, metodología y limitaciones de estudio? ¿Cuenta con un índice tentativo para el informe? ¿Existen algunos conceptos dentro del trabajo que no maneje y tenga que adquirirlos? Explique.

15. ¿El tema a escoger permitiría conclusiones objetivas? ¿Cómo?

16. ¿Cómo piensa que podrá mostrar cada parte terminada de lo que se está por hacer?

17. ¿Está convencido del tipo de trabajo que va a iniciar y el compromiso que va a contraer? Explique por qué.

Es necesario tomar en cuenta esta serie de preguntas para que se note qué tan cercano o lejano se encuentra en la elección de un buen tema de investigación. Cuando observe que alguna pregunta tiene una negación o una carencia, realice la actividad correspondiente para que el tema de investigación se plantee con mayor facilidad.

5. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

En la investigación científica, la elaboración del *marco teórico y conceptual* asume un papel básico. Éste, como se verá más adelante, integra los conocimientos del investigador y se constituye en el fundamento del análisis, del método utilizado, de la discusión y de las conclusiones de la investigación.

El *marco teórico y conceptual* es la exposición resumida, concisa y pertinente del conocimiento científico y de hechos empíricamente acumulados acerca de nuestro objeto de estudio; se elabora desde la perspectiva de una ideología y un marco de referencia determinados. Su preparación en cuanto al proceso de análisis y síntesis permite precisar, metodológicamente nuestro problema y la hipótesis correspondiente.

Con la construcción del marco teórico y conceptual, el investigador proporciona a su objeto específico de estudio una delimitación en el enfoque y una explicación (con los antecedentes necesarios para comprender el fenómeno), así como un adelanto en la interpretación del mismo. El investigador se apoya en determinado grupo de conocimientos obtenidos en etapas anteriores del desarrollo de la ciencia, no ignorando los acontecimientos científicos de mayor importancia en la actualidad. En la elaboración de tal o cual problema, el especialista debe contar con los conocimientos científicos necesarios, estos conocimientos constituyen una parte orgánica e inaplazable de la actividad investigativa.

Un marco teórico y conceptual representa la sistematización de los *conceptos* manejados como fundamento de la investigación; además el marco teórico plantea en forma organizada y explícita los supuestos de la investigación que serán sujetos de análisis y operacionalización posterior, por parte del investigador. Se deriva de una o varias teorías y se expresa mediante *conceptos y definiciones estructurados y jerarquizados* de acuerdo con la teoría o teorías que le sirven de base, los conocimientos del investigador y su experiencia.

El marco teórico y conceptual cumple las siguientes funciones en la investigación:

- a). Representa los límites dentro de los cuales se sitúan los diferentes conceptos manejados en el trabajo de investigación
- b). Es un planteamiento organizado y sistematizado de los conceptos y sus relaciones (es claro que un marco teórico puede dar origen a nuevos conceptos y a relaciones diferentes a las formuladas en la teoría original).

- c). Orienta la búsqueda de ciertos hechos. A partir del enfoque teórico original, el investigador encuentra *lagunas en el conocimiento* cuyo tratamiento le interesa iniciar o profundizar.
- d). Sirve de referencia para la formulación de hipótesis. El análisis de un conjunto de conceptos conduce al investigador a plantear una serie de hipótesis cuya demostración se hará a lo largo del proceso de la investigación.
- e). Permite al investigador hacer la selección de ciertos elementos. En la medida en que una teoría representa un conjunto integrado de conceptos, el investigador tiene la capacidad de seleccionar (de este orden) los elementos o enfoques que le permiten tratar su problema.

5.1. LOS CONCEPTOS

Todo investigador para poder organizar sus datos de forma que pueda percibir sus relaciones, debe hacer uso de conceptos. Los *conceptos* son construcciones lógicas creadas a partir de impresiones de los sentidos por percepciones y experiencias. Es un error considerar que los conceptos existen realmente como fenómenos, no es un fenómeno en sí. Los conceptos son abstracciones (recuerde que las abstracciones son indicadores de alguna cualidad con exclusión del sujeto, como por ejemplo blancura o bondad) y tienen significado dentro de un marco de referencia en un sistema teórico. Todo hecho se afirma como una relación entre conceptos, pues cada término representa el fenómeno descrito por el hecho.

Los conceptos en la ciencia tienen que ser comunicables, deberán estar contruidos de tal modo, que se conozcan todas sus características, por lo tanto, todo investigador debe poseer un vocabulario científico, que sea adecuado para la comprensión del desarrollo conceptual propio de su campo de actividad; los términos precisos son fundamentales para la comunicación fácil entre los hombres de ciencia. Por lo tanto, se deben definir con precisión los términos utilizados en la investigación por dos razones:

- a). Para definir las palabras o expresiones que son usadas en los trabajos de investigación en su sentido preciso. Se debe definir, no porque se desconozca su significado, sino precisamente porque todos conocen el significado de esa palabra y desafortunadamente no existe un acuerdo en el significado preciso.
- b). La investigación depende de una definición operacional. Una definición operacional no sólo permite decir con precisión el significado del término usado, sino que también establece las bases para una prueba específica de los resultados del estudio.

El sistema conceptual es la representación abstracta de los hechos que se investigan. Entre el marco teórico y los hechos, se establece una conexión dialéctica: el estudio de los hechos se desarrolla a partir de un marco teórico y sirve de base para la formación de las abstracciones que comprenden el marco teórico o un marco conceptual. La distinción entre hecho y concepto es que los conceptos simbolizan las relaciones empíricas y los fenómenos que vienen afirmados por el hecho; todo hecho se afirma como una relación de conceptos ya que cada término representa el fenómeno descrito por el hecho (Goode y Hatt, 1972).

El concepto se define como una representación mental y, por lo tanto, abstracta y simbólica de los hechos, los objetos y sus aspectos. El proceso de conceptualización se inicia con la generalización de particularidades: abstracciones; éstas por su parte, no tienen un significado si no se ubican dentro de un marco referencial, de allí que para transmitir sus posiciones, enfoques o hallazgos, las diversas ciencias utilizan sus propios sistemas conceptuales, mismos que varían de un campo disciplinario a otro.

Un concepto es una representación abreviada de una diversidad de hechos. Su propósito es simplificar el pensamiento resumiendo un número de acontecimientos bajo un epígrafe general. Los conceptos pueden reflejar o no los hechos u objetos que les sirven de base dependiendo del grado de abstracción con que se formulan y de los elementos que originan su elaboración.

Al referirse de los conceptos podemos destacar algunas de sus cualidades características:

- a). Reúnen, en una construcción lógica, a uno a varios términos, a varios hechos, a diversos aspectos.
- b). En términos de la lógica, se refieren a un nivel más general, que particular.
- c). En términos de lenguaje, engloban a varias palabras bajo un mismo significado.
- d). Pueden referirse a un objeto que existe o puede imaginarse o a un proceso u operación que puede desarrollarse.

5.1.1. PROCESO DE LA FORMACIÓN DE CONCEPTOS

Los conceptos se forman mediante dos operaciones mentales, la abstracción y la generalización. La abstracción permite aislar determinados elementos o propiedades de un objeto o proceso y destacarlo frente a otros. La abstracción puede darse en la realidad porque nos movemos en un mundo susceptible de análisis, esto es, un "universo susceptible de descomponerse en partes aisladas". Una vez que hemos destacado las propiedades o elementos y comprobamos su existencia en varios objetos o procesos, sintetizamos en una unidad general y formulamos un concepto. Por lo tanto, el concepto es una construcción mental que sintetiza los elementos o propiedades comunes de varios procesos u objetos. La capacidad humana de aislar o destacar propiedades separándolas del objeto que las origina y de aplicarlas generalizadas en diferentes campos, permite crear los conceptos con los que opera la ciencia. Los conceptos, por otro lado, relacionan las palabras con los objetos, lo que permite atribuir el significado exacto de las palabras y desarrollar el proceso de pensamiento a través de éstas. En síntesis, podemos destacar: gracias al proceso mental de la abstracción se aíslan los elementos o propiedades y se separan del objeto; posteriormente, la generalización conduce a aplicar los elementos o propiedades concretas y aisladas que son comunes a varios objetos diversos y crear conceptos como distancia, calor, etc. Estos conceptos a su vez se enlazan con palabras, lo que nos permite operar con ellas en los procesos mentales.

La capacidad de abstracción del hombre se forma y se afirma en la práctica. El hombre al actuar sobre el objeto capta su esencia y lo descompone en sus propiedades constitutivas.

A medida que la actividad práctica se acentúa, el hombre está apto para desarrollar mayor capacidad de abstracción. Es la práctica la que conduce al hombre a seleccionar las propiedades o elementos que le interesa abstraer, y es la práctica la que permite confrontar los conceptos con una realidad que conduce a verificar la vigencia y la adecuación de los conceptos.

La creación de conceptos como procesos de generación de conocimientos y como práctica social es una cuestión dinámica; los conceptos se formulan y reformulan constantemente como consecuencia de la actividad del individuo que conoce. Precisamente la generación de conceptos es uno de los quehaceres que permite concebir el conocimiento como un proceso en espiral que se crea y recrea constantemente. El concepto una vez formulado permite entender mejor los datos conocidos anteriormente y sirve, también para descubrir otros aspectos y nuevas relaciones entre los procesos. Cuando así ocurre, el concepto se enriquece con la incorporación de esos descubrimientos, incrementándose la comprensión y haciéndose posible la manifestación de nuevos aspectos y otros enlaces.

La determinación de un concepto se produce siempre en conjunción con la de otros conceptos, de tal manera que viene a ser determinado por ellos y simultáneamente les sirve como determinante. En esas condiciones el concepto se encuentra sometido a una determinación incesante, a través de la cual se penetra cada vez más en el conocimiento de la existencia de los procesos que dicho concepto representa.

Aun previniendo que planteamientos como el que a continuación se hará conlleven el riesgo de un simplismo extremo, conviene indicar algunos lineamientos que contribuyan a aclarar el proceso de formulación de conceptos en el *diseño de un marco teórico*:

- a). **Seleccionar los conceptos clave en el desarrollo del trabajo.** La selección de conceptos no se da en forma rígida en un momento preciso de la investigación, sino que es una labor constante que se va reformulando y enriqueciendo en el desarrollo de la misma. Sin embargo, conviene hacer un intento de selección de conceptos en el inicio de la investigación en función de tres criterios: el tema de investigación, el problema tratado y el enfoque metodológico y teórico utilizados por el investigador.

Se desea insistir en el carácter constante y dinámico de la investigación para enfatizar que a lo largo del proceso el investigador se ve enfrentado a la necesidad de reconstruir constantemente sus conceptos, planteando nuevas formas de relación y organización de sus elementos. El concepto, una vez formulado permite entender mejor los elementos y sirve, también para descubrir otros aspectos y nuevas relaciones entre los procesos.

La selección inicial de conceptos requiere de una jerarquización: ¿qué importancia tiene tal o cual concepto para la investigación? De este modo, la distinción de conceptos fundamentales y complementarios forzosamente conduce a diferentes tipos de análisis y tratamiento por parte del investigador. Este punto puede entenderse mejor, cuando el investigador elabora su índice tentativo, en el cual puede observar claramente los con-

ceptos que son consecuencia de otros; dicho índice previamente puede estar estructurado en una *red conceptual* donde cada enlace o brazo de la red representa la dependencia de unos conceptos con otros.

- b). **Efectuar el análisis de dichos conceptos.** Para obtener sus definiciones, tanto en su carácter general como las que convienen a las características precisas del trabajo. El análisis tendrá su fundamento en dos dimensiones: *la que le confiere el conocimiento previo del investigador y el enfoque de otros investigadores*. El análisis deberá conducir a distinguir los elementos que integran el concepto, seleccionar los elementos básicos para el manejo del concepto de la investigación, etc. A manera de analogía, imagínese un plano cartesiano X-Y donde en el eje de las abscisas o eje X (primera dimensión) están los *enfoques de diversas fuentes* (investigadores, bibliografía, etc.) y en el eje Y (segunda dimensión) se encuentran los *enfoques otorgados por el investigador*; si unimos ambos enfoques o proyecciones la resultante que obtendremos será la estructuración del concepto.
- c). **Ubicar el concepto.** Con respecto a la ubicación del concepto, éste se da generalmente dentro de una red conceptual, dentro de un conjunto teórico, juntamente con otros conceptos que influyen sobre él. La ubicación del concepto debe permitirnos identificar sus relaciones e indicar el nivel de generalidad que sume su formulación. El esclarecimiento de las relaciones con otros conceptos podrá darse en la medida en que se distinga el rango de objetos y procesos que cubre y en la medida en que, identificados los conceptos más cercanos, se logre precisar en qué aspectos es determinado por ellos y para cuáles es determinante. El nivel de generalidad también se establece por comparación, al identificar los niveles inmediatos (superior e inferior) de generalización del concepto.
- d). **Verificar el concepto en la experiencia.** Esta operación consiste en la confrontación del concepto con la práctica como forma de constatar su vigencia y su adecuación a ésta. A partir de una concepción que concibe a la actividad teórica como un proceso que se liga a la práctica y al trabajo social y mediante aproximaciones sucesivas, se podrá enriquecer la concepción original y afinar la formulación del concepto.
- e). **Relacionar los conceptos con otros elementos de la investigación: índices e indicadores.** Las ciencias no trabajan con construcciones teóricas puras ni en el completo empirismo. Con el objeto de poder desarrollar su trabajo, las ciencias establecen variables que relacionan los conceptos con los objetos a través de los índices. Para poder identificar entre un índice y un indicador, análogamente considere una brújula simple; la aguja de la brújula es nuestro *indicador*, ya que nos señala o indica hacia donde ir; asimismo, el *índice* es la cantidad en grados que apunta la aguja y que nos confirma la cantidad que debemos orientar para ir al lugar deseado. Sin embargo, un índice puede tomar el lugar de un indicador, tal es el caso de los IMECA (Índice de Medición de Contaminación Ambiental) donde estos valores nos *indican* la cantidad de agentes nocivos que contiene la atmósfera.

Los conceptos se traducen en índices empíricos mediante cuatro pasos:

- **Visión general del concepto.** Concepción de las propiedades, imágenes y relaciones que implica el concepto.
- **Especificación de dimensiones.** Análisis de los componentes y dimensiones, con el objeto de traducir éstos a instrumentos o medidas que permitan su operatividad en la investigación.
- **Selección de indicadores observables.** Una vez delimitadas las dimensiones, se seleccionan los indicadores que pueden variar conforme a las situaciones subjetivas y objetivas de la investigación, por lo que se afirma que entre los indicadores y el concepto se da una relación probable (más que absoluta). Dada esta relación de probabilidad, es necesario identificar muchos indicadores en torno a cada concepto; posteriormente será necesaria una discriminación en torno a estos indicadores que conducirá a seleccionar cuáles son parte del concepto, cuáles externas y cuáles independientes.
- **Combinación de indicadores y formulación de índices.** Una vez identificadas las dimensiones de un concepto y definidos los indicadores relativos a cada dimensión, es necesaria la combinación de estos últimos para obtener los índices. En la medida en que los indicadores (son relativos) se refieren a una relación probable, se presenta una situación de conflicto cuando algunos apuntan a una dirección y otros a otra.

La relación de indicadores asume un papel fundamental en la construcción de la ciencia que busca en último término la elaboración de leyes, principios y teorías que conduzcan a la mayor comprensión de los problemas naturales y sociales.

- f). **Definiciones.** Para fines de la ciencia es necesario que el investigador capte los elementos y las relaciones que aparecen integrados en el concepto y pueda transmitirlos. La necesidad de precisar el significado de los conceptos se da por diferentes razones entre las que cabe mencionar las siguientes: un vocablo puede interpretarse de forma diferente en el lenguaje cotidiano y en científico. El marco de la ciencia confiere a los términos un valor propio y un carácter particular.

En la ciencia suceden casos en que términos diferentes se utilizan para calificar a los mismos fenómenos u objetos. Esto ocurre en tanto que la investigación, como actividad, y la generación de conocimientos, como objetivo, son comunes para todos los campos disciplinarios. En la medida en que, por una parte, existe un lenguaje más o menos particularizado para cada una de las disciplinas (cada disciplina crea su propio lenguaje) y, por otra, en tanto que la distinción entre disciplinas y objeto de investigación ya no puede ser tajante en la actualidad (es un hecho que la mayor parte de los problemas de investigación del mundo moderno requieren de un tratamiento interdisciplinario), se crean problemas de investigación comunes a varios campos, de modo que diversas disciplinas confluyen en el tratamiento de un fenómeno, denominándolo de distintas formas.

El mismo vocablo se utiliza para calificar distintos fenómenos. En virtud del dinamismo de la ciencia y de la dependencia cultural, tecnológica y científica, se da el caso en que fenómenos diferentes se califican con el mismo término. Cabe señalar aquí también que el carácter común

de la investigación científica para diversas disciplinas es lo que en un momento dado determina una confusión entre la terminología y los fenómenos que califica.

Por otra parte, conviene tener presente al hablar de la necesidad de precisar conceptos, que el dinamismo de la ciencia conduce a una modificación constante de los términos, en conformidad con el ritmo de desarrollo de la investigación. Se puede dar con cierta frecuencia el caso de que el lenguaje resulte insuficiente y no se logre transmitir con precisión la definición de un concepto. Definir consiste pues en derivar, aclarar, delimitar, diferenciar o determinar un concepto. La definición expresa los rasgos fundamentales que constituyen el contenido del concepto.

La definición del concepto puede hacerse con base en sus características específicas, sus finalidades, los procedimientos de su formación, origen y estructura, etc. Existen diferentes tipos de definición y la estructura lógica. En la definición del concepto no se plasma éste en toda su amplitud sino que se expresa en forma sintética su esencia. La definición debe formularse atendiendo reglas relativas a la lógica; en consecuencia, una definición no podrá ser amplia, restringida, confusa, ambigua, tautológica o repetitiva.

En los trabajos de investigación existen dos tipos de definiciones de los conceptos: *las definiciones teóricas y las definiciones de trabajo*. Las primeras se enuncian en términos abstractos, se refieren al campo teórico (o doctrinal) que utiliza un enfoque conceptual más o menos similar. Las segundas se definen mediante las operaciones y los hechos concretos a los que hace alusión en el estudio específico de las operaciones que "observan, miden y registran un fenómeno dado". Las definiciones operacionales proporcionan las instrucciones al investigador para medir o manipular una variable.

5.1.2. **RECOMENDACIONES PARA ELABORAR EL MARCO TEÓRICO**

En la etapa del proyecto de investigación se debe leer bastante literatura, tomar notas cuidadosamente y mantener un archivo y registro organizado de la información. Los beneficios que obtenemos al realizar la revisión de literatura a profundidad en el proyecto son:

- a). Tener un conocimiento profundo del campo de estudio; qué hechos hay, qué científicos eminentes han propuesto metodologías relevantes, qué parámetros de campo hay, qué ideas, teorías, preguntas e hipótesis son las más importantes. La persona que haga la revisión deberá estar en posibilidad de sostener una discusión inteligente y bien informada con un experto, usando referencias y citando autores y conceptos importantes o críticos en el tema.
- b). Se obtiene un conocimiento de las metodologías comunes para el trabajo en cuestión y se observan su utilidad y propiedad para ser usadas en las diferentes condiciones. Se tiene una idea de las metodologías más comunes, las apropiadas para la investigación propuesta y cuándo y cómo estas ideas han tenido éxito al trabajarlas en este campo.
- c). Reforzar la convicción de que es realmente necesario estudiar el tema seleccionado.

- d). La revisión de literatura en esta etapa ayuda a delimitar el problema. Nunca es posible revisar toda la literatura de un tema, parece que la información nunca se acabará, pero el interés va disminuyendo al no tener ningún éxito en el objetivo. Muchos se ven sobrepasados por un cúmulo de información existente, sufriendo frustraciones muy severas. ¿En dónde se encuentra el límite?, ¿dónde y cómo se puede delimitar un tema para posibilitar su entendimiento, sin quitar detalles esenciales que lo hacen importante o entendible o investigable?; éste es el problema más común, el cual no tiene fácil solución.
- e). Quizá el mejor avance esté en la secuencia de tres etapas que tienen que ejecutarse en la revisión de literatura. Al inicio lea amplia y exhaustivamente sobre el tema de interés. Entonces piense analice, intentando siempre eliminar las ideas que no son útiles. Después utilice un poco de tiempo entrevistándose con alguien que tenga experiencia en el tema y hable de los problemas encontrados. Si al hacerlo tiene problemas para entender las ideas que va a añadir al proyecto, regrese a la etapa uno.
- f). En base a la *revisión de la literatura* se generan hipótesis o preguntas para el desarrollo del trabajo de investigación. Entre más conocemos de alguna cosa, más preguntas nos vienen a la mente. Para el investigador siempre existe una razón para cada caso, pero esta razón no es conocida. Quizá no se haya investigado lo suficiente, los datos sean inadecuados, o no exista un esquema teórico para guiar en forma directa más investigación.

5.2. REVISIÓN DE LITERATURA

La revisión de la bibliografía se realiza en diferentes tipos de fuentes como libros, tesis, manuales, memorias, revistas, periódicos, reportes, informes, etc., y de fuentes de apoyo como diccionarios, enciclopedias, mapas, etc. Los lugares en donde se localizan las fuentes de información, son: bibliotecas, hemerotecas, filmotecas, fonotecas y bancos de información computarizados y/o por Internet.

Identificada la fuente de datos, se procede a su revisión y análisis, con el fin de seleccionar los elementos estrictamente indispensables en la investigación. Tratándose de materiales impresos o manuscritos, la revisión y análisis se hace mediante la lectura progresiva del documento, que se realiza siguiendo el orden a continuación expuesto: lectura exploratoria, lectura selectiva, lectura analítica y lectura crítica (García, 1989).

- a). **Lectura Exploratoria.** La lectura exploratoria consiste en hacer una revisión general del documento, referente a las siguientes partes: portada, índice, prólogo, introducción, capítulos, cuadros y figuras, conclusiones, bibliografías y apéndices. Esta revisión puede tener los siguientes objetivos:
 - i). Conocer los documentos disponibles.
 - ii). Seleccionar textos.
 - iii). Anticiparse a otro tipo de lectura.

- b). **Lectura Selectiva.** La lectura selectiva es más profunda que la lectura exploratoria, ya que se concentra en la parte importante del documento, puesto que aporta elementos valiosos a la investigación.
- c). **La Lectura Analítica.** La lectura analítica tiene como finalidad estudiar íntegramente el documento seleccionado, registrando los conceptos y las pruebas que sean pertinentes, distinguiendo lo esencial de lo secundario; los hechos de las opiniones; lo lógico de lo absurdo y la verdad de lo falso.
- d). **Lectura Crítica.** La lectura crítica consiste en hacer juicios de valor del contenido del documento, para determinar los elementos que contribuirán a los propósitos de la investigación.

Se debe elaborar el marco teórico siguiendo fielmente el contenido de cada uno de los capítulos considerados en el índice, es decir, no deberá aparecer ni más ni menos de los temas anunciados. Cada párrafo deberá iniciarse con mayúscula y terminarse con punto y aparte (vea anexos A y B). Cada párrafo deberá moverse dentro de una idea concreta; es necesario que guarden armonía con el todo, es decir, tener congruencia unos con otros. Todo trabajo deberá realizarse a espacio y medio o a doble espacio. Los márgenes que se emplean son: 3 cm en el margen derecho e inferior y 4 cm en el margen izquierdo. La sangría queda en libertad de quien realiza el trabajo, es decir, puede utilizarse o no, pero deberá ser consecuente con el empleo de la misma.

Al analizar la revisión de literatura, se debe tener una lista de los encabezados de temas relacionados con el de interés. Se recomienda llevar un orden cronológico yendo de lo más antiguo a lo más reciente publicado, y de lo general a lo particular. Trabajando de lo que se hizo primero a lo más reciente, se tiene un contexto de profundidad que nos ayuda a desarrollar y entender las relaciones que la investigación tiene con otros temas.

A nivel proyecto, al menos cuatro fuentes de información deben consultarse: los principales libros sobre el tema, los *journal*, los bancos de información computarizados y los *abstracts*. Para la presentación del informe final de la investigación se deberá recurrir a boletines, tesis publicadas relacionadas con el tema y otras fuentes de información que conlleven al enriquecimiento de nuestro marco teórico.

Esta parte del reporte, presenta información sobre el desarrollo y el estado actual de los trabajos de investigación sobre el tema propuesto para investigar. Para almacenar la información que se va reuniendo a través de la lectura de los documentos, no es suficiente la memoria, es necesario conservar toda la información con exactitud textual o con detalles de referencias exigidos; sin embargo a la memoria no se le desplaza, por el contrario, debe ayudarse a facilitar el dominio de una cantidad cada vez mayor de información, esto se logra mediante la utilización de instrumentos de recopilación, éstos se utilizan para registrar, resumir, ordenar y codificar la información que se va obteniendo de las fuentes de datos.

En la construcción del marco teórico se auxilia conjunta o alternativamente por varios de estos instrumentos, destacando los siguientes: fichas, cuaderno de notas, fotocopias, fotografías, grabaciones y películas.

5.2.1. CITAS

Todo trabajo científico deberá estar apoyado en fuentes de información que le den seguridad, para lo cual se hace necesario el empleo de citas. Se llama *cita* a la transcripción (textual o no) de palabras y frases de otro autor, las cuales insertamos en un trabajo. Toda cita debe llevar su correspondiente referencia, es decir la descripción de la fuente en donde ha sido tomada. Se puede hacer una clasificación de las citas de acuerdo a su transcripción:

- a). **La cita directa o textual.** Es aquella en la cual se transcribe una idea o concepto del autor de manera textual, es decir, tal como aparece en la obra, incluyendo errores si los hubiere. Esta cita debe de ir entre comillas y dentro del texto del escrito. No hay que olvidar la indicación de la fuente donde ha sido tomada la cita. Cuando la cita es abundante debe descartarse el uso de las comillas.
- b). **La cita indirecta o contextual.** Es la que se toma de una idea o concepto de un autor, lo cual no se transcribe textualmente y aunque nos valemos de nuestras palabras somos fieles a la idea del autor, razón por la cual hay que indicar la fuente. En la cita indirecta se coloca el indicativo antes de citar la idea o concepto del autor, es decir, se hace referencia al autor, se coloca el indicador y luego la idea.
- c). **La cita de cita.** Es la que se hace con fundamento en la autoridad de un autor que cita a otro. Es decir, no se consulta directamente al autor de la idea que se toma de una cita. En lo posible debe tratarse de llegar a la fuente, pero siendo imposible se puede recurrir a este tipo de cita; éstas deben llevar su correspondiente referencia. Vamos a entender como referencia a la indicación de la fuente de donde ha sido tomada la cita o datos que se presentan en el texto. La referencia se indicará con el apellido del autor seguido del año de la publicación del trabajo. El año va entre paréntesis.

Siempre es necesario realizar una revisión de literatura o de las investigaciones del tema de interés, pero no existe un acuerdo sobre el detalle y la profundidad a que debe realizarse a nivel proyecto, comparándolo con la que se escribe en un trabajo publicado. Algunos recomiendan una corta revisión, sobre los principales documentos existentes, y esperan que en el documento final exista una mayor revisión.

La revisión bibliográfica del proyecto deberá ser breve (de diez a quince páginas) y debe concentrarse en el planteamiento de qué es lo que el investigador quiere hacer, por qué y cómo, también en qué forma aumentará lo que se ha hecho sobre el tema. Al hacer esto, el investigador tiene la máxima independencia y libertad de las restricciones hechas por la revisión.

Ahora bien, si la revisión de literatura es completa desde el planteamiento del proyecto de investigación, se comprenderán más algunos conceptos, se mejorará el procedimiento y por consiguiente se tendrá un mejor producto final. La investigación aumenta el conocimiento básico de la profesión y contribuye al avance del conocimiento de la disciplina estudiada.

5.2.2. ELABORACIÓN DE FICHAS

Como se mencionó anteriormente, para elaborar el marco teórico es necesario recopilar información; ello implica utilizar las *fichas* que permiten conservar datos acerca de libros, artículos, conferencias, revistas, etc. Las fichas tienen la enorme ventaja de que facilitan el trabajo, pues se archivan en ficheros en los que se ordenan por temas, de tal manera que el investigador tiene acceso a la información cada vez que la necesite, además de que este acervo puede incrementarse indefinidamente conforme se vayan recopilando más datos.

El tamaño de las fichas varía según las necesidades de cada investigador; las más usuales son las de 16,5 por 22 cm y de 14 por 22 cm, aunque también se utilizan las de tamaño carta (22 por 28 cm) y las de tamaño oficio (22 por 33 cm).

La construcción de una ficha en cualquier tamaño debe contener en el ángulo superior izquierdo la referencia de la cita indicando el apellido del autor seguido por año de publicación, deberá indicarse también el número de páginas donde se localiza el asunto; en el ángulo superior derecho se indica el tema y el subtema en forma condensada, es decir palabras claves para ser usadas posteriormente en la clasificación y archivado de la información. En el resto de la hoja se indicará la información recopilada de acuerdo a la modalidad que se haya elegido para la sintetización del texto y si se desea, al pie de la ficha se pueden hacer anotaciones o comentarios de importancia.

En forma simultánea, se deben elaborar fichas para registrar las diversas fuentes bibliográficas que se han utilizado; su contenido se indica en el capítulo 8, de acuerdo al tipo de publicación. El tamaño de estas fichas es recomendable que sea un cuarto de hoja tamaño carta, es decir de 11 por 14 cm.

Las fichas bibliográficas y de trabajo se deben colocar sistemáticamente en ficheros. En los ficheros de trabajo, las fichas se ordenan por capítulos de trabajo proyectado de acuerdo al índice y, en los ficheros bibliográficos, su ordenación será alfabéticamente de acuerdo al apellido del autor. El uso de los ficheros nos permite ubicar y reubicar continuamente las fichas, facilitando el crecimiento de las mismas, de acuerdo al avance del trabajo.

Una forma recomendable para la elaboración de los ficheros, es que la información que sea de interés para el investigador, sea recopilada en forma de fotocopias para que éstas sean adheridas a las fichas de trabajo y así evitar la supresión de información.

Para ejemplificar el formato de las fichas de trabajo y bibliográficas observe la figura 2 y 3 que se muestran a continuación.

<p>HIDRÁULICA GENERAL Sotelo Ávila, Gilberto.1996 Página: 56</p>	<p>CINEMÁTICA DE LOS LÍQUIDOS Clasificación de los flujos</p>
<p>Existen diferentes criterios para clasificar un flujo. Este puede ser permanente o no permanente; uniforme o no uniforme; tridimensional, bidimensional o unidimensional; laminar o turbulento; incompresible o compresible; rotacional o irrotacional; etc. Aunque no los únicos, si son los más importantes que clasifica la ingeniería.</p>	

Figura 2. Modelo de ficha de trabajo para la elaboración del marco teórico.

<p>Münch, Lourdes y Ángeles, Ernesto; 1991. Métodos y Técnicas de Investigación para Administración e Ingeniería. Ed. Trillas. 2da. edición. México. 72 p.</p>
--

Figura 3. Modelo de ficha bibliográfica para la elaboración del marco teórico.

5.2.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de la información es la fase de la investigación documental en que se ordenan y se enlazan las fichas elaboradas, en una estructura coherente, redactada en forma clara y precisa, permitiendo la comunicación del pensamiento con la realidad. Para conocer la cantidad y profundidad de la información que se tiene concentrada en los instrumentos de

recopilación, es necesario revisarlos y evaluarlos, mediante la comparación de éstos, con el índice propuesto del trabajo, y ahí nos damos cuenta si la información es insuficiente o excesiva.

Cuando la información es insuficiente deberá realizarse una segunda o tercera revisión bibliográfica en mayor proporción de fuentes documentales. Cuando el material es excesivo, se elimina lo que a juicio del investigado no es relevante para ciertos puntos, conservando la información para ser incluida en caso necesario.

5.2.4. NOTAS INDICADAS EN EL DOCUMENTO

Las notas indicadas en el documento registran aclaraciones y explicaciones adicionales que apoyan el conocimiento de algunos puntos expresados en el texto. Las notas no deben interrumpir el desarrollo lógico de la redacción, por tal motivo deben separarse del texto, constituyendo unidades específicas de información de carácter secundario que se presentan en lugares diferentes y con un tipo de letra más reducido.

Las notas registradas en el documento deben tener igual relación con lo expresado en alguna parte del texto, esta relación se manifiesta con una llamada de atención, indicada con números, letras, asteriscos u otro símbolo similar. En el texto, las llamadas de atención se localizan antes del signo de puntuación inmediato, dependiendo de la oportunidad concreta que se presente; para fines de ejemplo se citan las siguientes:

- Inmediatamente después de la palabra que necesita aclaración.
- Después de la frase, aprovechando un punto y coma, si se desea aclarar algo sobre la unidad que termina allí.
- Al llegar a un punto y seguido, cuando se quiere aclarar algo sobre las frases anteriores.
- En el punto final, para comentar y ampliar, agregando consideraciones semejantes o paralelas a las expresadas en el párrafo concluido.

De acuerdo al fin que persiguen las notas, se clasifican en tres clases: de contenido, de referencia cruzada y de fuente de información.

a). Notas de contenido. Se refieren a la temática del asunto, ampliando, explicando, comentando o enriqueciendo un punto determinado que se desprenda del texto. Estas notas pueden tener los siguientes objetivos:

- Definir términos que se emplean.
- Explicar complementariamente las ideas.
- Argumentar los conceptos.

b). Notas de referencia cruzada. Remiten al lector a otro capítulo, sección o página del mismo documento, con el fin de relacionar, complementar, comparar o revisar la información.

- c). **Notas de fuente de información o referencias documentales.** Complementan las citas registradas en el texto, ya que proporcionan los datos necesarios para localizar el origen de éstas. Los datos que consignan estas notas deben ser reducidos y no redundantes; utilizando para tal efecto locuciones latinas y abreviaturas en mayor cantidad a partir de la segunda mención de un mismo documento¹². Las notas que se hacen con motivo de un documento que se cita por primera vez en la obra, deben contener los siguientes datos:
- Nombre del autor (iniciando con el apellido paterno).
 - Título de la obra (entrecomillado o subrayado).
 - Editorial.
 - Número de edición (excepto la primera).
 - Lugar de publicación.
 - Año de publicación.
 - Página(s) donde se localiza la información.

De acuerdo a la localización de las notas en el informe, se pueden encontrar intercaladas en el texto, agregadas en el texto en pie de página, al final del capítulo o al final de la obra. A continuación se describen cada una de ellas:

- a). **Notas intercaladas en el texto.** Se registran cuando una cita requiere de un espacio mayor de cinco renglones, considerando las siguientes indicaciones: se colocan dos puntos después de la última palabra, antes de empezar la cita, se dejan cinco espacios y a partir de allí se empieza la redacción de la nota, escribiéndola a renglón seguido con un tipo de letra más pequeño y con espacios más reducidos, se deja un margen de tres a cinco espacios del margen normal¹³.
- b). **Notas agregadas al texto.** Se colocan inmediatamente después del párrafo citado o de la frase o término que requiere complementarse o ampliarse en su información; su registro por lo general, se hace entre paréntesis; así, por ejemplo: las notas de fuente de información son breves, ya que se reducen a escribir entre paréntesis el apellido paterno del autor y el año de edición; para consultar la obra bastará consultar la bibliografía. Por último, si se cita un concepto ajeno del autor consultado, se anotará primero el apellido del autor original, seguido del término *citado por...*
- c). **Notas al pie de página o notas de calce.** Se localizan en la parte inferior de la página que se encuentra la llamada de atención con la que se relaciona. Las notas se registran en el margen inferior izquierdo, a renglón seguido y con un tipo de letra más pequeño. Se separan del texto mediante una línea horizontal de cinco a diez centímetros, colocadas entre el margen izquierdo y derecho. Es recomendable que las llamadas de atención *de este tipo* de notas sean numéricas para evitar confusión. Si las notas fueran numerosas, puede seguirse una progresión numérica en cada capítulo.
- d). **Notas al final del capítulo.** Se registran al final de cada capítulo, la progresión numérica puede ser separada por cada capítulo o única para toda la obra.

¹² Puede ampliar estos conceptos con el ejemplo del anexo A.

¹³ Ejemplo en el anexo B.

- e). **Notas al final de la obra.** Si la obra fuera reducida, se pueden agregar al final todas las notas, ordenadas en progresión numérica.

5.2.5. LOCUCIONES LATINAS Y ABREVIATURAS

Las locuciones latinas y abreviaturas se utilizan en el texto y en las notas; en estas últimas, con el propósito de reducir las a su mínima expresión y evitar la redundancia de los datos.

Las locuciones latinas que se usan con más frecuencia son las siguientes (Olea, 1991):

- a). **Idem, Ibid, Ibidem, Id e Ib.** Tienen el mismo significado: "En el mismo lugar, la misma fuente o referencia"; se usan indistintamente en una nota de fuente de información para referirse al mismo documento que se indica en la nota inmediata anterior. La locución se registra seguida de la indicación de la página donde se localiza la información.
- b). **Op. Cit.** Significa "Obra citada", se usa para referirse a un documento ya citado en la obra, pero no en la nota inmediata anterior. Cuando se usa esta locución los datos que consigna sucesivamente son los siguientes:
- Apellido paterno del autor.
 - Locución latina.
 - La indicación de la página o páginas donde se localiza la información (Baena, *Op. Cit.*, p. 80).

Si el autor que se está mencionando tiene varias obras registradas en la bibliografía del trabajo; entre el autor y la locución latina se intercala la primera o primeras palabras del título de la obra citada (Baena, *Manual, Op Cit*, p. 80).

- c). **Loc cit.** Significa: "En el lugar citado" se usa para referirse a una cita contigua que pertenece al mismo documento y que se encuentra en la misma página del trabajo, pero que se halla separada por algunas expresiones.
- d). **Vid.** Su significado es: "Véase", se usa para indicar que se vea o se consulte algún aspecto de la obra; o bien, otro documento que se relaciona con lo que se está mencionando. En la nota, la locución se registra antes de los datos que identifiquen a la obra citada. Frecuentemente la locución *Vid* antecede a las locuciones: *infra*, *supra*, o *cfr*; que significan: posteriormente, anteriormente y cotejar.
- e). **Cfr.** Significa: "Igual que el original", se usa para indicar que se transcribe textualmente el párrafo citado y se coloca entre paréntesis (*Cfr*).

En el texto y en las notas del escrito se usan frecuentemente palabras abreviadas, de las cuales, las más comunes son las siguientes:

Anon.	Anónimo
Bíbl.	Bibliografía
bol.	boletín
©	Copyright; derechos de publicación
Ed., Edit.	Editorial
Ed.	Edición
ej.	ejemplo
<i>et al</i>	y otro (s)
etc.	etcétera
fac.	facsimiles
fig., figs.	figura, figuras
fol., ff.	folio, folios
front.	frontispicio
il., illus.	ilustración, ilustraciones
imp.	impresa, impreso
<i>infra</i>	debajo, abajo; más adelante
introd.	introducción
MS., MSS.	manuscrito, manuscritos
n.	nota
n. s.	nueva serie
N. del T.	nota del traductor
No., núm.	número
p. ej.	por ejemplo
<i>post</i>	véase más adelante
p. s.	<i>post scriptum</i> : después de escrito
p., pág.	página
pp., págs.	páginas
pref.	prefacio
prol.	prólogo
s. a.	sin año
<i>s. d.</i>	<i>sine dato</i> , sin dato
s.e.	sin edición
s.f.	sin fecha
<i>sic</i> .	así
s.n., n.n.	sin nombre, ningún nombre
s.p.i.	sin pie de imprenta ¹⁴
s. l.	sin lugar de edición
<i>supra</i>	más arriba, en la parte anterior
supl.	Suplemento
s., ss.	página siguiente, páginas siguientes
t.	tomo
tít.	título
tr., trad.	traducción, traductor
v. gr.	verbigracia, por ejemplo
Vol., vols.	volumen, volúmenes

Cualquier abreviatura que indique la ausencia de algún elemento de los que deben figurar en la portada (año, lugar, fecha, editor, etc.), debe indicarse entre paréntesis.

¹⁴ En caso que no haya lugar, ni editor, ni año de la publicación.

Ejercicio 7. Siga las indicaciones.

1. **Elabore un ejemplo del marco teórico y conceptual usando sus fichas de trabajo:**

I. NOMBRE DEL CAPÍTULO: _____

Redacte la introducción del capítulo: _____

1.1. NOMBRE DEL SUBCAPÍTULO

Redacte la introducción del subcapítulo: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Realice los comentarios finales y dé cierre a esta sección: _____

2.1. NOMBRE DEL SUBCAPÍTULO

Redacte la introducción del subcapítulo: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Analice, interprete, confirme, reafirme y dé entrada a la siguiente cita: _____

Inserte la cita de la ficha correspondiente de acuerdo al desarrollo del tema.

Realice los comentarios finales y dé cierre a esta sección: _____

NOTAS:

6. MATERIALES Y MÉTODOS

El método se define como un modo de proceder o el procedimiento seguido en las ciencias para hallar la verdad y demostrarla; constituye en sí el diseño de la investigación, entendiéndose éste como la comprobación de un modelo.

El diseño de la investigación será el ajuste de las decisiones requeridas para el hallazgo de un nuevo conocimiento, por medio de la comprobación de una hipótesis. Entre las decisiones relevantes para una investigación tenemos: la elección de un problema, la elección de una o varias hipótesis, la elección de una técnica para comprobar tales hipótesis, el diseño del resultado de confirmar o desconfirmar la hipótesis. El ajuste u ordenamiento de esas decisiones constituye el modelo general de la investigación.

Es necesario tener en cuenta el tipo de investigación o de estudio que se realizará, ya que cada uno de éstos tiene una estrategia diferente para su tratamiento metodológico. Por lo cual, se debe indicar el tipo de investigación; si es una investigación histórica, descriptiva o experimental o si se trata de un estudio causal, exploratorio o predictivo y/o de otro tipo.

Se deberá indicar el tipo de población que se manejará, su delimitación, las condiciones constantes y no constantes que forman parte de ella (condiciones climáticas, edáficas, de laboratorio, etc.), así como del tipo de muestra que se trate. Recordemos que la *población* es la totalidad del fenómeno a estudiar y la parte representativa de éste, se considera como una *muestra*.

Es importante manifestar la forma como será extraída dicha muestra y las técnicas de recolección de datos. La recolección de datos es la parte operativa del diseño investigativo; hace relación al procedimiento, condiciones y lugar de recolección de los datos.

Es vital señalar la totalidad de los instrumentos que se usarán, así como sus formatos, según sea el caso. Deberán ser estructurados de acuerdo al tipo de investigación adoptado y cumplir los requisitos fundamentales de validez y confiabilidad. Dentro de los instrumentos más usados se encuentra el cuestionario, la encuesta y la entrevista.

En esta sección se incluirá también la manera como serán tabulados y graficados los datos. Los datos tienen significado únicamente en función de las interpretaciones que les da el investigador. De nada servirá una abundante información si no se somete a un adecuado tratamiento analítico; pueden utilizarse técnicas lógicas y estadísticas. Estas técnicas utilizadas deberán estar claramente indicadas en el proyecto de investigación.

A fin de estar seguros de la consistencia y validez del diseño metodológico es conveniente someter los instrumentos y las técnicas a una prueba previa, lo cual nos asegurará su confiabilidad. Es importante anotar la manera cómo se realizó esta validación.

Si se trata de una investigación experimental señalar el diseño experimental que se usará en el trabajo, plantear el modelo estadístico, así como las pruebas a que se someterán los datos; sin olvidar el nivel de significancia que se trabajará en las pruebas de hipótesis.

Con el fin que el investigador tenga conocimiento de la metodología estadística que puede usar en sus investigaciones, en las secciones posteriores se plantean *en forma muy general* la teoría básica.

6.1. ANTECEDENTES

La obtención de información es una de las etapas más importantes del proceso de investigación científica ya que es el fundamento para la definición del problema, el planteamiento y la comprobación de las hipótesis, la elaboración del marco teórico y del informe de resultados. Dentro de este contexto, la observación es la técnica de investigación por excelencia; es el principio y la validación de toda teoría científica.

La ciencia *nace y culmina* con la observación. Esta técnica es la más primitiva y la más actual en el proceso del conocimiento. La observación incluye desde los procedimientos informales, como la observación casual, hasta los más sistematizados, como son los experimentos en laboratorio.

En su acepción más general, *observar* equivale a mirar con detenimiento; es la forma más usual con la que se obtiene información acerca del mundo circundante.

Para que la observación pueda ser considerada como científica debe reunir los siguientes requisitos (Münch y Ángeles, 1991):

- Tener objetivos específicos.
- Proyectarse hacia un plan definido y un esquema de trabajo.
- Sujetarse a comprobación.
- Controlarse sistemáticamente.
- Reunir requisitos de validez y confiabilidad.
- Los resultados de la investigación deben escribirse preferentemente en el momento exacto en que están transcurriendo.

6.2. LA EXPERIMENTACIÓN

La *experimentación* la practica el hombre desde tiempos inmemoriales; sin embargo el reconocimiento de que al experimentar se presentan *fenómenos aleatorios* o sea fenómenos donde no se pueden predecir los resultados de ellos, ya sea por desconocimiento total o parcial

de las leyes involucradas o bien, por el uso impráctico de dichas leyes, hace necesario el uso de métodos estadísticos.

Ejemplo:

Al medir durante varios días la producción de azúcar en un ingenio, se ve que la producción varía aleatoriamente, a pesar de que mantengan las condiciones de operación lo más constante posible; esto es, con temperatura, presión, concentración de reactivos, etc., constantes. En este caso la variabilidad es de tipo aleatorio.

Por lo tanto, al efectuar el experimento, éste sólo nos servirá para comparar varias temperaturas y presiones de operación del ingenio (se puede hacer a menor escala en condiciones de laboratorio). En el planteamiento anterior se busca la comparación de varios factores en algún proceso físico-químico, por lo que los experimentos practicados son *comparativos*.

Sin embargo, al estudiar el proceso, existe una variabilidad aleatoria, aun al mantener las condiciones constantes. Entonces cualquiera que sean los resultados de los experimentos se plantea la pregunta: ¿esos resultados indican diferencias reales de las modalidades estudiadas, o bien, las diferencias reflejan la variabilidad aleatoria inherente en los procesos, considerándose que las variantes estudiadas no cambian básicamente el proceso?

Fue Fisher en 1920, el que reconoció la importancia de la pregunta anterior, así como su aplicabilidad a todos los *experimentos comparativos*, independientemente del tipo de experimento. Fisher desarrolló métodos para llegar a contestarla y para hacerlo eficientemente. El primer punto de importancia en el tratamiento fisheriano es el de que se trata de una inferencia. Esto es, se considera que existen en forma ideal *poblaciones infinitas* que son el conjunto de mediciones que se podrían efectuar estudiando el proceso un gran número de veces en condiciones constantes y que el experimento tome muestras de varias poblaciones para comparar características de las poblaciones, no de las muestras.

6.3. CONCEPTO DE POBLACIÓN Y MUESTRA ¹⁵

Retomando los planteamientos precedentes; *población es el conjunto de mediciones que se pueden efectuar sobre una característica común de un grupo de seres u objetos*.

Este concepto desempeña un papel fundamental en la estadística, pues define los límites de la inferencia o inducción que con ella se efectúa.

Como ejemplo de población tenemos:

- a). *Conjunto de valores en cm del diámetro de cilindros de concreto, conocidos como cilindros alfa.*

¹⁵ Méndez, 1976 a.

- b).** *Conjunto de mediciones de tiempo de duración de focos de luz producidos por cierta compañía en un lapso dado.*

Una peculiaridad esencial de los ejemplos anteriores consiste en que, para definir el conjunto de objetos sobre los que se puede efectuar la medición, se requiere especificar una serie de factores comunes. Así en el inciso **a** se dice que son cilindros de concreto conocidos como cilindros alfa; en el inciso **b**, se trata de focos producidos por cierta compañía en un lapso dado.

Al definir la población se especifican ciertos factores comunes a todos los objetos sobre los que se efectúan las mediciones, sin embargo, se deja de señalar un número muy grande de factores que podrían variar entre los objetos de la población. Se considera que la fluctuación entre las mediciones de la población se debe precisamente a esos factores no especificados al definirla. Aunque es frecuente ignorar la variación ocasionada por el instrumento de medida, en ocasiones ciertos aspectos del instrumento de medida se incluyen al definir la población; así se puede especificar el tipo de balanza, cronómetro, regla, etc., que se va a usar, así como también algunas de las condiciones en que se efectúe la medición. Sin embargo, muy frecuentemente se aprecia la variación por errores de medida, considerando que la mayor contribución a la variación entre las mediciones de la población se debe a los cambios en las características peculiares específicas de cada uno de los individuos u objetos que se miden.

En el inciso **a**, algunos de los aspectos determinados que causan variación son: características en la elaboración de los cilindros, tipo de material utilizado, desgaste, etc.; en **b**, los focos pueden variar en su duración por irregularidades en el filamento de encendido, su composición química, cambios en el tipo de atmósfera que rodea al filamento, fluctuaciones en voltaje y frecuencia a la que son sometidos los focos, etc.

Debido a la necesidad de especificar ciertas condiciones comunes a los individuos u objetos en estudio, el concepto de población es un poco flexible de acuerdo con los factores o condiciones características; así dichos ejemplos podrían ampliarse:

- a').** *Conjunto de diámetros de cilindros de concreto.*

En este caso los factores no especificados al definir población tendrán fluctuaciones mayores; de este modo, aumentan las características que no estamos controlando.

- b').** *Conjuntos de tiempos de duración de todos los focos producidos en México.*

Es lógico que aumenten los factores no definidos en la población **b'**, puesto que ahora se agrega la variación entre fábricas y épocas de elaboración de los focos, que a su vez dan mayor variación en los factores no constantes mencionados.

Para esta situación se dice que las poblaciones a' y b' tienen mayor grado de generalidad que las poblaciones a y b . También se pueden definir poblaciones con menor grado de generalidad si se especifican más factores al determinar la población; así, se podrán tener las siguientes poblaciones:

- a''). *Conjunto de valores en cm del diámetro de cilindros de concreto, conocidos como cilindros alfa; utilizados para soportes de vigas.*
- b''). *Conjunto de mediciones, en horas, del tiempo de duración de focos de la marca A, producidos en 2000, para uso doméstico en la Ciudad de México.*

Es obvio que al definir las poblaciones a'' y b'' los factores no especificados son menos que en las poblaciones a y b . Por lo tanto, las variaciones de las mediciones para a'' y b'' serán menores que las de a y b .

Estos ejemplos ilustran el hecho de que el concepto de población es flexible. Se espera entonces que sus características sean diferentes al cambiar la definición misma siendo de interés principal los cambios en valores promedios de las mediciones y su variación. En general, al ampliarse el concepto de población, o sea al tener un mayor grado de generalidad, *habrá más variabilidad*, o lo que es lo mismo, mayores discrepancias en las mediciones que se obtengan.

En las aplicaciones de los modelos lineales, se emplea el concepto de población repetidas veces. *Por lo general, se suponen poblaciones infinitas, que en la práctica, frecuentemente son poblaciones finitas con un número grande de miembros.* Así, una población se convierte en un concepto abstracto que representa las posibles mediciones de una característica común en un conjunto específico (muy grande o infinito) de seres u objetos.

En ocasiones se podrá argumentar que la población bajo estudio no es infinita; sin embargo, en la práctica, este caso es poco frecuente; casi siempre es posible, dentro de las especificaciones de la población, tener un número grande de individuos.

Las poblaciones *muy grandes o infinitas* se manejan a través de *muestras*, o sea que se miden sólo unos cuantos objetos o individuos y mediante el análisis estadístico de esas muestras se generalizan algunas características para toda la población.

En casos extremos la población puede ser totalmente artificial, en el sentido de no existir en realidad ningún individuo; en este caso, la población está en la mente del investigador y para su estudio deberá producir en la realidad algunos miembros de la población (muestra) para medirlos y mediante ellos inferir algo respecto a la población teórica.

Ejemplo:

Si se piensa en la población de presiones arteriales, en mm de mercurio de los hombres adultos de Cuernavaca, sometidos a una dosis x de una droga M (la droga M en estado experimental).

6.4. EL MUESTREO

Cuando no es posible medir a cada uno de los individuos de una población se toma una muestra representativa de la misma. La muestra descansa en el principio de que las partes representan al todo y por tal, refleja las características que definen la población de la cual fue extraída, lo que nos indica que es representativa; es decir, que para hacer una generalización exacta de una población es necesario tomar una muestra representativa y por lo tanto la validez de la generalización depende de la validez y el tamaño de la muestra. En general se entiende por *muestreo estadístico* a todo procedimiento de selección de individuos, procedentes de una población objetivo, que asegure, a todo individuo componente de dicha población, una probabilidad conocida, de ser seleccionado; esto es, de formar parte de la muestra que será sometida a estudio.

Esta definición nos plantea un problema, ya que es frecuente que en el momento de realizar la investigación no se tenga acceso a todos los individuos de la población objetivo. Veamos las situaciones más comunes que se pueden presentar:

- a). **Se tiene acceso directo a todos los individuos:** Esta situación, por lo general, sólo ocurre en la solución de algunos problemas. En este caso si se estudia a todos los individuos, no existirá diferencia entre la población y la muestra.

Las muestras se seleccionan mediante la realización de algún procedimiento de aleatorización, o sea, se escoge alguna estrategia de muestreo estadístico y, a partir de la definición del tamaño de la muestra, se realizan distintos tipos de mediciones sobre las muestras unitarias. Sobre estas mediciones (directas o indirectas) se realizan las operaciones vinculadas con la inferencia estadística; las conclusiones obtenidas a partir de la muestra se pueden aplicar directamente a la población.

- b). **No se tiene acceso a todos los individuos.** En este caso se debe definir qué constituye la muestra. Una vez establecido este punto, se aplica algún procedimiento de aleatorización para conseguir una muestra de tamaño n , realizándose los distintos tipos de mediciones planificadas. A partir de estas mediciones se realizan las operaciones vinculadas con la inferencia estadística, y se obtiene toda una serie de conclusiones sobre la muestra.

El vincular estas conclusiones a la población ya no cae en el campo de los métodos estadísticos, sino será el resultado de razonamientos vinculados con el conocimiento disponible para el especialista asociado con la disciplina; en particular este especialista relaciona el fenómeno estudiado con la zona de trabajo. A medida que la muestra es más representativa de la población, las conclusiones obtenidas, a partir de la primera, estarán relacionadas de forma más directa (con pocas modificaciones) a la población.

Se dice que una muestra es representativa para una etapa dada de la investigación (relacionada con el nivel de conocimiento que se desee obtener al terminar el estudio), si los individuos seleccionados, para un tamaño dado de la muestra, presentan una densidad espacial promedio, prácticamente homogénea para toda la región ocupada por la población.

- c). **Las muestras se toman siguiendo criterios no estadísticos:** Esta situación es también bastante común. En este caso se pueden estimar algunos valores numéricos (estadísticos), que representen valores sumarios de los atributos estudiados, pero la inferencia sobre la población se puede realizar sobre la base de los conocimientos asociados a la disciplina científica relacionada por el problema por resolver.

Después de lo expuesto, debemos recalcar que los métodos empleados en la inferencia estadística, *sólo tendrán valor si el método de muestreo empleado es estadístico*, es decir, si la muestra es representativa de la población en cuestión.

6.4.1. LEYES DEL MÉTODO DE MUESTREO

La técnica de muestreo se basa en ciertas leyes que le otorgan su fundamento científico, las cuales son: *la ley de los grandes números y el cálculo de probabilidades*.

- a). **La ley de los grandes números** nos dice que si en una prueba la probabilidad de un acontecimiento es P y si éste se repite una gran cantidad de veces, la relación entre las veces que se reproduce el suceso y la cantidad total de pruebas es decir la frecuencia F del suceso tiende a acercarse cada vez más a la probabilidad P . Más exactamente, si el número de pruebas es suficientemente grande, resulta totalmente improbable que la diferencia entre F y P supone cualquier valor prefijado por pequeño que sea.

La probabilidad de un hecho o suceso es la relación entre el número de casos favorables a este hecho con la cantidad de los casos posibles. El modo de establecer la probabilidad es lo que se denomina cálculo de probabilidad.

- b). **Ley de regularidad estadística.** Según esta ley, un conjunto de n unidades tomadas al azar de un conjunto N , es casi seguro que tenga las características del grupo más grande.
- c). **Ley de la inercia de los grandes números.** Esta ley es contraria de la anterior. Se refiere al hecho de que en la mayoría de los fenómenos, cuando una parte varía en una dirección, es probable que otra igual del mismo grupo, varíe en dirección opuesta.
- d). **Ley de la permanencia de los números pequeños.** Los estadísticos la formulan de la siguiente manera: si una muestra suficientemente grande es representativa de la población, una segunda muestra de igual magnitud deberá ser semejante a la primera; y si en la primera muestra se encuentran pocos individuos con características raras, es de esperar encontrar igual proporción en la segunda muestra.

6.4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Uno de los problemas más difíciles del muestreo probabilístico es la determinación del tamaño de la muestra, ya que el objetivo primordial al determinarlo es obtener información representativa, válida y confiable al mismo costo. Para obtener más exactitud en la infor-

mación es necesario seleccionar una muestra mayor; sin embargo, el solo hecho de contar con una muestra grande no garantiza su representatividad.

El tamaño de la muestra está relacionado con los objetivos del estudio y las características de la población, además de los recursos y del tiempo de que se dispone. El tamaño absoluto de la muestra y sus varianzas son los que ejercen mayor influencia en el error estándar. El tamaño de la muestra se puede determinar con base en la fórmula para estimar la varianza:

$$V(y) = \frac{\sigma^2}{n} \qquad n = \frac{\sigma^2}{V(y)} \qquad n = \frac{z^2}{E}$$

En donde:

- V = Varianza
- n = tamaño de la muestra
- z = Valor de tablas de la distribución normal estándar
- y = Media
- σ = valor de la desviación estándar
- E = máxima magnitud de error aceptable

Las etapas para determinar el tamaño de la muestra en el muestreo simple aleatorio, son las siguientes:

- a). Determinar el nivel de confianza con que se desea trabajar. (Al 66, 95 ó 99% de confianza). Es más usual al 95%, es decir, tomando 2σ .
- b). Estimar las características del fenómeno investigado. Para ello se determina la probabilidad de que se realice el evento (p) o la de que no se realice (q); cuando no se posea suficiente información de la probabilidad del evento, se le asignan los máximos valores.

$$p = 0.5 \qquad q = 0.5$$

La suma de $p + q$ siempre debe ser igual a uno.

- c). Determinar el grado de error máximo aceptable en los resultados de la investigación. Éste puede ser hasta del 10%, normalmente lo más aconsejable es trabajar con variaciones del 1% al 6%, ya que las variaciones mayores del 10% reducen demasiado la validez de la información.

d). Se aplica la fórmula del tamaño de la muestra de acuerdo con el tipo de población.

- *Infinita*. Cuando no se sabe el número exacto de unidades del que está compuesta la población.
- *Finita*. Cuando se conoce cuantos elementos tiene la población.

Para cada tipo de población se utiliza una fórmula distinta. Para *poblaciones infinitas* la fórmula es:

$$n = \frac{pq}{e^2}$$

Y para *poblaciones finitas* la fórmula es:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{N e^2 + Z^2 pq}$$

En donde:

- n = Tamaño de la muestra
- e = Error de estimación
- Z = Valor de tablas de la distribución normal estándar
- N = Tamaño de la población
- p = Probabilidad de éxito
- q = probabilidad de fracaso

El error de estimación se utiliza para estimar la precisión necesaria y para determinar el tamaño de muestra más adecuado.

Para calcular el error de estimación con un nivel de confianza del 95% se aplica la siguiente fórmula (tomando en cuenta 2σ):

$$e = \frac{3.84 pq}{n}$$

Ejemplo:

Supóngase que el objetivo de nuestra investigación es determinar los factores que inciden en la productividad de los obreros de la pequeña y mediana industria en la ciudad de México; por lo que es necesario entrevistar a los gerentes de producción para conocer su opinión. El tamaño de la muestra se calcula de la siguiente manera:

- Se determina el nivel de confianza (90 o 95%).
- Se obtiene el marco muestral, en este caso la referencia adecuada será el directorio de la pequeña y mediana industria que anualmente publica la Confederación Nacional de Cámaras Industriales (el número de empresas y de gerentes en la zona elegida es de 21,703).

- c). Se obtiene una lista de los gerentes de producción que trabajan en cada empresa y se numera.
- d). Se elige el método de muestreo. Dadas las características de la población se utilizará el método probabilístico y el muestreo simple aleatorio.
- e). Se aplica la fórmula para los distintos valores:

$$e = 5\%$$

$$n = ?$$

$$Z = 1.96 \text{ (por medio de tablas de la normal estándar).}$$

$$N = 21,703$$

$$p = q = .50$$

$$n = \frac{Z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Sustitución con el 95% de confiabilidad:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.50)(1-0.50)(21703)}{(21703)(0.50)^2 + (1.96)^2 (0.50)(1-0.50)}$$

$$n = 377.48$$

Sustitución con el 90% de confiabilidad:

$$n = \frac{(1.65)^2 (0.50)(1-0.50)(21703)}{(21703)(0.10)^2 + (1.65)^2 (0.50)(1-0.50)}$$

$$n = 67.85$$

- f). Se comparan ambos resultados, se analizan y se elige el más adecuado. En este ejemplo, si observamos los resultados, obviamente elegiremos el de 377 entrevistas ya que es el que tiene menor margen de error y consecuentemente una mayor confiabilidad.
- g). Mediante una tabla de números aleatorios se eligen los gerentes a los que se les aplicaría el estudio.

6.4.3. CLASIFICACIÓN DEL MUESTREO PROBABILÍSTICO

El muestreo probabilístico puede llevarse de diversas maneras, que veremos a continuación (Méndez, 1976 b; Münch y Ángeles 1991).

6.4.3.1. Muestreo Simple Aleatorio

El elemento más común para obtener una muestra representativa es la selección al azar, es decir, que cada uno de los individuos de una población tiene la misma probabilidad de ser elegido. Si no se cumple este requisito se dice que la muestra está viciada. Para tener seguridad de que la muestra al azar no está viciada debe elaborarse empleando una tabla de números aleatorios, o bien, empleando números aleatorios obtenidos a través de calculadoras de bolsillo o de cualquier tipo. El muestreo simple aleatorio es la base fundamental del muestreo probabilístico.

El muestreo simple aleatorio puede ser *con reemplazo* o *sin reemplazo*. El muestreo en que cada miembro de la población pueda elegirse más de una vez se llama con reemplazo, y el muestreo sin reemplazo es aquél en el que cada miembro de la población puede elegirse una sola vez.

La representación simbólica de una población de tamaño finito se indica por N , en donde n representa el tamaño de la muestra. De esta manera la fracción de muestreo es igual a:

$$f = \frac{n}{N}$$

Por ejemplo, si se selecciona una muestra de 200 de un total de 6 200 artículos, la fracción de muestreo será:

$$f = \frac{200}{6\,200} = \frac{1}{310}$$

Esta expresión puede utilizarse cuando se conoce el tamaño de la población, si también se estipula la fracción de muestreo, por ejemplo: ¿qué tamaño de muestra se determina con una población de 3 000 y una fracción de muestreo de 1/20?

$$\frac{1}{20} = \frac{n}{3\,000} \qquad 20n = 3\,000 \qquad n = 150$$

Una característica importante de la información obtenida por muestreo simple aleatorio es que permite estimar los valores de la población; por ejemplo, para estimar la edad promedio de una población, basta conocer la edad promedio de una muestra simple aleatoria, de tal manera que:

$$\bar{X} = \bar{X}'$$

Donde la media de la muestra \bar{X}' es un estimador insesgado de la media poblacional.

Los estimadores de la muestra probabilística son confiables en la medida que la experiencia confirma que la disposición de las observaciones tiene cierto comportamiento: la población puede estar distribuida normalmente si más o menos, las dos terceras partes de la muestra poseen la característica en un grado cercano al promedio; un sexto de la muestra posee la característica en un grado muy elevado y otro sexto de la muestra la posee en un grado más débil.

Existen dos expresiones que miden la variabilidad de los valores: *la varianza y la desviación estándar*, que expresan la dispersión de la información alrededor de la media.

La fórmula de la varianza de la población es:

$$\text{VAR } X = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N} = \sigma^2 \quad \dots(1)$$

donde:

$$\mu = \frac{\sum X_i}{N} \quad \dots(2)$$

La varianza de una muestra es:

$$\text{Var}_x X = \frac{\sum X_i^2}{n} - (\bar{X})^2 \quad \dots(3)$$

donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \dots(4)$$

La estimación de la varianza de la población utilizando la varianza de la muestra es:

$$S^2 = \frac{n}{n-1} \text{Var}_x X \quad \dots(5)$$

La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza:

$$\text{Población } D.S._x = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N} \quad \dots(6)$$

$$\text{Muestra } D.S._x = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad \dots(7)$$

Para determinar la confiabilidad de la estimación de la media poblacional basándose en la muestra, es necesario calcular el estimador de la varianza y de la desviación estándar. La teoría del muestreo proporciona ecuaciones para calcular la varianza y la desviación estándar, basándose en la información de una sola muestra. A la desviación estándar así calculada se le conoce como error estándar.

Las fórmulas para el error estándar y su estimador son:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{N-n}{N} \frac{\sigma^2}{n}} \quad \dots(8)$$

$$S' = \sqrt{\frac{N-n}{N} \frac{S^2}{n}} \quad \dots(9)$$

$$\text{donde } S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad \text{para } n \leq 30$$

$$\text{y } S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n} \quad \text{para } n > 30$$

La cota para el error de estimación es:

$$\bar{X} \pm 2S'$$

lo que significa que al menos $1-1/k^2$ de los datos se encuentran en este intervalo. Para $k = 2$ le corresponde un 75%.

Aplicando las fórmulas anteriores, supongamos que se efectuó una encuesta a los dueños de las casas habitación en la ciudad de Cunducacán, acerca de la preferencia de cierto material para la construcción. La pregunta formulada sería:

¿Consumió usted el producto X en la construcción de su casa habitación?

Sí

No

Esta pregunta se formula a una muestra aleatoria simple:

$$N = 3,000$$

$$n = 200$$

A la respuesta Sí se le codificó con 1.

A la respuesta No se le codificó con 0.

La suma de las respuestas afirmativas fue 150, $\sum(X_i) = 150$.

a). Cálculo de la media muestral, usando (4):

$$\bar{X} = \frac{150}{200} = 0.75$$

Es decir que el 75% de la población contestó afirmativamente.

b). Cálculo de la varianza de la muestra, usando (3):

$$\text{Var}_x \bar{X} = \frac{(150)^2}{200} - (0.75)^2 = 0.187 = 19$$

Este indicador nos está manifestando que existe el 19% de probabilidad de que un elemento de la población elegido al azar conteste negativamente.

c). Cálculo de la varianza estimada de la población, usando (5):

$$S^2 = \frac{200}{199} (0.187) = 0.188$$

O sea que existe un 18% de probabilidad de que la media no se ajuste a la media calculada.

d). Estimación del error estándar, usando (9):

$$S' = \frac{3000 - 200}{3000} \frac{0.188}{200} = 0.02$$

En este ejemplo, el intervalo equivalente a un error estándar en relación con la población es de 0.75 ± 0.02 , o sea, el intervalo entre 0.77 y 0.73. Existen 68% de probabilidades de que el

valor de la población se encuentre en este campo de variación. El intervalo de confiabilidad es el campo de variación en relación con el valor de la población en el cual se puede esperar que se sitúen las estimaciones.

El nivel de confiabilidad es la probabilidad de que los valores muestra, le sean correctos. El intervalo de confianza tiene relación con los riesgos de error que el investigador está dispuesto a aceptar en su trabajo. A mayor intervalo de confianza menores riesgos: para un nivel de confianza del 95% se necesita una cota de error o intervalo de confianza de dos desviaciones estándar en torno a la media, es decir que en el ejemplo citado existe un 95% de confiabilidad de que los resultados obtenidos en las encuestas sean acertados para toda la población.

6.4.3.2. Muestreo Estratificado

Se dice que una muestra es estratificada cuando los elementos de la muestra son proporcionales en su presencia en la población. La presencia de un elemento en un estrato excluye su presencia en otro, es un requisito de un muestreo estratificado. En la muestra estratificada la representación de los elementos en los estratos es proporcional a su representación en la población.

Para el muestreo estratificado se divide la población en varios grupos o estratos con el fin de dar representatividad a los distintos factores que integran al universo o población en estudio, la condición de la estratificación es la presencia en cada estrato de las características que conforman la población.

Para la selección de los elementos o unidades representantes de cada estrato se utiliza el método del muestreo simple aleatorio.

En relación con el muestreo simple aleatorio, tiene tres ventajas:

- a). El costo de recolección y análisis de datos se reduce al dividir los grupos con elementos similares pero que difieran de grupo a grupo.
- b). La varianza del estimador de la muestra poblacional se reduce debido a que la variabilidad dentro de los estratos es generalmente menor que la variabilidad de la población.
- c). Se obtienen estimadores separados para los parámetros de cada subgrupo o estrato sin necesidad de seleccionar otra muestra.

La estratificación es útil siempre y cuando se puedan definir con facilidad los estratos y sean claramente observables. Cuanto mayor sea el número de variables estratificadoras menos satisfactorios serán los resultados de la muestra.

Las etapas para la selección de una muestra estratificadora son:

- a). Especificación clara y detallada de cada estrato.

b). Selección de una muestra aleatoria de cada estrato.

El muestreo por estratos es aconsejable cuando existen claras diferencias en la población que se va a estudiar, por ejemplo: religión, sexo, nivel socioeconómico, etc., en una población relativamente grande. Cuando el número de elementos que integra cada estrato es diferente, la selección de la muestra deberá realizarse de tal manera que el número de elementos de cada estrato sea proporcional al tamaño de éste.

Fijación de la muestra por estratos:

$$n_i = n \left[\frac{N_i}{N} \right] \quad i = 1, 2, \dots, L$$

donde N_i es el número de elementos de estrato i y

$$N = \sum_{i=1}^L N_i \quad N \text{ es el tamaño de la población.}$$

Estimación de la media y la varianza de cada estrato:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}}{n_i}$$

$$S_i^2 = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{(X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i - 1} \quad i = 1, 2, \dots, L$$

donde X_{ij} es la j -ésima observación del estrato i y la varianza S_i^2 es un estimador de la varianza del estrato σ_i^2 .

Estimación de la media poblacional para una muestra aleatoria estratificada:

$$\text{Estimador } \bar{X}_{est} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^L N_i \bar{X}_i$$

Varianza estimada:

$$\sigma^2 \bar{X}_{est} = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^L N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i} \right) \left(\frac{S_i^2}{n_i} \right)$$

$$\text{Cota de error: } \bar{X}_{est} \pm 2\sigma \bar{X}_{est}$$

Ejemplo:

Se desea determinar los estilos de liderazgo predominantes en las 382 empresas más grandes del país, con un 95% de confiabilidad y un 5% de margen de error, a través de la aplicación de una encuesta a sus ejecutivos.

a). Se aplica la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Valores:

$$e = 5\%$$

$$Z = 1.96$$

$$N = 382$$

$$p = 0.5$$

$$q = 0.5$$

Sustitución:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(382)}{382(0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5)(0.5)}$$

$$n = \frac{3.8916(95.5)}{0.9525 + 0.9604} = \frac{366.8728}{1.9129} = 192$$

Por lo que sería necesario encuestar a 192 empresas.

- b). Se utiliza la tabla de números aleatorios para seleccionar a las empresas del marco muestral (directorio publicado por la Confederación Nacional de Cámaras Industriales).
- c). Se obtiene un listado de los ejecutivos y jerarquías o estratos de las empresas elegidas, el cual es el siguiente:

Nivel	Número
N ₁ Directores	534
N ₂ Subdirectores	173
N ₃ Gerentes	345
N ₄ Subgerentes	15
N ₅ Jefes de Departamento	144
Total de ejecutivos	1211

- d). Se aplica el método de números índices para cada estrato. Se utilizó la siguiente fórmula, para efectos de la relación del índice obtenido con la muestra que se calculó:

$$n_i = \frac{n N_i}{N}$$

donde :

n_i = Número índice

n = Tamaño de la muestra

N_i = Número de jefes en cada categoría

N = Tamaño de la población

Sustituyendo :

$$n_1 = (192) \left(\frac{534}{382} \right) = 267 \quad \text{Directores}$$

$$n_2 = (192) \left(\frac{173}{382} \right) = 87 \quad \text{Subdirectores}$$

$$n_3 = (192) \left(\frac{345}{382} \right) = 173 \quad \text{Gerentes}$$

$$n_4 = (192) \left(\frac{15}{382} \right) = 7.54 = 8 \quad \text{Subgerentes}$$

$$n_5 = (192) \left(\frac{144}{382} \right) = 72 \quad \text{Jefes de departamento}$$

- e). En las empresas elegidas en el inciso b, se encuesta al número de ejecutivos determinados para cada estrato, distribuyéndolos proporcionalmente con el método de números índices.

6.4.3.3. Muestreo Sistemático

En este método se eligen las unidades aplicando un intervalo de selección, de tal modo que después de que suceda cada intervalo se van incluyendo unidades en la muestra.

Para determinar el intervalo (I) se divide el tamaño de la población N entre el tamaño de la muestra:

$$I = \frac{N}{n}$$

Si por ejemplo, se requiere de una muestra sistemática de 200 empresarios en una lista de 3000, el intervalo

$$I = \frac{3000}{200} = 15$$

Utilizando la tabla de números aleatorios, cada 15 números se van seleccionando unidades que serán las que conformen la muestra. Las principales ventajas del muestreo sistemático son simplicidad y fácil administración, pero tiene el inconveniente de que pueden existir sesgos si las listas no están ordenadas o son ambiguas.

6.4.3.4. Muestreo por Conglomerados

El muestreo por conglomerados se realiza seleccionando aleatoriamente un conjunto de grupos de elementos muestrales llamados conglomerados y llevando al cabo un censo completo en cada uno de éstos.

Este tipo de muestreo es útil cuando no existe una lista de todos los elementos de la población y/o la población es grande y está dispersa en una región muy extensa, por ejemplo: supongamos que se desea hacer un estudio de la cantidad promedio de refrescos que ingiere cada familia en el DF.; en lugar de una muestra de toda la ciudad, se puede dividir ésta por conglomerados y después extraer una muestra aleatoria de éstos, encuestando a cada una de las familias incluidas en cada conglomerado escogido.

Este tipo de muestreo disminuye los costos pero en ocasiones puede aumentar el error de muestreo debido a que los elementos de un conglomerado por lo general tienen características comunes.

Estimación de la media poblacional en el muestreo por conglomerados donde n_i es igual al número de elementos del conglomerado y t_i es igual al total de mediciones del conglomerado:

Estimador:

$$\mu = X_c = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

Varianza estimada del estimador:

$$\sigma^2_{yc} = \left(\frac{M-m}{Mm n^2} \right) \left(\sum_{i=1}^m \frac{[t_i - \bar{X}_c n_i]^2}{m-1} \right)$$

Cota de error:

$$yc \pm 2 \sigma_{yc}$$

donde
$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m n_i \qquad \bar{t} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_i$$

M = número de conglomerados de la población.

m = número de conglomerados en la muestra.

Estimación del total poblacional:

Estimador:

$$T = M \sum_{i=1}^m t_i$$

Varianza estimada del estimador:

$$\sigma_t = M^2 \left(\frac{M-m}{Mm} \right) \left(\frac{t_i - \bar{t}^2}{m-1} \right)$$

Cota de error:
$$T = 2 \pm \sigma_t$$

6.4.4. **FACTORES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA UN PROCESO DE MUESTREO**

- a). Contar con la asesoría de un estadístico experimentado para obtener un diseño de muestreo.
- b). La exactitud de la información no sólo depende de la aplicación de fórmulas de muestreo sino también de la calidad del cuestionario, la capacitación de los entrevistadores, la supervisión del trabajo de campo y la confiabilidad de la codificación.
- c). Las entrevistas y cuestionarios incompletos y la sustitución de los entrevistados (por dificultad para entrevistarlos dañan la representatividad de la muestra).
- d). El muestreo es sólo una parte del proceso de investigación y aunque los resultados que se obtienen son cuantificables, es necesario analizarlos e integrarlos en relación con el contexto total de la investigación.
- e). A medida que el tamaño de la muestra crece, el error tiende a cero.
- f). De los diseños de la muestra debe elegirse el de mayor precisión al costo mínimo.

6.4.5. CUALIDADES DE UNA BUENA MUESTRA

Para que una muestra proporcione datos confiables, éstos deben ser representativos de la población, es decir, que los errores del muestreo deben ser relativamente pequeños para que ésta no pierda su validez. Ninguna muestra da garantía absoluta en relación con la población de donde ha sido extraída, de ahí, la importancia de poder determinar el posible margen de error y la frecuencia de los mismos dentro del conjunto.

Generalmente, se presentan dos tipos de errores: errores sistemáticos y de muestreo.

6.4.5.1. El error Sistemático

Llamado también de distorsión o sesgo de la muestra, se presenta por diferentes causas ajenas a la muestra:

- a). **Situaciones inadecuadas:** se presentan cuando el encuestador tiene dificultades para obtener información y la sustituye por la que más fácilmente está a su alcance, no siempre es la más confiable.
- b). **Insuficiencia en la recolección de datos:** hay distorsión por falta de respuesta, o por respuestas inadecuadas, ya sea por ignorancia o falta de datos relativos a los elementos incluidos. Distorsiones del encuestador causados por sus prejuicios, interés personal, o por fallas en la aplicación de los instrumentos.
- c). **Errores de cobertura:** a causa de que no se han incluido elementos importantes y significativos para la investigación que se realiza.

6.4.5.2. El error de muestreo

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado y la perfección del método utilizado, la muestra diferirá de la población. A esta diferencia entre la población y la muestra se le denomina error de muestreo.

6.4.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos depende en gran parte del tipo de investigación y del problema planteado para la misma. Las actividades en esta etapa son variadas, en donde podemos encontrar fichas de trabajo, observación, entrevista, cuestionario o encuesta, entre otras.

- a). **La ficha o tarjeta de trabajo.** Es de gran valor para la investigación documental. Su construcción obedece a un trabajo creador, de análisis, de crítica o de síntesis. En ella se manifiesta la capacidad de profundización del investigador de acuerdo al fin que persigue, ya que aunando la lectura y la reflexión, se extraen los aspectos de utilidad para la investigación. La ficha de trabajo es el instrumento que nos permite ordenar y clasificar

los datos consultados, incluyendo nuestras observaciones y críticas, facilitando así la redacción del escrito.

- b). **La observación.** La observación es la más común de las técnicas de investigación; la observación sugiere y motiva los problemas y conduce a la necesidad de la sistematización de los datos. La observación científica debe trascender una serie de limitaciones y obstáculos.

La palabra observación hará referencia explícitamente a la percepción visual y se emplea para indicar todas las formas de percepción utilizadas para el registro de respuestas tal como se presentan a nuestros sentidos. Pero es conveniente distinguir una respuesta y un dato: una respuesta es cierto tipo manifiesto de acción, un dato es el producto del registro de la respuesta. Una respuesta es observable, un dato es observado. El camino de la respuesta al dato es complejo debido a las variaciones sensoriales intrapersonales, variaciones en el uso de símbolos para registrar las impresiones de las respuestas.

La observación directa es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Este tipo de observación puede ser intersubjetiva cuando es basada en el principio de que observaciones repetidas de las mismas respuestas por el mismo observador deben producir los mismos datos, y la observación intrasubjetiva, que expone que observaciones repetidas de las mismas respuestas por observadores diferentes deben producir los mismos datos.

Dentro de las ciencias del comportamiento humano la observación puede subdividirse en dos tipos: la observación participante y no participante. La observación participante es aquella en la que el investigador juega un papel determinado dentro de la comunidad en la cual se realiza la investigación, mientras que la observación no participante es en la que el investigador hace uso de la observación directa sin ocupar un determinado status o función dentro de la comunidad, en la cual se realiza la investigación.

La observación indirecta se presenta cuando el investigador corrobora los datos que ha tomado de otros, o sea de testimonios orales o escritos de personas que han tenido contacto de primera mano con la fuente que proporciona los datos.

- c). **La entrevista.** Al igual que la observación, es de uso bastante común en la investigación, ya que en la investigación de campo, buena parte de los datos obtenidos se logran por entrevistas. Podemos decir que la entrevista es la relación directa establecida entre el investigador y su objeto de estudio a través de individuos y grupos con el fin de obtener testimonios orales. La entrevista puede ser individual o colectiva y por la forma que está estructurada puede ser libre o dirigida. Cuando ciertas condiciones externas a la investigación lo permiten, es conveniente repetir la entrevista para verificar la información obtenida.
- d). **El Cuestionario.** Es de gran utilidad en la investigación científica, ya que constituye una forma concreta de la técnica de observación, logrando que el investigador fije su atención en ciertos aspectos y se sujeten a determinadas condiciones. El cuestionario contiene los aspectos del fenómeno que se consideran importantes; permite, además, aislar ciertos

problemas que nos interesan principalmente. Reduce la realidad a ciertos números de datos esenciales y precisa el objeto de estudio.

La elaboración del cuestionario requiere un conocimiento previo del fenómeno que se va a investigar, lo cual es el resultado de la primera etapa de trabajo. Una vez que se ha tenido contacto directo con la realidad que se investiga y se tiene conocimiento de los aspectos más relevantes, es el momento para precisar el tipo de preguntas que haremos y que nos llevarán a la verificación de nuestras hipótesis.

La experiencia del investigador es un gran auxiliar para la construcción de cuestionarios, los cuales deben ser adaptados a las necesidades del investigador y a las características de la comunidad en la cual se realiza la investigación.

La estructura y forma del cuestionario deben estar cuidadosamente elaboradas, no deben incluirse preguntas y datos cuya utilidad no esté precisada con exactitud. Es de gran importancia el orden en que deben aparecer las preguntas, ya que su redacción está íntimamente relacionada con el orden en que son formuladas.

La redacción de las preguntas debe ser suficientemente sencilla para que sean comprendidas con facilidad, además deberá ser clara y precisa a fin de que se refiera directa e inequívocamente al punto de información deseado.

Las preguntas pueden ser:

- a). **Dato objetivo:** edad, sexo, etc.
- b). **Cerradas:** se contestan con un sí o con un no.
- c). **Abiertas:** las que se contestan a criterio y juicio del entrevistado.
- d). **De opción múltiple:** cuando se presenta una serie de posibilidades para responder, entre las cuales el entrevistado escogerá la que crea conveniente.

Una vez elaborado el cuestionario debe ser aplicado por el investigador a fin de realizar una prueba, la cual le permitirá la corrección de los errores que se hayan presentado, tales como: preguntas inútiles, poco precisas, que se repiten, mal redactadas, de no conveniencia, etc. El cuestionario se prueba en un pequeño grupo antes de ser aplicado en la totalidad de la muestra.

6.4.7. ESTUDIO PILOTO

Antes de realizar la investigación es conveniente y necesario, para la efectividad de la misma, cuestionar la calidad de los instrumentos que se han diseñado y se piensan aplicar, bien sean entrevistas escritas u orales. Esta prueba nos permite ver las deficiencias existentes en torno al diseño metodológico y nos lleva a la realización de los ajustes necesarios, e igualmente pondrá de manifiesto las ventajas y desventajas en torno a la investigación que se realizará

posteriormente. El estudio piloto nos ayudará a perfeccionar las hipótesis ya planteadas y a solucionar pequeños imprevistos en la etapa de planteamiento de la investigación. Este estudio de preinvestigación debe realizarse en una pequeña muestra, la cual debe darnos confiabilidad, es decir, debe ser lo más representativa posible a la muestra definitiva de la investigación. Es importante señalar que del muestreo piloto se obtienen estadísticas que nos ayudarán al cálculo del tamaño de la muestra, es recomendable que se recurra a un estadístico para que conjuntamente con el investigador se realicen los cálculos y ajustes necesarios.

6.4.8. PROCESAMIENTOS DE DATOS

Una vez recopilados los datos por medio de los instrumentos diseñados para este fin, es necesario procesarlos, ya que la cuantificación y su tratamiento estadístico nos permitirán llegar a conclusiones en relación con las hipótesis planteadas. No basta con recolectar los datos ni con cuantificarlos adecuadamente. Una simple colección de datos no constituye una investigación. Es necesario analizarlos, compararlos y presentarlos de manera que realmente lleven a la confirmación o al rechazo de las hipótesis.

El procesamiento de datos, antes muy laborioso mediante métodos manuales, es hoy realizado por computadoras electrónicas, las cuales han eliminado, por así decirlo, gran parte del trabajo matemático y estadístico que antes se realizaba. Hoy en día toda investigación seria (presupuestada adecuadamente) es procesada por computadoras, lo cual aligera la obtención de resultados que anteriormente se demoraba por los procesos matemáticos implementados. El procesamiento de datos, cualquiera que sea la técnica empleada para ello, no es otra cosa que el registro de los datos obtenidos por los instrumentos empleados, mediante una técnica analítica en la cual se comprueba la hipótesis y se obtienen conclusiones. Por lo tanto, se trata de especificar el tratamiento que se dará a los datos: ver si se pueden clasificar, codificar y establecer categorías precisas con ellos.

6.4.8.1. Codificación

Es el procedimiento técnico mediante el cual los datos son categorizados. A través de la codificación, los datos sin elaborar son transformados en símbolos, ordinariamente numéricos, que pueden ser tabulados y contados. Sin embargo, la transformación no es automática; supone un juicio por parte del codificador.

Codificar es clasificar todos los datos en base a las variables independientes y dependientes relacionadas con la investigación; es decir, todas las manipulaciones que deberán hacerse con los datos numéricos de tales variables para descubrir los resultados de esas manipulaciones. Una vez manipulados y obtenidos los resultados, se realiza un análisis de datos para compararlos con las hipótesis propuestas. El juicio que asigna una respuesta a una categoría es con frecuencia emitido por alguien distinto de la persona que ostenta oficialmente el título de "codificador". A menudo es el propio interrogado quien asigna su respuesta a una categoría. Esto es cierto para muchas preguntas tipo elecciones y de elección múltiple, por ejemplo, cuando una persona se limita a una respuesta de "sí", "no", "no sé", o "estoy de acuerdo", "no estoy de acuerdo", "no estoy seguro" o bien indicando con una señal su posición en una escala

de valores. Asimismo, la persona que recoge los datos puede categorizar al tiempo que los va reuniendo. Este procedimiento permite disponer de tiempo para la reflexión. Los juicios de los encargados de la recolección de los datos pueden ser matizados por notas nada significativas como el aspecto y la manera del interrogatorio, su acento, respuestas a preguntas previas, etc.

6.4.8.2. Tabulación

Es una parte del proceso técnico en análisis estadístico de los datos. La operación esencial en la tabulación es el recuento para determinar el número de casos que encajan en las distintas categorías. El término *marginales* es utilizado para referirnos a simples recuentos de frecuencias en los que concurren las diversas categorías con los datos. El término *tabulación cruzada* es utilizado con frecuencia para referirnos a la tabulación del número de casos que ocurren conjuntamente en dos o más categorías.

6.4.8.3. Interpretación

Aquí se considera si las variables correlacionadas en el sistema, resisten una interpretación no sólo a nivel muestra sino del colectivo; si los resultados obtenidos nos resultaron o no (por honestidad se aclara siempre) extensivos o interpretativos de la población considerada. Básicamente la interpretación es ya la "expresión de la relación existente entre los fenómenos". Esto es simplemente lo que en ciencia se define en la actualidad como ley; la expresión de la relación existente entre las variables consideradas en el estudio. En su forma más perfecta esta relación tiende a expresarse en términos cuantitativos.

6.5. DEFINICIONES BÁSICAS EN LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

El *experimento* es la selección de variantes bajo estudio, la toma de muestras de las poblaciones y los cuidados durante la producción controlada de esas muestras de poblaciones. El *análisis estadístico* de los resultados, para contestar las preguntas básicas del experimento, se basa en el *modelo teórico* que se cree que es el más adecuado para representar cómo cambian las medias de las poblaciones estudiadas (las que se generan al variar los niveles de algunos factores).

Se llama *factor* a alguna de las condiciones constantes dentro de las poblaciones, pero que varían entre las poblaciones estudiadas. Las modalidades que definen a las poblaciones en el estudio de un factor se llaman *niveles*. Entonces una población queda definida por los niveles de los factores estudiados y se conoce como un *tratamiento* (o combinación de tratamientos). El diseño es la configuración de puntos en el espacio de los factores, (es decir, los niveles de los factores) y el orden en el cual se efectúa la toma de observaciones en el tiempo y/o espacio.

El diseño consiste en la determinación de cuántos factores se varían, a qué niveles, qué combinaciones de ellos se estudian y cómo se asignan a las unidades experimentales. A cada diseño le corresponde un modelo y éste a su vez determina el análisis estadístico.

6.6. PASOS EN LA PLANEACIÓN DE EXPERIMENTOS¹⁶

6.6.1. ESTABLECER OBJETIVOS

Esto deberá hacerse preferentemente por un grupo interdisciplinario con un estadístico en él. En los experimentos los objetivos son esencialmente de tipo comparativo; esto es, se comparan las medias de diferentes poblaciones. El objetivo de la investigación es un enunciado claro y preciso de las metas que se persiguen en razón de la solución de un problema mediante el proceso científico.

6.6.2. DEFINIR TRATAMIENTOS

El mismo comité o grupo interdisciplinario debe decidir qué factores y qué niveles son los más convenientes para los objetivos seleccionados. Se deberá tener cuidado también al definir las condiciones constantes comunes a todas las poblaciones (tratamientos) bajo estudio. Aquí hay dos principios contrapuestos, ya que si se definen poblaciones con grados de generalidad muy reducido, esto es, con muchas condiciones constantes, se tendrá una variabilidad aleatoria reducida, y esto puede ser más costoso y además reducirá el área de aplicabilidad de los resultados del experimento. Por otro lado, las poblaciones con grado de generalidad alto, o sea, con pocos factores constantes, tienen área de aplicabilidad amplia, pero mucha variabilidad aleatoria. Se debe buscar un balance adecuado según los objetivos, el presupuesto y las facilidades físicas disponibles.

Los tratamientos seleccionados deberán ser de una naturaleza tal, que puedan ser reproducibles a gran escala. Por ejemplo, no tiene sentido práctico (aunque tal vez sí lo tenga desde el punto de vista científico) ver si teniendo un maestro por cada alumno de la UJAT se eleva su I. Q. (a esto se le llama practicidad de los tratamientos).

Ejemplo:

Considerar 120, 130 y 140 grados centígrados como temperatura de proceso de un ingenio para la producción de azúcar y además caña de variedades CO-245 y POJ-321 (factorial 3 por 2), manteniendo constantes la presión y concentración de reactivos.

Al definir los tratamientos se define el denominado espacio de exploración o región de exploración. En el ejemplo anterior se tienen temperaturas en el rango de 120 a 140 grados centígrados y dos variedades de caña.

6.6.3. DEFINIR LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental es la subdivisión menor del material experimental que puede recibir un tratamiento diferente. Aquí intervienen factores de tipo práctico y de tipo estadístico.

¹⁶ Se trata de experimentos comparativos que requieren de la estadística para su análisis. Méndez, 1977.

Dentro de los aspectos de tipo práctico, se tiene por ejemplo: la producción de un día del ingenio puede ser una unidad experimental (o un lote). Otro aspecto práctico es la representabilidad de las unidades experimentales. Esto es, las unidades deben ser reproducciones de condiciones comerciales o de gran escala.

Dentro de los aspectos estadísticos está la precisión del experimento, en general, unidades experimentales grandes producen menos variabilidad aleatoria. El tamaño de la unidad experimental debe considerarse en forma simultánea con el tamaño de muestra y el costo. Se ha trabajado muy intensamente en este aspecto y la recomendación más adecuada es reducir al máximo la unidad experimental, de manera que continúe siendo representativa, así como aumentar el tamaño de la muestra (número de unidades experimentales que se estudian con un tratamiento constante), para un costo fijo. O sea, es más efectivo aumentar el tamaño de la muestra que el tamaño de la unidad experimental, reduciendo de este modo la variabilidad de los estimadores de los parámetros de interés.

6.6.4. *DEFINIR LAS OBSERVACIONES O MEDICIONES A EFECTUARSE*

A. Tipos de Mediciones. Escalas

El investigador, en su trabajo cotidiano, se enfrenta a distintas actividades en las que realiza mediciones de las más diversas magnitudes, atendiendo algún criterio dado. Estas actividades se realizan con un propósito que determina la secuencia de operaciones mediante las cuales se obtienen, el resultado de la medición, así como la confiabilidad de los números que caracterizan la cualidad estudiada.

Una medición consiste en el proceso de asignar un valor numérico (o un símbolo) a alguna cualidad de un objeto o de un proceso, asociado a una definición operacional. Es posible definir cuatro tipos de niveles de medición, los que a continuación se describen brevemente (Alfonso, 1989).

- a). **Nivel nominal o clasificatorio.** Se usa para clasificar objetos en distintas clases o categorías, en dependencia del comportamiento de un conjunto de propiedades. Pueden ser designadas por medio de números o de símbolos. Las categorías son mutuamente excluyentes y no es posible establecer relaciones de orden, ejemplo; tipos de maquinaria, coloración del suelo, tipos de reactivos, etc.
- b). **Nivel ordinal.** Este nivel se usa cuando los objetos o eventos estudiados se pueden ordenar de forma consecutiva, atendiendo al comportamiento mayor que y menor que del atributo o cualidad que se emplea como criterio común y como ejemplo se pueden mencionar. Escala de resistencia a la ruptura por compresión de las rocas, con diez categorías; escala para la intensidad de los terremotos con diez categorías, etc. Las clases o categorías sucesivas de las escalas ordinales no tienen que estar equiespaciadas con respecto al atributo.

- c). **Escala de intervalos.** Se emplea cuando se establece o define la igualdad de intervalos (intervalo de longitud) entre dos clases sucesivas. Pero el valor del cero absoluto se puede definir de forma arbitraria. El caso más representativo del uso de estos tipos de escalas es la medición de la temperatura en las escalas de Celsius y la de Fahrenheit. Las magnitudes medidas con estos tipos de escalas se pueden someter al tratamiento estadístico convencional.
- d). **Escalas relacionales o de proporciones.** Constituyen las escalas de medición más completas. En este tipo de escalas quedan definidos tanto el cero de la magnitud, como el intervalo de longitud entre dos unidades consecutivas de la misma. Los datos correspondientes al uso de este tipo de escala pueden ser sometidos a todo tipo de procesamiento matemático definido en la estadística matemática, siempre y cuando los propios datos cumplan con los requisitos exigidos para cada método en particular.

B. Tipos de Variables

Se denomina variable a la característica o atributo de la unidad de estudio que tiene la facultad de adoptar diferentes valores o modalidades. Es la relación causa efecto que se da entre uno o más fenómenos estudiados.

La validez de una variable depende sistemáticamente del marco teórico que fundamenta el problema y del cual se ha desprendido y de su relación directa con la hipótesis que la respalda. Inicialmente se definen las variables contenidas en la hipótesis en forma teórica, luego en forma empírica, lo cual recibe el nombre de indicadores de variables.

- a). **Variables de interés primario.** Son aquellas que permiten medir en forma directa los aspectos fundamentales de la investigación; ejemplo: tiempo de fraguado, rendimiento, descontaminación de los suelos, etc.
- b). **Variables sustitutas de interés primario.** Son las variables que se utilizan cuando no se pueden medir las de interés primario por motivos tecnológicos, éticos o de tiempo; éstas deben contener aspectos altamente correlacionados con las de interés primario; por ejemplo: número de bretaduras por unidad de superficie, como indicador del estado de deterioro ambiental.
- c). **Variables auxiliares.** Son aquellas que aunque no son fundamentales proporcionan información adicional al proceso estudiado; ejemplo: procedencia de determinado material, calidad del material, etc.
- d). **Variables absolutas.** Se refiere a las características de los objetos de estudio sin necesidad de hacer referencia a la propiedad de algún grupo; ejemplo: edad de la maquinaria, su uso, etc.
- e). **Variables relacionales.** Se refiere a las características de los objetos de estudio, que sólo se pueden expresar en relación con otros objetos de estudio; por ejemplo: la referencia de una máquina se puede definir de acuerdo al número de individuos que la tengan en uso.

- f). **Variables comparativas.** Se refiere a las características de los objetos de estudio que se plantean en relación con un grupo; por ejemplo: el rendimiento de una máquina puede ser mayor, igual o menor al promedio del grupo.
- g). **Variables explicativas.** Son mediciones que se hacen para conocer mejor el efecto de los tratamientos. Así por ejemplo el contenido de impurezas en el azúcar, color y otras medidas de calidad.
- h). **Variables extrañas.** Son las variables que el investigador no controla y que pueden presentar efectos sobre la variable dependiente.
- i). **Observaciones complementarias para incrementar precisión, (covariables).** Estas son variables que sirven para usar el análisis de covarianza, de modo que los resultados son como si el experimento se hiciera con valores de la covariable constante. La covarianza disminuye la magnitud de los errores en el experimento; ejemplo: sólidos totales en el jugo de caña o el denominado "brix" que da idea del contenido de azúcar en el jugo.
- j). **Observaciones para verificar la aplicación de los tratamientos.** Son observaciones que se usan para ver si se tienen las condiciones deseadas en cada unidad experimental; ejemplo: observar si las condiciones de temperatura (tratamiento) son las adecuadas.
- k). **Observaciones para verificar las condiciones externas.** Es muy importante este tipo de observaciones puesto que si las condiciones externas no son comunes a las unidades experimentales aumentaría el error experimental y corremos el riesgo de enmascarar el efecto de los tratamientos; ejemplo: condiciones climáticas, tipo de técnica empleada, etc.

En la elaboración de un proyecto de investigación, se debe definir y/o describir cada una de las variables involucradas en la investigación, así como sus escalas de medición.

Durante la toma de observaciones, se debe hacer notar las precauciones necesarias para eliminar sesgos introducido por operaciones conscientes o inconscientes.

6.6.5. ELECCIÓN DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Para toda investigación es de importancia fundamental que los hechos y relaciones que establece, los resultados obtenidos o nuevos conocimientos tengan el grado máximo de exactitud y confiabilidad. Para ello se planea una metodología o procedimiento ordenado que se sigue para establecer lo significativo de los hechos y los fenómenos hacia los cuales está encaminado el interés de la investigación.

Científicamente la metodología es un procedimiento general para lograr de una manera precisa el objetivo de la investigación. De ahí, que la metodología de la investigación nos presenta los métodos y técnicas para realizar la investigación.

El diseño experimental es la forma de asignar los tratamientos a las unidades experimentales. El diseño determina el modelo y el análisis estadístico a seguir.

Las ideas centrales que guían la elección del diseño son los principios de aleatorización y de bloques. El uso de bloqueo en el diseño (modelo) es con el fin de contrarrestar el efecto de algunos factores que aunque no son de interés se reconoce que pueden causar una fuerte variación en las unidades experimentales y que sin embargo no pueden mantenerse constantes todas las unidades experimentales. Se puede definir el concepto de bloque como un grupo de unidades experimentales más o menos homogéneas, de modo que la asignación de tratamientos diferenciales a dichas unidades experimentales produzcan en las observaciones un efecto más fácil de distinguir de otros factores aleatorios. Los modelos con bloques asumen un valor constante que se adiciona a todas las unidades experimentales de cada bloque.

Los factores de bloqueo importantes son las posiciones en el tiempo y en el espacio ya que las unidades contiguas o concomitantes tienden a ser parecidas. El principio de bloqueo fue establecido por Fisher en los experimentos agronómicos y de ahí se extendió a todas las áreas de la investigación.

Se llama bloque completo a un grupo de unidades experimentales que contienen todos los tratamientos del experimento y bloque incompleto, si no contiene más que a una parte de los tratamientos. Para el caso de dos tratamientos los bloques completos de parejas de unidades experimentales semejantes se les denomina observaciones apareadas.

El uso de bloques tiene como objetivo el control de factores de variación en forma explícita en el modelo, disminuyendo así la varianza de los errores.

El principio de aleatorización también introducido por Fisher es fundamental por dos razones: la primera, porque es un medio de impartir insesgamiento a los estimadores a pesar de tener unidades experimentales heterogéneas. Esto es, todos aquellos factores no estudiados (que no son parte de los tratamientos) ni controlados explícitamente en el modelo (que no es parte de los bloques) y que causen variación en las unidades experimentales son controladas por la aleatorización. Al aleatorizar se controlan factores de variación no incluidas en el modelo en forma implícita. Se busca eliminar sesgos sistemáticos y justificar la independencia de los errores. Si después de revisar la aleatorización se nota alguna disposición sistemática, se recomienda rechazar este arreglo y generar otro nuevo. Entonces la aleatorización es como un seguro contra posibles sesgos que pueden o no ocurrir. La propiedad de aleatoriedad de un arreglo de tratamientos no está en el arreglo en sí, sino en el sistema que genera el arreglo.

6.6.6. DETERMINAR EL NÚMERO DE REPETICIONES

Las repeticiones son las veces en que se reproduce cada tratamiento en las unidades experimentales. Las repeticiones son necesarias en casi todos los experimentos ya que:

- a). Proveen una estimación de la varianza del error experimental.
- b). Incrementan la precisión del experimento, puesto que de hecho son los tamaños de la muestra de las poblaciones estudiadas.
- c). La varianza de los estimadores será menor a mayor número de repeticiones.

6.6.7. PROYECTO DE RESULTADOS Y ANÁLISIS

Esto debe determinarse antes de efectuar el experimento para que el estadístico señale al experimentador cuales son las suposiciones básicas del modelo y este último determine si el experimento cumple satisfactoriamente esas suposiciones. Si se cree que algunas suposiciones no son realistas, o sea, no se cumplen de modo satisfactorio (estrictamente nunca se cumplen), entonces se cambia el modelo y/o modelo experimental.

También se realiza el proyecto de resultados para ver si las respuestas que se obtengan cumplen con los objetivos planteados, esto se hace señalando cuáles son las hipótesis estadísticas que se probarían. Si es posible determinar potencia de las pruebas, ésta se realiza. Se debe señalar también la forma gráfica o tabulada en que se resumirán los resultados. Un aspecto importante a discutir es la relación entre el costo y la precisión, así también como la generalidad de los resultados.

Desafortunadamente, en muchas áreas de experimentación no se conoce bien el papel de la estadística y es frecuente que se efectúen experimentos sin tener una idea clara de cuáles son sus objetivos, cuál es el diseño, el modelo y su análisis.

Si se realiza este paso, el investigador tiene que considerar estos aspectos antes del experimento. Es frecuente que se presenten datos a los estadísticos para que "vean qué se les puede sacar", de antemano el investigador debe pensar que esta situación es inadecuada, aunque, algunas veces cuando se conduce un experimento y se pierde información por aspectos fuera de su control, es conveniente reconsiderar el modelo y rediseñar el experimento, esto es para aprovechar al máximo la información restante.

6.6.8. REALIZAR EL EXPERIMENTO Y COLECTAR DATOS

En la realización del experimento y en la colección de los datos el estadístico sólo debe asesorar al investigador; sobre él recae todo el trabajo que se realiza con el material experimental. Se debe tener cuidado de especificar los pasos prácticos a seguir y tener formas especialmente diseñadas para vaciar las observaciones. Se debe cuidar también no introducir sesgos o vicios personales inconscientes. Por ejemplo: al tomar los datos en cierto orden puede sesgar la información.

En ocasiones durante el desarrollo del experimento pueden surgir problemas prácticos que obliguen a reconsiderar el diseño y en consecuencia el modelo, y que estos cambios puedan modificar los resultados planeados. Es claro que estas consideraciones se deben hacer en equipo interdisciplinario, puesto que el rediseñar implica generar un nuevo modelo para el análisis.

6.6.9. EFECTUAR EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para esto, hay usualmente programas de computadora como el SPSS y el SAS en donde se realizarán las pruebas de hipótesis. Se pueden revisar algunas de las suposiciones del modelo por ejemplo: independencia de errores, normalidad y homogeneidad de varianzas.

Es muy importante analizar el experimento de varias maneras, esto se hace con el fin de comparar los métodos de análisis y tomar el más adecuado.

6.6.10. OBTENCIÓN DE CONCLUSIONES

Es frecuente que el investigador no conozca lo suficiente de estadística para obtener conclusiones claras. El estadístico debe auxiliarlo para la interpretación de los análisis. Algunos aspectos de discusión casi obligada son los niveles de significancia, potencia y alcance o aplicabilidad de las inferencias realizadas.

Es importante hacer notar que el investigador es el que más sabe del fenómeno en cuestión dentro del equipo interdisciplinario, por lo que deberá tener cuidado en relacionar los resultados de los análisis, (desde el punto de vista matemático), con la realidad de su investigación.

6.7. EVALUACIÓN DEL EXPERIMENTO

La evaluación del experimento se realiza ya sea para publicarse o para el planteamiento de futuros experimentos con base a la información obtenida. Hay que recordar que la adquisición de tecnología nueva es un proceso infinito con ciclos de experimentación, alimentados por los análisis científicos. Se debe analizar si hubo concordancia entre los objetivos planteados al principio de la investigación con los resultados y si la precisión con que se realizó el experimento fue lo suficientemente buena para el problema en estudio. Por ser de importancia especial, se mencionan las características más importantes que debe poseer un buen experimento.

6.7.1. AUSENCIA DE ERRORES SISTEMÁTICOS

Se debe buscar que los factores de variación no controlados, o sea, no incluidos como tratamientos o como bloques, no causen variación sistemática. Pueden existir estas tendencias pero no se consideran muy marcadas y pueden controlarse por medio de la aleatorización.

Desde 1923 se notaba este fenómeno, Student indica que el grado de contigüidad de dos parcelas en un campo, son semejantes y se supone esperado en los rendimientos. En 1939, Yates afirma que las parcelas cercanas tienden a estar positivamente correlacionadas, disturbando la *teoría básica de los mínimos cuadrados*, los estimadores del error y por consiguiente las pruebas de significancia.

Se puede resumir, diciendo que las unidades experimentales con un determinado tratamiento, deberán tener únicamente diferencias aleatorias con otras unidades experimentales. Cuando esto es desconocido, las suposiciones de ausencia de efectos sistemáticos se deben probar y deben verificarse en el experimento; usando observaciones complementarias, o por experiencia previa.

6.7.2. PRECISIÓN

Los estimadores de funciones de diferencias entre tratamientos o diferencias entre las medias, deberán fluctuar alrededor de su valor verdadero (parámetro) de un modo aleatorio. La magnitud de estas fluctuaciones se mide por la varianza o desviación estándar de los estimadores. La precisión del experimento se mide por esas desviaciones estándar; si son bajas se tiene mayor precisión; por supuesto, comparable con experimentos similares y escala de medidas iguales. La precisión del experimento o sea la magnitud de las desviaciones estándar de los estimadores depende principalmente:

- a). De la variabilidad intrínseca de las unidades experimentales; esto es, de la magnitud de la varianza en función de la esperanza matemática de los errores al cuadrado, una vez definido el modelo.
- b). De la exactitud y cuidados con los que se efectúa el experimento.
- c). Del diseño del experimento que involucra el número de repeticiones y la forma de eliminar heterogeneidad de las unidades experimentales mediante el uso de bloques, número y tipo de tratamientos.
- d). Del método de análisis; ya que pueden usarse una o más covariables que de hecho reducen la varianza. Usualmente se acostumbra determinar el coeficiente de variación del experimento, esto es, la varianza estimada sobre la media; lo cual es útil para comparar experimentos similares. Aunque es más recomendable determinar qué magnitud de diferencias entre medias se puede detectar con ese experimento manteniendo constantes las probabilidades de error.

6.7.3. EL RANGO DE VALIDEZ

Depende del grado de generalización que se haga dentro de las poblaciones realizadas. Si se tienen pocas condiciones comunes, el rango de validez es más amplio, pero esto se debe hacer siempre y cuando la varianza no resulte demasiado grande. Si la varianza es grande y se quiere validez amplia se deben incluir los factores no comunes que causen variabilidad grande como parte de los tratamientos o de los bloques, con varios equipos y técnicas. Esto se debe hacer sin complicar demasiado el experimento.

Aun en los experimentos de tipo tecnológico puro, es muy conveniente salir lo más que se pueda del empirismo y no únicamente señalar las diferencias que existen entre tratamientos (significativos), sino que con auxilio de conocimientos científicos particulares, el problema

tratado, se debe procurar explicar el porqué de esas diferencias; de este modo, se da mayor rango de validez al experimento. Si se conoce el porqué de las diferencias se puede tener una base para saber en qué condiciones se pueden extrapolar los resultados del experimento. De hecho, esto es lo que hace un técnico o un científico al estudiar los resultados experimentales realizados en otros lugares y con objetivos diferentes a los suyos.

6.7.4. SIMPLICIDAD

Aunque los análisis estadísticos simplificados se pueden hacer por computadora o incluso generar arreglos aleatorios con las mismas, no es recomendable usar diseños que involucren análisis complicados por dos razones:

- a). La interpretación de análisis complicados es difícil y la aplicabilidad de los resultados es poco práctica.
- b). Si el experimento es complicado y durante el desarrollo práctico se presentan problemas no visualizados que obliguen a reconsiderar el diseño, los análisis resultan más complicados aún. También se tiene poca flexibilidad para modificar el diseño y análisis planteados. Con un diseño sencillo se puede hacer frente a contingencias no previstas durante la conducción del experimento.

6.7.5. VERIFICABILIDAD DE SUPOSICIONES EN EL MODELO

El diseño deberá proporcionar información sobre la validez de las conclusiones, esto es, el grado de precisión en los estimadores. También debe ser posible verificar las principales suposiciones hechas en el modelo. Por ejemplo: hay diseños en que se supone que no hay cierta interacción, y una vez realizado el experimento no es posible verificar el hecho de que no lo haya. El diseño no sería conveniente, si la suposición real de no interacción no es justificada debidamente. Esto conducirá al uso de un diseño que permita verificar si tal interacción es comparable a los errores experimentales o no.

Generalmente, es difícil por parte del investigador interpretar el término de interacción por lo que se considera negligible y no se efectúa como consecuencia un análisis más detallado de los datos para verificar si se cumplen los supuestos del modelo propuesto.

6.8. APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS MODELOS LINEALES

Para resaltar la importancia que en la práctica tienen los modelos estadísticos lineales, se enuncian cuáles son las aplicaciones principales de los diferentes modelos lineales mencionados en los capítulos anteriores. De hecho, es sólo un intento de enunciación de dichas aplicaciones, porque es muy probable que existan otras además de las mencionadas aquí. También hay la posibilidad de emplear un modelo para varias aplicaciones a la vez. Es conveniente hacer notar que la información de este capítulo fue extraída del libro de "Modelos

Estadísticos Lineales" de Méndez, 1976 a, este libro es adecuado para los investigadores de todas las especialidades que deseen ampliar conocimientos de modelos lineales.

El término de análisis de varianza se emplea para designar el análisis de los modelos estadísticos lineales en general; debemos recordar que el análisis de varianza no es un "molino" que muele y produce resultados automáticamente sin ningún cuidado ni examen previo por parte del operador. Es un instrumento bastante delicado que se debe usar cuando se requiera precisión, pero necesita de habilidad y entusiasmo para que se aplique con el máximo de ventajas. El investigador que busque en la literatura, puede encontrar, algunas veces, análisis muy elaborados aplicados a ciertos datos para probar algo que era casi obvio al hacer una inspección cuidadosa antes de efectuar el análisis; o bien, encontrar resultados establecidos como "significativos" sin ningún intento de aplicación crítica.

Para facilitar la discusión, comenzamos por los modelos de regresión y continuaremos por los diseños experimentales, entre los que mencionaremos un uso de la covarianza (aparte de su empleo similar al de bloques, para reducir la varianza de los errores e impartirles la propiedad de distribuirse normalmente). Los modelos de regresión tienen cuatro tipos de uso fundamental: descripción y explicación, predicción, control y calibración. Los modelos de diseños se emplean principalmente para comparación de medias, estudios de efectos y estimación de parámetros poblacionales.

6.8.1. DESCRIPCIÓN Y EXPLICACIÓN

Los modelos de regresión son valiosos para describir el tipo de asociación entre la variable y (dependiente o respuesta) y las variables $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_i, \dots, \chi_p$ (independientes), en este caso lo que se persigue es resumir las tendencias de los datos y encontrar la forma de asociación entre las variables.

Es muy importante señalar que en dicho uso no se pretende establecer relaciones causales, en el sentido de que los valores de las χ_i produzcan cambios en los valores de y . Los modelos de regresión indican únicamente que existe asociación entre las variables y cuál es la forma de dicha asociación; esto se hace de manera empírica, sólo con la información de los datos observados.

Puede suceder que existan factores no estudiados que están causando conjuntamente cambios en los valores de y y en los de las χ_i . Para citar un ejemplo clásico, señalaremos que en un estudio de población de los Estados Unidos se encontró que la frecuencia de cáncer (y) estaba relacionada con la intensidad del hábito de fumar (χ) a través de un modelo del tipo $y_i = \beta_0 + \beta_1 \chi_i + \epsilon_i$, con $\beta_1 > 0$; sin embargo los defensores de las compañías de cigarrillos señalaron, con justa razón, que podría existir un factor genético, fisiológico o psicológico que produjera ambos efectos, es decir, que aumentara la susceptibilidad al cáncer y al mismo tiempo incrementara el deseo de fumar. Posteriormente, con experimentos más precisos, empleando perros, se encontró una relación causa-efecto que indicaba que el cáncer era causado entre otros factores por el hábito de fumar. Otro caso es el de la relación entre el número de cigüeñas en Inglaterra (y) y la producción de acero (χ); esto nos indica que al aumentar la

producción de acero se incremente la cantidad de cigüeñas, pero esta relación es puramente matemática, en estos casos, el criterio del investigador es importante para discernir.

No pretendemos que los modelos de regresión señalen relaciones causa-efecto a través de una relación funcional. Sin embargo, si basados en otros conocimientos científicos ajenos a la estadística se establece la relación causa-efecto, los modelos de regresión son valiosos auxiliares que permiten simplificar y estudiar dicha relación. Por ejemplo, aquí incluiríamos los modelos llamados "curvas de crecimiento", que son los que ligan la edad o tiempo con la masa o número de individuos producidos al estudiar seres vivos o poblaciones de seres vivos.

Un empleo interesante de los modelos de regresión se da en las relaciones entre factores que puedan pasar a ser hipótesis científicas al suponerse la relación causa-efecto provisionalmente. Así, por ejemplo, si al estudiar a los alumnos de nivel universitario se encuentran que las calificaciones promedio en la universidad (y) tienen una asociación lineal positiva con el ingreso promedio de los padres (χ), se puede plantear como hipótesis que de un ingreso bajo produce estudiantes con malas calificaciones y que ingresos altos producen buenas calificaciones. Provisionalmente, y con explicación, se considera que los estudiantes de familias de ingresos bajos tienen que trabajar y dedican menos tiempo al estudio que los del otro tipo de familias; otra alternativa sería que los estudiantes de familias con ingresos bajos tienen una alimentación deficiente, cosa que no sucede con los de ingresos altos. Se requerirá una investigación para probar las hipótesis sugeridas y que la regresión sólo ayudó a plantear. Ejemplo como el anterior son útiles en economía, donde el empleo de modelos lineales es muy abundante en el área conocida como econometría; por ejemplo el estudio del precio de los automóviles y , como función de ingreso χ_1 , $\chi_2 = \chi_1^2$, costo de transporte de tipo colectivo χ_3 e índice de costo de alimentos χ_4 .

6.8.2. PREDICCIÓN

Un ejemplo sumamente importante de los modelos de regresión es la posibilidad de predecir el valor que tendrá y_i , o la media de la población del conjunto de y_i , que se genera cuando se especifican las condiciones del proceso mediante los valores de las χ_{ji} .

Un ejemplo lo constituyen las llamadas *series de tiempo* donde se trata de predecir cuál será el valor de una característica y que depende del tiempo. Por ejemplo el precio de la maquinaria A para un año futuro, donde las χ_j ($j = 1, \dots, p$) son funciones del tiempo y/o observaciones y anteriores.

Otro ejemplo; cuando en una fábrica se quieren introducir muchas variables en el modelo, ya que pueden aparecer algunas que no son "explicativas", o sea que, aunque no reducen mucho la variabilidad de los errores, pueden incrementar la variabilidad de las predicciones al estimar los parámetros ligados a las variables no explicativas. También debe tenerse en cuenta que es factible lograr una reducción de la variabilidad del error mediante la introducción de muchas variables independientes, hasta el grado de tener error cero cuando las variables independientes son $n - 1$, siendo n el número de observaciones; en este caso hay un "ajuste" perfecto; sin embargo, en virtud de que es para las observaciones y_i particulares que se

tienen, no se ajustará del mismo modo a otras observaciones. Por dicha razón, este modelo con "ajuste perfecto" no funciona para la predicción, de manera que no es recomendable medir e incluir como variables independientes todo lo que puede tener influencia sobre la variable dependiente; se debe concretar en cambio a estudiar aquellas variables independientes que, con base en conocimientos previos, se supone que poseen una influencia preponderante para determinar los valores de las observaciones en la variable dependiente.

Existen en la literatura especializada, varios procedimientos para seleccionar de entre un conjunto de posibles variables independientes uno de los mejores subconjuntos. Estos procedimientos se conocen como "forward", "backward", "stepwise" y otros. Entre los criterios para saber si un subconjunto dado es de los mejores están: el valor de R^2 (que es el porcentaje de variación en la variable dependiente, explicado por las variables independientes a través del modelo de regresión), la estimación de la varianza de los errores o cuadrado medio del error y otros criterios especiales.

6.8.3. CONTROL

Un modelo de regresión puede servir para encontrar los valores de las χ_j ($j = 1, \dots, p$) que pueden optimizar, de acuerdo con algún criterio, los valores de la variable dependiente y . En esta área se hallan las llamadas funciones de producción, las cuales constituyen una extensión de las llamadas "superficies de respuesta".

Para dar una idea del tipo de problemas que representan damos un ejemplo: se interesa encontrar la mezcla óptima (la más económica) para la producción de bloques; para lograrlo se encuentra por regresión una función que ligue, la cantidad de bloques producida y y las cantidades de varios compuestos como arena, agua, cemento, entre otros (las χ_j); posteriormente, en función de los costos y , con ayuda de programación lineal, se obtiene la mezcla óptima. En este ejemplo se establece la ecuación de regresión y se buscan los valores de las χ_j que controlen los cambios en y en el sentido deseado.

En la industria se pueden usar los modelos de regresión para controlar, es decir, para optimizar procesos de producción. En la del acero, por ejemplo es factible relacionar la producción o resistencia del acero y con las características del proceso, tales como temperatura de fundición χ_1 , cantidad de hierro χ_2 , cantidad de carbón χ_3 , etc. De este modo se pueden determinar los valores de las χ_j que optimicen y , en un contexto económico.

En términos generales, si bien se puede ligar, mediante un modelo de regresión, una característica de interés económico y , con un conjunto de factores χ_j o variables independientes susceptibles de modificarse según el albedrío humano, se optimizarán las características y variando los valores de los factores χ_j . Éste es el proceso estadístico conocido como "control". Para esto, el modelo de regresión deberá ser satisfactorio desde el punto de vista estadístico, es decir con varianza de errores baja y cumpliendo con bastante aproximación las suposiciones hechas en el planteamiento del modelo. Por supuesto que se podrán tener algunas variables independientes que no sean controlables: lluvia, temperatura

ambiental de la región, concentración de materias primas, etc., pero habrá otras variables independientes factibles de ser controladas.

6.8.4. CALIBRACIÓN

La regresión se emplea también en el problema llamado "calibración", en el que cada y es una característica aleatoria fácil de medir que depende de una variable no aleatoria difícil de medir x la relación de dependencia se puede determinar mediante una regresión del tipo:

$$y_i = \sum_{j=1}^p \beta_j g_j(x_i) + \varepsilon_i$$

El modelo se usa para predecir el valor de x que ha producido una y determinada. Por ejemplo si se desea saber el contenido de calcio x en una sustancia, se pueden medir ciertas bandas características al analizar en un espectrofotómetro (y). Si se preparan algunas muestras con cantidades de calcio conocidas x y se determina la y para cada muestra, se ajusta una regresión como la mencionada. El modelo obtenido se empleará para encontrar el valor de x , que es el contenido de calcio de una muestra nueva desconocida, sólo midiendo las bandas del espectrofotómetro y . En general, dicho procedimiento se aplica para la calibración de aparatos científicos y métodos de determinación de características no aleatorias, pero en los que el aparato o el método de determinación están sujetos a fluctuaciones aleatorias que producen variabilidad en sus resultados.

6.8.5. COMPARACIÓN DE MEDIAS

Los modelos estadísticos lineales de diseño de experimentos tienen como objetivo principal comparar las medias de las poblaciones estudiadas; por ejemplo, al comparar en el trópico la producción de azúcar de cinco ingenios, considerando igual número de formas de producción, o bien de tipo de manejo o combinaciones de ambos criterios; lo que interesa aquí es comparar las medias de producción, o bien de tipo de manejo o combinaciones de ambos criterios. En la industria, así como en este ejemplo, se pueden comparar las medias de producción de varias poblaciones generadas al considerar diferentes tipos de operación de las fábricas.

Otro ejemplo sería la comparación de medias de calificaciones de los alumnos de la UJAT sometidos a métodos diversos de enseñanza, los cuales constituyen las diferentes poblaciones. En medicina es frecuente la comparación de las medias de poblaciones de ciertos caracteres fisiológicos o morfológicos tales como presión arterial, contenido de azúcar en la sangre, tamaño de órganos en hipertrofias, etc., y las poblaciones que se generan al considerar cierto tipo de drogas, dosis de una misma droga o tipos de tratamientos médicos en general.

En todos los casos las hipótesis planteadas son del tipo:

$$\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t;$$

esto es:

$$\mu_j = \mu^* \quad \text{para } j = 1, \dots, t$$

Esta hipótesis, al incorporarse a los modelos genera una hipótesis del tipo:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_t \quad \text{ó} \quad \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_t$$

O sea, que la hipótesis de igualdad de medias se confirma mediante la hipótesis de igualdad de efecto de poblaciones. No siempre se prueba la llamada "nulidad de efectos" sobre todo con ciertos casos restringidos. Una hipótesis de nulidad sería:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_t = 0$$

Si una hipótesis del tipo $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$ es rechazada (mediante el análisis de varianza), se puede deber a que μ_1 es diferente del resto y $\mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_t$; a que todas sean distintas entre sí, o bien que $\mu_1 = \mu_2 \neq \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \neq \mu_6$, etc. Como se puede ver, existe un número grande de posibilidades en las cuales no se cumple $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$. En estos casos se recurre a ciertos tipos de pruebas estadísticas, que permiten probar un conjunto de hipótesis que consisten en la igualdad de parejas de medias de poblaciones, y establecer un orden entre los valores de las μ_j , lo que obviamente permitirá inferir sobre las poblaciones que optimicen los valores de y . Un ejemplo sería:

$$\mu_1 = \mu_2, \quad \mu_2 = \mu_3 \quad \text{y} \quad \mu_1 \neq \mu_3$$

Obsérvese que en este caso no actúa la ley de transitividad según la cual "dos cosas iguales a una tercera son iguales entre sí" debido a que no se trata de una igualdad algebraica sino de una igualdad estadística, es decir, con algún grado de probabilidad de ser cierta y otro de ser falsa.

Las pruebas estadísticas que permiten efectuar esas comparaciones de medias dos a dos, se describen en casi todos los textos de diseños experimentales con el nombre de "comparaciones múltiples". Entre estas pruebas destacan por su volumen de uso e importancia, *la diferencia mínima significativa* (DMS) que ha sido criticada por aumentar cierto tipo de probabilidad de error y *las pruebas de Duncan, Tukey, Student-Newman-Keuls* (SNK) y *Scheffé*.

6.8.6. ESTUDIO DE EFECTOS

Un diseño experimental puede planearse para estudiar las relaciones entre varios factores cuantitativos o cualitativos que sirven como criterios para definir las poblaciones bajo estudio y sus respectivas medias.

Una hipótesis de gran importancia práctica es la de "no interacción" entre dos o más factores cualitativos o cuantitativos que sirven como criterios para definir las poblaciones bajo estudio. Por ejemplo, al estudiar la depresión de sujetos drogadictos, se podrá conocer si el efecto de la

droga se modifica al tratarse de hombres o de mujeres, o bien en un proceso industrial, si el efecto de concentración de reactivos sobre la producción se modifica o no con el tiempo de proceso. Cuando no es rechazada la hipótesis de "no interacción" los resultados relativos a un factor de clasificación en estudio respecto a un nivel de los otros factores se pueden generalizar a los otros niveles de los demás factores. Cuando la hipótesis de "no interacción" es rechazada, los resultados de un factor se ven modificados por los niveles de otro(s) factor(es). Por ejemplo, si se estudian ciertas variedades de plantas en diferentes lugares, la "no interacción" indicará que la mejor variedad en general es también la mejor en cada uno de los lugares estudiados; o sea que las relaciones entre las medias de las variedades son las mismas en los diferentes lugares. Si la hipótesis de "no interacción" es rechazada, ello indicará que para cada lugar se tiene cierto tipo de relaciones entre las medias de variedades. Posiblemente, la mejor variedad en general no sea la mejor en todos los lugares, lo que indicará la necesidad de estudiar las relaciones entre las medias de variedades en cada lugar por separado.

Otro aspecto de interés práctico es cuando se investiga el patrón de cambio que siguen las medias de poblaciones generadas al modificar los niveles de un factor con respecto a los niveles dados; por ejemplo, si el cambio en las medias es de tipo lineal, cúbico, cuadrático, etc. En general, con las medias estimadas de poblaciones de un experimento, se puede investigar la relación funcional entre dichas medias y los niveles de los factores empleados en el experimento; esto es, lo que se conoce con el nombre de "*superficie de respuesta*". De hecho se usan primero los modelos de diseños experimentales y, posteriormente, considerando las medias de tratamientos estimadas como variables dependientes y los niveles de los factores cuantitativos como independientes, se emplea el modelo de regresión.

Es posible también comparar ciertos grupos de poblaciones, considerados como una sola población con mayor grado de generalidad, con otro grupo de poblaciones, a través de los llamados contrastes. Esto es un valioso auxiliar para investigar la naturaleza de los cambios de las medias de las poblaciones al variar los diversos factores en estudio. En ocasiones se estudia la interrelación de variables reales (como las de regresión) y las cualitativas de clasificación del diseño.

Éste es otro de los posibles usos de los modelos de covarianza; por ejemplo, al analizar los rendimientos de diferentes poblaciones de plantas, definidas por distintas prácticas de cultivos o variedades (tratamientos), puede interesar la comparación de medias de rendimiento de las poblaciones (tratamientos) en un mismo valor de número de plantas presentes y grado de enfermedad; esto se consigue en forma teórica empleando un modelo de covarianza, donde las covariables son la medida del número de plantas y del grado de enfermedad. La información anterior sirve para investigar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento a través del número de plantas y grado de enfermedad comparando las diferencias de medias de las poblaciones (tratamientos) "ajustados" por las covariables, o sea comparando un valor común de éstas con las diferencias de medias de tratamientos, pero ignorando las covariables. Por ejemplo, si al comparar tratamientos hay alguno que produce una población con media de rendimientos mayor que las otras cuando la comparación se hace con un valor teórico constante de las covariables; mientras que al ignorar las covariables, ese mismo tratamiento produce una media igual o menor que las demás. Esto indicará que el tratamiento en cuestión tiene potencialidad de alto rendimiento siempre y cuando, por otros medios se pueda lograr un

grado de enfermedad y un número de plantas como el logrado teóricamente con el análisis de covarianza.

6.8.7. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

Los diseños experimentales pueden estar planeados para estimar el valor absoluto de medias de poblaciones, aunque esto es poco común. Por ser de utilidad práctica es muy frecuente la estimación de las covarianzas de efectos aleatorios, a las que se llama componentes de varianza. Una posibilidad es estimar la variabilidad con la cual los toros transmiten la potencialidad para la producción de leche. Con inseminación artificial, un macho puede tener muchos hijos a la vez, si las vacas hijas llegan a producir leche, la calidad del toro se mide por la cantidad de leche de sus hijas, lo que es, en cierto grado, independiente del aspecto físico del macho. En este caso es importante estimar variabilidad con la cual se presenta la producción de leche. Así, el ejemplo del modelo anterior puede ser:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} Producción de leche anual promedio de la vaca que es la k -ésima hija del toro j -ésimo en el hato i -ésimo.
- μ Media de la producción en una población general que ignora toda clasificación.
- α_i Efecto de hato i -ésimo, o sea la diferencia $\mu_i - \mu$ donde μ_i es la media de la población teórica formada por el i -ésimo hato.
- β_j Efecto del toro j -ésimo, o sea $\mu_j - \mu$, donde μ_j es la media de la población teórica del descendiente del toro j -ésimo. Como a su vez los toros forman una población, se considera que β_j es un efecto aleatorio con varianza σ_B^2 . Y es precisamente la estimación de σ_B^2 la que es de importancia práctica.
- γ_{ij} Interacción del i -ésimo hato, con el j -ésimo toro.
- ϵ_{ijk} error aleatorio por las particularidades de la k -ésima hija del toro j -ésimo en el hato i -ésimo, $\epsilon_{ijk} \text{ NID } (0, \sigma^2)$.

6.8.8. OTROS USOS

Los modelos estadísticos lineales se han empleado para generar algunas técnicas estadísticas muy especiales. Por ser consideradas de gran importancia, señalamos la de la estadística multivariada; entre sus aplicaciones están, técnicas muy usadas en dasonomía en general, psicología, sociología y muchas otras áreas. Este campo es considerado como una extensión de los modelos lineales.

Un entendimiento completo del manejo de los modelos lineales es necesario para comprender el análisis multivariado, ya que las bases heurísticas y matemáticas son esencialmente las mismas. El cambio fundamental consiste en considerar para cada individuo de las poblaciones, varias mediciones $y_{1p} \dots y_{pi}$, o sea, que se toman en cuenta las mediciones de vectores

aleatorios con componentes no independientes, como elemento mínimo la observación. Las suposiciones básicas son similares; así, se supone que las y_{1i}, \dots, y_{pi} siguen una distribución normal multivariada, que hay independencia del vector y_{1i}, \dots, y_{pi} y que las matrices de covarianzas para las diferentes poblaciones (multivariadas) con igual grado de generalización son iguales. En este caso se usan modelos semejantes a los tratados aquí.

Ejercicio 8. A fin de tener los elementos para la redacción de "Materiales y Métodos", es necesario que conteste las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el problema de su Investigación?

2. ¿Cuál es la hipótesis de su Investigación?

3. ¿Cuál es el Objetivo General?

4. ¿Cuáles son los Objetivos Específicos?

5. ¿De qué tipo es la investigación (histórica, descriptiva o experimental)? Explique.

6. ¿Es un estudio causal, predictivo o exploratorio? Explique.

7. ¿Cuál es la forma de la Investigación (básica o aplicada)? Explique.

8. ¿De qué tipo es la población, cuál es su delimitación, cuáles son las condiciones constantes y no constantes que forman parte de ella (condiciones edáficas, climáticas, de laboratorio, etc.)?

9. ¿De qué tipo es la muestra y qué técnicas de muestreo usará (la forma como será extraída la muestra y las técnicas de recolección de datos)? Explique a detalle.

10. Señale los instrumentos que se usarán, así como sus formatos, según sea el caso (deberán ser estructurados de acuerdo al tipo de investigación adoptado y cumplir los requisitos fundamentales de validez y confiabilidad. Dentro de los instrumentos más usados se encuentra el cuestionario, la encuesta y la entrevista).

11. Indique de qué manera validará los instrumentos y las técnicas para asegurarnos confiabilidad.

12. Indique la manera como serán tabulados y graficados los datos.

13. ¿Si se trata de una investigación histórica, de qué manera recopilará los datos y cuál será la validez de ellos?

14. ¿Si se trata de una investigación descriptiva, cuáles son las técnicas de muestreo que se usarán y de qué manera calculará el tamaño de la muestra?

15. ¿Si se trata de una investigación experimental, cuál será su diseño experimental, y el modelo estadístico, así como las pruebas a que se someterán los datos; sin olvidar el nivel de significancia que se trabajará en las pruebas de hipótesis?

16. Describa cuidadosamente los sujetos, el escenario, y el equipo o materiales utilizados.

17. Describa las comparaciones experimentales que se harán, anotando el diseño experimental dentro del cual se realizaron dichas comparaciones.

18. Describa cuidadosamente los procedimientos de registro que se utilizarán. ¿Son éstos susceptibles a réplica? Explique claramente.

19. Señale las variables dependientes y cómo es que estas variables permiten la evaluación de las variables independientes. ¿Son dichas variables dependientes sensibles?

20. ¿Se demuestra la confiabilidad de los instrumentos de medición usados, y si realmente registraron lo que el investigador pretendía evaluar? Explique.

21. Señale los procedimientos de administración de la variable independiente ¿se ajusta esa descripción a la del diseño experimental?

22. ¿Se evitó la contaminación derivada de que los experimentadores o registradores desconocieran el diseño experimental, o el efecto probable de los procedimientos, o la asignación de sujetos a los tratamientos experimentales?

23. Si se hicieron comparaciones intergrupos o intersujetos, ¿se aseguró la compatibilidad de los sujetos?, es decir, ¿se evitó que la selección de los sujetos contaminara los resultados?

24. ¿Se aplicaron procedimientos para controlar los siguientes contaminantes: aquellos acontecimientos especificables, ocurridos entre el inicio y el fin del experimento, que pudieron afectar a la variable dependiente y producir los resultados independientemente del procedimiento experimental?

25. Anote observaciones adicionales a su metodología:

7. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

7.1. CRONOGRAMA

El cronograma es una forma de presentación del programa de actividades, que facilita la realización y el control del avance de la investigación; los elementos básicos que lo constituyen son las actividades y los tiempos de realización. A saber:

- a). **Actividades:** Para organizar las actividades, es necesario considerar las etapas del proceso de investigación, con el fin de seguir una secuencia lógica.
- b). **Determinación del tiempo:** Para la fijación del tiempo de realización de cada actividad, se considera el criterio del investigador, que se basa en el esfuerzo individual y colectivo que está dispuesto a realizar. Al fijarse el tiempo, debe dejarse un margen adecuado por las variaciones que puedan presentarse.

Es importante mencionar que tanto el cronograma como el presupuesto, se exponen en un trabajo a nivel proyecto de investigación y no en un informe de investigación, ya que en el primero lo esencial radica en cómo realizar la investigación, y en el segundo los resultados de la misma.

La presentación más objetiva de un cronograma es mediante una gráfica, en la que los tiempos de duración de las actividades se presentan en barras, cuya longitud la determina su duración. Para que esta gráfica sirva de control debe indicar por cada actividad tanto su cumplimiento como su estimación. Actualmente, existen softwares o programas de computación que auxilian en la elaboración del cronograma y el presupuesto de un proyecto de investigación, como ejemplos se mencionan: Opus, Primavera, Microsoft Project, o Microsoft Excel.

Con fines de ejemplo, en la figura 2 se presenta un cronograma en el que tanto las columnas como los renglones tienen propósitos definidos; en el caso de las columnas, la primera corresponde al número que se le asignó a cada actividad; la segunda a la descripción de la actividad o tarea; la tercera al tiempo asignado a cada actividad.

Cuando diseñe su cronograma primero haga una lista de las actividades que crea usted son de importancia y después vaya eliminando las que no tienen la necesidad de calendarizarse. Llevar un buen control del quehacer de la investigación, nos lleva a obtener los resultados a tiempo y esto ocasionará que se cuente con el tiempo suficiente para poder evaluar el trabajo que se realizó.

Los cronogramas no tienen un diseño fijo; cada institución proporciona un formato distinto de acuerdo a las necesidades que requiera. Como ejemplo, se presenta en el cuadro 1, y las figuras 4 y 5, un ejemplo de calendarización de acuerdo a Microsoft Project.

Cuadro 1. Calendarización de actividades para un Proyecto de investigación.

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Recopilación de datos	20 días	ma 1/07/03	ju 26/07/03	
2	Análisis de laboratorio	25 días	ma 29/07/03	ju 1/09/03	1
3	Análisis de datos	15 días	ma 2/09/03	ju 22/09/03	2,1
4	Interpretación	10 días	ma 23/09/03	ju 6/10/03	3
5	Informe de la investigación	30 días	ma 7/10/03	ju 17/11/03	4

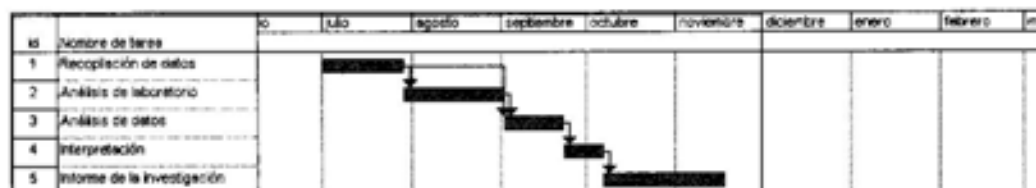


Figura 4. Cronograma de actividades para Proyecto de Investigación.



Figura 5. Diagrama de Pert para el Proyecto de Investigación.

7.2. PRESUPUESTO

Los costos de investigación se especificarán detalladamente, de tal modo que los investigadores conozcan cuál va a ser el recurso financiero necesario en el estudio.

Al desglosar los costos deberá indicarse qué salarios percibirá el personal, determinar los costos del material de consumo (reactivos, materia prima, material de computación, etc.), los gastos de envío de muestras, los del manejo de materiales, los de animales y su manipulación (para investigaciones en ciencias biológicas), de mantenimiento de equipo y de publicación.

Si se requiere de apoyo financiero, se puede solicitar a varias instituciones gubernamentales o privadas que lo proporcionan. Para ello, se llenan formas de solicitud específicas que deberán acompañarse del protocolo de investigación correspondiente. Es necesario justificar el presupuesto para cada rubro de acuerdo con las metodologías y objetivos del estudio. Si el proyecto es financiado por cualquiera de estas instituciones, es necesario describir los detalles del convenio.

Independientemente de la fuente de financiamiento, es útil desglosar todos los recursos señalados, por lo que será necesario generar una forma especial en la cual se especifique cada uno de los rubros (Méndez *et al.*, 1990).

En el cuadro 2 se da un ejemplo del cálculo del *Presupuesto* de una investigación, tomado de formato de la solicitud de apoyo a proyectos de investigación de la Dirección de Investigación y Postgrado de la UJAT.

FINANCIAMIENTO

Recursos

- a). Infraestructura con que cuenta la División Académica para desarrollar el presente proyecto tal como instalaciones, equipo, materiales, información bibliográfica, etc. (anexar en hojas por separado)
- b). Personal académico y de apoyo con el que cuenta la Institución para la realización de este proyecto.

Monto solicitado N\$ _____

CONCENTRADO

GASTO CORRIENTE _____
 INVERSIÓN _____
 TOTAL _____

Cuadro 2 Presupuesto total del proyecto.

CONCEPTO	MONTO SOLICITADO	OTRA PARTICIPACIÓN
GASTO CORRIENTE		
PERSONAL DE APOYO		
MANTENIMIENTO DE EQUIPO		
SUBSTANCIAS Y MATERIALES		
PASAJES Y VIÁTICOS		
CONSULTA A BANCOS DE INFORMACIÓN		
ACERVOS HEMEROBIBLIOGRÁFICOS		
OTROS		
SUBTOTAL		
INVERSIÓN		
EQUIPO DE LABORATORIO ¹⁷		
HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS ¹⁵		
SUBTOTAL		
IMPORTE TOTAL		

(EN MILES DE PESOS)

Nota: El presupuesto también se puede realizar con Microsoft Project, el motivo de anotar el ejemplo anterior es para hacer notar que las instituciones cuentan con formatos establecidos.

¹⁷ Anexar listado y cotización del equipo solicitado, así como una justificación de cada uno de los rubros.

8. LA LITERATURA CITADA¹

La literatura citada será de acuerdo a las indicaciones dadas a los autores de la revista en particular. Sin embargo, entre los sistemas ya mencionados, se encuentran bastantes variaciones con respecto a las construcciones de las referencias aparte de las restricciones impuestas por las características inherentes de estos sistemas (por ejemplo en el sistema Harvard el año de publicación sin excepción, seguirá a los autores). Las causas de estas variaciones radican en que los organismos nacionales e internacionales no se ponen de acuerdo para reglamentar la manera de estructurar una referencia. Sin embargo, se han obtenido logros en algunas disciplinas con respecto a la uniformidad en las normas de presentación de las citas, en particular del *International Committee of Medical Journal Editors*, pero todavía falta mucho camino por recorrer sobre este tópico.

En los ejemplos que siguen, excepto cuando sea indicado, las publicaciones serán citadas de acuerdo al sistema numérico, el cual respeta el orden alfabético de los autores, como está especificado en las instrucciones para los autores de la revista *Veterinaria-México*. Este sistema se emplea también en la preparación de tesis, tanto a nivel licenciatura como de postgrado, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Posiblemente el mejor consejo que se puede dar si hay duda después de consultar las instrucciones para los autores y de haber revisado algunos artículos publicados recientemente en esa revista, es tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a). Las consideraciones más relevantes para la presentación de referencias bibliográficas son: que sean *completas, correctas y uniformes*; al decir completas, se alude a la necesidad de incluir todas las características bibliográficas esenciales para localizar la publicación; correctas, se refiere a asegurarse de que toda la información presentada sea verídica; y uniforme, que todas las referencias sean presentadas de la misma manera.
- b). Las referencias individuales son presentadas en forma continua y no necesitan tener una línea para cada parte de la cita; tampoco es necesario agrupar las referencias por tipo de publicación, i.e. todos los artículos de revistas juntos o todas las tesis. Es común usar letra minúscula en los títulos de las publicaciones periódicas excepto cuando únicamente sean correctas las mayúsculas.
- c). La primera característica que debe tener una referencia bibliográfica, no importa qué sistema se emplee, es el nombre del autor. Los nombres y orden de aparición de los autores como constan en la publicación deben ser respetados y no excluir alguno de los autores en la literatura citada. En el caso de los nombres compuestos como *Von Karajan* o *De Lucia*, es usual que el prefijo siga al apellido y no que se tome en cuenta a la hora de ordenar las citas, aunque la decisión final depende de la política de la revista en cuestión.

¹ Russel, 1989.

Cuando un artículo no trae autor, puede ser clasificado como anónimo o enlistado por título. Clasificarlo como anónimo indica la presencia de un autor aunque sea desconocido, en cambio un artículo enlistado por título remite a reseñas de información o noticias como son los publicados en periódicos o revistas de divulgación técnica:

Anónimo.: Los flamencos de río Lagartos. *Naturaleza*, 13: 208-209 (1982).

Acuerdo sobre investigaciones biomédicas. *Inform. Cient. Tecnol.*, 4(71): 3 (1982).

En el caso de autores corporativos dependientes de una institución superior, se cita primero la organización superior:

World Health Organization. WHO Expert Committee on Filariasis. 3rd. report. *WHO Tech. Rep. Ser.*, No. 542, (1974).

Cuando se cita más de un artículo escrito por el mismo autor y existen coautores, las referencias se ordenan según el orden alfabético del segundo y los subsecuentes autores:

Nicoletti, P. L., Jones, L. M. and Berman, D. T. Adult vaccination with standard and reduced dosis of *Brucella abortus* strain 19 vaccine in dairy herd infected with brucellosis. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 173: 1445-1499 (1978).

Nicoletti, P. L. and Masachi, T. F. Bacteriological evaluation of serologic test procedures for the diagnosis of brucellosis in problem cattle herds. *Am. J. Vet. Res.*, 27: 684-689 (1966).

Cuando se cita más de un artículo escrito por el mismo autor o los mismos autores en el mismo orden, las referencias se colocan en orden cronológico:

Nicoletti, P. L. Utilization of the card test in brucellosis eradication. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 151: 1778-1783. (1965).

Nicoletti, P. L. Further evaluation of serologic test procedures to diagnose brucellosis. *Am. J. Vet. Res.*, 30:1811-1816 (1969).

Cuando se utilice el sistema Harvard, a dos trabajos publicados por el mismo autor en el mismo año, se le asignan letras, por ejemplo: 1982 a y 1982 b, y así son citados en el texto.

- d). Algunas revistas no requieren que se incluya el título del trabajo en las referencias. Sin embargo, esta política dificulta tanto a los lectores como a bibliotecarios evaluar su interés por la obra. Si hay oportunidad de escoger conviene dar el título completo.

- e). Si dentro de un volumen en particular de una revista la paginación es consecutiva, el número de la revista no constituye un dato esencial para poder localizar el artículo y se siguen en este caso las indicaciones de la revista donde se piensa publicar el artículo. Sin embargo, si con cada número empieza una nueva paginación, característica más propia de las revistas de divulgación técnica, es indispensable también indicar el número después del volumen y entre paréntesis:

Azcárate, Leonor. Complejos petroquímicos. *Inf. Cient. Tecnol.*, 5(83): 23-26. (1983).

- f). La primera y última página del artículo deben incluirse en la cita, esto permitirá al lector diferenciar si es un artículo de una sola nota o extensa revisión de literatura. Es también importante para considerar costos de fotocopiado.
- g). Las referencias deben estar escritas en su lengua original incluyendo todas las palabras como *citado por*, y *editado por*, 2a. ed. etc. Cuando se traduzca un título por considerarse necesario (por ejemplo el artículo se publicó en ruso u otro idioma poco conocido) las palabras traducidas deben incluirse entre corchetes.

Masilowski, R., Jandl, E. and Krzyzanski, Z. [Reasons for culling of boars]. *Spostrzezenia nt. przyczyn brakowania knurów. Medycyna wet.*, 35: 118 -120 (1979).

- h). *Las comunicaciones personales* no deben ser incluidas en la literatura citada por el hecho de no ser literatura; deben ser mencionadas dentro del texto del trabajo o como llamada a pie de página.
- i). Las publicaciones de prensa pueden ser incluidas en la *literatura citada* pero sólo si se menciona el nombre de la revista donde el artículo va a ser publicado, preferentemente incluyendo volumen y año. En el caso de libros en prensa debe citarse la casa editorial.

Rosiles, R. y Paasch, L. H. Megalocitosis hepática en ovinos. Nota Informativa. *Vet. Méx.*, 13: (3) (1982) en prensa.

Escobosa Laveaga, A. Electrolytes in feeds for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, (1982) in press.

- j). En caso de material mimeografiado, después de la cita bibliográfica en la literatura citada se indica (mimeo) así informando al lector de la poca disponibilidad y permanencia de estas publicaciones.

Cabello Frias, E. y Cortés Noguero, A. Enfermedad de brucelosis. *Campaña Nacional para el Control de Brucelosis*. Boletín informativo No. 1, México, 1970 (mimeo).

- k). El año de publicación es esencial para completar una referencia bibliográfica. Cuando no aparece el año en la publicación algunas revistas recomiendan, si se puede deducir el año, que éste se coloque en la referencia seguido por una interrogación. Cuando no se puede deducir el año es conveniente preguntarse a uno mismo si dicha cita debe de incluirse tomando en cuenta la falta de tan importante dato bibliográfico en la evaluación de fuentes de información.
- l). Si se tiene que citar una referencia de segunda mano es importante indicarlo para evitar la repetición de errores de interpretación del primer autor por el segundo que lo cita, en este caso, si no se incluye en la cita una referencia a los dos autores, los errores se atribuirán al que escribe. Vale la pena volver a mencionar aquí, que una literatura citada que contiene muchas citas secundarias, pierde confiabilidad.

Baker, A. A. The pattern of oestrus behaviour in Sahiwal Shorthorn heifers in south eastern Queensland. *Aust. Vet. J.* 43: 140-147 (1967) cited by Galina, C. S., Calderón, A. and McCloskey, M. Detection of signs of oestrus in the Charolais cow and its Brahman cross under continuous observation. *Theriogenology*, 17: 485-498 (1982).

Lee, Y. C. and Liv, C. C. Isolation of *Escherichia coli*, *Alcaligenes faecalis* and *Pseudomonas aeruginosa* from eggs of *Ascaris suum*. *J. Chin. Soc. Vet. Sci.*, 2: 59-61 (1976) In: *Vet. Bull.*, 47: 509 (1977).

- m). El título de la revista debe ser abreviado y subrayado. El hecho de subrayarlo en los originales indica al impresor que esta información saldrá en letra cursiva en la forma impresa. Existen numerosos métodos para abreviar los títulos; sin embargo es necesario respetar lo estipulado por las instrucciones a los autores. Frecuentemente las abreviaturas utilizadas en revistas especializadas de resúmenes como *Index Medicus* son las recomendadas. Las listas autorizadas de abreviaturas se pueden dividir en dos grupos; las que enlistan títulos completos y las que enlistan las abreviaturas de las palabras individuales. El segundo, es quizás más adecuado porque permite la formación de las abreviaturas de títulos nuevos consultando la abreviatura correspondiente de cada una de sus palabras. Los títulos de una sola palabra no se abrevian.
- n). En el caso de un libro es importante tomar en cuenta lo siguiente: autor, título del libro, casa editorial, lugar y año de edición.

Davis, J. W., Anderson, R. C., Karstad, L. and Trainer, D.O. *Infectious and Parasitic Diseases of Wild Birds*. Iowa State University Press, Ames, Iowa. (1971).

No es difícil encontrar que la editorial y el lugar de publicación figuran invertidos. El número de edición (no reimpresión) debe ser indicado después del título siempre que sea subsecuente a la primera. En el caso de títulos de varios volúmenes, éstos deben ser indicados inmediatamente después del título y antes del número de la edición. El nombre de la casa editorial debe ser escrito en su forma más reducida, por ejemplo: John Wiley and Sons, Ltd se reduce a John Wiley. Si el lugar de publicación no es bien conocido debe de indicarse el estado o país de origen. En el caso de ciudades bien conocidas como Nueva

York es suficiente incluir sólo el nombre de la ciudad, respetando el idioma de publicación por ejemplo: New York si se trata de un libro en inglés o Nueva York cuando es una traducción al español. Cuando una casa editorial tiene oficinas en diferentes ciudades sólo es necesario incluir la primera. Algunas editoriales recomiendan que en el caso de títulos de libros (no de artículos de revistas) la inicial de todas las palabras se indique con letras mayúsculas. Cuando se refiere a un libro que tiene editor y capítulos escritos por diferentes autores, la publicación en su totalidad debe ser citada así:

Flisser, A., Willms, K., Laclette, J. P., Larralde, C., Ridaurá, C. and Beltrán, F. (eds). *Cysticercosis, Present State of Knowledge and Perspectives. Academic Press, New York. (1982).*

Cuando se hace referencia a un capítulo en particular, los autores de la sección se citan primero:

Acevedo, A. Economic impact of porcine cysticercosis. In: *Cysticercosis, Present State of Knowledge and Perspectives. Edited by: Flisser, A., Willms, K., Laclette, J. P., Larralde, C., Ridaurá, C. and Beltrán, F., 63-67, Academic Press., New York. (1982).*

- o). Citas de tesis deben de incluir la siguiente información: nombre del autor, título de la tesis, grado, institución, lugar y año:

Banegas, V., A. M.: Estudio bacteriológico de los canales de bovinos. Tesis de licenciatura. *Fac. de Med. Vet. y Zoor. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. (1968).*

- p). Cuando se citan memorias de congresos o reuniones se hace de la siguiente manera:

Larios, F. Respuesta patofisiológica de becerros inoculados experimentalmente con *Babesia bovis* (Cepa virulenta y atenuada). Resúmenes de trabajos de la Reunión Anual de Parasitología Veterinaria. México, D. F. (1982). 2. *Asociación Mexicana de Parasitología Veterinaria. México, D. F. (1982).*

González Monroy, C. Obtención de los valores absolutos de una biometría hemática y su importancia en el diagnóstico. Memorias del IX Congreso Nacional de Buiatría. Puebla, Pue. (1983). 88-89. *Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos y Pequeños Rumiantes, Puebla, México (1983).*

Medios electrónicos en Internet

Si es un artículo que es un duplicado de una versión impresa en una revista, se utiliza el mismo formato para artículo de revista, poniendo entre paréntesis cuadrados [Versión electrónica] después del título del artículo:

Maller, S. J. (2001). Differential item functioning in the WISC-III: Item parameters for boys and girls in the national standardization sample [Versión electrónica]. *Educational and Psychological Measurement*, 61, 793-817.

Si el artículo en línea pareciera ser algo distinto de la versión impresa en una revista, después de las páginas de la revista, se pone la fecha de la extracción y la dirección:

Hudson, J. L. & Rapee, M. R. (2001). Parent child interactions and anxiety disorders: An observational study. *Behaviour Research and Therapy*, 39, 1411-1427. Extraído el 23 Enero, 2005, de <http://www.sibuc.puc.cl/sibuc/index.html>

Si el artículo aparece sólo en una revista de Internet:

Biglan, A. & Smolkowski, K. (2002, Enero 15). The role of the community psychologist in the 21st century. *Prevention & Treatment*, 5, Artículo 2. Extraído el 31 Enero, 2005 de <http://journals.apa.org/prevention/volume5/pre0050002a.html>

Cuando se trata de un capítulo o sección de un documento de Internet de un sitio Web de una universidad:

Se debe identificar la organización y luego la dirección exacta donde se encuentra el documento. En vez de páginas del capítulo leído, se anota el número del capítulo.

Jencks, C. & Phillips, M. (1999). Aptitude or achievement: Why do test scores predict educational attainments and earnings? En S. E. Mayer & P. E. Peterson (Eds.) *Earning and learning: How schools matter* (cap. 2). Extraído el 31 Enero, 2002 del sitio Web de Columbia University: <http://www.columbia.edu/cu/lweb/indiv/ets/offsite.html#finding> y posteriormente <http://brookings.nap.edu/books/0815755295/html/15.html#pagetop>

9. ETAPAS DEL INFORME DE UN TRABAJO CIENTÍFICO

Una vez realizada la investigación de acuerdo a los distintos pasos presentados en el diseño de la misma, viene la parte final, la presentación del informe de investigación. El objetivo del informe es detallar el proceso de solución del problema, de los métodos empleados para su resolución, los resultados obtenidos en la investigación, la discusión y las conclusiones obtenidas. El informe debe ser claro y preciso, a fin de que el lector obtenga una idea real y fiel de lo realizado por el investigador, entendiéndose por *claro* que el estilo que se utiliza en la redacción no es vulgar, es decir, las palabras empleadas no son del lenguaje común sino del lenguaje de la ciencia tratada. Se debe tener presente que la finalidad de un informe es *difundir* la investigación y no de divulgarla. La estructura del *informe de investigación* es sencilla y sigue fielmente los pasos fundamentales del diseño de la investigación; en ningún momento debe ser contraria al diseño, ya que el informe es la respuesta a lo planteado por el diseño de la investigación. A manera de ejemplo, estos son los pasos que debe contener el *informe de una investigación experimental*:

INTRODUCCIÓN

Justificación.
Propósito del estudio.
Planteamiento del problema.
Hipótesis o preguntas de investigación.
Objetivos.

1. MARCO TEÓRICO

Definición de conceptos.
Teoría explicativa y/o antecedentes históricos.
Investigaciones similares.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Delimitación y limitación del estudio.
Población de investigación.
Diseños de experimentos.
Diseños de muestreo.

- Instrumentación.
- Diseño del cuestionario.
- Muestreo piloto.
- Colección de datos.
- Determinación del tamaño de la muestra.
- Análisis de los datos.

3. RESULTADOS

Presentación.
Interpretación.
Discusión.
Conclusión.

LITERATURA CITADA

APÉNDICES Y/O ANEXOS

Para la presentación del informe deben seguirse las normas de la metodología formal de presentación de *trabajos científicos*. Existen algunas variantes que el investigador fija como norma dentro de su reporte y que no alteran la calidad de presentación del trabajo. A continuación se presenta una guía que consigna los aspectos fundamentales que deben tenerse en cuenta en la elaboración del informe de la investigación.

9.1. PORTADA

Es la primera parte del trabajo que el lector lee, aquí se debe indicar el nombre del trabajo, y otros elementos importantes que se mencionarían en esta sección. El tamaño adecuado de los informes, es el de tamaño carta; sin embargo en algunas instituciones puede variar. El color de la portada debe tomarse en cuenta, puesto que de aquí depende, junto con otros elementos, que el lector se interese por el trabajo, así como también refleja la seriedad del mismo. Se recomienda usar colores *fríos*, evitando, de alguna manera el uso de colores brillantes o colores pastel. El color negro se recomienda para tesis de grado, debido a la excelente presentación que resulta.

Es conveniente incluir en la portada el escudo de la institución; si se ha decidido incluirla, ubicarla en el ángulo izquierdo del margen superior, acompañada con un sistema de líneas muy discretas; si se quiere. Es importante elegir el tipo de letra empleado; debiendo ser de un sólo estilo y *en mayúsculas acentuadas*, permitiéndose variar el tamaño y/o la intensidad, no olvidando usar las letras cursivas en los nombres científicos y extranjerismos. Con respecto a la impresión debe utilizarse un solo color, de preferencia en negro. La portada consta de cinco elementos, a saber:

- a). **Nombre de la entidad o institución.** En el caso de que el trabajo sea una tesis de la U. J. A. T., el encabezado podría presentarse de la siguiente manera:

Ejemplo:



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

- b). **Título del trabajo.** Deberá cuidarse que el título esté centrado y se encuentre en la parte inferior de la primera mitad de la portada. Se recomienda usar letras en negrita, de un tamaño mayor que el estándar del texto.

Ejemplo:

**SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE TUMORES
EN EL CEREBRO HUMANO UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS
FRONTERA**

- c). **Material de referencia.** Cuando se trate de un reporte de investigación de una materia determinada, tesis o trabajo recepcional, es necesario hacer la distinción.

Ejemplo:

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA MECÁNICA

- d). **Nombre del autor o autores.** Es importante señalar al autor o a los autores que intervinieron directamente en el trabajo de investigación (responsables directos) y el nombre de aparición deberá ser de acuerdo a la responsabilidad asumida en el trabajo. El nombre deberá preceder del tipo de reporte de investigación y su finalidad como se hace notar en el ejemplo del inciso c).
- e). **Ciudad y fecha.** La ciudad deberá ir estratégicamente indicada en el ángulo inferior izquierdo y la fecha debe encontrarse en el ángulo inferior derecho, utilizando un tamaño de letra inferior que el usado en el resto de la portada.

Ejemplo:

CUNDUACÁN, TABASCO

ENERO DE 2005

Si se integran los elementos indicados en los párrafos precedentes, la portada quedaría como a continuación se presenta:



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**SIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO DE TUMORES
EN EL CEREBRO HUMANO UTILIZANDO EL MÉTODO DE
ELEMENTOS FRONTERA**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA MECÁNICA

CANDELARIO BOLAINA TORRES

9.2. CONTRAPORTADA

Luego de la portada, aparecerá la portada interior o contraportada, precedida de una hoja en blanco, la cual llevará los mismos elementos de la portada exterior e igualmente distribuidos, excepto que el material deberá ser de papel bond.

9.3. PÁGINAS PRELIMINARES

Éstas varían según el objetivo de la investigación, en esta sección se presentarán las páginas preliminares *que pueden* ser incluidas en la tesis.

- a). **Carta de autorización.** En esta página se incluye la carta otorgada por la División Académica correspondiente, en donde indica que se autoriza formalmente la presentación de dicho trabajo en el examen recepcional, por reunir los requisitos exigidos por el reglamento académico respectivo. Al insertar en el trabajo el documento de autorización, proporciona al mismo validez y un reconocimiento público al autor por sus méritos escolares.
- b). **Página de jurados.** Se ubica inmediatamente después de la carta de autorización. En ella se colocará espacio para la firma de los jurados, dándole la importancia a cada uno de ellos de acuerdo a su participación.
- c). **Dedicatoria.** Posteriormente seguirá la página de dedicatoria, ésta, deberá ser lo más formal que se pueda, y se colocará en el ángulo inferior derecho. Si son varias personas a las que se les dedica el trabajo, es conveniente diseñar la página, tomando en cuenta el número de párrafos, de manera que no vayan amontonados y se pierda la intención de esta sección. Deberá evitarse añadir epígrafe de poemas, modismos, apodosos o cualquier otra expresión que reste seriedad al trabajo. Asimismo se recomienda evitar escribir una lista interminable de familiares y amigos. Basta hacer referencia de ellos en forma general.
- d). **Agradecimientos.** Al elaborar cualquier trabajo de investigación, además de los esfuerzos del autor para su realización, participan otras personas e instituciones que proporcionan diversas ayudas como orientaciones, información, facilidad de acceso a las fuentes de datos etc. Debido a estas ayudas, se les hace un reconocimiento público en esta página. Los agradecimientos deben ir de una manera formal; si es abundante, deberán ser distribuidos en forma escalonada en toda la hoja, o si lo prefiere, pueden ponerse en párrafos normales.

Ejemplo:

Se agradece a la empresa **Rectificaciones Carrizocha S.A de C.V** por todas las atenciones prestadas para la realización de la presente investigación.

En cuanto a la paginación de las páginas preliminares, deben hacerse con números romanos en minúscula, colocada en la parte superior derecha.

Ejemplo:

i, ii, iii, iv, v, vi, ... n ; donde n es el número de páginas preliminares consideradas, incluyendo al índice.

9.4. ÍNDICE

El índice presenta la estructura del trabajo a realizar, e incluye las divisiones, subdivisiones, y división de la subdivisión de los temas, indicando frente a cada tema o subdivisión la página en que se encuentran. La finalidad del índice es presentar en orden sistemático el contenido de un trabajo; por lo tanto nos traza directrices de la realización de un tema dentro de un recto orden de prioridades. El índice *podrá* ser presentado mediante el sistema decimal.

El sistema decimal emplea los números romanos o arábigos indistintamente, para indicar los capítulos y los números arábigos para indicar los títulos de segundo y tercer orden. Conviene tener presente que todo nomenclador debe tener su correlativo, es decir, si aparece 1.1., su correlativo será 1.2. La ventaja del método decimal es que organiza y facilita la localización de los temas. El desarrollo del índice, es decir, el desenvolvimiento lógico de cada uno de los temas enunciados en este esquema debe seguirse con mucho rigor.

Cuando se diseña un esquema de investigación, se elabora un índice *provisional* que sufre modificaciones conforme se avanza en el proceso de investigación y en la redacción del informe. El índice debe contener no sólo los capítulos, sino también la introducción, las conclusiones, y todas las partes que integran el informe.

Deben tomarse en cuenta en la elaboración del índice las siguientes recomendaciones:

- a). Agrupar por párrafos cada uno de los capítulos.
- b). El nombre del título de primer orden puede escribirse con mayúsculas, en un tamaño mayor que la letra usada en el texto y resaltado con **negritas**. El de segundo orden puede usarse mayúsculas del tamaño de la letra del texto. En los títulos de tercer orden se pueden usar minúsculas.
- c). Respetar los márgenes de las columnas destinadas a títulos de primero, segundo y tercer orden.
- d). Cuidar que de la misma manera como se enuncian los títulos de primero, segundo o tercer orden en el cuerpo de la obra, se presenten en el índice. Es común que los cambios de última hora se realicen en el texto, pero no en el índice.

Ejemplo:

ÍNDICE

	PÁGINA
INTRODUCCIÓN	1
1. NEUROLOGÍA. NOCIONES	2
1.1. ASPECTOS FUNDAMENTALES SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL	3
1.1.1. Terminología topográfica	5
1.1.2. Cortes cerebrales	9
1.1.3. Hemisferios cerebrales	11
1.1.4. Estructuras cerebrales	.
1.1.5. Meninges	.
1.1.6. Ventriculos	.
1.1.7. Edema cerebral	.
1.2. TUMORES CEREBRALES	
1.2.1. Tumores meningiomas	
1.2.2. Clasificación de los meningiomas	
2. FORMULACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	
2.1. LOS FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA DE CONSOLIDACIÓN DE BIOT	
2.1.1. Medio poroso	
2.1.2. Ley de Darcy	
2.1.3. Esfuerzo efectivo de Terzaghi	
2.1.4. Tensores de deformación	
2.1.5. Vector y Tensor de esfuerzos	
2.1.6. Conservación de masa: ecuación de continuidad	
2.1.7. Principio de momentum lineal: ecuaciones de movimiento y de equilibrio	
2.2. TEORÍA DE CONSOLIDACIÓN DE BIOT	
2.2.1. Relación entre el cambio de volumen y la presión del fluido en un material poroso	
2.2.2. Formulación de elasticidad para un medio poroso	
2.3. PROBLEMA CON VALORES EN LA FRONTERA (PVF)	
2.3.1. PVF del potencial de presión	
2.3.2. PVF poroelástico	
3. ECUACIONES INTEGRALES EN LA FRONTERA PARA EL PROBLEMA DEL POTENCIAL DE PRESIÓN	
3.1. ECUACIÓN INTEGRAL EN LA FRONTERA CONVENCIONAL	
3.1.1. Regularización de la ecuación convencional	
3.2. ECUACIÓN INTEGRAL DERIVADA TANGENTE EN LA FRONTERA	

4. ECUACIONES INTEGRALES EN LA FRONTERA PARA EL PROBLEMA POROELÁSTICO

- 4.1. ECUACIÓN INTEGRAL EN LA FRONTERA CONVENCIONAL
- 4.2. ECUACIÓN INTEGRAL DERIVADA TANGENTE EN LA FRONTERA
 - 4.2.1. Proceso de regularización

5. EL MÉTODO DE ELEMENTOS FRONTERA Y SU IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA

5.1. EL MÉTODO DE ELEMENTOS FRONTERA

- 5.1.1. Discretización de la frontera
- 5.1.2. Integración numérica regular
- 5.1.3. Sistema de ecuaciones

5.2. IMPLEMENTACIÓN NUMÉRICA

6. VALIDACIÓN DEL PROGRAMA ELAST

- 6.1. VALIDACIÓN
- 6.2. RESULTADOS
- 6.3. VALORES EN PUNTOS EN EL INTERIOR

7. METODOLOGÍA

- 7.1. OBTENCIÓN DE LA GEOMETRÍA
- 7.2. OBTENCIÓN DE LA MALLA DE ELEMENTOS FRONTERA
- 7.3. CORRIDAS DEL PROGRAMA ELAST
- 7.4. POSPROCESAMIENTO DE LA GEOMETRÍA DEFORMADA
- 7.5. POSPROCESAMIENTO DE LOS ESFUERZOS OBTENIDOS

8. MODELACIÓN DEL CASO CLÍNICO

- 8.1. COMPORTAMIENTO FÍSICO DE LAS ESTRUCTURAS CEREBRALES
- 8.2. PRESIÓN INTRACRANEAL
- 8.3. PROPIEDADES DEL TEJIDO CEREBRAL
- 8.4. CASO CLÍNICO
- 8.5. MODELACIÓN POR MEDIO DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FRONTERA

9. CORRELACIÓN CLÍNICA

- 9.1. GEOMETRÍA DEFORMADA
- 9.2. ESTADO DE ESFUERZOS EN EL CEREBRO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICE A: TERMINOLOGÍA MÉDICA

APÉNDICE B: NOTACIÓN INDICIAL Y TENSORES

9.5. LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

Se conoce con el nombre de *cuadro* a una serie o conjunto de números, valores o unidades relacionados entre sí, los cuales se presentan en columnas para facilitar sus relaciones, comparaciones o referencias. Con el nombre de *figuras* se conocen a las ayudas visuales del tipo que sean (a excepción de los cuadros). Son figuras por lo tanto, las gráficas de líneas rectas o curvas, diagramas, pictogramas, organigramas, dibujos, mapas, fotografías, etc. No todo trabajo requiere de cuadros y figuras, en caso de que las hubiere, deberán presentarse sus respectivas *listas de cuadros y figuras* por separado y numeradas de uno a infinito en arábigo. Tienen la misma estructura que el índice: en la parte izquierda se indica el número de cuadro o figura en la parte central el nombre completo con su referencia si la tiene y en la parte derecha va la página donde se encuentra. Esta página o páginas, se ubicarán después del índice, en página independiente.

Ejemplo:

LISTA DE CUADROS

NÚMERO	NOMBRE	PÁGINA
1	Subrutina SING2P	25
2	Ejemplo del archivo <i>archivo.pm</i>	30
3	Programa fuente MCFEM.FOR en lenguaje Fortran 77	31
4	Formato del archivo universal con la información de los puntos	32
5	Programa fuente TERCON.FOR	36

LISTA DE FIGURAS

NÚMERO	NOMBRE	PÁGINA
1	Neurona motora típica y algunas de sus estructuras	2
2	Fibra nerviosa mielinica de la corteza cerebral	3
3	Terminología topográfica del cuerpo humano (persona vista de perfil)	4
4	Terminología empleada en el cerebro	5
5	Corte sagital del cerebro	6

9.6. RESUMEN

El *resumen* es una breve descripción que debe contener el problema tratado en la investigación, la metodología empleada, los resultados y las conclusiones. El propósito del resumen es dar un breve informe de la investigación para que los lectores puedan determinar si les interesa o no leer el resto del artículo.

En la elaboración de informes de investigación a menudo es necesario incluir el resumen como parte integral del trabajo, es importante en los siguientes casos:

- **En la presentación de trabajos de tesis.** Es frecuente que los resúmenes de las tesis de postgrado y doctorado se publiquen y se difundan antes de la presentación del examen de grado correspondiente.
- **Cuando se requiere un artículo científico.** La mayoría de los Comité Editoriales de las publicaciones periódicas científicas solicitan un resumen para las memorias científicas.

En la preparación de un resumen deberán tomarse en cuenta las siguientes consideraciones preliminares para motivar al lector a leer el trabajo:

- a). Es necesario apegarse a la extensión máxima aprobada por los Comité Editoriales de las publicaciones periódicas y los instructivos para alumnos de las diversas instituciones educativas. Generalmente se acepta un máximo de 250 palabras para el resumen de tesis de maestría y 500 palabras para el resumen de tesis doctorales.
- b). La primera oración debe ser el enunciado del problema investigado o del propósito del experimento. En una o dos oraciones se deben consignar los antecedentes que indiquen que el trabajo realizado es un paso en una secuencia lógica en la búsqueda de la solución de un problema.
- c). Las siguientes dos o tres oraciones deben tratar sobre la metodología; puede incluirse una descripción de la población, los instrumentos y si lo considera adecuado, indicar el procedimiento o diseño.
- d). El paso siguiente es la exposición de los resultados; ésta debe ser general y no debe incluir los resultados de pruebas estadísticas si no lo amerita.
- e). Las últimas oraciones deben dar al lector alguna indicación del contexto en el que se comentaron los resultados. Debe quedar incluida la conclusión que deriva del análisis de los resultados.
- f). La escrituración del resumen debe hacerse usando un espacio entre renglones y unir las ideas con punto y seguido, es decir el resumen deberá ser de un sólo párrafo.
- g). El resumen deberá contener los elementos necesarios para una codificación bibliográfica adecuada. Los Comité Editoriales de algunas publicaciones periódicas exigen además del resumen, una serie de palabras clave para la codificación. Éstas deberán aparecer en la redacción del resumen. Si su trabajo, por ejemplo, trata sobre los grupos sanguíneos de los cerdos, una serie de palabras clave que pueden codificarse en el sistema de referencia cruzada serían *grupos sanguíneos, cerdos, antígenos eritrocíticos, isoanticuerpos, enfermedad hemolítica*.
- h). En el resumen, preferentemente no deberán usarse abreviaturas.
- i). No es permisible incluir en el resumen citas bibliográficas, ni citas a pie de página.

- j). La brevedad del resumen no justifica alterar la sintaxis ni la ortografía. La omisión de pronombres, conjunciones, preposiciones y otros elementos se hace frecuentemente buscando mantener reducido el número de palabras, lo que origina una construcción incorrecta de las oraciones. La redacción del resumen es el ejercicio de extraer de un texto los conceptos importantes y expresarlos en forma breve, pero gramaticalmente correctos.

Ejemplo:

"Hasta la fecha ya se han publicado en la literatura algunos trabajos de investigación en los cuales se simulan afecciones en el cerebro utilizando métodos numéricos, específicamente el Método de Elementos Finitos. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se tienen problemas al realizar los pasos de la simulación a causa de que se comienza a distorsionar la malla empleada para la discretización del continuo. En el presente trabajo de investigación se propone una nueva alternativa que minimiza tales dificultades a través del Método de Elementos Frontera, el cual sólo requiere la discretización de los contornos que delimitan las diferentes sustancias que constituyen al cerebro. El comportamiento biomecánico del tejido cerebral se modela a través de la teoría de consolidación de Biot, la cual se aplica para la simulación y análisis bidimensional del crecimiento cuasiestático de tumores meningiomas. Con el uso de la teoría de consolidación de Biot se llega a un sistema de ecuaciones diferenciales parciales que se vuelve desacoplado debido a la consideración de independencia del tiempo. Estas ecuaciones diferenciales, que se aplican a todo el dominio de interés, son transformadas en ecuaciones integrales en la frontera o contorno mediante la segunda identidad de Green en el plano y realizando procesos límites, aunque también es importante tener una Solución Fundamental para poder aplicar el Método de Elementos Frontera. Esta Solución Fundamental se obtiene a partir de las ecuaciones diferenciales cuando se resuelve el problema de aplicar una carga unitaria en un punto llamado fuente viendo sus efectos en otro punto llamado de campo y sin considerar condiciones de frontera. Se desarrollan las dos ecuaciones integrales en la frontera denominadas convencional y derivada tangente, las cuales se resuelven conjuntamente para obtener la solución deseada. Las mencionadas ecuaciones integrales contienen kernels con singularidades débiles $O(\ln r)$, fuertes $O(1/r)$ e hipersingulares $O(1/r^2)$ en el límite cuando $r \rightarrow 0$. La implementación numérica de los términos con singularidades débiles se realiza a través de un mapeo, mientras que para los términos con singularidades fuertes e hipersingulares, primero se efectúa un proceso de regularización para remover las singularidades antes de implementarlas. Los procesos de regularización se llevan al cabo mediante el uso de identidades de la solución fundamental y realizando procesos límites. El proceso de regularización más relevante en este trabajo de investigación se realiza a un kernel contenido en la ecuación integral de poroelasticidad donde se presenta la deducción de una identidad no reportada anteriormente en la literatura y que fue desarrollada por el Dr. Karim H. Muci K. La implementación numérica de las ecuaciones integrales en la frontera regularizadas se lleva al cabo acoplando subrutinas a un programa en lenguaje Fortran 77 denominado ELAST V1.0 y desarrollado parcialmente por el Dr. Karim H. Muci K. En el desarrollo de la simulación del crecimiento de tumores cerebrales se presentan contornos muy cercanos. Es por eso que la validación del programa consiste en explorar hasta que valores de la distancia r , entre el punto fuente y el punto de campo, los resultados numéricos son aceptables. Para ilustrar la utilidad de la metodología propuesta, se presenta el caso de una paciente afectada por un meningioma del ala mayor del esfenoides izquierdo. La geometría de un corte axial del cerebro de la persona afectada y que se emplea

en el análisis se obtiene a partir de la imagen de una tomografía axial computarizada (TAC) con la ayuda de una máquina de coordenadas y del software comercial I-DEAS de SDRC 1991. Para definir totalmente la geometría del cerebro, se cuenta con la experiencia de un médico neurocirujano; así como también, para entender de una mejor manera la física del problema médico. La simulación se realiza en cuatro pasos o etapas del crecimiento de tumor mediante el desplazamiento de la frontera adyacente al meningioma. Las propiedades de las diferentes sustancias que constituyen el cerebro se consideran constantes durante la simulación. Para la discretización se usan elementos convencionales y tipo Hermite. El análisis de esfuerzos se realizó bajo la suposición de deformaciones planas de donde se obtiene la correlación clínica correspondiente tanto para los esfuerzos como para los desplazamientos. Esta correlación clínica se realiza en base a la sintomatología presentada en la paciente y extraída del expediente clínico. Se alcanzaron los objetivos propuestos de los cuales, el más relevante fue el se obtener la correlación clínica de manera satisfactoria." (Bolaina *et al*, 1995).

9.7. SIMBOLOGÍA

Es importante poner en el informe de la investigación las siglas usadas en el área del conocimiento que se está manejando, y considerar además, las que fueron creadas exprofeso para uso exclusivo en el estudio. En caso de utilizarse cualquiera de las dos modalidades, deberán ser incluidas en el texto colocándolas en una lista después del resumen.

Ejemplo:

SIMBOLOGÍA

<i>A</i>	Área
<i>b</i>	Fuerza de cuerpo por unidad de volumen
<i>c</i>	Tensor de propiedades elásticas
<i>e</i>	Deformación o dilatación volumétrica
<i>E</i>	Módulo de Elasticidad de la estructura sólida
<i>E</i>	Tensor finito Lagrangiano de deformaciones
<i>E*</i>	Tensor finito Euleriano de deformaciones
<i>F</i>	Solución Fundamental para el potencial de presión
<i>f</i>	Fuerza de cuerpo
<i>g</i>	Aceleración de la gravedad
<i>G</i>	Derivada normal de la Solución Fundamental <i>F</i>
<i>G</i>	Vector de Galerkin

9.8. INTRODUCCIÓN

Es con la excepción de algunos lectores que acostumbran leer primero el resumen; la primera sección que es leída; sin embargo, la redacción de la introducción es la última parte que se

escribe. Debe ser corta (1 ó 2 páginas), cuanto más breve sea, mejor; la introducción se escribe para motivar al lector a leer el trabajo. Si es larga o excesiva en detalle, se convierte en un obstáculo y puede orillar al lector a desistir en su lectura antes de llegar a la parte medular del informe.

La *introducción* es un planteamiento general de la investigación que el autor redacta y que familiariza al lector sobre el tema, debe indicar sobre *qué trata el estudio y por qué su importancia* (justificación). Debiendo despertar el interés para que desee informarse más sobre el trabajo. Es importante ponerlo a pensar en lo que sigue después, indicando las partes más importantes del tema en la perspectiva adecuada. No se olvide indicar los linderos de la investigación, para que no se esperen logros mayores que los preestablecidos.

Después de leer la introducción se debe saber con precisión *cuál es el problema, y cómo se resolvió*. La introducción culmina con su planteamiento, sin olvidar indicar *los objetivos* que le hicieron surgir la formulación de éste y el planteamiento de *las hipótesis*.

Con respecto a la *paginación*, ésta se inicia a partir de la introducción con números arábigos de uno a infinito; los cuales deberán ir en la región superior derecha y a dos centímetros del borde de la hoja. Los inicios de capítulo, las páginas en blanco y en donde aparecen figuras del tamaño de una hoja, se toma en cuenta para la paginación pero no se les coloca el número correspondiente, aunque algunos autores prefieren hacer excepciones.

Generalmente la tesis no lleva prólogo ni prefacio. El *prólogo* está escrito por una persona distinta al autor y su objetivo es presentar tanto al autor como a la obra. El *prefacio* lo escribe el autor, pero tiene el carácter más subjetivo, es más pequeño que la introducción y en éste se habla de los problemas a los que se enfrentó para realizar la investigación.

9.9. MARCO TEÓRICO

El marco teórico que se presenta en el *informe de la investigación*, se realiza de acuerdo a la revisión de bibliografía efectuada en la elaboración del *proyecto de la investigación*, es necesario solamente, realizar una revisión más exhaustiva de los puntos más importantes en cuanto a la teoría explicativa y/o los antecedentes históricos, además de tomar en cuenta las investigaciones similares. No se debe olvidar definir los conceptos que se manejan en su investigación en particular⁵.

9.10. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se indicarán los materiales y los métodos *usados* en la investigación; guíese para su elaboración, de los materiales y métodos anotados en el *proyecto* (consulte el capítulo 6). Solamente no olvide tomar en cuenta las innovaciones que se realizaron de acuerdo al desarrollo del trabajo de investigación.

⁵ Amplíe información en el capítulo 5.

9.11. RESULTADOS

La trascendencia de un informe de investigación radica básicamente en su capítulo de *Resultados*, por lo que si hay un capítulo que necesita ser escrito con claridad y simplicidad es precisamente éste. En los *Resultados* se exponen los datos que el estudio aporta al conocimiento sobre el tema; en la *Introducción* se dice por qué se realiza el trabajo; en *Materiales y Métodos* se indica cómo se logran los resultados manifestados en la sección de *Resultados*; y en la *Discusión* se interpreta el significado de los mismos. Es evidente que la calidad del artículo se edifica sobre la base de los *Resultados*; aunque esta sección es la más importante, también es también la más corta, especialmente si el informe cuenta con un artículo de *Materiales y Métodos* bien escrito.

Antes de empezar a escribir *los resultados* se debe tener a la mano los datos que constituyen las pruebas para fundamentar las conclusiones. Estas pruebas pueden consistir en cuadros con datos cuantitativos y figuras que muestren la relación entre las variables estudiadas, etc. Deben analizarse estos datos con objetividad y eliminar aquellos que no sean relevantes para fundamentar las conclusiones. Sin embargo, muchas veces es importante señalar los aspectos negativos de los experimentos y quizá aquello que no se encontró en las condiciones experimentales. Un error común es querer incluir en los resultados todo lo que se observa; inconscientemente se desea demostrar, con esa actitud, que se trabaja "mucho" y que se cuenta con un gran número de datos, producto de un gran esfuerzo. Sin embargo, lejos de demostrar que se cuenta con mucha información, lo que se demuestra es la poca capacidad de discernimiento.

Los resultados deben proporcionar información de dos tipos: primero debe presentarse una idea global de lo que se obtuvo, sin dar detalles experimentales considerados en *Materiales y Métodos* y enseguida, presentar los datos correspondientes. El uso de datos numéricos deberá hacerse con congruencia. Los resultados pueden presentarse de maneras diferentes: textualmente, en cuadros o en figuras. Si se van a presentar unos cuantos datos, solamente bastará con describirlos en el texto. Si los datos corresponden a muchas determinaciones deberán utilizarse cuadros y/o figuras.

Antes de decidir hacer un cuadro, debemos decidir si en realidad lo necesitamos. No deben utilizarse cuadros, a menos que sea *indispensable* incluirlos para presentar los datos de varias observaciones. Toma mucho tiempo preparar un buen cuadro y representa más trabajo para el investigador.

Para la presentación adecuada de los cuadros y figuras es necesario tener en cuenta los siguientes puntos (Münch y Ángeles, 1991; López, 1990).

- a). La mayoría de los cuadros están constituidos por cuatro partes: el número y el título; los encabezamientos de las columnas, los encabezamientos de las líneas horizontales y los datos. Muchos cuadros incluyen explicaciones aclaratorias en el pie del cuadro.
- b). Los cuadros deben contener solamente los datos correspondientes a condiciones variables y no aquellos que corresponden a condiciones invariables.

- c). Todo cuadro y figura deberá tener claridad, de tal manera que por sí solo se entienda, sin necesidad de acudir al contenido del trabajo.
- d). El título debe ir centrado o justificado en ambos lados, deberá ser colocado en la parte superior en los cuadros, y en la parte inferior en las figuras. El texto deberá escribirse con mayúsculas o minúsculas e indicar con exactitud el contenido de la información teniendo en cuenta las siguientes pautas:
- ¿Qué representa la figura?
 - Lugar de referencia, institucional o geográfico.
 - Codificación. Es decir, clasificación utilizada, la cual debe indicarse de izquierda a derecha o de arriba hacia abajo.
 - Fecha. Indicando el año, mes y día.
 - Indicar la fuente, si la figura o el cuadro fueron extraídos de algún libro, revista, etc.
- e). El título debe ser lo más corto posible, sin sacrificar claridad, debiendo evitar palabras innecesarias como "Resumen de..." o "Número de..." ya que son evidentes por los datos contenidos en el cuadro.
- f). No incluir los encabezados como parte del título, ejemplo: "Velocidad de dilatación, tipo de material, grosor del material,..." y podrían ser sustituidos por un término general como "Características de los materiales..."
- g). En los cuadros, los encabezados de las hileras y de las columnas deben describir con precisión los datos que representan, incluyendo también las unidades de medida.
- h). Los cuadros y las figuras deben estar identificados con números arábigos en el orden secuencial de las citas correspondientes en el texto.
- i). Ningún cuadro o figura debe aparecer si no es citado en el texto.
- j). En lo posible debe evitarse la colocación de cuadros y figuras a lo largo, pero si es necesario hacerlo, la parte superior del cuadro, es decir su título, debe ir al lado de la encuadernación.
- k). Si tienen que incluirse cifras de muchos dígitos debe reducirse el número de los mismos a solamente dos o tres indicando la aclaración correspondiente en el encabezamiento, ejemplo: 185.715 podría sustituirse por 185.7 e indicar en el encabezamiento *miles*.
- l). Debe evitarse las notaciones numéricas con multiplicadores, es decir, evitar poner 3.4×10^4 o bien 4.5×10^{-3} , etc.; simplemente indíquelo en el encabezamiento.

Antes de dar por terminado el cuadro, es conveniente examinar nuevamente y contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Los datos están bien organizados para facilitar las comparaciones y mostrar las tendencias?
2. ¿El contenido del cuadro es claro a partir de su título, sus encabezamientos y sus pies?
3. ¿El diseño del cuadro está de acuerdo con el estilo editorial de la revista?

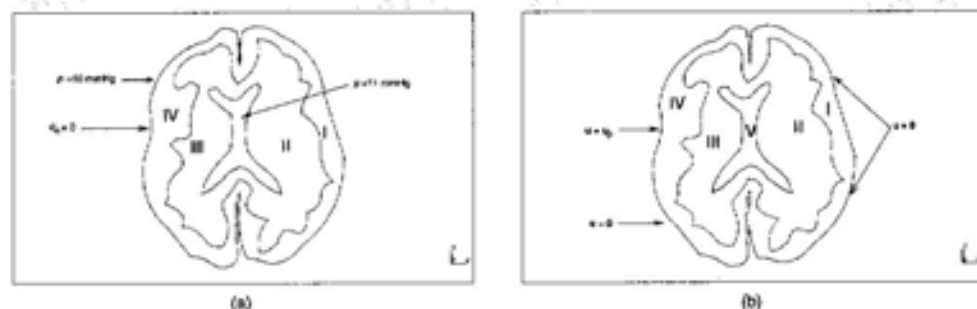
En cuanto a las figuras que se van a incluir (diagramas, mapas, fotos, etc.), se debe estar seguro de que realmente es necesario incluirlas, de que todavía serán legibles después de la reducción a que son sometidas en el proceso de la publicación. Algunas veces existe la tendencia de "dar cuerpo" al trabajo incluyendo figuras que muchas veces no son necesarias. Es conveniente describir con palabras lo que se represente, posiblemente sólo importe unos pocos valores, ya sea el máximo o el mínimo, el resto sólo constituye un adorno para la figura.

Ejemplo:

Cuadro 3. Propiedades mecánicas e hidráulicas del tejido cerebral.

PROPIEDAD	SUSTANCIA BLANCA	SUSTANCIA GRIS	VENTRÍCULOS
E [N/m ²]	1000.0	10 000.0	100.0
N	0.25	0.25	0.25
A	1.0	1.0	1.0
k [m ⁴ /N s]	10E-07	10E-10	10E-05

Fuente: Bolaina *et al*, 1995



Fuente: Bolaina *et al*, 1995

Figura 6. (a) Regiones y condiciones de frontera para la fase líquida. (b) Regiones y condiciones de frontera para la fase sólida.

9.12. DISCUSIÓN

Después de haber efectuado el análisis estadístico de los datos y diseñado los cuadros y figuras que resuman los resultados, la siguiente etapa es analizar dichos resultados e interpretarlos, relacionándolos con el marco teórico y la hipótesis planteada.

La discusión es una de las partes más importantes del trabajo, en ella el autor hace una *interpretación de los resultados* y esto requiere un conocimiento profundo del tema y madurez profesional.

Si la investigación fue bien diseñada y se desarrolló de acuerdo a la metodología, el análisis de los resultados se obtiene casi en forma automática, pues la tarea consistiría únicamente en explicar el porqué de los fenómenos que han sucedido (Gutiérrez y Sánchez, 1990).

De esta manera, al analizar la información se parte del estudio de la relación de los resultados con el planteamiento del problema, las variables, las hipótesis y los instrumentos de recolección de datos. Tal vez, la etapa de la discusión de los resultados es la que *requiere de mayor creatividad y habilidad intelectual*, pues es en ésta, donde hay que encontrar los puntos de coincidencia de resultados con los que se plantearon en el esquema de investigación.

En la discusión, el investigador tiene la oportunidad de hacer resaltar la trascendencia de los resultados del experimento. En ocasiones la falta de habilidad, o de experiencia en el tema, impide que la información sea manejada correctamente, y aunque los resultados sean magníficos, la discusión resultante será pobre.

El otro extremo también se observa frecuentemente, cuando los resultados no son muy buenos y se trata de enmascarar esta situación, procurando basándose en verborrea suplir esa deficiencia. Las características de la redacción de cualquier parte del informe, no solamente de la discusión, siempre deben exponerse en forma breve, clara y precisa, con el objeto de que el lector no pierda demasiado tiempo y obtenga un provecho inmediato.

Algunos autores prefieren escribir conjuntamente los resultados y la discusión, mientras que otros optan por separar estas dos partes. En general es más conveniente presentarlas en forma separada. Por lo mismo, si en una publicación se presentan los resultados y la discusión separadamente, habrá que establecer una clara diferencia entre lo que es un hecho (*resultados*), de lo que son opiniones o explicaciones (*discusión*). El error más frecuente consiste precisamente en confundir estas dos partes o mezclarlas.

De acuerdo a los criterios de Gutiérrez y Sánchez en 1990 y Méndez *et al*, en 1990; la discusión consiste en:

- La asociación de ideas y establecer las relaciones de causa y efecto.
- Deducir las generalizaciones y los principios básicos que se desprenden de los resultados.
- Aclarar las limitaciones dentro de las cuales se desarrolló el experimento.
- Explicar aquellos puntos que no estén suficientemente claros.

- Mostrar cómo los resultados o las interpretaciones concuerdan o se contraponen con los trabajos previos.
- Indicar las implicaciones teóricas y las aplicaciones prácticas de los resultados.

En la discusión debe evitarse describir nuevamente los resultados. Muchos trabajos de tesis incurren en este error y no discuten nada, dejando al lector el trabajo de extraer sus propias conclusiones. Quizás en muchos casos el autor, por falta de conocimiento, después de haber obtenido los resultados se pregunte: ¡bueno!, ¿ahora para qué me sirve todo esto?

En los trabajos de recapitulación o de revisión sobre algún tema, la discusión es particularmente importante, pues la aportación del investigador radica precisamente en el *análisis* de la información existente hasta el momento. Si la discusión es pobre, el esfuerzo quedaría limitado a una simple recopilación de datos. La estructura de estos escritos es diferente y cada parte puede llevar un título específico del tema de que se trate, pero la discusión va incluida en cada capítulo o subtema.

Para llevar al cabo la discusión de los resultados, se sugieren los siguientes pasos:

- a). Analizar cada una de las hipótesis en relación con los resultados, a fin de determinar cuáles fueron comprobadas y cuáles rechazadas.
- b). Estudiar cada uno de los resultados por separado y relacionarlos con el marco teórico.
- c). Efectuar una síntesis general tomando en cuenta todos los resultados.

Después de este proceso se estará en posibilidades de contribuir por medio de aportaciones teóricas, con base en los resultados obtenidos. El desarrollo de la teoría en esta etapa, proporcionará medios para la resolución del problema y dará una base más sólida a la investigación. Ya que se ha analizado la relación entre los resultados estadísticos y el marco teórico y que se han aportado las contribuciones teóricas, se deberán establecer las ventajas y desventajas de la investigación. Es necesario aclarar las limitaciones del estudio y las probables mejoras que se pudieran realizar, para que el lector interesado o los futuros investigadores lo tomen en cuenta.

9.13. CONCLUSIONES

La parte final de la discusión corresponde a las conclusiones y es en donde el artículo llega a su clímax. Aquí el investigador nos indicará el aporte a la ciencia que representó su trabajo. Pero en algunos de los casos, las conclusiones se encuentran implícitas en los resultados y la discusión, *sin que sea necesario* tomarlas en cuenta como un capítulo aparte.

Las conclusiones representan la síntesis de los resultados obtenidos a lo largo del proceso de investigación. Esta sección es una de las más importantes; es imprescindible que exista coherencia entre los resultados y la discusión, con las conclusiones. Cualquier conclusión deberá fundamentarse en el cuerpo teórico y los resultados de la investigación, además de

resumir los principales hallazgos. Debe ser enunciada con claridad y precisión ya que en ella se presenta la comprobación o rechazo de las hipótesis, sus limitaciones, la relación con otras hipótesis y las sugerencias y/o aportaciones teóricas del investigador.

Existe cierta relación entre la introducción y las conclusiones de un documento científico, pues mientras que en la *introducción se plantea la naturaleza del problema*, en las *conclusiones se indica su posible solución*. Sin embargo, la presentación del capítulo de conclusiones dependerá de las normas de la revista a la cual se envíe el artículo para su publicación, o bien, si es una tesis dependerá del análisis que se realice de acuerdo con el consejero.

En este punto se vierten las generalizaciones sobre hechos comprobados y suficientemente respaldados por los resultados y la discusión. Al escribir una conclusión no se debe exagerar más allá de lo que la evidencia experimental lo permite, esto puede resultar muy peligroso, pues las conclusiones a las que se llegara, pudieran ser falsas y mal fundamentadas.

Las conclusiones pueden ser positivas o negativas, y deben ser escritas en frases cortas. En ocasiones se prefiere *numerarlas*, colocándolas en el orden de importancia. Aquí se puede tratar algún otro punto, como podría ser el mejoramiento de la metodología usada, el probar el experimento bajo condiciones y tiempos diferentes, pero debe evitarse el escribirlas en forma de *recomendaciones*, pues estas últimas no deben ser incluidas en un documento científico (Méndez *et al*, 1990).

Si al final de la discusión el autor no llega a presentar sus conclusiones claramente, quizás nos deje la impresión de que él mismo duda acerca de su investigación y que ésta no debería haberse publicado.

9.14. BIBLIOGRAFÍA O LITERATURA CITADA

La *Bibliografía*, es con frecuencia la sección de un artículo científico que presenta más dificultad en su elaboración. Ésta se compone por la lista de libros que hemos empleado y consultado para la realización del trabajo. Cumple con dos funciones principales como parte esencial de un artículo científico: una para testificar y autenticar los datos originales de nuestro trabajo y otra para proveer al lector de bibliografía referente al tema en cuestión (Quijano, 1957). Para recordar las diferentes maneras en que se puede presentar, recurra al capítulo 8.

9.15. APÉNDICE Y ANEXOS

El *apéndice* es la parte que se agrega al final de la obra, ya sea para prolongar su obra o para hacer salvedades necesarias de la misma. *Todo apéndice debe ser del autor de la obra*, no debe confundirse con el anexo.

La información que registran los apéndices, puede ser la siguiente:

- Datos relacionados directa o indirectamente con el estudio.
- Consecuencias colaterales del estudio.
- Verificaciones realizadas por medio de métodos diferentes al estilo general de la exposición del trabajo.

Si en el trabajo se presentan varios apéndices, éstos deben aparecer de acuerdo a la secuencia lógica del informe, separados y ordenados alfabéticamente o numéricamente.

Los apéndices se separan de las demás partes del trabajo, por los siguientes motivos:

- a). Presentan material interesante y nutrido, que no es posible colocarlo dentro del texto, ya que su presencia produciría una desviación grande de estudio.
- b). La información que presenta es tan amplia que no es posible ubicarla en el cuerpo de la obra, ya que resultaría demasiado para una sola sección e imposible repartirla en varias ya que perdería su unidad sistemática.
- c). Los apéndices son importantes en este tipo de trabajo, pero no hay que abusar de ellos; ni en número, ni en volumen. Si así fuere, se puede cometer el error de desvirtuar la finalidad del informe.

El *anexo* es también algo que el autor agrega al final de la obra y que, como el apéndice, depende de ella. Está compuesto por gráficas, mapas, cuadros, estadísticas, documentos y todo tipo de ilustración que el autor crea conveniente insertar en el trabajo, separadamente del cuerpo de la obra. *Los anexos exigen que se haga referencia de ellos en el contenido o cuerpo de la obra.*

10. REGLAS DE ORTOGRAFÍA

10.1. LA SEPARACIÓN SILÁBICA¹

El mínimo sonido de la lengua es, precisamente el fonema que llamamos vocal; y que apoyados en la vocal, existen otros fonemas llamados consonantes.

Cuando una consonante se asocia con una vocal, obtenemos una sílaba. La sílaba es la unidad más pequeña que podemos oír. La vocal aislada es también una sílaba, la cual, al aparecer en compañía de consonantes, constituye el núcleo de la sílaba.

Las palabras que sólo tienen una sílaba son monosílabos, incluyendo las que constan de una sola vocal, tal la preposición *a*, la conjunción *o* y las interjecciones *eh*, *oh*, *ah*.

Cuando una o más consonantes acompañan a una vocal, tenemos monosílabos tan importantes como las preposiciones *de*, *en*; las conjunciones *si*, *que*, *ni*; los pronombres *yo*, *tú*, *él*; los verbos, en infinitivo o conjugados, *ver*, *él ve*, *ser*, *él es*, *dar*, *él da*. Naturalmente, una palabra monosílaba es indivisible, aunque conste de varios fonemas, por ejemplo *tren*.

Para dividir una palabra en sílabas no podemos atenernos a las solas vocales, debemos considerar también las consonantes que dependen de ellas. ¿Dónde empiezan y dónde terminan las sílabas en *transporte*?; esta palabra se divide así: *trans-por-te* y vemos que *n* y *s* siguen a la *a* y forman parte de su sílaba, *trans-*, mientras que *-por-* constituye otra sílaba.

Algunos grupos de palabras resultan indivisibles; tal es el caso de los afijos (prefijos y sufijos) como *trans-* (*trans-po-ner*), *con-* (*con-cier-to*), *des-* (*des-ha-cer*); *-ción* (*can-ción*), *-pazo* (*gol-pazo*); y en el caso de estos dos sufijos, vemos que llevan adherida la consonante final de la raíz. En cuanto a *nosotros*, la tradición permite separarlo por sílabas (*no-so-tros*) o conservar el sentido de cada componente: *nos-otros*.

Por lo general, al llegar al final de una línea no conviene dividir las sílabas de tal modo que sólo queden dos letras al final o al principio de la línea. Hay que evitar escribir: *fa-tigado* o *fatiga-do*. Y peor aún, dejar una sola vocal: *o-lor*, *a-yer* o *cesanti-a*.

También, cuando hay doble consonante como en *elección*, es aceptable dividir la doble *c*: *elec-ción* pero no *e-lección*.

¹ Reader's Digest, 1994.

Se puede generalizar diciendo que es imposible separar, al final del renglón:

- Las palabras de tres a cinco letras (*idea, asear, crear, adiós, raíz*), aun cuando sean de dos o tres sílabas.
- Las siglas NAFINSA, PEMEX, UJAT, DAIA, etc.
- Las cantidades escritas con números (35,456,776.56).
- Los números de serie como Luis XV, Jorge V, Alfonso XII.

Aun cuando la vocal es el núcleo de la sílaba, este núcleo no siempre será una sola vocal, pues en ocasiones constará de combinaciones de vocales. Tal es el caso del diptongo y el triptongo, que también son núcleos de sílabas.

Cuando el núcleo de la sílaba consta de dos vocales, se dice que es un diptongo. Ejemplo de diptongo son: *viento, baile, oigo, odio*, y su división silábica se efectúa así: *vien-to, bai-le, oi-go, o-dio*.

En ocasiones, no son dos sino tres las vocales que constituyen el núcleo de la sílaba, y entonces se dice que es un triptongo. Ejemplos de triptongos, poco usuales en el español en México, son las segundas personas del plural (correspondiente a *vosotros*) en verbos tales como *averiguar: averiguáis, cambiar: cambiáis*. Tampoco las vocales que forman triptongos pueden separarse: *a-ve-ri-guáis, cam-biáis*

Encontraremos a veces dos vocales juntas que no forman diptongo, y tal vez haya un acento ortográfico que nos ayude a distinguirlos: *Ayer leímos (le-í-mos) una historia curiosa. Él sabía (sa-bí-a) que tú y yo vendríamos (ven-drí-a-mos)*. Y lo mismo pasará con algunos triptongos: *decíais (de-cí-ais)*.

10.2. LA FORMACIÓN DE PLURALES

10.2.1. EL PLURAL DEL ARTÍCULO

El plural del artículo determinado masculino *el* no sigue la regla general del plural, que consiste en agregar *-s* o *-es* al final de la palabra: el plural de *el* es *los*. En cambio, el plural del artículo *la* es *las*.

El artículo indeterminado masculino *un* forma el plural en *unos*, y el femenino *una* (y en algunos casos *un*, como en un águila), en *unas*.

10.2.2. EL PLURAL DEL ADJETIVO

A los adjetivos, ya sean del género masculino, del femenino o del común, terminados en vocal no acentuada, se le agrega una *s* en plural: *bonito, bonitos; bonita, bonitas; alta, altas; triste, tristes*.

Cuando el adjetivo es palabra aguda y termina en consonante, el plural se forma agregándole *es* al final: *natural, naturales; fiel, fieles; celular, celulares; angular, angulares*. (Nótese que estas terminaciones *l* y *r* caracterizan también adjetivos comunes a ambos géneros). Otros adjetivos como: *pelón, pelones; llorón, llorones; fregón, fregones*- en plural pierden el acento, pues se han convertido en palabras graves.

Pero cuando la consonante termina en *z*, esta consonante cambiará a *c* ante la terminación plural *es*: *precoz, precoces; feroz, feroces; audaz, audaces; capaz, capaces*. (También esta terminación en *z* es común a ambos géneros).

10.2.3. EL PLURAL DEL SUSTANTIVO COMÚN

En plural, todos los sustantivos terminan en *s* (salvo alguna excepción de palabras que carezcan de plural: *déficit*, por ejemplo).

A los nombres terminados en vocal no acentuada o en *e* acentuada (*é*), se les agrega una *s* al final: *casa, casas; ojo, ojos; nene, nenes; café, cafés*.

Al pasar al plural, las palabras agudas terminadas en consonante adquieren *es* al final: *color, colores; pañal, pañales; libertad, libertades; reloj, relojes; canon, cánones; acimut, acimutes*.

Si la palabra es aguda y la consonante final es *z*, ésta se cambiará en *c*: *luz, luces; pez, peces; paz, paces; codorniz, codornices; capataz, capataces; albornoz, albornoces; cruz, cruces; arroz, arroces*.

En español tenemos tres vocales fuertes: *a, e, o*; y dos débiles: *i, u*.

Cuando la vocal terminal está acentuada y no es *a, o* ni *e* (es decir, que no sea una vocal fuerte), el plural se forma agregando *es* a la sílaba final: *cebu, cebúes, colibrí, colibríes*; Sin embargo, cada día se nota un rechazo mayor en el habla popular contra esta forma de plural, y no tardaremos en decir: *menús y colibrís* tan pronto como los gramáticos y la Academia nos lo permitan.

En algunos casos, al poner en plural nombres terminados en una sílaba acentuada y consonante final, se pierde el acento gráfico: la palabra se vuelve grave, y el acento prosódico queda en la misma sílaba que en singular: *francés, franceses; revés, reveses; arnés, arneses*.

En otros casos, cuando el acento está en otra sílaba, no cambiará de lugar en plural: *ángel, ángeles; árbol, árboles*.

Algunas palabras pasan de graves a esdrújulas al ponerse en plural, para conservar el acento prosódico donde se encontraba; ejemplo: *cardumen, cardúmenes, origen, orígenes; resu-men, resúmenes*; en cambio *carácter* se mantiene como palabra grave en plural-*caracteres*- y se pierde el acento escrito.

Palabras esdrújulas como *espécimen*, *régimen*, seguirán siendo esdrújulas mediante un cambio de la sílaba acentuada: *especímenes* y *regímenes* respectivamente.

10.3. REGLAS DE ACENTUACIÓN

Tenemos dos tipos de acento en español:

- a). **El acento prosódico**, es decir, el que se manifiesta cuando al hablar aplicamos mayor intensidad a la pronunciación de una de las sílabas de la palabra. Por ejemplo, al articular la palabra *caritativo* apoyaremos ligeramente la voz en la penúltima sílaba, *ti*; al pronunciar la palabra *calor*, nuestra voz destacará la sílaba final *lor*; y al pronunciar *libertad* será la sílaba *tad* la que destaque.
- b). **El acento ortográfico**, es el acento que va escrito, e indica dónde debe aplicarse la intensidad al hablar, como en *cantó*, *ratón*, *prófugo*, *árbol*.

De acuerdo a las normas generales de acentuación las palabras del español, se dividen en: agudas, graves, esdrújulas y sobreesdrújulas.

- a). **Agudas**. Son las que llevan el acento, prosódico u ortográfico, en la última sílaba; se acentúan gráficamente todas las terminadas en *n*, *s* o vocal: *ladrón*, *cebú*, *café*, *mamá*, *rodó*, *colibrí*, *jasmín*. También son palabras agudas, pero no llevan tilde: *calor*, *dolor*, *portal*, *arrabal*, *celestial*, *papel*, *crisol*, *matiz*, *desliz*, *billar*, *doblez*, *beldad*, *libertad*, *reloj*, *carcaj*, *cenit*, *acimut*. Y son agudas, sin tilde, las terminadas en alguno de los diptongos *ay*, *ey*, *oy*, *uy*: *guirigay*, *mamey*, *convoy*, *lujuy*.
- b). **Graves**. Son Palabras graves las que llevan acento ortográfico o prosódico en la penúltima sílaba. No se acentúan si terminan en vocal o en consonantes *s* o *n*: *cautiverio*, *sombrero*, *aliciente*, *aguacate*, *leen*, *ibis*, *crisis*. Pero sí llevan tilde en caso contrario: *débil*, *árbol*, *ángel*, *cáliz*.
- c). **Esdrújulas**. Estas palabras llevan acento; un acento que siempre se escribe en la antepenúltima sílaba: *cántaro*, *jícara*, *rústico*, *fúnebre*, *esdrújula*.
- d). **Sobreesdrújulas**. El acento de estas palabras siempre se escribe y va sobre la sílaba anterior a la antepenúltima. No son palabras simples, sino formaciones verbales unidas a dos pronombres átonos: *corrigiéndoselo*, *contestándoselo*, *descuéntamelo*.

10.3.1. CASOS ESPECIALES DE ACENTUACIÓN²

- **Grupos de vocales que no forman sílaba (hiatos).** Los grupos de vocales que no forman sílaba (hiatos) llevarán siempre acento ortográfico sobre la *i* o la *u*, se ajusten o no a las normas generales de acentuación.

Ejemplo:

<i>Palabras agudas</i>	<i>Palabras graves</i>	<i>Palabras esdrújulas</i>
laúd	poesía	período
reí	hablarías	vehículo
oí	caída	Príamo

- **Palabras de una sola sílaba (monosílabos).** Las palabras de una sola sílaba (monosílabos) se escriben sin acento ortográfico.

Ejemplo:

Vio	dio	fue	pan	fe	dual	Seis	rey	buey	des	ves	as
-----	-----	-----	-----	----	------	------	-----	------	-----	-----	----

- **Palabras compuestas.** Los compuestos sólo llevan acento prosódico en el último de sus componentes y siguen las reglas generales del acento ortográfico.

Ejemplo:

<i>Compuestos agudos</i>	<i>Compuestos graves</i>	<i>Compuestos esdrújulos</i>
ciempiés	Portaagujas	antecámara
rehacer	Camposanto	milímetro
altavoz	Sordomudo	prehistórico

Hay que hacer notar que cuando los compuestos están unidos con guión, los componentes llevan o no acento según la regla general de acentuación que se aplique en cada caso: *histórico-crítico*, *científico-cultural*, *médico-quirúrgico*.

- **Adverbios de modo terminados en mente.** Estos compuestos conservan el acento del primer elemento (el adjetivo), que lo lleva o no según las normas generales de acentuación. Como ejemplo tenemos: *claramente*, *serenamente*, *alegremente* y *ágilmente*.

² Rosas, 1994.

- **Compuestos con formas verbales y pronombres personales pospuestos (enclíticos).** Las formas verbales *con acento* lo conservarán cuando formen compuestos con pronombres enclíticos, se ajusten o no a las normas generales de acentuación.

Ejemplo:

<i>Verbo</i>		<i>enclítico</i>		
rogó	+	le	=	rogóle
situó	+	se	=	situóse
miró	+	me	=	miróme

Las formas verbales *sin acento* que forman compuestos con pronombres personales enclíticos siguen las normas generales de acentuación.

Ejemplo:

<i>Verbo</i>		<i>enclítico</i>		
dio	+	le	=	dióle ³
pon	+	te	=	Ponte ³
da	+	Se + lo	=	dáselo ⁴

- **Acento enfático.** Palabras que llevan acento cuando forman parte de construcciones interrogativas, exclamativas o enfáticas.

Construcción 1:

Que la fuerza te acompañe

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Qué deseas? Dime qué deseas.	¡Qué deseas!	Qué hacer en caso de emergencia.

Construcción 2:

Donde vivo hace mucho frío.

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Dónde vives? Ignoro dónde vives.	¡Dónde vives!	Dónde vivir como un verdadero rey.

³ No lleva acento por ser palabra grave acabada en vocal.

⁴ Lleva acento por ser palabra esdrújula.

Construcción 3:*Vive como quieras.*

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Cómo estas? Quiero saber cómo estás.	¡Cómo estas!	Cómo tener éxito en los negocios.

Construcción 4:*Lo hago porque quiero.*

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Por qué lo hiciste? Aclárame por qué lo hiciste.	¡Por qué lo hiciste!	Por qué vale la pena estudiar computación.

Tenga en cuenta lo siguiente: *por qué*, en dos palabras, se emplea únicamente para preguntar. Ejemplo: ¿*Por qué* llegaste tarde?, quisiera saber *por qué* no ahorras dinero. Estas preguntas, aunque no tengan signo de interrogación, se responden con la conjunción *porque*, escrita en una sola palabra y sin acento ortográfico. Ejemplo: llegué tarde *porque* tuve mucho trabajo. No ahorro *porque* el sueldo no me alcanza.

También existe el sustantivo *porqué* -una sola palabra- que equivale a razón, causa o motivo. Es fácil identificarlo como tal porque suele antecederle un artículo (el, los, un, unos): Todos mis alumnos conocen ya *el porqué* de esta decisión. No mencionaré ante ustedes los *porqués* de mi parecer.

Construcción 5:*Leeré el libro cuando tenga tiempo.*

<i>Construcción Interrogativa</i>	<i>Construcción Exclamativa</i>	<i>Construcción Enfática</i>
¿Cuándo leerás el libro? Indícame cuándo leerás el libro.	¡Cuándo leerás el libro!	Cuándo leer un libro.

- **Acento diacrítico (diferenciador).** Algunas palabras llevan un acento diferenciador (diacrítico), que sirve para distinguir sus diversos significados o las funciones que desempeñan dentro de la oración. Este acento se usa aunque no se ajuste a las reglas generales de acentuación.

<i>Sin acento</i>	<i>Con acento</i>
Juego con el niño. (el = artículo)	Juego con él . (él = pronombre personal)
Me gusta tu trabajo. (tu = adjetivo posesivo)	Tú trabajas en una oficina. (tú = pronombre personal)
Todo lo hizo por mi bien. (mi = adjetivo posesivo)	Todo lo hizo por mí . (mí = pronombre personal)
¿ Te gusta el café? (Te = pronombre personal)	A los ingleses les gusta mucho el té . (té = sustantivo: bebida)
La casa de Miguel es amplia. (de = preposición)	Quiere que le dé un regalo. (dé = verbo)
Aun los sabios se equivocan. (aun = adverbio: hasta, incluso)	Aún no llega el avión. (aún = adverbio: todavía)
A este crítico le gustan esos cuadros que hizo aquel pintor. (este, ese, aquel = adjetivos demostrativos). No se acentúan cuando acompañan al nombre.	Éste vive aquí; ése , en otro barrio, y aquél , en otra ciudad. (éste, ése, aquél = adjetivos demostrativos)
Siempre ignorarás la verdad de todo esto . ¿No fue eso lo que dijo? ¿Cuándo sucedió aquello ?	Las formas verbales de los pronombres demostrativos, <i>esto</i> , <i>eso</i> y <i>aquello</i> , nunca se acentúan por ser exclusivamente pronombres. Sin embargo: Éstos son mis libros. (Éstos = adjetivo demostrativo).
El teatro estaba muy solo . (solo = adjetivo)	Sólo los más aptos sobreviven. (sólo = adverbio)
Era una hermosa sonata en si bemol ¿ Si te digo que no, quién iría? (sí = nombre o conjunción)	Si te digo que sí , ¿qué sucedería? (sí = afirmación o pronombre)
Se publicó un libro muy exitoso. (se = pronombre)	Sé lo que quiero. (sé = del verbo saber) Sé prudente y sensato. (sé = del verbo ser)

10.4. LA PUNTUACIÓN Y LOS SIGNOS⁵

En la lengua escrita, la puntuación representa lo que es la respiración en la lengua hablada. No podríamos hablar sin interrumpirnos, de vez en cuando realizamos pausas para recobrar el aliento. La puntuación realiza lógicamente y oportunamente esos cortes. Los signos de puntuación cumplen, pues, una función necesaria, toda vez que lo escrito debe poder leerse en voz alta, sin que se asfixie el lector por falta de aire. Veamos cuáles son los signos de puntuación y la función que desempeñan.

⁵ Reader's Digest, 1977.

10.4.1. LA COMA (,)

Es el signo correspondiente a la pausa más breve, y se usa:

- a). Para separar los elementos de una enumeración o lista: *los ojos, la boca, la nariz, las mejillas, la frente y la barbilla*. Los dos últimos elementos no van separados por una coma sino unidos por la conjunción de coordinación *y*.
- b). Para separar varias proposiciones sucesivas: *se levantó, fue hacia la ventana, la cerró, se acercó a la mesa y encendió la lámpara*. También aquí, las dos últimas proposiciones van unidas por la conjunción *y*.
- c). Para destacar el vocativo en medio de una frase: *Usted, amigo mío, siéntase como en su casa*.
- d). Para ocupar el lugar de un verbo ausente: *Todos lo apoyaremos, y tú, también*.
- e). Para separar, dentro de la frase, alguna aclaración: *La dama, vestida a la última moda, tenía un aspecto ridículo. Luis, que nada sabía del asunto, se mantuvo callado. Las niñas, que habían merendado mucho, no quisieron cenar*. Aquí tenemos que establecer una distinción importante. En el ejemplo anterior, gracias a las comas, nos enteramos de que *todas la niñas* habían merendado mucho. Ahora bien, si quitamos las comas tendremos: *Las niñas que habían merendado mucho no quisieron cenar*. Pero las demás, las que **no** habían merendado mucho, sí cenaron.
- f). Y para separar dos sujetos distintos en una misma frase: *Juan y Pedro querían venir, Luis se lo prohibió. Me puse los zapatos, y las botas se quedaron en el armario* (sin la coma, se habría puesto los zapatos y las botas).

Es frecuente que entre el sujeto y el verbo de una oración aparezca una coma. Pese a su frecuencia, tal uso es incorrecto, aunque el sujeto conste de varias palabras. Así, las comas que aparecen en los ejemplos siguientes son absolutamente innecesarias: *Los nombres propios, se escriben siempre con inicial mayúscula. El presente estudio sobre el nacimiento del imperio romano, representa una valiosa aportación al conocimiento histórico. Todos los miembros presentes, elegirán al nuevo director*.

Recuérdese que, en una oración no debe existir coma entre el sujeto y el verbo, por más largo que sea el sujeto.

10.4.2. EL PUNTO Y COMA (;)

Se emplea:

- a). Cuando, sin llegar al final de la frase, conviene hacer una pausa de separación más prolongada que la coma, pero sin que corresponda el *punto*, porque la idea no ha sido

totalmente expresada: *La oscuridad de la noche fue causa de que los barcos de la armada se separaran; al amanecer, todos se habían dispersado.*

- b). Cuando distintas proposiciones independientes van unidas únicamente por el sentido: *Ha llegado la hora; debemos iniciar la marcha. Es demasiado tarde; ya nadie nos espera.*

Existe cierta tendencia a menospreciar el punto y coma; casi podría decirse que está pasando de moda. Este prejuicio injustificado no debe privarnos de un útil recurso de puntuación.

10.4.3. LOS DOS PUNTOS (:)

Son muy prácticos para anunciar algo, ya sea:

- a). Una enumeración, como en: *se enmendarán los siguientes artículos: el 1º, el 2º y el 3º.*
- b). La indicación de que se dirá, anunciará, preguntará, indicará, ordenará, etcétera, *algo a alguien*, como en: *explicite: ¿qué has hecho? Es una orden: a las 10 deberán apagarse todas las luces.*

10.4.4. EL PUNTO (.)

El *punto y seguido* es un punto que aparece dentro del párrafo sin ponerle fin. Éste es un signo que marca una pausa más prolongada que los tres signos anteriormente estudiados. Se emplea cuando las oraciones sucesivas tienen estrecha relación entre sí. El *punto y aparte*, en cambio, sirve para separar los párrafos, entendidos éstos como ideas totalmente desarrolladas. El *punto* sirve también para cerrar las abreviaturas, como en: Sr., Sra., fig., pág.

10.4.5. LOS PUNTOS SUSPENSIVOS (...)

Formados por tres puntos (y sólo tres), constituyen un solo signo ortográfico y denotan que ha quedado incompleto el sentido de algún enunciado; alguna expresión de incertidumbre, temor o duda. *Quién sabe... por favor, no...* No deben escribirse después de la palabra etc. Si aparecen al final de una frase, hacen inútil el punto final. También se usan para señalar un corte en una cita entrecomillada: *"...huele, y no a ámbar"*. En la conversación, todo el mundo habla dejando sus frases sin terminar, como si se quedara al final de lo que dice al cuidado del interlocutor: es un poco hablar con *puntos suspensivos*, aun cuando éstos no se vean.

10.4.6. EL ASTERISCO (*)

Suele emplearse para indicar que habrá una nota al calce, y cuando haya dos (**), indicará la segunda nota. Pero si son más de dos, deberán ir señaladas con números: (1), (2), (3), etc.

10.4.7. EL SIGNO DE INTERROGACIÓN (¿ ?)

En español, el signo se compone de dos partes. Hay una tendencia indebida a suprimir la primera parte (¿) como imitación servil de otros idiomas. Pero si tomamos en cuenta que por lo menos en francés, el inglés y el alemán, construyen el inicio de sus preguntas de tal manera que no es necesario señalarlo por otros medios, se justifica que sus interrogaciones no comienzan con un signo. Pero en español, el caso es muy distinto.

En efecto, afirmamos: *Está servida la cena*. Pero también preguntamos: *¿Está servida la cena?*

La segunda vez se trata de una interrogación, y la construcción de la frase es la misma que en la frase afirmativa; por lo tanto, es necesario anunciar desde el principio que se trata de una pregunta. Cuando van una después de otra, varias preguntas o admiraciones breves, separadas con coma, sólo la primera debe escribirse con mayúscula: *¿Qué piensas hacer?, ¿qué te ocurre?, ¿qué es lo que vamos a hacer?*

Si a continuación de la pregunta o de la frase admirativa se añade algo a manera de explicación, se debe comenzar con una coma y, por ende, minúscula. Ejemplo: *¿Qué es lo que quieres?, me dijo entonces bruscamente*. Hay ocasiones en que, por ser al mismo tiempo interrogativa y admirativa, una frase puede llevar interrogación al principio y admiración al final, o viceversa, pero esta modalidad ortográfica es poco usual. Ejemplo: *¿Qué es lo que se imagina usted, caballero!*

10.4.8. EL SIGNO DE ADMIRACIÓN O DE EXCLAMACIÓN (!)

Este caso es similar al de los signos de interrogación: *¡qué barbaridad! ¡No lo puedo creer! ¡Es imposible!* Estas tres expresiones, habladas, llevan una carga enfática en la voz; escritas, deben traducir ese mismo énfasis mediante las dos partes del signo de admiración.

10.4.9. EL PARÉNTESIS ()

Este signo ortográfico suele encerrar una frase o expresión sin enlace necesario con los demás miembros de la oración que la rodea, pero que explica o agrega algo necesario a su entendimiento: *Los hijos de Juan (eran tres) corrieron a su encuentro. La sardana (baile nacional de Cataluña) se baila en corro y contando los pasos. La oración (enunciado bimembre) consta de sujeto y predicado.*

10.4.10. EL GUIÓN (-) Y LAS RAYAS (—)

Al final de un renglón, si no cabe la palabra entera, escribimos un **guión** y terminamos de escribir la palabra al principio del renglón siguiente.

También ponemos un **guión** entre adjetivos compuestos creados por la necesidad de actualizarse: *técnico-administrativo, físico-químico*.

Las rayas (más largas que el guión) sirven, al igual que el paréntesis, para explicar algo o para completar lo que se dice pero que no forma parte de la oración que se enuncia. En ocasiones podría sustituirse por un paréntesis: *Emilio –su hermano– contestó por él*. Pero en otros caso encierran una oración incisa y realizan la misma función que desempeña la coma: *las dos maestras –que ya se habían puesto de acuerdo– firmaron la reclamación*.

10.4.11. LAS COMILLAS (“ ”)

Se emplean para destacar alguna frase dentro de otra, por ejemplo, al citar el título de algún libro: *Encontré esa palabra en el “Diccionario de Sinónimos”*. Al citar una frase de otra persona: *como dijo Descartes: “Pienso, luego existo”*. Para señalar alguna palabra que todavía no es de uso común: *A estas fechas no todos están “credencializados”*.

¿Qué sucede cuando debería haber comillas dobles?

Por ejemplo: *“Reflexionen ustedes y comenten la siguientes expresión que aparece en ‘Don Quijote de la Mancha’: ‘Tripas llevan patas, que no patas llevan tripas’.”* ¿No resulta algo pesado? Los textos en inglés tienen resuelto el problema de la siguiente manera: *“Reflexionen ustedes y comenten la siguiente expresión que aparece en ‘Don Quijote de la Mancha’: ‘Tripas llevan patas, que no patas llevan tripas’.”* Así se evita la acumulación de comillas. Unos pocos editores de libros en español ya han adoptado este sistema.

10.4.12. LA DIÉRESIS (Û)

La *diéresis* se define como un signo ortográfico que se pone sobre la *u* de las sílabas *gue*, *gui*, para indicar que esta letra debe pronunciarse; como en *vergüenza*, *argüir*.⁶ Otros ejemplos son los sustantivos *agüero*, *pingüino*, y el diminutivo de *agua*, *agüita*; del verbo averiguar: *averigüen*; y el adjetivo *pingüe*.⁶ Consideremos el sustantivo *paraguas*; si queremos conservar ese sonido de la *u*, para indicar *“la tienda donde venden paraguas”*, tendremos que ortografiarla como sigue: *paragüería*.

10.5. EL DIMINUTIVO Y EL AUMENTATIVO

Diminutivo:

Los diminutivos consisten en un agregado al final de la palabra, un **sufijo**, que la alarga, para indicar algo más pequeño. Los diminutivos se aplican a los nombres sustantivos y a los adjetivos calificativos.

⁶ Abundante, copioso, fértil.

Si la palabra termina en vocal, pierde ésta al agregársele un diminutivo: **casa**, casita; **perro**, perrito; **vino**, vinito, vinillo; **borrico**, borriquito, borriquillo (nótese el cambio de *c* en *qu* en presencia de la *i*); **callando**, callandito; **guapa**, guapita; **bobó**, bobito.

El diminutivo **-ito**, **-ita** es el más empleado en español; sin embargo, existen muchos diminutivos más, y algunos caracterizan perfectamente la región de España donde se usan preferentemente. El diminutivo **-illo**, **-illa** también es muy usual, aun cuando en ocasiones no demuestra afecto sino un leve desprecio: *Tengo un trabajillo de poca monta. Aunque sean pocos, los dinerillos siempre caen bien.*

Los diminutivos **-ececito**, **-ececillo**, **-ececico** y sus correspondientes femeninos terminados en *a*, sirven para alargar un poco algunas palabras monosílabas: *pie*, *piececito*; *luz*, *lucecita*; *cruz*, *crucecita* -estas dos última con el cambio de *z* en *c* como sucede en el plural-; *pan*, *panecillo*. Los diminutivos **-ecito**, **-ecillo**, **-ecico** (siempre con la terminación *a* para el femenino) se aplican a:

- Los monosílabos terminados en consonante (incluso la *y*): *red-ecilla*; *sol-ecito*; *pan-ecillo*; *flor-ecita*; *rey-ecito*. Excepciones: *Juan-ito*, *Luis-ito*.
- Los bisílabos cuya segunda sílaba es diptongo de *ia*, *io*, *ua*: *bestia*, *besti-ecilla* (*es más usual bestezuela*); *genio*, *geniecillo*; *guante*, *guant-ecito*; *poco*, *poqu-ito*; *fresco*, *fresqu-ecito* (*pero también se dice fresquito*).

Los diminutivos **-cito**, **-cillo**, **-cico** y sus femeninos se aplican a:

- Las voces agudas de dos o más sílabas terminadas en *n* o *r*: *calor-cillo*; *olor-cillo*; *dolor-cillo*; *amor-cito*; *corazon-cito*; *colchon-cito*; *cantar-cito*; *cancion-cita*. (Obsérvese que las palabras acentuadas como *corazón*, *canción* y *colchón* al adquirir un diminutivo se vuelven graves y pierden el acento que las hacía agudas).
- Las dicciones graves terminadas en *n*: *Carmen-cita*; *examen-cito*; *imagen-cica*.

Los diminutivos en **-ito**, **-illo**, **-ico** y sus femeninos se usan con palabras que no han sido especificadas antes, pero que admiten diminutivo: *estatu-illa*; *pajar-ito*; *vain-illa*; *pucher-ico*.

Aumentativo:

Son los sufijos **-ón**, **-azo** y **-ote**, **-ona**, **-aza** y **-ota** en femenino. Hay palabras que admiten el aumentativo; si terminan en vocal, la pierden, pero si finalizan en consonante, conservan ésta: *grande*, *grand-ote*; *perra*, *perrota*; *avergonzado*, *avergonzad-ón*; *hombre*, *hombr-ón* (*y hombrach-ón*); *muchacho*, *muchach-ón*, *muchach-ote*; *papel*, *papel-ón*, *papel-ote*; *calor*, *calor-ón*; *gigante*, *gigant-ón*; *ladrón*, *ladron-azo*; *picaro*, *picar-ón*, *picaron-azo*; *salvaje*, *salvaj-azo*; *golpe*, *golp-azo*; *encuentro*, *encontr-ón*, *encontr-on-azo*; *amigo*, *amig-azo*, *amig-ote*.

10.6. EL GRADO COMPARATIVO Y EL GRADO SUPERLATIVO

Comparativo:

Para comparar, empleamos las formas *más... que*, *menos... que*, *tan... como*, flanqueando la palabra (adjetivo, nombre común o adverbio) que se compara: *El niño es más alto que su hermana*, comparativo de superioridad. *Tengo menos dinero que tú*, comparativo de inferioridad. *Juan llegará tan lejos como nosotros*, comparativo de igualdad.

Para comparar, el adjetivo *bueno* (*buena*) dispone de la forma *mejor*. *El agua es buena pero el vino es mejor*. Pero eso no excluye el uso de *más bueno*, como en "*Es más bueno que el pan*." También el adjetivo *malo* (*mala*) tiene su forma comparativa, que es *peor*. *La bronquitis es peor que el catarro*. La forma *peor* no elimina el uso de *más malo*, como en "*Es más malo que el mismísimo demonio*."

Superlativo:

No todas las palabras admiten superlativo, pues algunas son superlativas de por sí: *maravilloso*, *extraordinario*, *exquisito*, *inmenso*, *inconmensurable*, *desmedido*, *incapacitado*; sería ridículo pretender agregarles algo.

Un adjetivo terminado en consonante se volverá superlativo al añadirsele *-ísimo* al final; los terminados en vocal perderán ésta: *grande*, *grand-ísimo*; *hermoso*, *hermos-ísimo*; *triste*, *trist-ísimo*; *alta*, *alt-ísima*; *guapa*, *guap-ísima*; *dulce*, *dulc-ísima*; *formal*, *formal-ísimo*, *actual*, *actual-ísimo*.

Los adverbios formados partiendo de un adjetivo también suelen admitir este superlativo, pero aplicado al adjetivo que constituye su raíz: *lenta*, *lentamente*, *lentísimamente*; *triste*, *tristemente*, *tristísimamente*. Los adjetivos terminados en *-ble*, como *amable*, *sensible*, *horrible*, reciben una *i* entre la *b* y la *l*: *amabil-ísimo*, *sensibil-ísimo*, *horribil-ísimo*. Y los adverbios de modo, al aceptar el superlativo en *-ísimo* conservarán esa *i* del adjetivo: *amabilísimamente*, *sensibilísimamente*, *horribilísimamente*.

Algunos adjetivos tienen su propio superlativo: *bueno*, *óptimo*, o sea: insuperablemente *bueno*; *malo*, *pésimo*, es decir, el colmo de lo malo. Eso no es obstáculo para emplear los superlativos *bonísimo* (popularmente se dice *buenísimo*) y *malísimo*, que producen, a su vez, los adverbios *bonísimamente*, o *buenísimamente*, y *malísimamente*. Otro superlativo de *bueno* se forma con el comparativo *mejor*, y así tenemos: *el mejor*, *la mejor*, *los mejores*, *las mejores*. Y el otro comparativo de *malo*, naturalmente, también se forma con su comparativo *peor*: *el peor*, *la peor*, *los peores*, *las peores*.

El superlativo de los siguientes adjetivos se forma con el sufijo *-érrimo*: *acre*, *acérrimo*; *pobre*, *paupérrimo*; *célebre*, *celebérrimo*; *pulcro*, *pulquérrimo*; *íntegro*, *integérrimo*; *mísero*, *misérrimo*; *libre*, *libérrimo*. **Muy** es "un adverbio que se antepone a nombres adjetivados, adjetivos, adverbios y modos adverbiales, para denotar en ellos grado sumo o superlativo de significación" (DRAE).

Ejemplos: *Es muy hombre. Está muy enterado. Caminan muy sobre seguro. Era muy hermosa. Llego muy temprano. Leen muy despacio. Vive muy lejos.*

10.7. LAS MAYÚSCULAS

Utiliza las mayúsculas principalmente en los siguientes casos:

- La primera letra de la palabra con que se empieza una oración o párrafo y después de dos puntos en citas textuales.⁷
- Con los nombres propios de personas, animales o seres personificados.
- Con los nombres propios de lugares (calles, colonias, países, montañas, etc.)
- Con los nombres de productos y marcas comerciales.
- En la primera letra del título de libros, revistas, periódicos, artículos, películas, canciones, programas de televisión, etc.
- Con nombres de compañías, instituciones, asociaciones, sindicatos, clubes, grupos políticos y religiosos.
- Con nombres geográficos como los de planetas, estrellas, constelaciones, ríos, puntos cardinales y otras designaciones cuando se emplean estrictamente como nombres propios.
- Con títulos, cargos, apodos, dignidades y algunos nombres colectivos.
- Los nombres de los días, meses y estaciones del año se escribirán con mayúscula cuando indiquen una fecha histórica o memorable.

(Rosas, 1994).

Por lo general no llevan acento las mayúsculas, pero deberían llevarlo. Por ejemplo, en los libros que tratan de la Lengua Española encontramos acentuadas las mayúsculas; y es una gran ayuda para los estudiantes. Con respecto a los informes de investigación, es recomendable usarlas acentuadas cuando las palabras sean escritas con mayúsculas, por la facilidad de poderlas distinguir, debido a ciertas acentuaciones especiales.

10.8. PLEONASMO Y LAS REDUNDANCIAS

Pleonismo:

Es una "figura de construcción que consiste en emplear en la oración uno o más vocablos innecesarios para el recto y cabal sentido de ella, pero con los cuales se da gracia o vigor a la expresión" o, claro está, se puede incurrir en una pesadez imperdonable, como cuando se dice: *Padece artritis articular*, pues la artritis es, precisamente, un tipo de *reumatismo articular*. O también: *¿Has comido la comida?*, o *Mañana vendrán a cenar ambos dos*.

⁷ Si después de dos puntos no se pone una cita textual, puede usarse mayúsculas o minúsculas.

Redundancia:

Demasiada abundancia de cualquier cosa en cualquier línea. A pesar de que las definiciones no son iguales, suelen usarse indiferentemente *pleonismo* y *redundancia*. Pero en el campo de la gramática, emplearemos, de preferencia, *pleonismo*.

10.9. INCORRECCIONES Y CORRECCIONES

En la actualidad, se ha dado en emplear una serie de expresiones incorrectas sin el menor remordimiento; es decir, que las personas que cometen incorrecciones lo hacen sin tener conciencia de ello.

- a). Una palabra que se emplea a diario es *televisivo*, como en *Un programa televisivo*. ¿Qué significa la palabra *televisivo*?; simplemente: "Que tiene buenas condiciones para ser televisado: "O sea que la expresión un programa televisivo sólo indica que podría ser televisado, no que lo haya sido. El adjetivo *televisual* es "Perteneiente o relativo a la televisión".
- b). *Emocionante* es un adjetivo y significa "que emociona". Este adjetivo está perdiendo la batalla contra *emotivo*, que deberíamos reservar para una cualidad anímica, dando a cada uno el lugar que le corresponde: *La ceremonia fue emocionante, y María, que es una jovencita muy emotiva, se deshizo en llanto.*
- c). *El mercurio difiere de los demás metales porque es líquido.* Se dice claramente: *difiere de. El mercurio es diferente de los demás metales... Ser distinto de...Ser diferente de... Pero ser igual que: Yo soy igual que tú.* Sólo en matemáticas debe decirse igual a: $3+4=7$, es decir, tres más cuatro es igual a siete.
- d). Para hacer hincapié en algo que ha dicho anteriormente, una persona suele decir, mal hecho: *Te vuelvo a repetir.* Sólo se volverá a repetir lo que se haya repetido anteriormente después de haberlo dicho por vez primera. O sea: *Anteayer te lo dije, ayer te lo repetí, y hoy vuelvo a repetirtelo.* Esto es lo correcto: sólo desde la tercera vez que se dice, en adelante, *se ha vuelto a repetir.* El razonamiento anterior sirve para modificar: *Ha vuelto a resurgir. Eso implica que ya había resurgido* por lo menos una vez después de haber surgido.

11. TÉCNICAS DE REDACCIÓN PARA INFORMES DE INVESTIGACIÓN

La redacción, entendida como *“resultado de la acción de dar forma escrita a lo que se desea hacer llegar a otro en forma de mensaje”*, pertenece al sector de las actividades sociales puestas al servicio de las relaciones humanas. Forma parte del grupo utilizado para transmitir lo que el hombre exterioriza mediante elementos de comunicación.

La redacción del trabajo es, quizá, lo más tedioso para la mayoría de los investigadores; implica volver a repasar conceptos en el terreno investigado y, al mismo tiempo, lograr la etapa final por la que se puede llegar a difundir todo el trabajo realizado.

11.1. LA REDACCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

La redacción del informe consiste en desarrollar por medio de la expresión escrita, cada una de las partes que integran el índice. La redacción debe darse en forma gradual, guiándose por los objetivos del trabajo; presentando, a través del cuerpo de la obra, los hechos, los problemas y las soluciones interpretativas particulares, hasta llegar a las afirmaciones fundamentales del estudio (García, 1989).

La información obtenida en la etapa de recolección, se utiliza durante la redacción del informe, enlazándolos en frases y oraciones claras y verificables, estructuradas con un criterio racional.

Las formas de utilizar las fichas se reducen a lo siguiente:

- a). Uniendo diversas ideas por medio de conjunciones, adverbios o preposiciones (y, con, bien, aquí, para, hasta, etc.).
- b). Sintetizando los datos registrados en una o varias fichas de trabajo referentes al mismo asunto.
- c). Sistematizando los datos obtenidos de las distintas fuentes, para dar una aportación al tema tratado.
- d). Todo comentario, observación, duda, conocimiento nuevo o aportación que surja del análisis de la información registrada, debe incluirse en la redacción, ya que representa la aportación y el enfoque del trabajo.

Tomar la pluma y escribir las primeras palabras de un informe cuesta siempre mucho trabajo. Habría que facilitar esa situación. Antes que nada, debe disciplinarse y poner en práctica todo tipo de recomendaciones como las que a continuación se mencionan (Reader's Digest, 1977 y Basalto, 1989).

11.1.1. ANTES DE REDACTAR

Antes de iniciar la redacción del informe es importante que se tengan presente las siguientes indicaciones: procure un ambiente externo favorable, en donde el ruido y las interrupciones queden reducidas al mínimo. Para esto, las primeras horas de la mañana, o las últimas de la noche son las adecuadas.

El ánimo interno es el principal factor en el trabajo de redacción. En efecto, se trata de que aflore a la conciencia el material investigado en forma fluida, coherente e inteligible. Por tanto, las preocupaciones excesivas, el temor, la prisa, el cansancio, no son los mejores acompañantes de la redacción científica.

Ya teniendo el ambiente propicio para la redacción, es importante tomar en cuenta la organización que se requiere. Para esto se señalan los siguientes puntos:

- a). Precise claramente el objetivo de su escrito.
- b). Determine las características del destinatario.
- c). Documentese: junte todo el material referente al tema.
- d). Seleccione el material que utilizará en su trabajo.
- e). Jerarquice el material seleccionado para ordenarlo según su importancia relativa.
- f). Distribuya los elementos de acuerdo con el objetivo de cada parte del escrito, (entrada-cuerpo- cierre).
- g). Consigne gráficamente las ideas principales (destáquelas) y secundarias correspondientes a cada parte del escrito.
- h). Reflexione, y, en su caso, consulte para determinar el contenido de su trabajo para cumplir el objetivo propuesto.
- i). Realice un plan detallado de la obra, con todos los elementos que contendrá.

11.1.2. AL REDACTAR

Al redactar debemos tomar en cuenta ciertos conocimientos, entre ellos el concepto de párrafo. El párrafo consiste en una serie de oraciones separadas por los distintos signos de puntuación.

- f). Cuide escrupulosamente el empleo de los signos de puntuación y auxiliares, así como los subrayados y destacados.
- g). Emplee el tono y el estilo adecuado al objetivo, al tema y al destinatario del mensaje.
- h). Respete todas las prescripciones ortográficas.
- i). Conceda atención a la inclusión atinada de adiciones (notas, cuadros y figuras, etc.).
- j). Tenga a la mano un diccionario del idioma que esté manejando, así como uno de sinónimos, antónimos, técnicos, y si lo desea uno bilingüe.

11.1.3. DESPUÉS DE REDACTAR

Después de elaborar el escrito es conveniente tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a). Repase cuidadosamente todo el escrito.
- b). Corrija los errores gráficos. Cuide títulos y subtítulos.
- c). Corrija o mejore la construcción de párrafos, con especial atención a la puntuación.
- d). Lea analíticamente, o haga leer su trabajo a quien está en condiciones de asesorarlo.
- e). Si es posible, archive su trabajo durante cierto tiempo, para retomarlo con renovado sentido crítico en otra revisión.
- f). Realice los toques finales, con minuciosidad.
- g). Seleccione convenientemente los elementos de presentación de su escrito.
- h). Distribuya el texto con sentido estético funcional.
- i). Realice la escritura definitiva del trabajo.

11.2. RECOMENDACIONES ADICIONALES PARA LA REDACCIÓN

- a). Es necesario, primero, que medite con detenimiento en el asunto que desea tratar, ordenando las ideas accesorias en torno a la idea principal. Antes de empuñar la pluma, debe usted tener una idea clara de lo que quiere decir.
- b). Dé usted unidad al escrito, evitando cambios bruscos de tono o de perspectiva. Procure ligar el principio de una frase, en alguna forma, con el final de la frase anterior.

- c). Si usted no tiene mucha práctica en el arte de la redacción, no pretenda lograr una versión definitiva al primer intento. Es conveniente hacer esquemas y borradores.
- d). Recuerde que el sustantivo y el verbo son piedras angulares del idioma, por lo que debemos emplearlos atinadamente.
- e). Elimine adjetivos inútiles y, sobre todo, evite su acumulación. Se ha dicho que un adjetivo no da vida, mata.
- f). Cuando modifique un verbo, utilice el adverbio apropiado. Recuerde que el adverbio es al verbo lo que el adjetivo al sustantivo.
- g). Tenga cuidado con los adverbios terminados en "mente". Abundan tanto en español que puede incurrirse en repeticiones ingratas al oído. La manera de evitarlo es decir, por ejemplo, "con facilidad", en vez de "fácilmente".
- h). Use con propiedad las preposiciones y conjunciones indispensables para lograr cohesión y claridad. El mal uso y abuso de estas partículas endurece el estilo.
- i). Los modos adverbiales y los modismos dan colorido y sabor a la expresión si usted lo emplea oportunamente. Con todo, evite su abuso.
- j). También sea parco en el uso de modos conjuntivos. Hasta donde sea posible evite expresiones como "por consiguiente", "a fin de que", "por lo tanto", etc.
- k). Es muy común escribir sin el menor sentido de la puntuación. Ciertos autores siguen adrede esta costumbre poco ortodoxa, aunque hay mucha gente que no puede entender lo que escriben. Dé la puntuación correctamente a sus escritos.
- l). Evite el uso de palabras "elevadas" o sea rebuscadas e incomprensibles. Entre dos sinónimos, elija siempre el más conocido y más breve. No hay que decir "oblación" si se puede decir "ofrenda". Entre "provisión" y "acopio", prefiera "provisión", etc.
- m). El uso de palabras extranjeras sólo está justificado cuando en español carecemos de voces equivalentes.
- n). No todos los neologismos merecen carta de naturaleza en el idioma. Sea usted cauto al usarlos. Pregúntese si verdaderamente son necesarios, y deje a los peritos la tarea de renovar el lenguaje.
- o). En español hay libertad para ordenar las palabras en la formación. Sin embargo, algunos giros resultan forzados. Use los que a su juicio sean los más naturales.
- p). No imite ningún estilo determinado, aun cuando algunos le parezcan magníficos. Luche para crearse un estilo propio, y piense que esto sólo se logra a fuerza de una gran sinceridad consigo mismo. No hay en el mundo dos personas iguales; si lo que dice o

escribe obedece sólo a usted mismo, será original, no se parecerá a lo dicho o escrito por nadie más.

- q). Si escribe usted para que otro u otros le entiendan, hágalo en la forma más clara, sencilla y concisa que le sea posible.
- r). Si usted tiene tiempo, lea y relea lo escrito antes de enviarlo a su destino. Quizá encuentre algo que corregir.
- s). Por conseguir la norma anterior, no caiga usted en la manía de la perfección, como quienes cambian varias veces la forma de cada frase y nunca quedan conformes. El exceso de autocrítica perjudica o aún peor, hace enmudecer a no pocos escritores.
- t). Por último, todos tenemos derecho a expresar lo que pensamos. Y más aún si es una buena idea y está expresada correctamente.

11.3. LAS CUALIDADES DEL ESTILO CORRECTO

Los trabajos científicos deben estar redactados en un estilo que, por lo menos, llene los requisitos del lenguaje correcto. Estas cualidades son las siguientes: claridad, orden, exactitud y propiedad gramatical. La claridad consiste en que el tema tratado sea efectivamente expresado de manera que el lector medio pueda captarlo sin demasiado esfuerzo. A este respecto, es recomendable el uso de un lenguaje sencillo, que evite las palabras extrañas y sofisticadas. Sin embargo, en un trabajo científico será necesario el empleo de términos técnicos, aunque no sean del dominio público. Si el trabajo va dirigido a un público especializado en esa rama, no será necesario aclarar dichos términos. Pero, en el caso de un trabajo de divulgación, se impone una breve explicación de los términos técnicos empleados.

También será necesario cuidar la longitud de los párrafos. La claridad pide párrafos breves. A mayor longitud del párrafo, mayor posibilidad de obscurecer la idea expresada. Es mejor un párrafo que contenga varias oraciones breves y separadas por "punto y seguido", en lugar de una sola oración larga y llena de frases adverbiales, intercalamientos y verbos secundarios.

El orden consiste en presentar los razonamientos en forma lógica, organizada y accesible separando los distintos tópicos con subincisos; además deberá existir coherencia y lógica en la temática de informe. La exactitud en un escrito científico es imprescindible; consiste en seleccionar el vocabulario más adecuado para no dar lugar a confusión y malas interpretaciones. También es indispensable aplicar las reglas gramaticales de ortografía, puntuación y redacción, para lo cual el investigador debe auxiliarse de un libro de gramática y un diccionario como ya se ha mencionado.

LITERATURA CITADA

- Arias Galicia, Fernando; 1984.** *Introducción a las Técnicas de Investigación en Ciencias de la Administración y del Comportamiento.* Ed. Trillas. 3ª. Edición. México. 130 pp.
- Baena Paz, Guillermina; 1986.** *Instrumentos de Investigación.* Ed. Editoriales Mexicanos Unidos. 13ª. Edición. México. 134 pp.
- Bolaina Torres Candelario; Muci Kùchler, Karim heinz y López Calderón, Roberto; 1975.** *Simulación del Crecimiento de Tumores en el Cerebro Humano Utilizando el Método de Elementos Frontera.* Rev. Unidad Chontalpa. UJAT. U. CH. Tabasco, México. 6:1-15
- Cáceres Hernández, Laura y Chesten, María; 1985.** *Técnicas Actuales de Investigación Documental.* Ed. Trillas. México. 123 pp.
- Eco, Umberto; 1987.** *Cómo se Hace una Tesis.* Ed. Gedisa. 4ª edición. México. 267 pp.
- Espinoza Salvatierra, Arturo y Armella Villalpando, Miguel; 1991.** *El Efecto de Aprendizaje Temprano y la Selección del Alimento en Roedores.* Rev. Universidad y Ciencia. U.J.A.T. 8 (15): 37-45.
- Flowers, Robert J. y Cruz S., H. Daniel; 1995.** *Un Modelo de Homogeneidad Marginal para Tablas de Contingencia 1x1.* Rev. Unidad Chontalpa. U.J.A.T. U. CH. Tabasco, México.
- García Martínez, Rosendo; 1989.** *Guía Práctica para Realizar Trabajos de Investigación Documental.* U.J.A.T. Centro de Investigación de la DACEA. Villahermosa, Tabasco, México.
- Garza Mercado, Ario; 1981.** *Manual de Técnicas de Investigación.* Ed. Colegio de México. 3ª edición. México. 190 pp.
- González Reina, Susana; 1990.** *Manual de Redacción e Investigación Documental.* Ed. Trillas. 4ª edición. México. 204 pp.
- Goode, Willam y Hatt, Paul; 1977.** *Métodos de Investigación Social.* Ed. Trillas. México. 90 pp.
- Gutiérrez Sáenz, Santiago y Sánchez González, Jorge; 1990.** *Metodología del Trabajo Intelectual.* Ed. Esfinge. 10ª edición. México. 200 pp.

Lamothe Argumedo, Rafael; Pineda López, Raúl y Andrade Salas, Obdulio; 1989. *Descripción de una Especie Nueva del Género Neochasmus (Trematoda: cryptogonimidae) Parásita de Peces de Tabasco, México.* Rev. Universidad y Ciencia. U.J.A.T., 6 (12): 11-14.

López Cano, José Luis; 1990. *Métodos e Hipótesis Científicos.* Ed. Trillas. 3ª edición. México. 111 pp.

Méndez Ramírez, Ignacio; 1976a. *Modelos Estadísticos Lineales: Interpretación y Aplicaciones.* FOCCA VI – CONACYT. México. 140 pp.

Méndez Ramírez, Ignacio; 1976b. *Conceptos muy Elementales del Muestreo con Énfasis a la Determinación Práctica del Tamaño de Muestra.* Comunicaciones Técnicas IIMAS-UNAM. Vol. 3, No 25. 55 pp.

Méndez Ramírez, Ignacio; 1977. *Lineamientos Generales de la Investigación.* Comunicaciones Técnicas IIMAS-UNAM. México. 35 pp.

Méndez Ramírez, Ignacio; Narnihira Altamirano, Delia; Moreno Altamirano, Laura y Sosa de Martínez, Cristina; 1990. *El Protocolo de Investigación.* Ed. Trillas. 2ª edición. México. 72 pp.

Munich, Lourdes y Ángeles, Ernesto; 1991. *Métodos y Técnicas de Investigación para Administración e Ingeniería.* Ed. Trillas. 2ª edición. México. 166 pp.

Muñoz Cano, Juan Manuel; Martínez López, Miriam y Soriano Garibay, Jaime; 1992. *Riesgo de Cardiopatía Isquémica en una Muestra de Jóvenes de Tabasco, México.* Rev. Universidad y Ciencia. U.J.A.T. 9 (18): 88-91.

Olea Franco, Pedro; 1991. *Manual de Técnicas de Investigación Documental.* Ed. Esfinge. 20ª edición. México. 216 pp.

Pardinas, Felipe; 1981. *Metodología y Técnicas de Investigación en Ciencias Sociales.* Ed. Siglo Veintiuno. 24ª edición. México. 120 pp.

Pérez Chino, Joaquín; 1988. *Elementos de Investigación Bibliográfica.* Bol. UNAM, Iztacala. México. 40 pp.

Quezada Martínez, Benjamín y Moreno López, Norma; 1987. *Metodología de la Investigación.* Ed. Dirección General de Institutos Tecnológicos. Cd. Juárez, Chih., México.

Reader's Digest; 1994. *Hablar y Escribir Bien.* Ed. Selecciones de Reader's Digest S.A. de C.V. México.

Reader's Digest; 1977. *La Fuerza de las Palabras.* Ed. Selecciones de Reader's Digest S.A. de C.V. México.

- Riveros, Héctor y Rosas, Lucía; 1990.** *El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales*. Ed. Trillas. 2ª edición. México. 164 pp.
- Rojas Soriano, Raúl; 1992.** *Guía para Realizar Investigaciones Sociales*. Ed. UNAM. 7ª edición. México. 130 pp.
- Rosas, Rosa María; 1994.** *Ortografía. Ejercicios*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. México, D.F. p:145-150.
- Russell de Galina, Jane M.; 1989.** *Presentación de la Literatura Citada*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. (mimeo).
- Salomón, Paul R.; 1989.** *Guía para Redactar Informes de Investigación*. Ed. Trillas. México. 56 pp.
- Yurén Camarena, Ma. Teresa; 1990.** *Leyes, Teorías y Modelos*. Ed. Trillas. 2ª edición. México. 78 pp.
- Zorrilla Arena, Santiago y Torres Xamar, Miguel; 1989.** *Guía para Elaborar Tesis*. Ed. McGraw-Hill. México. 106 pp.
- Zubizarreta, Armando; 1986.** *La Aventura del Trabajo Intelectual*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 2ª edición. USA. 197 pp.

Metodología de la investigación, de Ernesto A. Rodríguez
Moguel se terminó de imprimir en julio de 2005.
El tiraje consta de 1000 ejemplares.

Impresora Mercantil
Iguala 113 Centro C.P. 86000
Villahermosa, Tabasco.