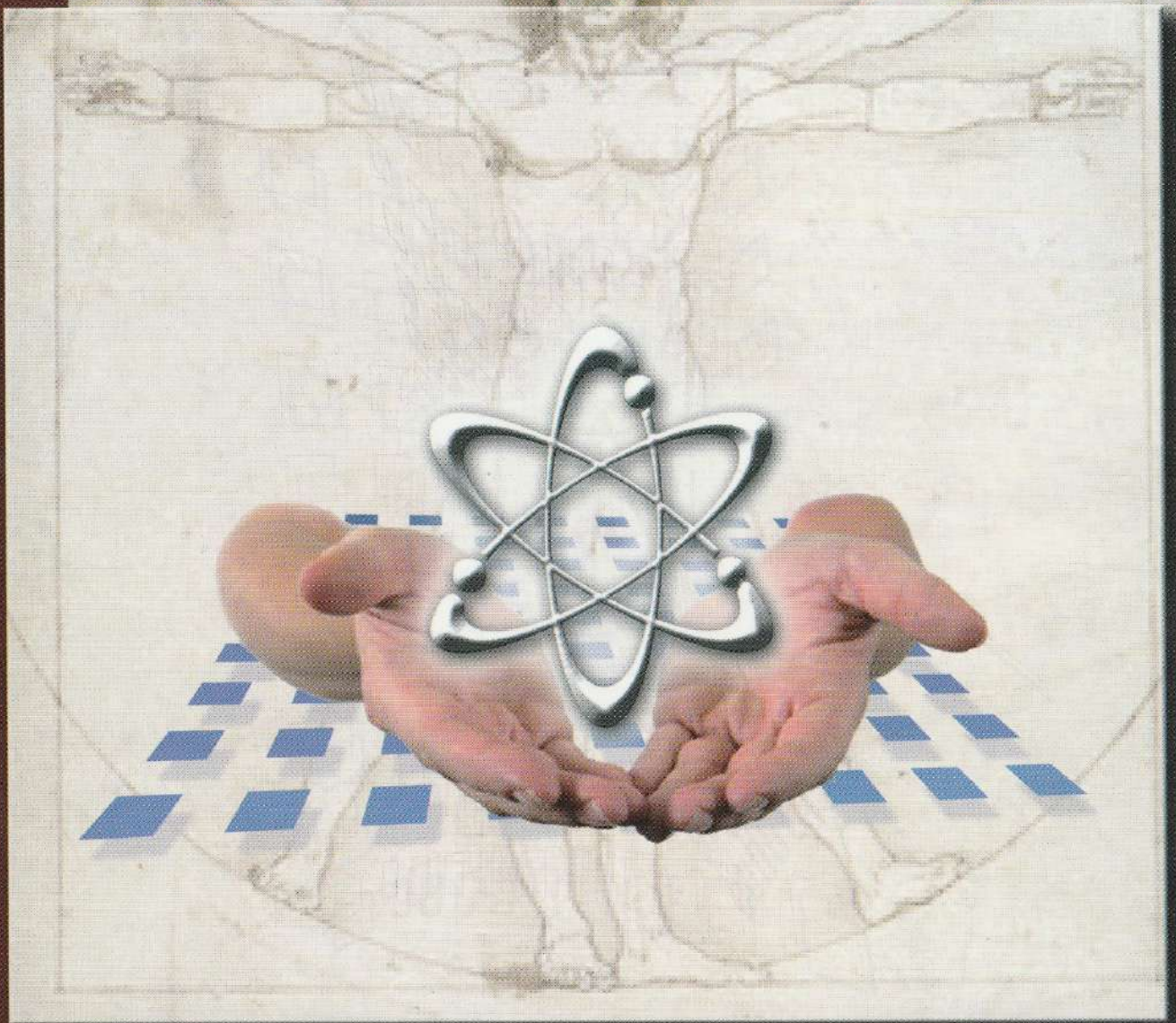


Fundamentos de Investigación

para Estudiantes de Ingeniería



Juan Armando
Zapatero Campos





Armando Zapatero Campos, egresó del programa de Doctorado en Lingüística de El Colegio de México en 1993, fue Director de Difusión Científica de la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (2002-2007), donde coordinó la elaboración y redacción del Modelo Educativo para el Siglo XXI. También participó en la elaboración del Reporte de Educación Superior que preparó la Secretaría de educación Pública del gobierno mexicano para la OCDE en 2006. Actualmente está dedicado a sus actividades académicas en el Instituto Tecnológico de Celaya.

Un libro necesario. Lleva al lector de la mano desde los orígenes del pensamiento científico, sus principales aspectos epistemológicos, la relevancia social de la investigación y la ingeniería hasta la revisión práctica del método científico y sus principales aplicaciones.

Mtro. José Alfredo Verdugo, Universidad Autónoma de Baja California Sur

Un libro que seguramente se convertirá en referente para los estudiantes de educación superior, no sólo de ingeniería, porque al final del día, todos los profesionales deben entender los fundamentos de los diversos modos de proceder en la ciencia para desarrollarse con éxito en las nuevas dimensiones que impone la sociedad del conocimiento.

Norma Alicia Fimbres, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora

Más allá del ámbito de las carreras de ingeniería, el libro es útil porque permite conocer y entender la racionalidad y el quehacer científico y tecnológico. Hoy en día un saber imprescindible para los jóvenes universitarios.

Ing. Rosalío Muñoz, Universidad Virtual de Guanajuato

El libro muestra, de una manera sencilla y amena, la evolución del pensamiento científico desde Platón hasta Popper, los distintos tipos de investigación y los documentos principales de la comunicación académica y científica, entre otros temas fundamentales... es una lectura recomendable incluso para los profesionales que han concluido sus estudios universitarios.

Eddy José Salgado, Universidad Tecnológica del Ecuador

Es un libro que transmite frescura, entusiasmo y esperanza a través del estudio del pensamiento científico. Sin lugar a dudas, será un libro muy útil y formativo para los estudiantes de ingeniería.

Ing. Pedro Luis Ibarra Daniel, Instituto Tecnológico de Hermosillo

ISBN: 978-607-7911-00-5



9 786077 911005



Fundamentos de Investigación para Estudiantes de Ingeniería

Juan Armando Zapatero Campos





Datos de catalogación bibliográfica

JUAN ARMANDO ZAPATERO CAMPOS
*FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA 1ª EDICIÓN*

TERCER ESCALÓN EDITORES

ISBN: 978-607-7911-005

Formato: 185 × 235 mm Páginas: 176

Fundamentos de investigación para estudiantes de ingeniería.
D.R. © Juan Armando Zapatero Campos

El titular de los Derechos Reservados autoriza a Tercer Escalón Editores para la realización de esta edición. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida, mediante ningún sistema o método, electrónico o mecánico (incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información), sin consentimiento por escrito del titular de los Derechos Reservados.

ISBN: 978-607-7911-005

Corrección de estilo: Araceli Zapatero Gutiérrez.
Diseño de portada: Fabián Oswaldo Cárdenas.
Diagramación: Bertha Gómez Osorno.

Primera edición
2010

Impreso en México
Printed in Mexico





CONTENIDO

Prólogo vii

CAPÍTULO 1

La ciencia, la técnica y la tecnología en el desarrollo de la humanidad 1

1.1 El papel de la ingeniería en el desarrollo de la tecnología y la sociedad 1

1.2 El campo de la ingeniería en el mundo actual 2

1.2.1 Producción de objetos, máquinas y equipos tecnológicos 2

1.2.2 Desarrollo de procesos industriales y tecnológicos 3

1.2.3 Generación, transformación, uso y tipos de la energía 4

1.2.4 Actividades de servicio y mantenimiento doméstico, industrial y tecnológico 5

1.2.5 Extracción y transformación de metales (materiales) 7

1.2.6 Comunicaciones y transportes 8

1.2.7 Producción e industrialización de alimentos 10

1.2.8 Producción de electrodomésticos 13

1.2.9 Desarrollo urbano 14

1.3 Los ámbitos del desarrollo de la Ingeniería en el contexto social 16

1.4 Las prácticas predominantes y emergentes de la ingeniería 18





1.5 El papel del mercado en el
desarrollo e innovación tecnológica **23**

1.6 Sectores industriales del entorno **26**

CAPÍTULO 2

Fundamentos conceptuales **29**

2.1 Ciencia y tecnología **29**

2.2 Método **36**

2.3 Teoría **43**

2.4 Metodología **46**

CAPÍTULO 3

Elementos del proceso de la investigación **61**

3.1 El sujeto como investigador **61**

3.1.1 Cualidades intelectuales **63**

3.2 Técnicas, recursos y procedimientos **65**

3.2.1 Cuestionario **66**

3.2.2 Entrevista **70**

3.2.3 Otros **72**

3.3 El problema como inicio del proceso de investigación **74**

CAPÍTULO 4

Factores de validación de una investigación **77**

4.1 Relevancia **77**

4.2 Factibilidad **78**

4.3 Valor teórico **80**

4.4 Implicaciones prácticas **83**

4.5 Impacto social, ético, ambiental,
económico y tecnológico **84**





CAPÍTULO 5

Tipos de investigación 91

5.1 Investigación pura y aplicada 91

5.2 Investigación documental 94

5.2.1 Características 94

5.2.2 Metodología 95

5.3 Investigación experimental 103

5.3.1 Características 104

5.3.2 Metodología 105

5.4 Investigación de campo 112

5.4.1 Características 113

5.4.2 Metodología 114

CAPÍTULO 6

El discurso científico 126

6.1 Características de los textos científicos 125

6.2 Tipología de los textos académicos 128

6.2.1 Monografía 128

6.2.2 Ensayo 132

6.2.3 Reseñas 133

6.2.4 Reporte 135

6.2.5 Otros textos académicos (tesis, tesina, proyecto de inversión) 136

6.3 Estructura del reporte de investigación (IMRyD) 140

CAPÍTULO 7

Desarrollo de una investigación documental 145

7.1 Factores a considerar en la elección del tema 145

7.1.1 Identificación con el tema 145

7.1.2 Conocimientos necesarios 146

7.1.3 Tiempo disponible 147

7.1.4 Recursos necesarios 147





7.1.5	Beneficios sociales y tecnológicos	148
7.1.6	Innovación	149
7.2	Definición y caracterización del tema	149
7.2.1	Objetivos generales y específicos	150
7.2.2	Limitaciones y delimitaciones	152
7.3	Localización de fuentes de información	152
7.3.1	Escritos: textos, publicaciones periódicas (revistas, periódicos, folletos, etcétera)	152
7.3.2	Audiovisuales: audio cassetes, video cassetes, CD, DVD, etcétera.	153
7.3.3	Otros medios	154
7.4	Análisis de la Información	154
7.4.1	Selección del material localizado	155
7.4.2	Clasificación del material	155
7.5	Redacción y Presentación de la investigación Realizada	157
7.5.1	Formato de la redacción	157
7.5.2	Presentación de la investigación	159

Bibliografía 161





Prólogo

Al inicio de todo curso, tanto los estudiantes como el profesor deben cuestionarse seriamente sobre los propósitos y la finalidad del programa de estudios que están a punto de emprender. Debe exponerse de manera clara qué aspectos o competencias del profesional se verán desarrolladas o beneficiadas de llevar a buen término el programa de trabajo, de manera que se haga patente, también, el déficit en la formación del profesionista que resultaría de no cumplir con los requisitos del curso, más allá de la aprobación o reprobación del mismo.

La palabra “fundamento” proviene del latín *fundamentum* que se refiere a los cimientos en los que se apoya un edificio o construcción y, por extensión, lo que sirve de apoyo a cualquier otra cosa; además de ser utilizada en ese primer sentido, hoy en día también se emplea la palabra “fundamentos” para hacer alusión a las razones, principios y orígenes que dan fuerza y soporte a algo no material;¹ de ahí que hablemos de los fundamentos de las matemáticas, de la física, la economía, la investigación, etcétera.

La palabra “investigar”, por su parte, proviene del latín *investigāre*, que se refiere a las diligencias que se realizan para descubrir algo;² en el discurso académico-científico “investigar” significa planear y realizar actividades documentales, de campo o experimentales —todos los tipos, algunos o alguno—, de manera sistemática, con el propósito de revisar el conocimiento y las teorías vigentes en alguna materia, generar nuevo conocimiento o desarrollar nuevas tecnologías. No tiene sentido que el estudiante trate de memorizar esta definición, que por lo demás puede haber mejores, de hecho, todo el libro está destinado a tratar de explicar esa definición —o de manera más exacta, esa definición pretende resumir todo lo que se explica en este libro. Será un buen ejercicio regresar a ella

¹ Cfr. RAE.

² Cfr. RAE.





conforme se avance en la lectura y las actividades recomendadas por este texto, no descarto que algún estudiante pueda hacer una descripción más breve y acertada del proceso científico de investigar.³

Tomando en cuenta lo anterior, los principales objetivos de un curso que introduzca a los estudiantes de ingeniería —pero también a cualquier estudiante de educación superior— a los *fundamentos de la investigación* científica y del desarrollo tecnológico deben enfocarse en que los estudiantes:

- perciban la profundidad de los orígenes históricos y las raíces filosóficas del pensamiento científico y tecnológico,
- sean capaces de entender, explicar y aplicar los principios del pensamiento científico y tecnológico,
- entiendan la trascendencia del conocimiento científico y tecnológico en su formación profesional,
- comprendan la trascendencia del conocimiento científico y tecnológico en el desarrollo de la sociedad,
- identifiquen los distintos tipos de investigación,
- sean capaces de identificar los diversos formatos técnicos, tanto para el planteamiento de proyectos de investigación como para la difusión y divulgación de sus resultados, y
- tengan un acercamiento a la problemática de la gestión del conocimiento.

Es importante no perder de vista que, para que el aprendizaje sea significativo, el profesor debe iniciar el curso con la exploración de los conocimientos previos de los estudiantes en la materia, de esa manera podrá establecer puntos de referencia en los modelos de pensamiento que ellos ya poseen. El profesor debe explorar, también, las expectativas de sus alumnos, pero sobre todo, sus prejuicios y resistencias, sólo entonces podrá mostrar la racionalidad de los propósitos del curso.

³ Para cualquier comentario pongo a su disposición mi dirección de correo electrónico: armando_zapatero@hotmail.com.





CAPÍTULO 1

La ciencia, la técnica y la tecnología en el desarrollo de la humanidad

1.1 El papel de la ingeniería en el desarrollo de la tecnología y la sociedad

El *Diccionario de la Lengua Española*, editado por la Real Academia de la Lengua, en su vigésima segunda edición, da las siguientes acepciones de la palabra “ingeniería”:⁴ “1. f. Estudio y aplicación, por especialistas, de las diversas ramas de la tecnología. 2. f. Actividad profesional del ingeniero.” Definición que de manera automática nos conduce a revisar la palabra “tecnología”:⁵ “1. f. Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico. 2. f. Tratado de los términos técnicos. 3. f. Lenguaje propio de una ciencia o de un arte. 4. f. Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto.” Es importante mencionar que la palabra “técnica”⁶ hace referencia al procedimiento o conjunto de procedimientos que se siguen para obtener algún resultado. Las técnicas se aplican en todas las áreas del quehacer humano. Hay diversas técnicas para preparar la tierra para sembrar, o para medir la presión arterial, o bien

⁴ Las palabras “ingeniería” e “ingeniero” tienen su raíz en el latín *Ingenium*, es decir “ingenio”, que el propio diccionario de la Real Academia Española refiere como la “Facultad del hombre para discurrir o inventar con prontitud y facilidad.” Los romanos usaban también la palabra *Ingenium* para referirse a la cosa u objeto producto del ingenio. Llamaban, por ejemplo, *Ingenium* al aparato de guerra consistente de un ariete que servía para el asalto de murallas y portones de las fortalezas que atacaban, y denominaban *ingeniator* al operador de esa maquinaria (*Cfr.* RAE).

⁵ Del gr. *τεχνολογία*, de *τεχνολόγος*, de *τέχνη*, arte, y *λόγος*, tratado.

⁶ Del lat. *technicus*, y este del gr. *τεχνικός*, de *τέχνη*, arte.





para preparar un corte de tejido que será sometido a algún tipo de análisis de laboratorio.

La diferencia entre la técnica y la tecnología radica en el *logos*. Es decir, la tecnología presupone, en el mejor de los casos, el estudio y la comprensión de los fenómenos de la naturaleza para el diseño de soluciones tecnológicas que incluyen el desarrollo de técnicas, *i.e.*, procedimientos.

Por ello, la tecnología es el conjunto de todas las manifestaciones materiales o virtuales que aprovechan o aplican un capital más o menos coherente de teorías, conocimientos, técnicas, creencias y estilos de vida, en un momento dado de la historia humana. Es por ello que podemos hablar de la “tecnología hidráulica de los árabes” o de la “tecnología de la edad de hierro”, pero también de la “tecnología japonesa actual” y contrastarla con la “tecnología estadounidense actual.” Las diferencias en las manifestaciones materiales y virtuales de las tecnologías que confrontamos, ya sea en tiempos diferentes o paralelos, se explican porque en última instancia la aplicación de los conocimientos en los desarrollos tecnológicos son acciones humanas, y en la tecnología quedan impresas no sólo los conocimientos sino las creencias y los estilos de vida de los pueblos.

Actividad sugerida: Que los estudiantes reflexionen sobre lo expuesto y den sus opiniones. Preguntas: ¿Cuáles son las diferencias entre técnica y tecnología? ¿Qué diferencias existen entre los ingenieros y los técnicos? ¿Existe una tecnología mexicana?

1.2 El campo de la ingeniería en el mundo actual

La ingeniería busca, entonces, en cualquiera de sus ramas, la comprensión de los fenómenos de la naturaleza y la revisión del estado del arte de la tecnología de su tiempo, con el propósito de avanzar en el desarrollo de aplicaciones útiles para la sociedad. Algunas de las áreas del trabajo de la ingeniería se revisan a continuación.

1.2.1 Producción de objetos, máquinas y equipos tecnológicos

La producción de bienes y mercancías es una actividad económica fundamental del ser humano, que le permite tanto la satisfacción de necesidades





como la generación de riqueza. El proceso de la producción inicia desde la concepción del proyecto de inversión, sus estudios de factibilidad, y una vez instalada la planta, los procesos mismos de transformación de las materias primas en los productos que habrán de ser comercializados.

La ingeniería participa en el diseño y operación de los diversos procesos asociados con la producción y distribución de bienes y mercancías. En la fase de diseño, la ingeniería aporta los elementos necesarios para el estudio técnico que es exigido en todo proyecto empresarial. El estudio técnico determina la cantidad y calidad de insumos, así como los procesos necesarios, incluidas las máquinas y los equipos que serán requeridos; supone, también, la estimación del recurso humano y los perfiles profesionales que los procesos de la planta requerirán para su operación. En resumen, en el estudio técnico se diseña una planta que producirá un bien específico, con una cierta capacidad instalada.

La ingeniería va más allá, porque diseña también las máquinas y las herramientas que serán instaladas en la planta, es decir, todos los desarrollos tecnológicos necesarios para diseñar, instalar y operar una planta, incluidos desarrollos tan sofisticados como los robots y desarrollos virtuales como los programas de *software* que asegurarán el control y la administración de los procesos.

***Actividad:** Intercambiar opiniones acerca de la relación entre la ingeniería y la generación de riqueza.*

1.2.2 Desarrollo de procesos industriales y tecnológicos

Como se ha mencionado en el párrafo anterior, la ingeniería se ocupa del diseño de los procesos que serán aplicados en una planta. En términos generales, un proceso se entiende como un conjunto estructurado de actividades, enlazadas de manera tal que logran la transformación de uno o más insumos determinados en uno o varios productos o resultados especificados.

El diseño de los procesos permite a las empresas actuar bajo condiciones controladas, ya que les proporciona información precisa de la cantidad y calidad de los insumos que requerirán para producir los objetos de valor que buscarán colocar en el mercado (ya sea hacia otras empresas de transformación o directamente al consumidor); el diseño de un proceso especifica también el número y tipo de máquinas y trabaja-





dores necesarios con perfiles específicos para realizar las actividades y permite calcular, también, los rangos de tiempo necesarios para realizar las actividades así como el espacio físico requerido.

Es de esperarse que toda actividad en una empresa u organización sea una parte coherente de algún proceso y que, por lo tanto, las actividades que no contribuyan a la realización de algún proceso determinado representen un dispendio de recursos.

En su totalidad, todas las actividades realizadas en una empresa o industria deben conformar un sistema eficiente y eficaz de procesos, lo que coadyuva al aprovechamiento de los recursos humanos y financieros de la empresa.

La documentación de los diagramas de flujo de los procesos de una empresa le facilitará a ésta la gestión de la calidad en sus actividades cotidianas y la certificación por parte de organismos externos.

Investigar: Procesos, procesos industriales, simbología de procesos, diagrama de flujo, gestión de calidad, certificación de calidad.

Presentación de resultados (de manera individual o por equipos): Informe por escrito, rotafolios, cartulinas, Power Point, otros relevantes.

1.2.3 Generación, transformación, uso y tipos de la energía

En general, el término “energía”⁷ se relaciona con la capacidad para realizar algún trabajo, movimiento o transformación. Todos los cuerpos físicos tienen energía, ya sea por su posición (potencial) o movimiento (cinética), o debido a su temperatura, masa, composición química u otras propiedades.

La energía es necesaria en todos los aspectos de la vida diaria del ser humano por lo que una de las grandes tareas de la ingeniería es ubicar fuentes de energía y desarrollar las tecnologías necesarias para su aprovechamiento en la industria, el transporte, los servicios públicos, las casas habitación, etcétera.

Se considera que las energías renovables no se agotan con el paso del tiempo (en una escala temporal humana) en contraposición a las no

⁷ Del griego ἐνέργεια, actividad, operación; ἐνεργός, fuerza de acción.





renovables cuya existencia es limitada y una vez que una fuente de este tipo ha sido consumida en su totalidad no puede sustituirse. En la actualidad, la gran mayoría de los procesos desarrollados por los seres humanos son alimentados con energéticos fósiles, no renovables, pero que además producen un impacto ambiental desastroso para la vida en el planeta.

Las principales fuentes de energía no renovables son el petróleo, el gas natural, el carbón y las reacciones nucleares provocadas por el ser humano, esta última tiene el carácter de no renovable dado que el uranio que es utilizado en los reactores nucleares habrá de agotarse algún día en nuestro planeta. Existe entre los expertos un debate acerca de si el reciclaje del material radioactivo es factible o no.

Entre las fuentes de energía renovables se encuentran la biomasa, la solar, la hidráulica, la eólica y la geotérmica, entre otras.

Algunas formas de energía como la biomasa, el petróleo crudo, el gas natural y la hidroenergía, que pueden ser utilizados directamente como fuentes de energía, tal y como se encuentran en la naturaleza, son consideradas fuentes de energía primaria; en tanto que las fuentes de energía secundaria resultan de algún proceso de transformación de energéticos primarios como el petróleo, la energía eléctrica y el carbón vegetal, en productos derivados.

Investigar: *Energía, tipos de energía, fuentes de energía renovable, fuentes de energía no renovable, fuentes de energía primaria, fuentes de energía secundaria, usos de la energía, ventajas del uso de energías alternas, efectos del uso de combustibles fósiles, refinería, central eléctrica.*

Presentación de resultados (de manera individual o por equipos): *Debate.*

1.2.4 Actividades de Servicio y mantenimiento doméstico, industrial y tecnológico

La ingeniería extiende su dominio de acción a todos los campos de la vida humana, por ello tiene una participación relevante en los ámbitos doméstico, industrial y tecnológico, tanto en la prestación de servicios especializados como en el mantenimiento.

Un servicio consiste en la realización de una o varias actividades que no tienen como propósito la producción de bienes materiales sino que





dan como resultado alguno o varios beneficios intangibles que satisfacen una necesidad.

El mantenimiento, por su parte, es la serie de acciones de prevención o reparación necesarias para que un objeto tecnológico, tangible o virtual, continúe desarrollando la actividad para la que fue diseñado.

Tanto los servicios como las actividades de mantenimiento son necesarios para que los hogares y los procesos de la industria se realicen con la calidad esperada, la seguridad debida y la rentabilidad apropiada.

Las empresas que ofrecen servicios para el ámbito doméstico los dirigen a áreas como la limpieza, la seguridad y el cuidado de personas. En el caso de los servicios de limpieza puede tratarse de los espacios físicos de las casas habitación o los departamentos, de todos los espacios o de algunos en específico; algunos negocios ofrecen servicios de limpieza de ropa, con la ventaja para el cliente de que van por ella a su domicilio y se la envían de regreso una vez tratada.

La seguridad de las casas habitación es una de las áreas que demanda cada vez de más y mejores servicios que incluyan los avances tecnológicos para evitar los accesos no deseados a la propiedad, la activación de alertas y alarmas y el monitoreo en circuito cerrado y a distancia a través de cámaras *web*, entre otros.

Aunque el cuidado de personas (menores, de la tercera edad o con algún tipo de discapacidad) parece menos un tema de ingeniería, el hecho es que existe la demanda de este tipo de servicios y para una empresa que ofrece servicios para las casas habitación por lo menos es un tema que debe ser considerado al momento de diseñar su menú de servicios para definir si lo incorpora o no y de qué manera lo hace.

Los aparatos domésticos son fuente de una gran demanda de servicios de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, trátase de electrodomésticos de línea blanca (refrigeradores, lavadoras, secadoras de ropa, estufas, etcétera), línea marrón (televisores, reproductores de audio, video y radios) o de línea azul (computadoras, ruteadores, monitores, etcétera).

En el caso del ámbito industrial y tecnológico, los servicios que demandan las empresas van desde la limpieza de sus instalaciones y la seguridad privada, hasta pruebas especializadas de laboratorio, servicios de información y capacitación, estudios y proyectos, consultorías y asesorías, entre muchos otros.

Las industrias demandan también una cantidad importante de servicios de mantenimiento de su maquinaria, herramientas, instrumentos de





medición y calibración, vehículos, etcétera, pero también de sus instalaciones físicas, eléctricas y de su infraestructura en general.

Investigar: *Servicios, mantenimiento, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, servicios domésticos, electrodomésticos, servicios a la industria, mantenimiento industrial.*

Presentación de resultados (de manera individual o por equipos): *Por equipos, los estudiantes presentarán el bosquejo de una oferta de servicios domésticos e industriales.*

1.2.5 Extracción y transformación de metales (materiales)

Se considera que los límites entre el fin de la prehistoria y el inicio de la historia de la humanidad está señalado por la invención de la escritura, en ese sentido, la evidencia más antigua de un sistema de escritura, la cuneiforme, data de unos 4,000 años a. de C. y fue desarrollada por los sumerios, en la parte sur de la antigua Mesopotamia, razón por la cual Sumeria es considerada la primera civilización humana.

Para entender lo importantes que han sido los metales en la vida de la humanidad, cabe señalar que se han encontrado utensilios de cobre y de oro de más de 9,000 años de antigüedad, es decir, elaborados y utilizados en los tiempos prehistóricos. Esto era posible porque ambos metales aparecen en estado libre en la naturaleza.

Han sido descubiertas, también, herramientas y armas de bronce (aleación de cobre y estaño) desarrolladas hace más de 3,000 años a. de C., y a partir de entonces se empezó a dominar la técnica para el procesamiento del hierro, metal más resistente que el cobre y el bronce, pero cuyo tratamiento exige conocimientos mas especializados, lo mismo ocurrió con el acero.

Lo que podríamos denominar entonces como “metalurgia” tuvo sus orígenes en la prehistoria de la humanidad y se convirtió en una actividad central y estratégica para del desarrollo de las diversas naciones, hasta evolucionar en un importante cúmulo de conocimientos científicos y tecnológicos sobre los metales y sus propiedades, que comprende desde su extracción mineral, su concentración y su refinado, pasando por procesos mecánicos, químicos y eléctricos que posibilitan la preparación de los materiales que sirven de base para la elaboración de prácticamente





cualquier objeto utilizado como parte de maquinaria, herramientas e infraestructura.

Las propiedades de los metales son las que los hacen tan importantes en las diversas áreas de los procesos industriales: su brillo (aunque tienden a oxidarse), su capacidad de conducir calor y electricidad, su maleabilidad (que se puede convertir en láminas), su ductilidad (que se puede transformar en alambres o hilos), el hecho de que todos son sólidos a temperatura ambiente (excepto el mercurio que es líquido). Dos metales se funden un poco por arriba de la temperatura ambiente, el cesio a 28.4 °C y el galio a 29.8 °C, pero por lo general, los metales se funden a temperaturas muy altas.

Investigar: Historia del cobre y del bronce; historia del hierro y el acero; la metalurgia en la antigüedad; moldeo a la cera perdida; temple y revenido; extracción y refinado; propiedades de los metales; diversos procesos actuales de extracción y procesamiento de metales y su aplicación.

Presentación de resultados: Por equipos, desarrollar alguno de los temas a investigar y presentarlo frente al grupo.

1.2.6 Comunicaciones y transportes

Los sistemas de comunicación y de transporte son fundamentales para facilitar y promover la actividad económica de un país, ya que permiten la interconexión de sus regiones y mercados, impulsan la competitividad y abaten los costos de producción, lo que impacta en los precios que pagan los clientes finales de bienes y productos, además de que los diversos sistemas de comunicación y de transporte son ellos mismos generadores directos de empleos productivos.

De manera general, podemos decir que comunicar implica trasladar información de un ser humano o grupo de seres humanos a otro u otros, lo que implica, a su vez, una cierta distancia física entre el emisor y el receptor, y un tiempo de traslado de la información del punto de origen al punto de destino.

Los primeros sistemas de comunicación eran muy limitados, por ejemplo, el sistema de señales con antorchas que usaban los griegos podía ser sólo utilizado de noche y la distancia a la cual podía enviarse estaba limitada por el alcance visual y dependía de que no hubiera





montañas de por medio; las señales de humo que usaban los indios americanos podían ser enviadas y recibidas en el día pero su alcance era limitado también; en casi todas las culturas de la antigüedad existían mensajeros que recorrían grandes distancias para llevar información importante de un lugar a otro, fue el caso del heraldo Filípides quien recibió la orden de anunciar la victoria del ejército griego sobre el persa en el año 490 a. de C. y, para hacerlo, corrió cuarenta y dos kilómetros de la ciudad de Maratón a la ciudad de Atenas y al llegar a esta última dio su mensaje: “Hemos vencido” y por el peso de sus heridas y la fatiga murió.

De manera similar, los seres humanos han tenido la necesidad de trasladarse de un lugar a otro, ya sea con la finalidad de transportar y comercializar diversos bienes de consumo o para algún otro fin determinado, para lo cual los pueblos de la antigüedad aprovechaban los medios naturales como los ríos, lagos y mares o las características de los suelos de sus regiones; para algunos fue práctico desarrollar vehículos de tracción humana o animal con ruedas y para otros no, así por ejemplo, los aztecas nunca utilizaron la rueda en algún tipo de carreta para transportar bienes, lo que se explica por las características geográficas de Tenochtitlan, sin embargo, hacían juguetes con ruedas para los niños.

Tanto los sistemas de comunicación como los medios de transporte han evolucionado de una manera abismal, hoy en día, de manera habitual, enviamos información a cualquier parte del planeta en fracciones de segundos y día con día se transportan mercancías entre los continentes por aire, mar y tierra. El viaje que hizo Cristóbal Colón de Europa a América y que le tomó más de dos meses de navegación con instrumentos rudimentarios y el desconocimiento total de los mares que surcaba, hoy en día lo hacen en poco más de una semana grandes embarcaciones que transportan enormes cantidades de mercancías y que están equipados con modernos geoposicionadores satelitales.

El campo actual de las telecomunicaciones y los transportes es enorme y complejo y constituyen arterias vitales para las macro y micro economías de todos los países del mundo: toda información se traslada por algún sistema de comunicación y toda mercancía se lleva de un lugar a otro por algún sistema de transporte.

Los diferentes sistemas de telecomunicaciones pueden usar medios de transmisión físicos, como algún tipo de alambre, cableado o fibra óptica, cada uno de ellos con características y capacidades diferentes, o pueden utilizar alguna banda de frecuencias del espectro electromagnético.





Por regla general, los países consideran que el espectro electromagnético es propiedad del Estado, que debe ser dedicado para el bien común y por lo tanto debe ser debidamente administrado por alguna entidad de acuerdo con reglas claras; en el caso de México, la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) son las entidades reguladoras del espectro de frecuencias en el territorio nacional.

Sobre esa infraestructura y con el apoyo de sistemas computacionales que facilitan la producción, la transmisión y el monitoreo de las señales de los diversos sistemas de telecomunicación como son la radio, la televisión, la telefonía fija y móvil, el Internet, etcétera, se completa una muy compleja red de subsistemas de telecomunicaciones que sirven al propósito de enviar y recibir todo tipo de información.

La red de sistemas de transporte en nuestro país comprende más de 300 carreteras y autopistas federales, un número importante de carreteras estatales y un número creciente de carreteras de cuota; con salida al Golfo de México, el país cuenta con grandes puertos marítimos como los de Altamira, Tampico, Veracruz y Progreso, entre otros y hacia el Pacífico se encuentran los de Ensenada, Guaymas, Manzanillo, Lázaro Cárdenas y Salina Cruz, entre otros; el país cuenta con más 100 aeropuertos que dan servicio a vuelos nacionales e internacionales y con un número similar de pistas de aterrizaje privadas o de uso exclusivo de algunas empresas.

Investigar: *Sistemas de comunicación de la Antigüedad y la Edad Media; Medios físicos y su utilización; el espectro electromagnético y su aplicación en las telecomunicaciones; radio y televisión; Internet, telefonía fija y móvil; carreteras, aeropuertos y puertos marítimos de México.*

Presentación de resultados: *Por equipos, desarrollar alguno de los temas a investigar y argumentar en clases la relevancia de la ingeniería en cada uno de los campos y expresar ideas acerca de las ventajas y utilidad que tendría hacer algún tipo de investigación en cada campo.*

1.2.7 Producción e industrialización de alimentos

A raíz del desarrollo de la agricultura en la prehistoria, unos 8,000 a 10,000 años a. de C., algunas hordas humanas de nómadas construyeron



los primeros asentamientos que serían el germen de aldeas, pueblos y ciudades; esto gracias a que el excedente de alimentos que proveía la agricultura les permitió dar un giro en su forma de vida ya que no tuvieron que seguir vagando constantemente en busca de animales de caza, frutos y raíces silvestres, fuentes de alimento que tendían a disminuir a su paso, lo que los obligaba a deambular constantemente por grandes territorios en busca de su sustento.

Hacia finales del siglo XVIII, el economista Thomas Malthus pensaba que dado que la población humana se reproduce geométricamente y que la producción de alimentos lo hace aritméticamente tendría lugar, en algún momento, una catástrofe de alcance mundial, una hambruna que acabaría con gran parte de la humanidad.

Actualmente se entiende que el crecimiento de la población responde a un gran número de factores y que probablemente disminuya para el final del presente siglo, por lo que el argumento de Malthus no era del todo correcto; por otra parte, con la industrialización de la agricultura y de la producción de alimentos se ha logrado superar a escala mundial la demanda de alimentos, es decir, hoy en día existe una sobreoferta de alimentos en el mundo, lo paradójico es que existen grandes sectores de la humanidad que padecen hambre. Sólo en nuestro país se considera que existen 50 millones de pobres, de los cuales cerca de 20 millones viven en condiciones de pobreza alimentaria.⁸

La producción, industrialización, distribución y consumo de los alimentos es entonces un asunto complejo donde la participación de la ingeniería es importante no sólo para desarrollar los procesos y las tecnologías, sino para entender y atender la diversidad de la problemática alimentaria social y estar preparado para dar soluciones tanto a los sectores de consumidores altamente exigentes, como a los sectores menos favorecidos económicamente.

La industria alimentaria está compuesta por todas las empresas que en su conjunto proveen los alimentos que consume una población determinada (nacional, regional o mundial), a excepción, quizá, de aquellos grupos o comunidades que producen los productos alimenticios que ellos mismos consumen.

La naturaleza es la gran proveedora de los insumos primarios que son utilizados por la industria alimentaria para ser transformados en productos elaborados aptos para el consumo humano. Actividades primarias

⁸ Presidencia de la República.



como la agricultura, la ganadería, la pesca y la apicultura, entre las más importantes, tienen como su objetivo principal obtener de la naturaleza los productos primarios no elaborados, a los que en todo caso sólo se les da algún tratamiento específico que asegurará y facilitará su utilización como insumos para las diversas empresas alimentarias.

Una primera fase del procesamiento de los productos primarios no elaborados es su transportación de los lugares donde son generados (el sector primario) hacia las plantas en las que serán procesados; tomando en cuenta que son productos perecederos son objeto de diversos tratamientos que detienen la actividad microbiana y que garantizan su utilización segura en la elaboración de productos alimenticios.

Entre las técnicas de conservación más utilizadas se pueden mencionar la aplicación de calor (pasteurización, cocción, esterilización, etcétera), de frío (refrigeración, congelación, ultracongelación), por curado (salazón, fermentación, ahumado, deshidratación, etcétera) o por medios químicos (aplicación de agentes antimicrobianos).

La elaboración de productos aptos para el consumo humano toma en cuenta aspectos tan amplios como el diseño y desarrollo del producto para una población objetivo determinada, lo que conlleva la definición de colores, olores, sabores y la presentación del producto, así como aspectos como el empaque para su distribución y venta, entre otros.

Esos procesos industriales por lo general van acompañados, paralelamente, de una gran campaña de mercadeo que puede incluir aspectos tan importantes como el mostrar que la industria que procesa el producto alimenticio lo hace con insumos de calidad, que sus procesos de producción han sido certificados, que se trata de una industria que no impacta negativamente en el ambiente, que sus productos contienen los nutrientes necesarios, que su sabor y textura son apetecibles, etcétera, todo lo anterior para buscar colocar un producto en la preferencia de los clientes potenciales en contextos muy competitivos.

Investigar: *Catástrofe maltusiana; actividades primarias; técnicas de conservación; diseño y desarrollo de productos alimenticios; impacto ambiental de la industria alimentaria (investigar casos de empresas transnacionales).*

Presentación de resultados: *Por equipos, desarrollar alguno de los temas y argumentar en clases la relevancia de la investigación en el terreno de la industria alimentaria.*





1.2.8 Producción de electrodomésticos

Como se mencionó en §1.2.4, los aparatos que son utilizados hoy en día en los hogares incluyen desde aparatos electrodomésticos propiamente dichos (línea blanca y enseres menores) hasta aparatos electrónicos que sirven para recibir señales de radio y televisión (línea marrón), o más complejos para procesar, recibir y enviar datos (línea azul).

Como es fácil de apreciar, las industrias que producen esa gama de aparatos utilizados en el hogar son numerosas y muy variadas, en este apartado mencionaremos únicamente el caso de los electrodomésticos de línea blanca (refrigeradores, estufas, equipos de aire acondicionado, lavadoras y secadoras de ropa, etcétera) y de enseres menores (ventiladores, planchas, licuadoras, tostadores, secadoras de pelo, aspiradoras, etcétera).

Los procesos industriales asociados con la producción de electrodomésticos de línea blanca y enseres menores involucran a las industrias electrónica, petroquímica y metalmecánica que proveen insumos tales como controles electrónicos, chips, baterías, cables, gabinetes, motores, pinturas, plásticos, láminas, etcétera.

Son los centros de diseño y desarrollo de las empresas dedicadas a la producción y venta de electrodomésticos los que deben dar respuesta a las demandas de este tipo de aparatos en los diversos mercados nacionales o internacionales. Para ello, sus diseños deben satisfacer exigencias de función, eficiencia y eficacia de los aparatos, de forma y terminado, de valor estético; al mismo tiempo deben tomar en cuenta las normas industriales y de seguridad específicas en cada caso particular, así como aspectos tan utilitarios como los tipos de tomacorriente disponibles en los países a los que enviarán sus productos.

Hoy en día toma cada vez mayor relevancia el tema del uso eficiente de los recursos lo que en términos prácticos se traduce en exceso o ahorro en el gasto que las familias hacen en el consumo de energía eléctrica; en una vía paralela, se puede afirmar que existe una tendencia hacia un minimalismo estético en los electrodomésticos, es decir, a desarrollar la forma mas sencilla, suficiente para que el aparato cumpla con su función.

Investigar: *Compañías dedicadas a la producción de electrodomésticos; comparar sus productos; comparar sus precios; cuáles son sus mercados.*





Presentación de resultados: Por equipos. Argumentar la importancia de la investigación para esas compañías en el diseño de nuevos productos. Sugerir innovaciones.

1.2.9 Desarrollo urbano

La planeación del desarrollo urbano integra todas las disciplinas relevantes para el diseño y desarrollo de los asentamientos humanos, desde pequeñas ciudades hasta los centros urbanos más grandes y complejos.

En los países desarrollados la carrera de planeación urbana o desarrollo urbano no debe tener más de un siglo de vida como disciplina universitaria. Sin embargo, es evidente que grandes ciudades de la antigüedad fueron concebidas, diseñadas y construidas de acuerdo con visiones muy claras del uso de los espacios, de las características arquitectónicas de sus edificios y de la finalidad que tendrían, de las vías internas de comunicación, de la importancia que tendría su cercanía con las grandes masas de agua dulce (ríos, lagos, lagunas), de la ubicación de los centros dedicados a las clases dominantes, a los mandos militares, a los comerciantes y a la gente común, así como el sistema o sistemas de defensa para repeler los ataques y el saqueo, por mencionar algunos aspectos.

Ejemplos de esos primeros grandes asentamientos humanos, desarrollados de acuerdo con planes intencionados, los tenemos en ciudades de las antiguas civilizaciones de Mesopotamia, China, Egipto y Europa; pero también en las culturas mexicanas precolombinas en ciudades como Teotihuacan, Tenochtitlan, Palenque, Uxmal, Tulum y Casas Grandes, entre muchas otras.

En nuestro país, las ciudades construidas durante la colonia fueron concebidas de acuerdo con la visión europea de los conquistadores y en algunos casos erigidas sobre las ruinas de las ciudades precolombinas, pero en todos los casos en regiones habitadas ya fuera por pueblos agrícolas o por pueblos nómadas que extendían sus dominios por grandes regiones geográficas.

El desarrollador urbanístico actual debe tomar en cuenta que, en la mayoría de los casos, hará sus proyecciones de desarrollo en ciudades que ya existen, con todas las ventajas y desventajas de cada caso particular y, en la mayoría de los casos, con las presiones ejercidas por el crecimiento de la población que demanda casas habitación, calles,





avenidas, servicios eléctricos, de agua y alcantarillado, de transporte, etcétera.

Son pocas las situaciones en las que los urbanistas actuales se pueden dar el lujo de realmente planear nuevas ciudades, es el caso de los Emiratos Árabes que han convertido a Dubai en una de las ciudades más modernas del mundo, y proyectan para el futuro construir Masdar, una ciudad que será totalmente ecológica, con cero emisiones de desperdicios y cero emisiones de dióxido de carbono; en China planean construir la ciudad de Dongtan, ciudad que será autosustentable social, económica, ambiental y culturalmente, de acuerdo con sus planeadores.

Casi todos los problemas que enfrentan las ciudades actuales se generan como resultado de las aceleradas concentraciones de las poblaciones las que generan saturación de espacios, tanto al interior de las casas habitación como en las vías de comunicación internas de las ciudades, las que se inundan con el tráfico de vehículos particulares, de transporte público y de las empresas que ofrecen servicios a la ciudad. El tráfico de vehículos exige la inversión en costosos sistemas de control de las vialidades, en la construcción de nuevas vías y en el mantenimiento permanente de las existentes, además de que aumentan de manera considerable los tiempos de traslado de personas y bienes. La concentración de empresas genera, a su vez, el surgimiento de zonas urbanas periféricas irregulares que al poco tiempo exigen servicios urbanos.

Las actuales ciudades del mundo, no sólo en nuestro país, enfrentan problemas sociales que ellas mismas generan como la inseguridad, el estrés, el surgimiento de vicios y adicciones, el poco tiempo libre, el encarecimiento de bienes y servicios, por mencionar sólo algunos de los problemas más graves, mostrando, de manera clara, que los problemas a los que busca dar solución cualquier rama de la ingeniería son, ante todo, problemas humanos.

Investigar: *Diseño de ciudades antiguas, ciudades mesoamericanas, ciudades medievales, ciudades del futuro, ciudades sustentables.*

Presentación de resultados: *Presentar resultados por equipos bosquejando un problema urbano de su ciudad y una propuesta de solución.*





1.3 Los ámbitos del desarrollo de la Ingeniería en el contexto social

Una de las características del género humano, que lo separó del resto de las especies, es sin duda la capacidad de aplicar su ingenio en la resolución de los problemas que se le presentan día con día. El primer paso lo dio en la prehistoria cuando tomó una rama o una piedra de la naturaleza y la utilizó como arma o como herramienta. Con el paso del tiempo, aplicó sencillos procesos, no menos ingeniosos, a esos elementos que tomaba de la naturaleza para hacerlos más manejables, más eficaces y más duraderos y creó los primeros artefactos de guerra como el arco y la flecha, así como prendas para protegerse de las inclemencias del tiempo y utensilios para procesar sus alimentos y bebidas.

En África han sido encontrados utensilios de roca a manera de cuchillos y puntas de lanza con una antigüedad de hasta 2.5 millones de años, elaboradas por los primeros homínidos, considerados pertenecientes al género *Homo*.⁹

Como hemos comentado párrafos arriba, gracias a los excedentes de la producción agrícola fue posible establecer las primeras ciudades, pero también se consolidaron esquemas de poder y gobierno, al tiempo que se fueron estructurando las clases sociales, con más o menos poder y riqueza y surgió la especialización del trabajo y los especialistas.

En 1922 Howard Carter y Lord Carnarvon descubren la tumba del faraón egipcio Tutankamón y entre una gran cantidad de objetos encontraron seis carros que hoy en día son considerados una de las primeras expresiones de maquinaria de alto desempeño elaborada por seres humanos. Estamos hablando de tecnología del siglo XIV a. de C., Tutankamón vivió su breve existencia de 1341 a 1323.

Los carros sorprenden por su diseño de ingeniería y sus acabados, sobresale su complejo sistema de suspensión, su estructura dinámica y su calidad de movimientos, lo que convierte a este tipo de carro, utilizado para el transporte de nobles y para la guerra por lo egipcios, en un artefacto que llama la atención de los ingenieros actuales por su diseño original y avanzado.

El profesor Bela I. Sandor del Colegio de Ingeniería de la Universidad de Wisconsin-Madison, quien ha dedicado parte de su tiempo al estudio de los carros de Tutankamón, escribió “Me tomó tres años, desde

⁹ Crf. Audesirk *et al*, 2003: 341.





el momento en que vi por primera vez la distribución de los carros y después muchas sesiones de fotografías y dibujos detallados, para súbitamente apreciarlos por completo. Ahí hay algunas lecciones importantes para los profesores modernos y los estudiantes de ingeniería y temas para filósofos de la tecnología y la cultura.”¹⁰

Otro momento importante en la historia de la humanidad se da durante la segunda mitad del siglo XVIII y a principios del XIX cuando el trabajo manual y artesanal es desplazado a gran escala por los procesos industriales y de manufactura gracias al desarrollo de la máquina de vapor, dando lugar a la más grande Revolución Industrial vivida por el hombre, con profundos impactos económicos y culturales en las sociedades del mundo. La producción en serie aumentó considerablemente la cantidad de productos elaborados, disminuyó el tiempo y costos de producción y el desarrollo de los medios de transporte, sobre todo el ferrocarril, facilitó la distribución y el comercio.

Hoy en día, vivimos una época en la que se disfrutan y padecen los beneficios y los efectos de la industrialización y se buscan nuevos modelos tecnológicos, industriales y económicos que permitan el desarrollo sustentable, es decir, aprovechar los recursos de la naturaleza con ingenio y respeto, tomando en consideración los derechos de las generaciones futuras.

De cualquier manera, a partir de la Revolución Industrial se desarrolló un modelo de producción de bienes y servicios en el mundo en el que se analiza la actividad económica por sectores. El sector primario de la economía está conformado por las industrias dedicadas a la obtención directa de recursos de la naturaleza, los cuales son sometidos a un procesamiento mínimo necesario para ser aprovechados como insumos en el sector secundario. Son actividades primarias la agricultura, la pesca, la ganadería, la minería y la silvicultura, entre las más comunes.

El sector secundario está integrado por las industrias que transforman las materias primas que les provee el sector primario a manera de insumos y las convierten en productos intermedios (que serán utilizados por otras empresas como insumos) o en productos listos para su consumo. Son actividades secundarias las industrias química, textil, mecánica, alimentaria, etcétera.

El sector terciario de la economía de un país lo estructuran las empresas que no transforman ni producen ningún producto sino que

¹⁰ V. Sandor, 2004: 640.





prestan algún tipo de servicio. Es uno de los sectores más amplios de las economías modernas y tiene que ver con las empresas de transporte terrestre, aéreo y marítimo, con la hotelería y el turismo, los servicios de telefonía celular, los servicios financieros que brindan los bancos, la atención médica, los seguros de vida y patrimoniales, las consultorías profesionales, la educación, etcétera.

En el caso de México, el terciario es el sector que más aporta al producto interno bruto del país, cerca del 70 por ciento, en tanto que el secundario contribuye con un poco más del 25 por ciento y el primario con menos del cuatro por ciento,¹¹ lo que nos da una idea clara del peso actual que cada uno de esos sectores tiene en la producción de riqueza en nuestro país. Podemos afirmar, también, que la ingeniería, en cualquiera de sus ramas, constituye una actividad profesional de marcada relevancia en los tres sectores de la actividad económica por la constante y creciente inclusión de nuevas tecnologías en todas las actividades primarias, secundarias y terciarias.

Investigar: *Revolución Industrial: máquina de vapor, máquina Spinning Jenny, el ferrocarril; sectores de la economía: primario, secundario y terciario.*

Presentación de resultados: *Presentar los temas por equipos haciendo énfasis en la participación e importancia de la ingeniería en el desarrollo histórico y actual de la economía y su impacto en la sociedad.*

1.4 Las prácticas predominantes y emergentes de la ingeniería

Como lo hemos comentado al inicio de este capítulo, una de las primeras facetas de la ingeniería fue la militar, dedicada a aplicar los incipientes desarrollos científicos y tecnológicos en la elaboración de artefactos y maquinarias de guerra; así, los primeros descubrimientos en relación a las propiedades de los metales sirvieron para elaborar armas y los hallazgos físicos y químicos sirvieron para construir “ingenios” de guerra.

¹¹ V. INEGI.





Con el auge de la Revolución Industrial se desarrollaron las ramas clásicas de la ingeniería civil, es decir, aquellas dedicadas a aplicar los nuevos descubrimientos científicos y tecnológicos a los diversos procesos industriales y de transportación que generaban riquezas nunca antes vistas. Entre esas prácticas clásicas de la ingeniería están la mecánica, la eléctrica, la textil y la naval, que fueron sin duda las que aportaron las bases científicas y tecnológicas que hicieron viable la gran Revolución Industrial que detonó la aplicación a escala industrial de la máquina de vapor, los tendidos eléctricos industriales y urbanos, el desarrollo de la industria textil, el surgimiento del ferrocarril y los grandes navíos trasatlánticos.

Adam Smith (1723-1790), considerado el padre de la economía, describió que el proceso de enriquecimiento de las naciones se lograría como resultado del trabajo industrial en serie, y observó que en los países opulentos de la Europa de su tiempo los grandes capitales se empleaban en el comercio y la manufactura industrial.¹² Sin embargo, el progreso industrial y el enriquecimiento de las naciones no trajeron consigo el enriquecimiento y el bienestar homogéneo de las sociedades, por el contrario, se generaron grandes inequidades en la distribución de la nueva riqueza, problema social que se agudiza en nuestros tiempos.

En su más reciente estudio sobre las tendencias del crecimiento de la población en el mundo, la Organización de las Naciones Unidas estima que, para el año 2050, la población mundial aumentará en alrededor de 2,500 millones de habitantes, es decir, la población mundial pasará de los actuales 6,700 millones a 9,200 millones. Lo impactante es que el aumento estimado en el incremento de la población mundial (2,500 millones) equivale al total de población que se registraba en el mundo en 1950.¹³

Igualmente impactante es el hecho de que la ONU espera que la población de las regiones más desarrolladas no aumente como consecuencia de la disminución de la fecundidad y que las poblaciones se hagan más viejas por el aumento de la esperanza de vida, gracias a los avances de la medicina. La mitad del incremento de la población mundial se deberá al aumento de la población igual o mayor a 60 años, mientras que el número de personas de menos de 15 años sufrirá una ligera disminución. Lo aterrador es que el crecimiento de la población mundial está ocurriendo y

¹² Cfr. Smith 1904: §II.3.10.

¹³ Naciones Unidas, 2007: 5.





seguirá en ascenso en las regiones menos desarrolladas del planeta, sobre todo en los 50 países más pobres.

Como resulta evidente, el progreso científico, tecnológico e industrial no garantiza el desarrollo social armónico, pero es un referente que todo profesional debe tener presente al momento de tomar decisiones si espera ser respetado por su competencia y sensatez con el paso de los años.

De particular relevancia es el problema de la contaminación ambiental global, cuyos orígenes pueden ser también rastreados hasta los orígenes mismos de la civilización ya que los asentamientos humanos, conforme fueron creciendo, se convirtieron en focos de contaminación de tierras, ríos y mares, pero definitivamente el problema se agudizó con el auge de la industrialización y la utilización de combustibles fósiles.

Otro factor que debe ser tomado en cuenta para entender las prácticas emergentes de la ingeniería es el desarrollo vertiginoso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) que se han convertido en un catalizador que potencia la actividad científica, académica y por supuesto la actividad industrial y de servicios. Lo mismo se puede señalar de los avances permanentes en el diseño de todo tipo de programas de *software* que paulatinamente relegan a los museos las antiguas herramientas de la ciencia, la tecnología y de cualquier tipo de ingeniería.

A esta nueva complejidad se suma una actitud epistemológica de la ciencia que tiende a su unidad. Es decir, a diferencia de los antiguos dominios de las diversas actividades científicas, en las que el universo era “repartido” en objetos de estudio para las diferentes disciplinas que con el paso del tiempo se convirtieron en islas de conocimiento que rara vez se comunicaban o reconocían entre sí, hoy en día, la tendencia es reconocer, no la unidad y autonomía de tal o cual disciplina científica, sino la unidad de los fenómenos de la naturaleza y de los problemas científicos, tecnológicos y sociales y, por ende, la necesidad de convergencia de las disciplinas relevantes para comprender mejor lo estudiado, pero también la necesidad de converger para diagnosticar, diseñar, desarrollar y aplicar nuevas tecnologías.

Este es el nuevo escenario, caracterizado por el aumento desproporcionado de la población mundial, la contaminación y la inequidad, así como por el surgimiento de nuevas tecnologías y la necesidad de científicos y tecnólogos de converger para entender y solucionar. Es decir, hoy en día, la ingeniería existe en un mundo regido por un paradigma diferente al de la gran Revolución Industrial, un par de siglos atrás el asunto era producir más, en serie, a bajo costo y comerciar; actualmente se trata de





producir de manera sustentable y con calidad; se trata no sólo de reducir costos sino de invertir en proyectos de responsabilidad social que no reportarán utilidad directa a las empresas; se trata no sólo de comerciar los productos sino de competir por la preferencia de los clientes potenciales en un mundo agobiado por la incertidumbre y la recesión de las economías.

En este escenario surgen las prácticas emergentes y convergentes de la ciencia y la tecnología en las cuales la ingeniería juega un papel primordial —sólo si se despoja de su ropaje de ciencia dura.

A manera de ejemplo, Jim Spohrer¹⁴ argumenta que la convergencia de ciertas ciencias y disciplinas mejorarán el desempeño del ser humano; Spohrer acuñó el acrónimo “NBICS”, convergencia a la cual se refiere también en una forma intermedia que permite identificar las disciplinas a las que alude: NANO-BIO-INFO-COGNO-SOCIO.

“NANO” se refiere a la nanociencia, cuyos avances en la próxima década sentarán las bases del desarrollo de una nueva etapa de la bioquímica y la electrónica molecular, así como la generación de nuevas herramientas para medir y manipular el mundo a nivel molecular y atómico, sus avances borrarán las diferencias entre los objetos naturales y los elaborados por el hombre.

“BIO” representa a las biociencias o ciencias de la vida que expandirán el mapeo del genoma humano hasta el proteoma humano (se refiere al nivel de la síntesis de proteínas y sus transformaciones en el ser humano) y permitirán la creación de nuevas drogas y terapias para atacar las enfermedades.

“INFO” incluye a las ciencias de la información, las que proveerán los lenguajes para entretejer las otras tecnologías y el poder de cómputo necesario para almacenar y manipular grandes cantidades de nuevo conocimiento.

“COGNO” integra a las ciencias cognitivas, la lingüística y las neurociencias, mismas que avanzarán en el entendimiento de los sistemas humanos de procesamiento de la información y la manera en que trabaja nuestro cerebro.

“SOCIO” se refiere a los avances de las ciencias sociales que se generan de la observación de sistemas reales, que aportarán información fresca del colectivo humano y sobre cómo se replican las ideas de un cerebro a otro.

¹⁴ Spohrer, 2002: 101ss.





Douglas Mulhall en su libro *Our Molecular Future: How Nanotechnology, Robotics, Genetics and Artificial Intelligence Will Transform Our World*¹⁵ asegura que en el futuro cercano la nanotecnología molecular y las máquinas inteligentes nos permitirán sobrevivir. Mulhall acuñó el acrónimo “GRAIN” que se refiere a la convergencia de las ciencias de la Genética, la Robótica, la Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence), de la Información y la Nanotecnología.

Han surgido un número importante de estos movimientos de unidad científica y tecnológica que agrupan disciplinas que en el pasado no habrían buscado su comunicación por la creencia de que una ciencia invadiría los dominios de otra y viceversa, o por creencias tan ridículas como el que una ciencia por ser “dura” se degrada al incorporar conocimientos de las “blandas”.

Como se entenderá, las ingenierías deben evolucionar no sólo para converger entre ellas mismas (como es el caso de la mecatrónica en la que se intenta integrar la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control) sino para aprovechar el conocimiento científico, social, histórico y de los estudios de las tendencias del futuro, para poder dar las respuestas tecnológicas que demanda un mundo en el que la amenaza de una catástrofe maltusiana no parece haber sido exorcizada del todo por el género humano. Por ello, desde hace años, ya son preocupaciones centrales para los académicos universitarios de las ingenierías, y de muchas empresas vanguardistas, los problemas ambientales, la generación de energías, vehículos y procesos no contaminantes, el desarrollo de casas habitación autosustentables y de ciudades ecológicas, y la resolución de problemas médicos que esperan el desarrollo de instrumentos quirúrgicos de alta precisión, entre otros. En todos esos nuevos campos, el ingeniero deberá integrarse en equipos multidisciplinarios que buscarán replantear problemas antiguos y nuevos para encontrar soluciones en las que converjan los conocimientos y el talento de todos.

Investigar: Tendencias del crecimiento demográfico en el mundo; relación avance tecnológico-bienestar social; combustibles fósiles vs. energías alternativas; ciencias emergentes y convergentes.

Presentación de resultados: Presentar los temas por equipos señalando temas y problemas que requieren de convergencia.

¹⁵ Cfr. Mulhall, 2002.





1.5 El papel del mercado en el desarrollo e innovación tecnológica

El desarrollo tecnológico se refiere al proceso de búsqueda, conceptualización, investigación y experimentación que da como resultado la generación de nuevos productos tecnológicos. En español se suele utilizar la frase “un desarrollo tecnológico” para referirse al resultado del proceso de “el desarrollo tecnológico”. Para evitar confusiones, en esta obra utilizaremos el término “producto tecnológico” para referirnos al resultado del proceso de desarrollo tecnológico.

En ese sentido, son productos tecnológicos todos aquellos entes tangibles o intangibles que resultan del proceso intencionado del desarrollo tecnológico; por ello, son productos tecnológicos tangibles una batería, una máquina o alguna de sus partes, una caja de velocidades, el ala de un avión, etcétera; y son productos tecnológicos intangibles los programas de *software*, los videojuegos, los sistemas de seguridad *anti-spyware*, *anti-phishing*, etcétera. También son productos tecnológicos nuevos procesos, procedimientos y técnicas (como la técnica de conservar al alto vacío).

La precisión léxica puede resultar útil al tratar de explicar que, por ejemplo, se espera que la nanotecnología permita el desarrollo de varios productos nanotecnológicos, y que cada producto nanotecnológico no será equivalente a la nanotecnología en su conjunto. De la misma manera, un producto tecnológico puede ser el resultado de varias tecnologías y cada tecnología puede ser la base para un sinnúmero de productos.

Por similares razones es importante establecer algunas características de lo que puede considerarse una innovación tecnológica. Primeramente, una innovación tecnológica debe referirse a una manera nueva, inédita, de hacer las cosas; no se trata de un cambio parcial o pequeño; sus efectos deben ser radicales cuantitativa y cualitativamente; presupone un marcado avance en el pensamiento científico y tecnológico de su época y sus efectos suelen tener profundos impactos económicos y sociales.¹⁶

En su momento, la aplicación de la máquina de vapor para acelerar los procesos industriales en el siglo XVIII fue un producto tecnológico innovador, al igual que la máquina *Spinning Jenny*. Los productos tecnológicos son evidencia del avance tecnológico de una época, pero sólo algunos serán realmente innovadores.

¹⁶ Cfr: Mckeown, 2008.





Una vez hechas estas aclaraciones abordemos el tema de este apartado. Iniciemos diciendo que tanto los productos tecnológicos como las innovaciones tecnológicas pueden surgir en respuesta a necesidades reales del mercado o como nuevos productos que hasta antes de su lanzamiento no eran demandados.

Analicemos el primer caso, para ello recordemos que la actividad económica se estructura en sectores primario, secundario y terciario. Las empresas del sector primario tienen como principales clientes a empresas del sector secundario, a las que proveen materias primas como insumos de sus procesos de transformación. Este es un segmento del mercado de la economía de un país en el que una empresa de extracción vende productos primarios a una industria dedicada a la transformación. Este segmento es una fuente permanente de demandas de nuevos productos tecnológicos, sobre todo relacionados con la conservación y transporte de productos perecederos. La demanda de nuevas técnicas y tecnologías de conservación deriva del interés de las empresas para colocar sus productos en mercados cada vez más alejados.

En el caso de las empresas del sector secundario, éstas pueden elaborar productos industriales intermedios que serán utilizados por otras industrias secundarias o elaborar productos listos para su consumo, aunque en este caso lo más probable es que el cliente sea una empresa terciaria dedicada a vender en sus establecimientos productos consumibles. Aquí tenemos dos fuentes de demandas de productos tecnológicos.

Primero, las grandes empresas armadoras requieren permanentemente que empresas más pequeñas les provean partes con especificaciones precisas y estandarizadas, como en el caso de la industria automotriz. Cabe resaltar que el conocimiento de los procesos de las grandes empresas dan las pautas a los desarrolladores de tecnología de los productos tecnológicos que pueden ser demandados por esas grandes empresas.

Segundo, cuando la empresa del sector secundario elabora productos listos para su uso o consumo (camisas o jugos, por ejemplo) generalmente vende su producción a mayoristas, intermediarios o a cadenas comerciales (sector terciario) que ponen directamente los productos al alcance de la mano del consumidor. En este segmento las empresas estarán buscando ampliar su mercado, hacer atractivos sus productos tanto en su calidad como en su imagen, tratando de mejorar los empaques y los costos de éstos, pero también requerirán estudios sobre la competencia. Como puede apreciarse y confirmarse de manera sencilla al caminar por los pasillos de una tienda de autoservicio, las empresas están actualizando constantemente la





presentación de sus productos y mejorando su calidad. Es un segmento muy grande del mercado y el análisis de productos específicos puede dar pistas sobre las tendencias de las demandas de productos tecnológicos (nuevas tecnologías de empaque, nuevos programas de *software* o adaptaciones para administrar sus procesos, nuevos colores, innovaciones sobre las tapas de frascos, contenedores y botellas, etcétera).

En el caso de las empresas del sector terciario –y recordemos que es el de mayor volumen– éstas pueden proveer sus servicios a empresas de los tres sectores, a particulares e incluso al sector gubernamental. Una aseguradora, por ejemplo, puede brindar servicio a una flota pesquera (actividad primaria), a una empresa textil (actividad secundaria) o a otra empresa del sector terciario (una rentadora de autos, por ejemplo), a una persona física (un seguro de vida, por ejemplo) o a una empresa pública (instalaciones, seguros para funcionarios, etcétera). En este caso es evidente que este tipo de empresas son una enorme fuente de demandas de nuevos productos de *hardware* y de *software* que les permitan administrar grandes cantidades de datos con seguridad. Es de suma importancia hacer notar a los estudiantes de ingeniería lo relevante que será para su formación profesional el enterarse de los procesos de las empresas de servicios porque ellas son una fuente potencial, tanto de servicios de consultoría tecnológica especializada, como de nuevos productos tecnológicos que les faciliten la prestación de sus servicios o los hagan más atractivos.

Al inicio de este párrafo comentamos que algunos productos tecnológicos no son desarrollados necesariamente en respuesta a una demanda previa a su lanzamiento a los mercados. En este sentido tenemos abundantes ejemplos a la orden del día, basta con caminar por los pasillos de los centros comerciales y nos encontraremos con una gran cantidad de productos que no necesitamos pero que nos invitan a comprarlos, lo mismo puede suceder con nuevos productos tecnológicos. Pensemos en el caso del *Internet*, más allá de los pocos especialistas que lo crearon para propósitos científicos y militares muy específicos, la humanidad no demandaba su existencia; y antes del *Internet*, las mismas computadoras personales, ¿quién las necesitaba para sobrevivir? ¡Y hoy en día son indispensables! Lo mismo podemos decir de los teléfonos celulares y de muchas de las características tecnológicas que se han ido desarrollando y sumando a estos aparatos, como la tecnología de los SMS (*Short Message Service*) o de otras que ya existían y se adaptan a la gama de servicios (navegadores, e-mail, lectores de archivos *.pdf*, posicionadores satelitales, etcétera).





El proceso del desarrollo tecnológico tampoco es impermeable a los efectos de las modas, y los desarrolladores de equipos de cómputo y de *software* lo saben y compiten por la *laptop* más ligera, o más delgada, o más pequeña; o compiten por la pantalla plana o de mayor fidelidad; o por características como la capacidad *RAM* o el Mouse inalámbrico.

Es decir, los desarrolladores de tecnología deben tomar en consideración que los mercados buscan vender, y que así como existen grupos humanos que padecen hambre todos los días a pesar de la sobreoferta de productos alimenticios en el mundo, del mismo modo existe una sobreoferta de productos de todo tipo en el mercado respaldados por estrategias salvajes e irracionales de *marketing*. Pero el mercado es una realidad y el desarrollador de tecnología debe tomar en cuenta que al inicio y al final de la cadena productiva está el ser humano, con necesidades, pero también con virtudes y defectos; con proyectos viables pero también con fantasías irrealizables; con actitudes positivas hacia los otros pero también con egoísmos. El ser humano es un ser multifacético que se aglutina en sociedades muy complejas; el ser humano no demanda sólo lo que necesita y puede terminar necesitando lo que compra. Al final de cuentas, la curiosidad y la ambición humanas han jugado su papel en el desarrollo de la humanidad.

Investigar: *Productos tecnológicos vs. innovaciones tecnológicas; demandas de productos en los sectores de la economía: primario, secundario y terciario; marketing y desarrollo tecnológico..*

Presentación de resultados: *Presentar ideas y conceptos de productos tecnológicos, su aplicación y su probable éxito en el mercado.*

1.6 Sectores industriales del entorno

En nuestro país, la contribución del sector industrial al Producto Interno Bruto (PIB) nacional corresponde a poco más del 25 por ciento (el sector terciario aporta más del 71 por ciento y el primario menos del cuatro por ciento). Por otra parte, la Secretaría de Economía estima que en 2006 existían en México 4'290,108 empresas, 99.8 por ciento de las cuales son MiPyMEs (micros, pequeñas y medianas empresas de los tres sec-





tores económicos).¹⁷ Las estimaciones anteriores nos indican que sólo el 0.2 por ciento del total de empresas en el país son grandes empresas internacionales o transnacionales y que, en el sector secundario, son de fundamental importancia las MiPyMEs.

Dentro del sector industrial, las maquiladoras sobresalen por su impacto en la economía, este tipo de empresas se dedican a ensamblar o reparar componentes y productos que son exportados y, por su régimen fiscal, importan insumos sin pagar aranceles, a la vez que exportan sus productos en condiciones fiscales también muy favorables. Debemos señalar que la filosofía empresarial global que impulsa estos beneficios para las maquiladoras busca aprovechar las ventajas competitivas de los diferentes países y que, en el caso del nuestro, es la mano de obra barata. El gobierno ha abierto esta ventana de oportunidades para las maquiladoras con el propósito de atraer inversiones que creen fuentes de empleo, creando un círculo no virtuoso al que se asocian también efectos sociales negativos en los lugares donde se establecen, como en la frontera norte del país. Por fortuna, en los últimos 5 años, el porcentaje de exportaciones provenientes de empresas no maquiladoras ubicadas en estados no fronterizos se ha incrementado, mientras que el porcentaje de exportaciones de las maquiladoras fronterizas ha decrecido.¹⁸ Un país como el nuestro debe aspirar a fortalecer la generación de nuevas tecnologías y productos tecnológicos nacionales (en todos los sectores) que son los que realmente generan riqueza al país.

Dentro del sector industrial, la industria manufacturera automotriz ha registrado avances importantes en los últimos años pero, al igual que el resto de la actividad industrial, pasa por una seria crisis de ventas que amenaza su sustentabilidad financiera. A pesar de su actual situación (recordemos que este libro se escribe durante el año 2009) vale la pena reconocer que en México la empresa automotriz evolucionó de ser solamente ensambladora a desarrollar componentes tecnológicos con estándares de calidad mundial,¹⁹ además de que propició el crecimiento de la industria de autopartes en estados como Chihuahua, Sonora, Coahuila, Guanajuato, Estado de México y Puebla en los que, en algunos casos, se establecieron las primeras plantas automotrices desde la primera mitad del siglo pasado.

¹⁷ V. Secretaría de Economía.

¹⁸ Cfr. Hufbauer & Schott 2004. V. primer capítulo.

¹⁹ Gereffi & Martínez, 2004.





Los diferentes estados y regiones de la República han desarrollado un perfil de actividad económica, más o menos diferenciado, que se explica por su historia, cultura, localización geográfica y recursos naturales, entre los factores más importantes, por lo que es de vital importancia para los ingenieros en formación, pero también para los egresados de cualquier carrera profesional (sobre todo para aquellos con vocación emprendedora) conocer cómo ha evolucionado en su estado o región la actividad industrial y cuáles son las proyecciones de su evolución presente y futura.

Investigar: Identificar las actividades industriales del entorno; Estructurar el perfil industrial del estado o región. Identificar tres diferentes tipos de empresas industriales y describir su actividad.

Presentación de resultados: Presentar resultados por equipos; discutir sobre las actividades industriales más importantes en entorno; relación actividad industrial vs. bienestar social.



CAPÍTULO 2

Fundamentos conceptuales

2.1 Ciencia y Tecnología

Los conceptos de ciencia y tecnología, al igual que el resto de las expresiones de la vida humana, han evolucionado con el paso del tiempo. No siempre han ido de la mano el entendimiento de los fenómenos de la naturaleza y su aplicación en la elaboración de objetos tecnológicos, ni han seguido esa dirección siempre. Las primeras explicaciones fueron mágicas y religiosas, atribuyendo a entidades sobrenaturales el poder de gobernar sobre los hechos de la vida y la muerte; paralelamente, los primeros desarrollos tecnológicos fueron el resultado de la aplicación de conocimientos empíricos, muchos de ellos adquiridos por casualidad o debido a las circunstancias, como en el caso de los primeros objetos elaborados con metales.

Dedicados al entendimiento de todos los fenómenos observables de la naturaleza y de las sociedades, los filósofos griegos solían tener un dominio extenso sobre el conocimiento de su época, es decir, sobre todos los campos del saber humano pero, además, dejaron testimonios de estudios sistemáticos sobre las condiciones de verdad del conocimiento.

Sócrates (469 a. C. – 399 a. C.) y Platón (427 a. C. – 347 a. C.) fueron de los primeros que introdujeron el problema de las condiciones del conocimiento. Aunque Sócrates no dejó obra escrita, Platón, su discípulo más destacado, lo incluyó como actor en todos sus diálogos o disertaciones filosóficas.

Platón planteó, de manera general, en sus diálogos *Teetetes* y *Menón* que considerar algo como “saber” supone tres condiciones:²⁰

²⁰ Cfr. Villoro, 1982: 56.





- a) S cree que p,
- b) “p” es verdadera,
- c) S tiene razones suficientes para creer que p.

Donde:

S = el sujeto,

p = el hecho o situación objetiva,

“ p ” = una proposición lógica referida a p.

Es decir, el sujeto S cree que un cierto hecho o situación objetiva sucede de tal o cual manera (por ejemplo, se dice que Colón creía en la redondez de la Tierra); la proposición lógica que enuncia tal hecho es verdadera (tal proposición podría ser “La Tierra es redonda”); y el sujeto S tiene razones suficientes que justifican el hecho de que él crea en la verdad de p (Colón conocía los cálculos de Eratóstenes y Estrabón sobre la redondez de la Tierra y la medida de su diámetro, además de la evidencia empírica de la desaparición gradual de los barcos en el horizonte mientras se alejaban de la costa).

Nótese que, de acuerdo con esta explicación, una primera condición para que el sujeto sepa que p es que crea que p. Es importante hacer notar esto porque, como deberá entenderse conforme se avance en este curso, los conocimientos, teorías y leyes científicas son creencias humanas (con características muy específicas que debemos revisar). Para los griegos, entonces, saber que p consistía en tener una “creencia verdadera y justificada.”²¹

Aristóteles (384 a. C. - 322 a. C.), discípulo de Platón, avanzó en la elaboración de los fundamentos conceptuales de la ciencia, para él, conocer a través de los sentidos es una facultad común a todos y por lo tanto un conocimiento que se adquiere sin esfuerzo y que no debe ser considerado filosófico o científico. Aristóteles afirmó que “Lo más científico que existe lo constituyen los principios y las causas”²² y continúa diciendo que lo propiamente científico es la ciencia teórica de los primeros principios y las primeras causas, y que lo que mueve al hombre a indagar es la admiración de las cosas y objetos de los que

²¹ Cfr. Villoro, 1982: 56.

²² Aristóteles, 1987: Libro Primero, II.





no entiende sus razones, como las fases de la luna, el curso del sol y los astros y la formación misma del universo.²³ Por lo anterior, se atribuye a Aristóteles el haber definido la ciencia como “el conocimiento cierto (*i.e.*, verdadero) de las cosas por sus principios y causas”, definición que además es fácil encontrar hoy en día en los diccionarios (el Diccionario de la Real Academia la eliminó hace algunos años).

Luego del esplendor de la cultura griega y del dominio romano en la historia occidental se registró un largo periodo conocido como la Edad Media, entre los siglos V y XV, diez siglos en los que los avances en el pensamiento científico y filosófico fueron sistemáticamente frenados al ser considerados una amenaza para los dogmas de la religión, por ello, este periodo de la historia es también conocido como la edad del Oscurantismo. Durante toda la Edad Media un sinnúmero de personajes fueron condenados por plantear esquemas teóricos opuestos a los de la religión.

Uno de los mejores ejemplos de una institución medieval dedicada a defender los dogmas religiosos lo constituye la Santa Inquisición, fundada en Francia en 1184 y que se extendió después por toda Europa y el Nuevo Mundo y tenía como su objetivo erradicar cualquier expresión de la acción o el pensamiento herético para preservar la unidad de la Iglesia Católica. Cabe comentar que la unidad del pensamiento religioso era necesaria para preservar las condiciones de poder de la iglesia y los gobiernos monárquicos, en ese sentido, el pensamiento científico era una amenaza.

En 1543 se publica póstumamente el libro del astrónomo Nicolás Copérnico (1473-1543) *De Revolutionibus Orbium Caelestium* (*Sobre el movimiento de las esferas celestes*)²⁴ en el cual se presenta la teoría heliocéntrica que ubica al Sol en el centro del Sistema Solar y a los planetas orbitando a su alrededor, teoría que sorprendentemente había sido ya elaborada por el griego Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.), más no con la precisión matemática que la presentó Copérnico. El libro fue prohibido por la Iglesia Católica, por tres siglos, hasta 1835.

De cualquier manera, la nueva teoría trascendió y tomó fuerza. Se produjo una gran revolución en el pensamiento de la época, que con el tiempo fue conocida como la “revolución copernicana” o el “giro coper-

²³ Aristóteles, 1987: Libro Primero, II.

²⁴ Versión facsimilar disponible en:

http://la.wikisource.org/wiki/Liber:De_revolutionibus_orbium_coelestium



nicano.” La teoría heliocentrista lanzó por tierra la teoría geocentrista formulada por Aristóteles (llevada al detalle por Claudio Ptolomeo en el siglo II) y que era defendida por la Iglesia Católica por coincidir con la versión de la *Biblia* que coloca a la Tierra en el centro del universo.

Unos cuantos años más tarde, destacó Galileo Galilei (1546-1642) al desarrollar un modo de estudiar la naturaleza que lo llevó a establecer las bases del método experimental a partir de la observación, la postulación y comprobación de hipótesis, y la formulación de leyes y teorías. El desarrollo del método experimental permitió validar el conocimiento científico ya que podía ser confirmado por otros al repetir las condiciones de su generación.

Estos avances en el desarrollo de los conceptos fundamentales de la ciencia y la tecnología se registran en pleno auge del Renacimiento (siglos XV y XVI), periodo en el que florecen las ideas sobre el humanismo que, en lo general, antepone una concepción terrenal del hombre y la naturaleza que se rebela a los siglos de oscurantismo dogmático medieval. En esos siglos, renace el interés por el estudio del arte y la cultura griega, y las ciencias del hombre y de la naturaleza inician su evolución progresiva.

En nuestros días no se considera que el conocimiento científico sea final, es decir, que sea verdadero y absoluto, más bien se lo considera –y por ende a la ciencia– en continua evolución. Mario Bunge explica que el hombre, en su intento de entender el mundo que lo rodea y hacerlo más confortable, apoyado en su inteligencia imperfecta, pero perfectible, construye un mundo artificial con los conocimientos, explicaciones y teorías del mundo y lo llama ciencia. En ese sentido, Bunge define a la ciencia como un creciente cuerpo de ideas “que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible.”²⁵ Esa construcción conceptual que el hombre llama ciencia es fruto de la investigación científica que produce un entendimiento cada vez más amplio, profundo y exacto.

Es racional porque el científico, al intentar descubrir, entender o explicar los fenómenos de la naturaleza o de las sociedades, construye esquemas teóricos, con apoyo en su experiencia, su conocimiento y su intuición, pero intenta construirlos de una manera lógica y estructurada; es sistemático porque no es una lista de conocimientos inconexos entre sí, sino una red, una trama de ideas relacionadas entre sí; es exacto porque el científico

²⁵ Bunge, 1989: 9.



busca la precisión, para ello, formula sus problemas de manera clara, define los conceptos que utiliza, crea símbolos y lenguajes artificiales con reglas de uso definidas, y registra y mide los fenómenos con escalas, también artificiales, pero convencionales; es verificable porque debe aprobar el examen de la experiencia, la observación o la experimentación; y es falible porque la ciencia es un sistema abierto que cambia y evoluciona, que no presenta ninguna idea como final, sino como la mejor explicación hasta el momento, y por lo tanto susceptible de ser refutada.²⁶

Bunge distingue entre ciencias fácticas (materiales) y ciencias formales (ideales).²⁷ Las ciencias fácticas son objetivas, *i.e.*, se refieren a objetos de la naturaleza. Ciencias como la física, la química, la psicología o la economía estudian fenómenos que existen en el universo o en la sociedad. En las ciencias fácticas no se puede afirmar sin tomar en cuenta la realidad objetiva. Requieren de la observación y la experimentación, es decir, de la formulación de hipótesis que exigen su comprobación. Por ejemplo, se puede formular hipótesis y teorías sobre si existe agua en Marte o no, esas hipótesis y teorías serían elaboradas en función del conocimiento actual en la materia (estado del arte), pero al final del día sólo la comprobación material nos dirá si existe o no agua en Marte, y sobre todo en qué lugares y en qué condiciones.

Por otra parte, las ciencias formales, no son objetivas (es decir, no se refieren a objetos de la naturaleza); así, la lógica y las matemáticas no se refieren a objetos del mundo, sino a entes ideales y a relaciones entre ellos que sólo existen en la mente humana, como los números y las operaciones aritméticas; pero sí son racionales, sistemáticas y verificables (de acuerdo con sus propios axiomas). La paradoja consiste en que la sistematicidad de los constructos lógicos y matemáticos, permiten la manipulación de la naturaleza; piénsese por ejemplo en la trigonometría, originalmente no existen en la naturaleza los triángulos rectángulos, ni mucho menos las relaciones entre los lados y los ángulos (seno, coseno, tangente, etcétera), ya que son invenciones humanas; lo paradójico es que esas funciones pueden servir para calcular el largo del talud de una presa dadas su altura, su base o el valor de sus ángulos o, como lo hizo Eratóstenes, pueden servir para calcular medidas tan grandes como el diámetro de la Tierra.

²⁶ Cfr. Bunge, 1989: 16-34. V. Popper §5.3.1.

²⁷ Cfr. Bunge, 1989: 10ss.





Es muy importante entender que el avance científico no es la acumulación histórica de conocimientos, esto lo explicó de manera brillante Thomas S. Kuhn en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*. Kuhn utilizó el término “paradigma” para referirse a las “realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica.”²⁸ Es decir, la actividad científica, o mejor dicho, de los científicos, gira en torno a esquemas conceptuales, poco o muy sistematizados, que les permiten plantear problemas, hipótesis, experimentos, soluciones, etcétera; y estos esquemas o paradigmas no están exentos de la influencia del periodo histórico en el que tienen vigencia, ni son inmunes a los efectos de la cultura.

Haciendo uso de la perspectiva de Kuhn, podemos decir que tanto el geocentrismo como el heliocentrismo son dos paradigmas científicos, ubicados cada uno en su contexto histórico, sin embargo, uno es más acertado y adecuado a la realidad que el otro y por lo tanto explica de una manera más sencilla y exacta los fenómenos de la naturaleza.

Kuhn llama periodo de ciencia normal al tiempo en el que un paradigma sirve para proporcionar modelos de problemas y soluciones, en ese tiempo los grupos de científicos o escuelas de científicos que promovieron el desarrollo del paradigma gozan de gran prestigio y reconocimiento, y el paradigma es referido y utilizado por el resto de la comunidad científica del campo particular donde aplica el paradigma (la astronomía, la química, la psicología, la economía, etcétera).

Llega un momento en que se presenta una anomalía, es decir, un problema al cual el paradigma no puede dar solución, o incluso un fenómeno que no permite ser planteado como problema en los términos del paradigma. En esos momentos la ciencia se extravía, dice Kuhn, e inicia un periodo de investigaciones extraordinarias que concluye, en meses o años, en una solución que implica la revisión y renovación del paradigma, lo que trae como consecuencia el surgimiento de uno nuevo: una revolución científica. La revolución científica tiene entre muchos otros efectos la actualización de los libros de texto y las publicaciones científicas en función del nuevo paradigma, el que nace acompañado de una reacción de rechazo y resistencia por parte de la comunidad científica. Con el paso

²⁸ Kuhn, 1971: 13.





del tiempo la situación se normaliza nuevamente y el ciclo comienza de nuevo.²⁹

De manera que el conocimiento científico no es la sumatoria de conocimientos aislados en la línea del tiempo de la historia humana, más bien, el ser humano mejora continuamente sus modelos de comprensión del universo; esos modelos, en tanto constructos humanos no son la última palabra, ni son absolutos, sino perfectibles; y pueden ser considerados científicos si están estructurados a manera de un cuerpo de ideas, o creencias, racionales, sistemáticas, exactas, verificables y, por lo tanto, falibles.

Ha sido explicado en §1.1 que la diferencia entre la técnica y la tecnología radica en el *logos*, es decir, en el estudio y la comprensión de los fenómenos de la naturaleza para el diseño de soluciones tecnológicas. Dijimos también que la tecnología es el conjunto de todas las manifestaciones materiales o virtuales que aprovechan o aplican un capital más o menos coherente de teorías, conocimientos, técnicas, creencias y estilos de vida, en un momento dado de la historia humana.

Como ha quedado patente, es inherente al ser humano el admirarse e investigar, pero también el buscar transformar el mundo en un espacio más confortable para su existencia. Por ello, el hombre ha venido construyendo objetos tecnológicos desde la prehistoria, desde armas hasta utensilios agrícolas. A partir de la Revolución Industrial, la evolución de las sociedades humanas depende cada día más del desarrollo científico y tecnológico, el que, por otra parte, desde hace años, se ha convertido, él mismo, en un problema para la supervivencia humana. ¿Cuáles son las anomalías actuales del desarrollo tecnológico? ¿Encontraremos las soluciones?

Investigar: Conceptos de creencia, conocimiento, ciencia y tecnología; concepto de ciencia de Bunge; concepto de revolución científica de Kuhn; anomalías científicas y tecnológicas actuales.

Presentación de resultados: Presentar resultados por equipos; discutir sobre los conceptos. Tratar de construir consensos en el grupo.

²⁹ Kuhn, 1971: 26ss.





2.2 Método

No existe una sola definición de “método” (ni es deseable), pero en cada ocasión que un investigador presenta un proyecto de investigación o sus resultados debe exponer de manera clara y precisa el método que utilizó. La palabra “método” proviene del griego *metha*, más allá y *odos*, camino, y el sentido actual de la palabra se refiere al camino o vía que se ha seguido, que se debe seguir o que se planea seguir para llegar a un fin determinado. Así, en un artículo científico se espera que el autor exponga el método que siguió para llegar a los resultados que presenta; en un manual se expone el método que se debe seguir para obtener tales o cuales resultados; y en un proyecto de investigación se espera que el autor explique qué camino o caminos seguirá para lograr los propósitos de su investigación.

Pero el método es más que un simple algoritmo y sus orígenes y fundamentos están relacionados con la historia humana y la evolución del pensamiento científico y filosófico. Es decir, en su campo particular, cada científico debe desarrollar un entendimiento suficiente para aplicar (o diseñar) un método que se adapte a las características de su objeto y que haga viable su investigación. No es lo mismo hacer investigación en botánica, física, química, economía o matemáticas. Revisemos algunos de los métodos que han destacado a lo largo de la historia de la humanidad y algunas de las creencias filosóficas asociadas con ellos.

El método socrático (ironía socrática). La tradición filosófica atribuye a Sócrates este método que fue posteriormente aplicado por Platón en sus célebres diálogos. Al parecer, Sócrates desarrolló este método con el propósito de desacreditar a los charlatanes que en su época se hacían llamar “sofistas”, término que siglos atrás se usaba para referirse a los sabios pero que con el paso del tiempo se devaluó hasta que su significado adquirió el valor de “embaucador” y se usaba para señalar a los que se hacían pasar por sabios y engañaban al vulgo con artificios del lenguaje. El método consistía en que Sócrates se hacía pasar por ignorante y preguntaba al sofista sobre algún tema o verdad. El diálogo iniciaba con una pregunta general a la que iban sumándose otras en función de las respuestas del sofista hasta que Sócrates lo hacía caer en contradicción. Quedaba así demostrada la invalidez del conocimiento del sofista y desenmascarada su ignorancia. Este método es también conocido como “la ironía socrá-





tica” ya que, irónicamente, resultaba que el ignorante descubría el poco valor del conocimiento del que se hacía pasar por un sabio. Platón aplicó el método en sus diálogos y servía para demostrar a los interlocutores del líder del diálogo (Sócrates) que lo que sabían podía estar simplemente fundamentado en sus prejuicios y eran conducidos a descubrir la verdad en el proceso del diálogo.

La mayéutica. Desarrollada por Platón (aunque existe la polémica en cuanto a si su creador fue Sócrates), la mayéutica (gr. *μαιευτική*, referido al arte de las parteras) está íntimamente relacionada con la teoría de la reminiscencia, ampliamente aceptada en la época y que consistía en la creencia de que el conocimiento ni se adquiere (ni se construye, como se acepta hoy en día) sino que radica en el alma de cada hombre. El alma habita previamente en el mundo ideal (en el sentido de que ahí sólo existen las ideas) y es posteriormente atrapada en el cuerpo de un ser humano al caer en la caverna del mundo sensible (el mundo en el que vivimos y es sólo ilusión) por lo que conocer es recordar lo que ya sabe el alma. Platón explica que se puede llegar al conocimiento que radica en el alma a través de la dialéctica (método de conversación apoyado en la lógica). En el *El banquete*, Platón sostiene que el alma de cada hombre está embarazada de conocimiento y que desea darlo a luz, y que es el papel del filósofo ayudar a parir ese conocimiento. De ahí que se use también en este sentido la palabra “mayéutica”, como el método dialéctico o dialógico empleado por el filósofo para facilitar a los discípulos a recordar el conocimiento que ya poseen, desde antes de nacer.

La navaja de Occam. Uno de los principios que gozan de amplio reconocimiento entre las comunidades académicas y científicas del mundo actual es la llamada “navaja de Occam” o “principio de parsimonia”, y es atribuido al fraile inglés Guillermo de Occam (1280/1288 – 1349). Enunciado en latín como *entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem* (no multiplicar los seres o entidades sin necesidad), hace alusión a buscar la manera más sencilla de explicar los fenómenos de la ciencia, de modo que se entiende que la explicación más sencilla es probablemente la más acertada, o dicho de otra manera, la ciencia busca la explicación más sencilla, acertada y poderosa. Es un principio que rige en lo general el quehacer científico y que en la práctica se traduce en no elaborar más argumentos que los estrictamente necesarios para explicar los fenómenos de una manera económica, clara y sencilla.



Método cartesiano (El discurso del método). René Descartes (1596 – 1650), para muchos el primer gran filósofo del Renacimiento, publica en 1637 su libro titulado *Discurso del método. Para bien dirigir la razón y buscar la verdad en las ciencias*. Lo primero que aclara Descartes es que no pretende enseñar el método que todo mundo debe aplicar para dirigir correctamente la razón, sino más bien exponer las conclusiones a las que llegó alcanzada la madurez de su vida (el libro es en cierta manera autobiográfico).³⁰ Descartes propone cuatro sencillos preceptos, conocidos universalmente como “las reglas del método” (haciendo alusión específica al método de Descartes) y las enunció de la siguiente manera:

(...) en lugar del gran número de preceptos que encierra la lógica, creí que me bastarían los cuatro siguientes, supuesto que tomase una firme y constante resolución de no dejar de observarlos una vez siquiera:

- Fue el primero, no admitir como verdadera cosa alguna, como no supiese con evidencia que lo es; es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención, y no comprender en mis juicios nada más que lo que se presentase tan clara y distintamente a mí espíritu, que no hubiese ninguna ocasión de ponerlo en duda.
- El segundo, dividir cada una de las dificultades, que examinaré, en cuantas partes fuere posible y en cuantas requiriese su mejor solución.
- El tercero, conducir ordenadamente mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ir ascendiendo poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más compuestos, e incluso suponiendo un orden entre los que no se preceden naturalmente.
- Y el último, hacer en todo unos recuentos tan integrales y unas revisiones tan generales, que llegase a estar seguro de no omitir nada.³¹

La primera es conocida como regla de la evidencia o de la duda metódica, la segunda como regla del análisis, la tercera como regla de la síntesis y la cuarta como regla del control o de las enumeraciones y repeticiones.

³⁰ Cfr. Descartes, 1969, Primera Parte.

³¹ V. Descartes, 1969, Segunda Parte.



Descartes nos alerta:

(...) los sentidos nos engañan, a las veces, quise suponer que no hay cosa alguna que sea tal y como ellos nos la presentan en la imaginación; y puesto que hay hombres que yerran al razonar, aun acerca de los más simples asuntos de geometría, y cometen paralogismos, juzgué que yo estaba tan expuesto al error como otro cualquiera, y rechacé como falsas todas las razones que anteriormente había tenido por demostrativas; y, en fin, considerando que todos los pensamientos que nos vienen estando despiertos pueden también ocurrirnos durante el sueño, sin que ninguno entonces sea verdadero, resolví fingir que todas las cosas, que hasta entonces habían entrado en mi espíritu, no eran más verdaderas que las ilusiones de mis sueños. Pero advertí luego que, queriendo yo pensar, de esa suerte, que todo es falso, era necesario que yo, que lo pensaba, fuese alguna cosa; y observando que esta verdad: «yo pienso, luego soy», era tan firme y segura que las más extravagantes suposiciones de los escépticos no son capaces de conmoverta, juzgué que podía recibirla sin escrúpulo, como el primer principio de la filosofía que andaba buscando.³²

Esta argumentación de Descartes es conocida como “la duda metódica” e invita a dudar de la verdad de todo lo que damos por conocimiento cierto, a dudar de la verdad que nos muestran nuestros sentidos; pero al dudar de todo, Descartes cae en una paradoja: ¿cómo puede partir de una certeza, de una verdad, si dudará de todo?, ¿cómo tomar algo por cierto si nos engañan los sentidos?, ¿quién nos garantiza que en este momento no estamos soñando?, ¿y si existe un genio maligno que nos hace creer que este mundo existe y nosotros en él? Ante esta serie de encrucijadas, Descartes planteó su célebre argumento “*dubito ergo cogito, cogito ergo sum*” (dudo por lo tanto pienso, pienso por lo tanto existo), con esa certeza, Descartes defiende que la aplicación constante de las reglas de su método conducen al espíritu a percibir de manera clara y distinta lo verdadero de lo falso, no sin advertir que se debe tomar siempre en cuenta la dependencia de los sentidos.

En la actualidad, se entiende que el pensamiento científico es escéptico, es decir, que no acepta como válidas afirmaciones que no se apoyen

³² V. Descartes, 1969, Cuarta Parte.





en evidencia empírica y que por lo tanto no puedan ser verificables (*Crf. Supra* Bunge).

Método lógico inductivo. Provenientes de la tradición del estudio y desarrollo de la lógica (desde los griegos hasta nuestros días) algunos conceptos de esa disciplina son utilizados de manera cotidiana por los académicos e investigadores. El denominado método lógico inductivo es en realidad un razonamiento lógico que, a partir de la observación de casos particulares elabora una conclusión general. La inducción, es decir, la generalización, puede ser completa si es el caso que se ha observado a todos los elementos que conforman el objeto de estudio (todas los árboles de una huerta, todos los tiraderos de basura, etcétera). La inducción es incompleta cuando no es posible observar a todos y cada uno de los elementos del objeto de estudio (los peces del mar, las aves migratorias, etcétera) por lo que el investigador hace la generalización a partir de la observación de los elementos de una muestra representativa del objeto estudiado.

Método lógico deductivo. Es un razonamiento que parte de una premisa general que se toma como válida y se aplica a un caso particular (Todas las aves migratorias son una fuente potencial de virus patógenos para el ser humano, ésta es un ave migratoria, por lo tanto, esta ave es una fuente potencial de virus patógenos para el ser humano). Tanto el método inductivo como el deductivo se apoyan en la observación y permiten alcanzar conclusiones relevantes para la investigación científica.

Método empírico. Tiene sus orígenes remotos en Aristóteles y más próximos en los empiristas ingleses entre los que destacan John Locke (1632 - 1704) y David Hume (1711 - 1776), quienes se oponían a la versión platónica de la preexistencia trascendental del reino de las ideas. Los empiristas defendían la postura de que los seres humanos acceden al conocimiento a través de la experiencia. No existen ideas innatas en el alma del ser humano, Locke afirmaba que la mente humana es una Tabula rasa (hoja en blanco) en la que se registran las experiencias de la vida mediadas por los sentidos. Hume distinguió la relación de ideas de la relación de hechos; la primera se refiere a objetos ideales como la geometría, la aritmética o el álgebra, y la segunda a objetos de la naturaleza. Es importante esta distinción en la época porque se pudo distinguir entre afirmaciones del tipo “Dos líneas paralelas no se tocan” (relación de ideas) y “La Tierra es redonda” (relación de hechos). Para los empiris-





tas, todas las creencias humanas tienen su fundamento en la percepción, ya sea a través de los sentidos (sensaciones), o como resultado de las operaciones del pensamiento (reflexiones).

Derivado de esa tradición, el método empírico se ocupa de hechos de la realidad, que son perceptibles de alguna manera por los sentidos y busca acercarse a la verdad corrigiendo los errores, de esa manera se mejora y amplía el conocimiento científico.

La realidad vs lo real. Jacques Lacan (1901 – 1981) distinguió *la realidad* de *Lo real*. *La realidad* es el constructo mental humano de *Lo real*, el cual es imposible de ser percibido tal cual. En ese sentido, *la realidad* cambia con el paso de los años y de una cultura a otra. Recordemos que por siglos se creyó que en realidad la Tierra era el centro del cosmos y que el Sol giraba a su alrededor; hoy en día es más fácil lograr el consenso de que la Tierra no es el centro del cosmos y que sí gira alrededor del Sol, porque esa es la versión dominante de *la realidad*. De manera que las creencias, prejuicios, ideas, conceptos, conocimientos, teorías, leyes, etcétera, que construye el ser humano constituyen una versión de *Lo real*. Llevada esta distinción al extremo, la ciencia construye una realidad que no deja de ser una versión humana de *Lo real*.

Método hipotético deductivo. Es impreciso afirmar que el conocimiento científico es verdadero, es más justo calificar al conocimiento científico como “válido”, “vigente” o “refutable” porque busca ser racional, sistemático, exacto, verificable y por lo tanto falible.³³ Lo que conocemos como “leyes” en los diversos campos de las ciencias son el resultado de inducciones elaboradas por los científicos que, por lo demás, suelen aplicar una interpolación incompleta, es decir, el científico aplica el método inductivo de inducción incompleta ante la imposibilidad de estudiar todos y cada uno de los elementos o fenómenos a los que aplica su generalización y que denomina “ley”. El mejor de estos ejemplos nos lo da Isaac Newton (1643 – 1727) cuando, en 1687, publica su libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (*Principios matemáticos de la filosofía natural*) y da a conocer en él, entre otras cosas, sus tres leyes del movimiento y la ley de la gravitación universal. En esta última, Newton hace una generalización que asegura que, en el universo, toda partícula con masa atrae a toda otra partícula con masa, con una fuerza

³³ Crf. *supra* Bunge.





proporcional al producto de sus masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas.³⁴ Esta ley de Newton aplica a todos los objetos con masa en el universo, de manera que, de acuerdo con ella, todos los objetos en el universo se atraen en función de sus masas y la distancia que los separa. Resulta evidente que para enunciar una ley en las ciencias se aplica una inducción, por lo común incompleta, como en el caso de Newton quien no esperó a viajar a todos los confines del universo para enunciar su ley. Una inducción incompleta y una chispa de genialidad; lo primero se puede enseñar, lo segundo, no. Con todo, la ley de la gravitación universal es refutable, es conocimiento científico, sí, pero hoy se sabe que tiene sus alcances.

El método hipotético deductivo tiene sus fundamentos en los trabajos de Francis Bacon (1561-1626) y de Galileo Galilei (1564-1642), ambos promotores de la observación y la contrastación empírica. Consiste en que el científico observa su objeto de estudio y a partir de las regularidades que encuentra en él realiza inducciones o generalizaciones a manera de hipótesis refutables o falsables por medio de la experimentación. Si la hipótesis no es falseada o refutada queda corroborada y es aceptada provisionalmente (nótese que no es “verificada”, simplemente no es refutada). Las hipótesis no refutadas dan pie para la construcción de teorías científicas o sistemas de hipótesis aceptadas y lógicamente interconectadas entre sí, que pueden tomar la forma de leyes, axiomas o postulados que permiten entender y explicar el comportamiento de un fenómeno o serie de fenómenos en un campo determinado, por lo que las teorías pueden servir para hacer predicciones puesto que establecen las condiciones o supuestos causales de los fenómenos, pero también pueden servir para reflexionar o deducir otros hechos no observados. Es decir, una teoría científica puede ser ella misma fuente de nuevas hipótesis que lleven al descubrimiento de otros hechos no observados previamente.

Método axiomático. Las ciencias fácticas utilizan el método hipotético deductivo en tanto que las ciencias formales recurren al método axiomático. La validez del conocimiento científico en las ciencias fácticas se falsea mediante la experimentación, en tanto que en las ciencias formales su corrección se demuestra de acuerdo con axiomas y reglas de operación. La lógica y las matemáticas son artificios que se construyen a partir de axiomas y reglas de deducción. Los axiomas son principios

³⁴ V. Newton (1687) 1993.





incuestionables, no demostrables, a partir de los cuales se deduce lógicamente un cuerpo de proposiciones de acuerdo con reglas definidas. En un sistema axiomático todas las proposiciones se deducen de nociones primeras (los axiomas) o de proposiciones deducidas de ellas, sin recurrir a la realidad.³⁵

El método axiomático que es utilizado en la lógica y las matemáticas toma en cuenta, primeramente, un conjunto limitado de símbolos que son utilizados para construir las expresiones y fórmulas válidas, así como una serie de reglas de uso de los símbolos, un conjunto de axiomas o principios, reglas de inferencia (que definen las deducciones válidas) y un conjunto de teoremas.

Un sistema axiomático se reduce a un lenguaje simbólico, sin contenido material, que por su carácter abstracto, paradójicamente, puede aplicarse para la manipulación de los objetos de estudio de las ciencias fácticas. Otra de las ventajas de los sistemas axiomáticos es el carácter ciego y cuasi mecánico del proceso deductivo que permite que sean ejecutados por máquinas de manera automática, lo que ha traído como consecuencia la generación de computadoras cada vez más potentes capaces de manipular enormes bases de datos.

Investigar: Por equipos, exponer cada uno de los métodos expuestos. Reflexionar sobre su validez.

Presentación de resultados: Organizar un debate en el que los equipos expongan sus puntos de vista sobre los fundamentos del método científico. Llegar a consensos.

2.3 Teoría

Una teoría (del griego *θεωρεῖν*, “observar”) es, entonces, un sistema de creencias científicas (observaciones, hipótesis, leyes, axiomas, teoremas, etcétera) que integra el entendimiento humano sobre un fenómeno, serie de fenómenos o un campo determinado del conocimiento, que establece relaciones de causalidad entre los hechos de la naturaleza y las condiciones de su realización, por lo que puede explicar los hechos pasados, hacer predicciones sobre hechos futuros (con un cierto grado de certeza que

³⁵ Cfr: Blanche, 1965: 60.





depende del campo, la teoría, los instrumentos, el o los investigadores, etcétera), pero también puede servir para deducir la posible existencia de otros hechos no observados.

Tomemos por ejemplo la teoría evolutiva, desarrollada en sus fundamentos por Charles Darwin (1809-1882), que integra un sistema de creencias científicas en torno a que todas las especies de seres vivos han evolucionado en el tiempo a partir de un antepasado común mediante la selección natural; de acuerdo con la teoría, las especies se transforman continuamente debido a los cambios que se producen en generaciones sucesivas como resultado de su adaptación al ambiente. Dado que las condiciones del ambiente cambian, ciertas características de las especies deben adaptarse; y sobreviven las especies que logran adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno en que viven.³⁶

Como se puede ver, la teoría establece una relación de causalidad entre la adaptación al ambiente y el cambio evolutivo, así como el origen en un antepasado común. La teoría permite explicar hechos de la naturaleza que de no existir (la teoría) no habría forma de exponerlos lógicamente, sino sólo registrarlos. Por ejemplo, tanto peces, lagartijas y seres humanos se desarrollan de manera muy similar en sus etapas embrionarias, pero se diferencian en su desarrollo posterior. En alguna etapa del desarrollo embrionario del ser humano se observan aberturas branquiales, así como una cola en la parte baja de la espalda, este último persiste en el humano adulto como vestigio evolutivo al igual que el apéndice, que no tiene función vigente en el ser humano, pero sí en otros animales. La teoría explicaría que esas especies son animales vertebrados, con un ancestro común, que por lo tanto comparten genes comunes que condicionan un desarrollo embrionario similar, pero que difieren en su desarrollo ulterior por su diversa historia de adaptación al ambiente.

Es importante mencionar que la propia teoría ha evolucionado de su versión original a nuestros días y que, a partir de 1940, se acepta como más acertada la teoría evolutiva denominada “síntesis moderna” o “teoría sintética”, que incluye las propuestas originales de Darwin, pero también otros conocimientos más actuales. Es decir, las teorías científicas no son estáticas, también evolucionan.

Otro ejemplo que podemos revisar (y que además le da la razón a Aristóteles cuando afirma que lo que mueve al hombre a indagar es la admiración de las cosas y objetos de los que no entiende sus razones) es

³⁶ V. Darwin 1858.





el caso de los experimentos que se llevan a cabo en el CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*),³⁷ ubicado en Suiza, con el propósito de determinar la validez y los alcances de una teoría de la física de partículas denominada Modelo Estándar, para lo cual se ha construido la máquina más cara y compleja de la historia de la humanidad, el LHC (*Large Hadron Collider*).

El LHC es capaz de acelerar partículas, en direcciones contrarias, a velocidades cercanas a la de la luz, las que al chocar liberarán muy altos niveles de energía. Con ello se lograría la simulación de algunos fenómenos ocurridos durante la gran explosión que dio origen al universo. El físico Ellis John³⁸ explica que, de acuerdo con la teoría (el Modelo Estándar) se esperaría que fuese detectada una partícula (que existe sólo teóricamente) denominada bosón de Higgs (también llamada “partícula de Dios”) con lo cual se confirmaría la validez del Modelo Estándar y se lograría explicar cómo las partículas elementales adquieren propiedades como su masa. De acuerdo con Ellis, la confirmación de la existencia real del bosón de Higgs significaría un avance espectacular en el entendimiento teórico del universo.

Nótese que, hoy en día, existen teorías en los diversos campos de la ciencia que sirven a los científicos de esas áreas no sólo para explicarse los fenómenos de su ámbito científico y hacer predicciones sobre su comportamiento futuro, sino que sirven también para plantear nuevos problemas, hipótesis y soluciones (*Cfr. supra* Bunge). Es decir, que al aplicar el método hipotético deductivo, hoy en día, ningún investigador inicia de cero, observando su objeto de estudio, sin tener una idea comprensiva de la teoría o teorías que puede aprovechar para plantear sus problemas, hipótesis y soluciones. Hoy en día, entonces, el ciclo del método hipotético deductivo inicia, en sentido estricto, con la formación universitaria durante la cual el profesionista estudia, aunque de manera superficial, las diversas teorías que existen en su campo de estudio. De manera que, al estar ante la necesidad de investigar, ya sea como parte de su actividad profesional o como su actividad principal si es investigador de algún centro o universidad, no parte de cero sino que recurre a la revisión de las teorías no refutadas en su campo.

El conocimiento científico en todos los campos es tan especializado que es casi imposible entenderlo como información aislada si no se ex-

³⁷ V. <http://public.web.cern.ch/public/>

³⁸ *Cfr.* Ellis, 2007.





plica desde la teoría que les asigna un valor. Es decir, el conocimiento científico adquiere sentido, valor y relevancia dentro del contexto de una teoría científica, fuera de ella, los hechos que percibimos y no entendemos son sólo datos que registramos de alguna manera, pero que no entendemos, como las raras explosiones astronómicas atípicas registradas recientemente o las formas de vida que se desarrollan en aguas sin oxígeno y que realizan su fotosíntesis a partir de compuestos de azufre. El estudiante universitario no debe preocuparse, sus trabajos de investigación y de tesis estarán todos dentro del ámbito de las teorías vigentes; son los investigadores profesionales los que están obligados a estudiar los fenómenos y problemas de la frontera de las ciencias.

Investigar: *Por equipos, exponer cada uno una teoría científica. Reflexionar sobre los fenómenos que explica y los que no.*

Presentación de resultados: *Organizar un debate en el que los equipos expongan sus puntos de vista sobre la necesidad de construir teorías. ¿Qué sucedería si no existieran teorías?*

2.4 Metodología

Hemos comentado al inicio del párrafo anterior que la palabra “método” (del gr. *metha*, más allá y *odos*, camino) se refiere al camino o vía que se ha seguido, que se debe seguir o que se planea seguir para llegar a un fin determinado. Por otra parte, decir que “metodología” (palabra a la que se añade el sufijo griego *logos*, ciencia, tratado, estudio) significa literalmente el estudio o “ciencia del método”³⁹ no es decir mucho, además de que hemos visto que no existe sólo uno. Por lo pronto, nos sirve una primera precisión: el método se refiere al procedimiento, la metodología estudia el procedimiento, o de manera más precisa, los procedimientos.

Diremos entonces, que “metodología” es el estudio de los diferentes métodos que son empleados en el proceso de la investigación científica y tecnológica, tanto su proceder específico, relevancia y validez, así como las maneras en las que interactúan a lo largo del proceso de una investigación específica.

³⁹ Cfr. RAE.



La figura No. 1 nos facilitará revisar, de manera sencilla y general, la complejidad de los diferentes métodos y procedimientos que se utilizan en una investigación.

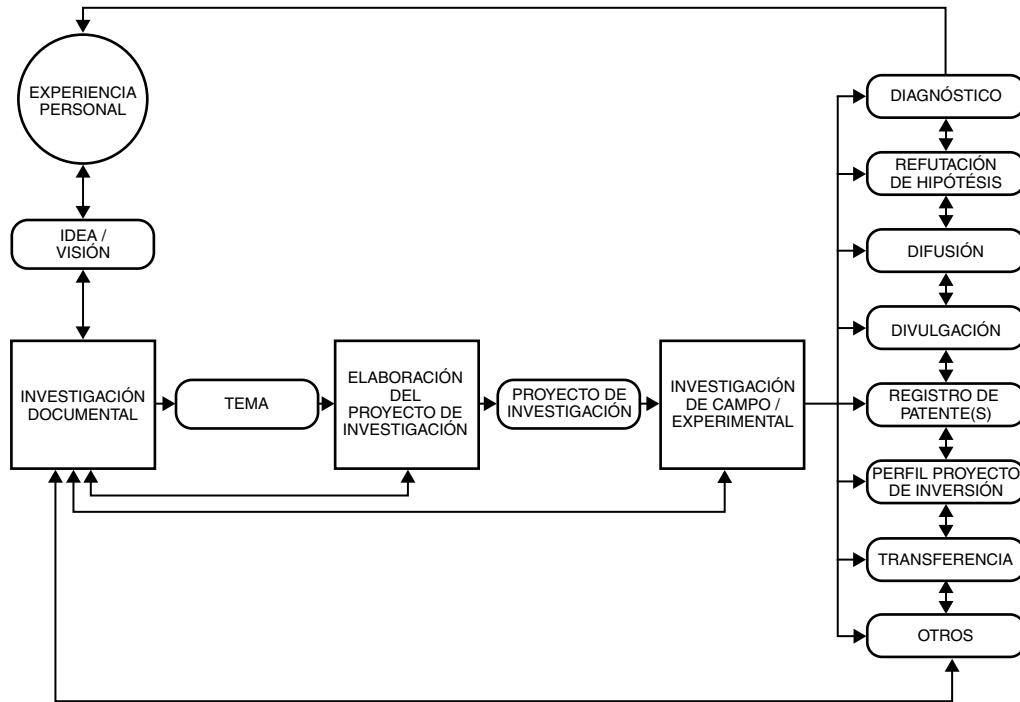


Figura No. 1: Visión general del proceso de investigación científica y tecnológica.

Experiencia personal. El punto de inicio es la experiencia y los intereses del investigador (el sujeto de estudio). No se trata sólo de la experiencia en su campo de estudio, se refiere al total de la experiencia acumulada a lo largo de su vida, donde, por supuesto, la experiencia educativa es fundamental. El investigador, de lo que ha vivido en lo personal, en su tiempo y sus circunstancias, va cultivando intereses particulares que lo llevan, en primera instancia, a escoger tal o cual carrera que siente afín a su perfil y a sus expectativas de vida. Una vez que ingresa al nivel superior, en el mejor de los casos, sus inquietudes se van aclarando y sus intereses se van puliendo, de manera que lo ideal es que un estudiante que ha avanzado más allá de la mitad de sus estudios de nivel licenciatura ubique un campo de interés dentro del ámbito de la carrera que estudia. Al mismo tiempo, aumenta y profundiza su entendimiento de las bases

científicas de su área y se va enterando de los temas relevantes para el desarrollo teórico (investigación que permite el avance teórico), el desarrollo de tecnología (las nuevas necesidades tecnológicas) o el desarrollo de su región o país. De modo que, esperamos que más temprano que tarde, el interés del estudiante o del investigador se concreta en una idea o visión más o menos específica de lo que quiere hacer.

Nótese que una vez cerrado el ciclo total del proceso, el haber realizado una investigación y haber alcanzado resultados retroalimenta la experiencia personal del estudiante / investigador, por lo que será un ciclo enriquecedor de su vida como estudiante y como profesional.

Investigación documental. Hacia el final de su carrera, el estudiante de nivel superior está habilitado para hacer una investigación documental que le permita delimitar un tema de investigación y elaborar el estado del arte en esa materia específica. La delimitación adecuada de un tema de investigación permite:

1. Enfocar la atención del investigador en un fenómeno o serie de fenómenos interrelacionados que al mostrar una cierta unidad y límites pueden ser referidos como “el tema de la investigación”.
2. Ubicar la investigación dentro del alcance de los recursos económicos y temporales del investigador.
3. Ubicar la complejidad y profundidad del tema de investigación dentro de los alcances académicos del investigador.
4. Definir la viabilidad de la investigación en función de los recursos humanos (asesores) y tecnológicos de su centro de estudios.
5. Decidir con claridad lo que forma parte del tema de investigación y lo que no (aunque la decisión sea arbitraria).
6. Dentro del tema de investigación, el investigador define el o los problemas que abordará, especificando su carácter teórico, tecnológico o económico.
7. El investigador puede definir el tipo de resultados y productos de su investigación, así como su relevancia teórica, tecnológica y económica.

Lo anterior sólo se logra con la definición de los intereses del investigador, pero también (y sobre todo) mediante una investigación documental



cuyo propósito es explorar el estado del arte del avance científico y tecnológico del tema delimitado. El término “estado del arte”⁴⁰ o “estado de la cuestión” se refiere al cuerpo de conocimientos científicos más desarrollados, relevantes, aceptados y vigentes, registrado en las revistas arbitradas y las publicaciones prestigiadas de su campo. El concepto se aplica también a la tecnología más avanzada en un área determinada y se refiere como “estado de la técnica” o “estado de la tecnología” o incluso como “estado del arte de la tecnología”.

Unas cuantas décadas atrás, la única manera de tener acceso al estado del arte era a través de los libros o artículos científicos que lo difundían, los que solían concentrarse en grandes bibliotecas o en pequeños acervos o colecciones especializadas en los centros de investigación o en los departamentos académicos de las universidades. De modo que, en un campo determinado, una biblioteca o centro de investigación podían tener desde unos cuantos hasta una treintena de títulos de revistas. Algunos centros ofrecían el servicio de conseguir la copia de un artículo relevante en otra biblioteca, la cual podía estar en otro estado del país o en el extranjero. Tener finalmente la copia del artículo en las manos podía llevar meses.

Hacia finales del siglo pasado, grandes grupos editoriales iniciaron la digitalización de revistas científicas y desarrollaron un servicio por medio del cual los investigadores podían revisar los resúmenes de artículos en CD y solicitar la versión completa, la que podía tardar unas cuantas semanas en llegar a sus manos.

A partir del esquema anterior, en los últimos quince años, los mismos desarrolladores han estructurado un complejo mercado de acceso remoto a diversos recursos e información electrónica, científica y tecnológica, que integra enormes cantidades de títulos de libros y revistas en bases de datos diseñadas de acuerdo con la producción de las diferentes ramas de la actividad científica y tecnológica, y comercializan el acceso restringido en línea a esas bases de datos. Una sola base de datos puede contener miles de títulos de revistas, ya sea a texto completo, o a sus resúmenes, o a ambos, pero también ofrecer el acceso retrospectivo, es

⁴⁰ El concepto debe atribuirse a Aristóteles: “Es justo, por tanto, mostrarse reconocidos, no sólo respecto de aquellos cuyas opiniones compartimos, sino también de los que han tratado las cuestiones de una manera un poco superficial, porque también éstos han contribuido por su parte. Estos han preparado con sus trabajos el estado actual de la ciencia. Si Timoteo no hubiera existido, no habríamos disfrutado de estas preciosas melodías, pero si no hubiera habido un Frinis no habría existido Timoteo. Lo mismo sucede con los que han expuesto sus ideas sobre la verdad. Nosotros hemos adoptado algunas de las opiniones de muchos filósofos, pero los anteriores filósofos han sido causa de la existencia de éstos.” *Cfr: Aristóteles, 1875: Metafísica, Libro Segundo, I.*



decir, la posibilidad de consultar números publicados 10, 20, 50 años, o más, atrás.

Por lo que hoy en día, las principales universidades del mundo evolucionan del antiguo modelo de la biblioteca central (que ubicaba el acervo en un gran edificio al que tenía que acudir todo mundo: estudiantes, académicos, investigadores, público externo) hacia el acceso remoto a bases de datos con cantidades exorbitantes de información arbitrada, tanto científica como tecnológica.

Cabe aclarar que el acceso restringido a bases de datos no equivale de manera alguna a “navegar” en *Internet*, las bases de datos integran información que ha pasado por el escrutinio de los pares científicos; por el contrario, en *Internet* se encuentra cualquier cosa.

En resumen, al final de la investigación documental se tendrá, en principio, un tema delimitado y el estado del arte relevante al tema, preferentemente mediante una investigación documental en línea, en bases de datos prestigiadas. No tiene ni remotamente el mismo valor hacer una búsqueda de artículos relacionados con el tema de investigación en las diez revistas de la biblioteca, que entre ellas suman dos o tres centenas de artículos, que en diez bases de datos que pueden contener en conjunto varios millones de títulos. He ahí una de las verdaderas diferencias en la calidad de la educación superior de un país desarrollado o de una universidad de nivel internacional.

Nótese que la investigación documental, *i.e.*, la consulta a la literatura científica, es una actividad que se realiza en cualquier momento del proceso total. Si la investigación que se realiza fue planeada para lograr sus resultados en uno o dos años, resulta ilusorio suponer que ya no es necesario recurrir a las nuevas publicaciones para actualizar el estado del arte. El estudiante / investigador debe estar atento de la evolución del conocimiento en el área que estudia en todo momento, a riesgo de que su investigación pierda relevancia.

Una fuente importante de temas de investigación relevantes son las líneas de investigación de la institución, la escuela, o el departamento académico, ya que están obligados a definir esas líneas de trabajo. La ventaja para los estudiantes es que al enfocar su trabajo en un tema de interés para los investigadores de su departamento encontrarán bibliografía y asesores enterados e interesados en el tema; para los asesores es siempre una ventaja aumentar su capacidad de trabajo, al tiempo que apoyan la formación de investigadores potenciales o, por lo menos, profesionistas más capaces.



Elaboración del proyecto de investigación (protocolo de investigación). Una vez delimitado el tema y elaborado el estado del arte, el estudiante tiene los elementos suficientes para captar la atención de los profesores, o los colegas según sea el caso, para lograr la aceptación de su tema como viable para que sea objeto de una investigación.

El siguiente paso será bosquejar un proyecto de investigación, documento que planea y describe paso a paso el protocolo de la investigación, es decir, sus etapas y resultados esperados. El formato de un proyecto de investigación, en sentido estricto, lo define la entidad que habrá de aprobar el proyecto. Por ello es de vital importancia que el estudiante acuda a su centro o a la entidad que financiará el proyecto para solicitar el formato que le habrá de ser requerido. Es incluso probable que dos o más entidades financien un proyecto y que cada una de ellas solicite el proyecto en formatos diferentes, haciendo énfasis en un aspecto u otro (un centro de estudios puede estar interesado en las aportaciones teóricas y un banco en las aplicaciones industriales, por ejemplo).

La historia y evolución de la palabra “protocolo” es interesante. Para variar tiene su origen en la Grecia antigua. Una de las formas que los antiguos griegos daban a sus libros era a manera de rollos de papiro o de piel (los de piel eran llamados “pergaminos”), sobre los que deslizaban la tinta, auxiliados de un instrumento de escritura que elaboraban de metal, madera o hueso, o simplemente utilizaban una pluma de ave. Sobre el rollo terminado pegaban una etiqueta que denominaban “prôtokollon” (de “protos”, primero y “kollea”, pegamento) sobre la cual, para fines legales, se imprimía un sello que garantizaba su autenticidad. Con el paso del tiempo la palabra “prôtokollon” se utilizó para referirse al contenido, o tabla de lo contenido en el rollo. Más tarde adquiriría el sentido de “orden de las cosas” y se aplicaría en muchos ámbitos de la cultura (hoy en día se habla de protocolos diplomáticos, ceremoniales, de etiqueta, de guerra, computacionales, etcétera) y por supuesto de la ciencia, donde adquirió el sentido general de las fases o etapas planeadas de una investigación y su orden.

Presentamos aquí un formato de proyecto o protocolo de investigación que, con las salvedades anteriores, puede perfectamente servir para formular un proyecto de investigación viable. Su estructura debe contener los siguientes apartados:

1. Portada
2. Tema





3. Objetivos
4. Justificación
5. Marco Teórico
6. Hipótesis
7. Diseño de Investigación
8. Cronograma
9. Plan de Exposición
10. Presupuesto y Financiamiento
11. Bibliografía y Aparato Crítico

1. **PORTADA.** La primera página impresa de un proyecto debe incluir por lo menos los siguientes datos:
 - a. Denominación del proyecto. Un título que de manera sencilla describa el proyecto.
 - b. La leyenda “Proyecto de Investigación”. En cada caso, el estudiante / investigador debe especificar el tipo de documento que presenta. No es lo mismo el proyecto, que un informe de avances o de resultados.
 - c. Autor o autores. En caso de ser varios, el primero será tomado como el autor principal y así sucesivamente, a menos que se indique lo contrario.
 - d. Institución / Departamento / Carrera. En caso de que los autores sean de departamentos, carreras o instituciones diferentes se debe indicar con asteriscos en los nombres y al pie de página la entidad a la que pertenecen.
 - e. Lugar y fecha de presentación. Anotar día, mes y año. Dejar un espacio razonable para el caso de que el proyecto sea entregado en una oficina y sea sellado; en este caso, debe anotarse la fecha del sello.

Estos datos deben ir en la primera página del proyecto, centrados horizontal y verticalmente, sin logos, imágenes ni elementos no solicitados.

Es de utilidad foliar las páginas de un proyecto, por lo que desde la portada es conveniente numerar las páginas, tomando la portada como página número 1. Si el proyecto tiene 15 páginas se iniciará numerando





1/15, 2/15, 3/15, etcétera. Colorar el número de página en la parte inferior al centro.

2. **TEMA.** Explicar de manera clara y sencilla el tema y sus límites. El estado del arte elaborado como resultado de la investigación documental debe dar los elementos suficientes para exponer un resumen de lo que se pretende investigar, así como el planteamiento del o los problemas (especificando su carácter teórico, tecnológico o económico). Así mismo, se debe especificar el tipo de investigación y los resultados esperados. Es decir, especificar si se realizará una investigación documental o de campo (descriptiva o experimental) y si se trata de una investigación pura o aplicada. (De vez en cuando es necesaria una amplia y profunda investigación documental en un campo determinado para estructurar el conocimiento y señalar las líneas de investigación relevantes.) Deben hacerse las citas y referencias bibliográficas necesarias para lo cual se puede seguir el modelo de aparato crítico que se utiliza en este libro.
3. **OBJETIVOS.** Los objetivos expresan los resultados de una investigación pura o aplicada (o pura y aplicada). La manera más simple de enunciar un objetivo es iniciando una oración con el verbo en infinitivo seguido de un objeto directo. En el caso del CERN, el objetivo podría ser enunciado así: “Demostrar la validez del Modelo Estándar de la física.” En la mayoría de los casos (como sucede con el CERN), una investigación puede tener uno o más objetivos generales y varios particulares así como otros específicos subordinados lógicamente (generales, particulares, específicos). En el caso de las ingenierías, es de esperarse que los objetivos de los proyectos de investigación busquen resultados con impacto tecnológico y económico.
4. **JUSTIFICACIÓN.** La investigación del estado del arte da también muchos de los elementos necesarios para mostrar la relevancia y la necesidad de realizar una investigación. Una investigación se justifica por el impacto (relevancia) que puede tener en el avance teórico, tecnológico o económico. Uno solo de esos aspectos es suficiente para justificar una investigación, aunque algunas investigaciones impacten en los tres aspectos. De cualquier manera, el espíritu de las ingenierías busca impactar en los dos últimos. Una manera de hacer





ver la relevancia de una investigación es mostrando el costo teórico, tecnológico o económico de no hacerla. De igual manera, hacer las citas y referencias bibliográficas necesarias.

5. **MARCO TEÓRICO.** La elaboración de un marco teórico garantiza la aplicación del método hipotético deductivo, ya que expone la o las teorías que aportarán las definiciones, hipótesis, leyes, axiomas, métodos, parámetros, normas, pruebas, materiales, instrumentos, etcétera, que son utilizados en el campo y que permitirán al investigador hacer operable su propia investigación sin pretender partir de cero (cero teorías, cero conceptos, cero hipótesis, etcétera). El marco teórico hace la diferencia entre la actividad artesanal o técnica y el trabajo científico-tecnológico. Se espera siempre que los logros del segundo tipo sean mayores. Es de vital importancia que se indiquen las fuentes consultadas y se dé crédito a los autores de ideas, leyes, hipótesis, teoremas, etcétera, por medio de citas y referencias bibliográficas.
6. **HIPÓTESIS.** Una hipótesis toma la forma de una proposición lógica (sujeto + predicación) que el investigador someterá al proceso de refutación. Recordemos el caso del CERN, ahí los físicos buscan verificar la existencia de una partícula subatómica denominada bosón de Higgs, con lo cual se confirmaría la validez del Modelo Estándar. Si representamos con “ p ” la proposición “El bosón de Higgs existe” y con “ q ” “La teoría del Modelo Estándar es válida”, podemos representar la implicación lógica “ $p \rightarrow q$ ” (si p entonces q). Nótese que es un razonamiento así de simple el que le da sentido a toda una investigación, por lo que la enunciación de las hipótesis es de suma importancia; pero es relativamente sencillo llegar hasta ese punto si se ha realizado una investigación documental consciente que permita entender el estado del arte. Existen hipótesis de investigación (H_i) e hipótesis nulas (H_0), las que se consideran lógicamente contrarias. En el caso que mencionamos “ p ” es considerada verdadera (“El bosón de Higgs existe”) en tanto que su contraparte, H_0 sería “El bosón de Higgs NO existe.” Existen otros tipos de hipótesis que el estudiante aprenderá a plantear y a verificar.
7. **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.** El tema, sus límites, el o los tipos de investigación, los resultados esperados y las hipótesis, permiten te-





ner una claridad en cuanto al camino que debe seguir la investigación. Ello nos da la oportunidad de establecer etapas de la investigación. Una primera etapa puede ser una investigación documental más amplia, si se considera necesaria; puede venir una etapa de trabajo de campo (observación, medición, trabajo estadístico, etcétera); otra de trabajo de laboratorio (diseño experimental, realización de experimentos, registro de resultados, valoración de resultados, etcétera); continuar con otra de trabajo de redacción de difusión de resultados (artículos, ponencias, conferencias, etcétera); en algunos casos es posible hablar de una fase de registro de patentes así como de otra de transferencia / desarrollo de tecnología, etcétera. Por su relevancia para la investigación, en algunos casos se considera el diseño experimental como el fundamental en un apartado de diseño de la investigación ya que, finalmente, es ahí donde se validarán las hipótesis que harán viables los resultados que se buscan en los objetivos.

8. **CRONOGRAMA.** En este apartado sí es importante trazar todas las etapas de la investigación así como las actividades que se realizarán en cada una de ellas. Se prefiere la presentación de una gráfica o diagrama de Gantt por su sencillez y precisión. El cronograma facilitará proyectar las actividades de la investigación en el tiempo (fases y actividades), servirá de guía al investigador, facilitará la estimación de recursos necesarios y la elaboración del presupuesto; al mismo tiempo, será un punto de referencia importante para que el investigador y sus asesores ubiquen su avance en el tiempo estimado, así como una guía para que las entidades financiadoras avalen el cumplimiento de los compromisos adquiridos por el investigador.
9. **PLAN DE EXPOSICIÓN.** Se espera que el investigador tenga un plan para exponer los diferentes avances y resultados de su trabajo de investigación, los cuales pueden ser: resultados de investigación documental, de observación, de prueba de hipótesis, de desarrollo de tecnología, etcétera. Las preguntas que se debe hacer el investigador son ¿qué voy a obtener como resultado? y ¿cómo voy a hacerlos públicos y ante quién? De manera que su plan de exposición (que debe ser incluido en el cronograma) debe contener actividades como: presentar un panorama del estado del arte del tema en tal congreso; escribir y publicar un artículo de divulgación sobre el tema para tal revista; presentar los resultados del trabajo experimental en el





congreso internacional tal; presentar solicitud de registro de patente; presentar un póster técnico en la conferencia nacional de la asociación tal; publicar una página web; etcétera. Esto da una idea de cómo el investigador prevé dar salida a los resultados de su investigación hacia el universo de sus colegas y hacia el público en general.

10. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO. El gráfico de Gantt elaborado en la sección del cronograma, que incluye las actividades del plan de exposición, permite al investigador asignar un costo estimado (en algunos casos críticos se debe prever el impacto de la inflación y la cotización del dólar o las divisas relevantes) a cada una de las actividades que planea realizar, así como viáticos requeridos para los viajes a congresos nacionales y en el extranjero. Lo anterior establecerá un presupuesto de los recursos necesarios para cada una de las etapas y el total del costo del proyecto. Esas estimaciones son necesarias para solicitar financiamiento a las entidades interesadas en respaldar la investigación. La ventaja de estructurar etapas del proyecto es que algunas entidades se interesarán en alguna etapa y otras podrán interesarse en otras. En todos los casos, una entidad financiadora requerirá que el investigador le informe del total del dinero presupuestado y del porcentaje que han cubierto otras entidades financiadoras.

11. BIBLIOGRAFÍA Y APARATO CRÍTICO. Es absolutamente necesario que en un documento académico o científico se informe sobre las fuentes consultadas. Se espera, al final del documento, una bibliografía que contenga las fichas bibliográficas de cada una de las obras consultadas. La bibliografía es el conjunto de fichas bibliográficas, presentadas en orden alfabético. La ficha bibliográfica contiene los datos que identifican la obra consultada (autor, título, país, editorial, año, etcétera) y distingue si se trata de los datos de un libro, un artículo, actas de congresos, página *web* u otros. Cuando un concepto o idea es citado literalmente se trata de una cita directa y va entre comillas o con una sangría mayor y un interlineado menor. Cuando se cita un concepto o idea de manera indirecta (no literal) se integra de manera normal en el texto. Tanto si se hace una cita directa como indirecta se debe indicar con una llamada a pie de página (el superíndice) que indica el número de la nota a pie de página que contiene la referencia bibliográfica (autor, año, página). Las notas





a pie de página pueden servir también para hacer aclaraciones o dar datos relacionados que no son el centro de la discusión pero que dan fuerza a los argumentos del autor. Por aparato crítico se entiende el sistema que se utiliza para redactar la bibliografía, así como para hacer citas directas e indirectas, notas y referencias bibliográficas. El aparato crítico sirve para dar crédito al trabajo de autores y científicos consultados, y da credibilidad a la fundamentación teórica. En la bibliografía se anotan sólo las fichas bibliográficas de las obras consultadas y se espera que todas las referencias en el texto tengan la ficha correspondiente en la bibliografía. (Da muy mala impresión anotar obras que no son consultadas ni referidas en el texto.)

Investigación de campo. En la investigación de campo el investigador entra en contacto con su objeto de estudio con el propósito de observar, describir o explicar algún fenómeno o complejo de fenómenos (v. figura No. 2).

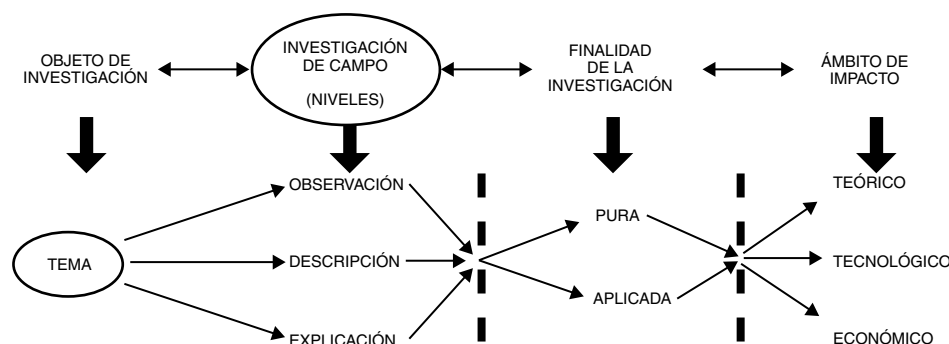


Figura No. 2: El trabajo de campo: niveles, finalidad e impacto.

Una investigación puede tener una finalidad puramente teórica o puede tener alguna finalidad práctica (aplicada); y puede tener un impacto teórico, tecnológico o económico. Un proyecto de investigación no tiene por qué cubrir todas las posibilidades, ni siquiera es deseable (a menos que se trate de un gran equipo multidisciplinario con un respaldo financiero suficiente), lo importante es que defina claramente sus propósitos y sus alcances.





Profundidad del trabajo de campo. Una investigación de campo al nivel de observación sólo explora y registra los fenómenos dentro de los límites definidos para su tema (el registro de especies de virus en un lago, de los movimientos telúricos de una región geográfica, de los tipos de suelo en una región, de las variaciones climáticas, etcétera); la descripción implica el procesamiento de los registros o datos, lo que permite presentar un perfil o patrones de comportamiento estadístico de los fenómenos (número de personas infectadas por un virus, grupos de edad más afectados, diferencias de la afección entre hombres y mujeres, índices de morbilidad y mortalidad, etcétera); en el nivel más profundo, el investigador elabora o recurre a la o las teorías para explicar por qué suceden los fenómenos, para ello definirá hipótesis, variables dependientes e independientes y diseñará experimentos (v. *infra* §5.3), para la validación hipotética y teórica (como lo hacen en el CERN). En el nivel de observación el investigador explora y registra lo que sucede; en el nivel descriptivo expone cómo sucede; en el nivel explicativo trata de descifrar por qué sucede.

Finalidad del trabajo proyecto de investigación. La finalidad del proyecto puede ser buscar la aplicación científica de los resultados del trabajo de campo (observación, descripción, experimentación, según sea el caso) para dar solución a un problema industrial, tecnológico o económico (investigación aplicada) o tener el propósito de avanzar en la comprensión teórica del objeto de estudio, sin el interés de resolver problema práctico alguno, ni buscar la aplicación del conocimiento (investigación teórica, pura, básica o desinteresada). Un proyecto de investigación no tiene que buscar ambas finalidades necesariamente.

Productos de la investigación de campo. Los productos de la investigación de campo (y prácticamente del proyecto de investigación) entran en una amplia gama de resultados. Explicaremos algunos brevemente y es prudente aclarar que no tienen que ser buscados todos ellos por un mismo proyecto de investigación.

1. **DIAGNÓSTICO.** Una investigación puede tener el propósito de hacer un diagnóstico del estado de cosas en un ámbito determinado. Un diagnóstico sirve para identificar prioridades y tomar decisiones más profundas y dirigidas. Da información sobre la gravedad de un problema y el impacto que tiene en su entorno. El producto será,





entonces, un informe descriptivo del estado en que se encuentra una situación o tema definido.

2. **REFUTACIÓN DE HIPÓTESIS.** Cuando se trata de una investigación experimental, el resultado será la validación de hipótesis, con las implicaciones teóricas o tecnológicas relacionadas.
3. **DIFUSIÓN.** Cuando el conocimiento científico se comunica por primera vez a los pares expertos se hace a través de un artículo científico, cuya estructura se adapta por lo general al formato IMRyD (introducción, métodos, resultados y discusión), el cual da una introducción general del estado de arte del tema de la investigación; expone los métodos, materiales, instrumentos y experimentos realizados; presenta los resultados obtenidos; y discute la relevancia y el valor científico de esos resultados. Los artículos científicos suelen publicarse en revistas arbitradas, es decir, que someten los artículos a un escrutinio por parte de expertos que garantiza la autenticidad de los resultados que se pretenden publicar. Es el tipo de revistas que deben estar disponibles en grandes bases de datos para las búsquedas remotas en línea por parte de estudiantes e investigadores. La comunicación del conocimiento científico a los pares expertos se denomina difusión científica.
4. **DIVULGACIÓN.** La divulgación científica, divulgación de la ciencia o periodismo científico consiste en comunicar el conocimiento científico a públicos no expertos. Define un público objetivo (niños, jóvenes, personas con estudios de secundaria o preparatoria, etcétera) y elabora materiales de divulgación adecuados a los intereses y perfiles escolares o culturales de ese público objetivo. La divulgación aprovecha todos los medios de comunicación existentes: revistas, libros, cine, radio, TV, video, museos, Internet, etcétera. La divulgación busca también estrategias atractivas para sus públicos objetivo por lo que suele realizar producciones costosas las que, en algunos casos, suelen ser un negocio redituable.
5. **REGISTRO DE PATENTES.** Cuando un proyecto de investigación tiene como uno de sus objetivos el desarrollo de nuevos productos tecnológicos o de alguna innovación, los investigadores y las instituciones para las que trabajan solicitan el registro de patente de los



resultados y desarrollos obtenidos, lo que les otorga el derecho de exclusividad sobre los beneficios económicos y evita el plagio de sus trabajos. En México, los trámites de registro de patentes se hacen ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).

6. **PERFIL DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.** Puede darse el caso de que los resultados de un proyecto de investigación, así como el conocimiento y la experiencia adquiridos, aporten los elementos necesarios para industrializar una idea, proceso o tecnología. El primer paso es la elaboración de un perfil de un proyecto de inversión que incluye por lo menos estudios de mercado, técnico, organizacional, económico-financiero, así como un plan de control y seguimiento.
7. **TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA.** La tecnología puede ser transferida de un país a otro, de una empresa a otra, de una universidad o centro de investigación a una industria, etcétera. Puede hacerse como parte de un acuerdo o como una operación de compra venta. La Organización de las Naciones Unidas define tecnología, para los fines prácticos, como “el equipo especializado y los conocimientos técnicos, los manuales, los diseños, las instrucciones de funcionamiento, la capacitación y la asistencia y el asesoramiento técnicos necesarios para montar, mantener y operar un sistema viable, y el derecho a usar esos elementos con tal objeto en forma no exclusiva.”⁴¹ De manera que un proyecto de investigación puede tener como objetivo determinar las necesidades tecnológicas de un sector específico del entorno, para diseñar y transferir soluciones tecnológicas que mejoren los índices de competitividad de las empresas de ese sector y mejoren su desempeño en el mercado de bienes o servicios en el que se desarrollan.

***Investigar:** Por equipos, presentar propuestas de temas de investigación y determinar sus características metodológicas (nivel, finalidad y ámbito de impacto), así como sus productos potenciales.*

***Presentación de resultados:** Debatir sobre la relevancia de los temas de investigación haciendo uso de los conceptos revisados en este apartado.*

⁴¹ V. UNCTAD 2001:10.



CAPÍTULO 3

Elementos del proceso de la investigación

3.1 El sujeto como investigador

Recordemos que en su primera regla del método (*v. supra* §2.2), Descartes previene acerca de la posible falsedad de las creencias que la persona acumula a lo largo de su vida y a las que suele, sin reflexionar, tomar por ciertas porque de ellas se ha alimentado su espíritu de niño, joven y adulto. Algunas de esas creencias provienen de la familia, el sector social, la cultura regional o nacional, e incluso, hoy en día, pueden provenir de lo que puede denominarse la cultura global. Con ese sistema de creencias, muchas de ellas contradictorias entre sí, la persona construye su versión de la realidad (condicionada, como se explica, por circunstancias históricas y geográficas) que integra verdades a medias, creencias religiosas, juicios éticos y morales, etcétera. Esa versión de la realidad es, a su vez, la lente a través de la cual la persona percibe el mundo (lo real) y le da las pautas para entender lo que es y no es cierto, lo que es y no es justo, lo que es y no es bello, lo que es y no es normal, lo que es y no es ético, etcétera.

Por lo anterior, el autor de un proyecto de investigación debe hacer consciente que su condición de persona influye, a cada momento, sobre su estatus de sujeto de la investigación (que observa, analiza, identifica problemas, propone hipótesis, diseña experimentos, etcétera,) y que puede convertirse en un lastre de prejuicios que le impidan hacer razonamientos claros y sin atavismos.

En 1969, Louis Althusser llevó el análisis ideológico al extremo de plantear la teoría de que los Estados-nación tienden a ser represores y





que tienen, en mayor o menor grado, la posibilidad de promover una serie de ideas (ideología) que los legitima y que por lo tanto reproduce a través de la estructura del gobierno y las instituciones.⁴² A final de cuentas, se comparta o no la teoría de Althusser, es un hecho que las sociedades reproducen elementos ideológicos y creencias (políticas, religiosas, científicas, etcétera) que son ampliamente difundidas por las instituciones. Para fines prácticos, el sujeto de la investigación tendrá que preguntarse si en efecto, por ejemplo, el reciclaje es una solución que debe incluirse en todas las soluciones a los problemas ambientales o si se trata de una idea que debe tomarse con el espíritu escéptico que recomienda Descartes.

Edward de Bono explica en su célebre libro sobre el pensamiento lateral⁴³ que el cerebro humano, por regla general, busca dar solución a los problemas, de manera vertical, con una racionalidad que mezcla la lógica con las ideas aprendidas, pero que en muchos casos lo que se requiere son perspectivas diferentes a las que sugiere la lógica y las ideas que damos por válidas, incluso para plantear los problemas de manera diferente, o para percibir nuevas situaciones. Los planteamientos del pensamiento lateral suelen resultar extraños y absurdos para el pensamiento de la persona porque evaden la verticalidad de la realidad aprendida.

No existe persona exenta de este riesgo. Desde que nace, viene al mundo en un contexto cultural e histórico específico que lo determina. Es mediante la reflexión y el estudio que la persona puede aspirar a cierto grado de autenticidad. Es posible percibir en las personas rasgos de su historia personal en su forma de hablar, en su religión, en su trato con los demás, en su grado de compromiso, etcétera. El investigador enfrenta el reto de asumir el rol de sujeto de la investigación, consciente de sus limitaciones como persona.

Investigar: Diferencias entre la persona y el sujeto de la investigación.

Presentación de resultados: Debatir y llegar a consensos.

⁴² V. Althusser, 1988: passim.

⁴³ V. De Bono, 1968: passim.





3.1.1 Cualidades intelectuales

Por lo anterior, es deseable que la persona, en tanto sujeto de la investigación desarrolle y cultive las siguientes cualidades intelectuales:

1. **Capacidad para reconocer sus prejuicios personales.** En todos los tiempos han existido connotados científicos profundamente religiosos, o no religiosos pero sí defensores de la existencia de una entidad superior (Descartes era uno de ellos). Sin embargo, fueron capaces de desarrollar sus trabajos científicos evitando que sus prejuicios o sus creencias religiosas definieran el rumbo de sus investigaciones y sus resultados; y resistiéndose a las críticas y juicios de las autoridades religiosas de su tiempo. El riesgo es caer en la pseudociencia o en una ciencia esclava de la ideología. En la pseudociencia se cuela el pensamiento mágico (astrología, la alquimia, etcétera); en tanto que han existido teorías que en apariencia son razonables pero son evidencia de que los prejuicios de la persona se imponen. En este último caso, podemos mencionar a la eugenesia, teoría desarrollada en el siglo XIX por Francis Galton que propuso, apoyado en la teoría evolucionista de Darwin, la selección artificial y dirigida de los seres humanos para mejorar la raza; entre otras cosas, promovía la idea de favorecer la reproducción de nobles y ricos por haber demostrado su superioridad, y por otra parte inhibir la reproducción de seres humanos con características inferiores. En el siglo XX, estas ideas fueron aplicadas por los nazis (no sólo ellos), quienes apoyados en la convicción (léase “prejuicio”) de que la raza aria es superior transformaron esas ideas en prácticas de “limpieza étnica” y esterilización de “personas inferiores”. Lo deseable es que la persona y el sujeto coincidan, en la medida de lo posible.
2. **Curiosidad intelectual.** Como lo expresó Aristóteles, una de las principales características del filósofo o del científico es su capacidad de admirarse de los fenómenos que no entiende. Sólo se puede hacer investigación si realmente existe el interés intelectual de conocer, entender y desentrañar las causas de las cosas, incluso aquellas que se dan por conocidas y entendidas. La curiosidad intelectual no se conforma con las explicaciones aceptadas: ¿por qué se cae la manzana? “...pues porque está madura”, contestaría cualquier pastorcillo y quedaría más que satisfecho, pero la curiosidad científica no, porque





es capaz de extrañarse de lo ordinario y de lo obvio. Es capaz de percibir lo evidente como extraordinario.

3. **Capacidad de razonamiento lógico.** El estudio de la lógica permite distinguir los razonamientos correctos de los incorrectos y permite identificar los vicios del pensamiento. La sola lógica, en cuanto ciencia formal, no da conocimiento sobre el mundo, pero le impone al razonamiento una disciplina que lo salva de la racionalidad del sentido común. No es de extrañar que para los griegos fuese una materia fundamental en la formación de los niños y jóvenes ya que permite la construcción de razonamientos válidos, lo que es de vital importancia en el trabajo de investigación, el que, en su nivel más avanzado, trata de encontrar relaciones de causalidad entre los fenómenos.
4. **Capacidad de razonamiento lateral.** Es muy ventajoso que un investigador sea capaz de plantear los fenómenos que estudia desde perspectivas frescas y novedosas, y que sea lo suficientemente perspicaz como para cuestionar los planteamientos tradicionales. Lo característico del pensamiento lateral, también llamado “divergente”, es que fomenta la creatividad y el ingenio intelectual como medios para percibir los problemas de manera diferente y encontrar así soluciones nuevas.
5. **Capacidad de compromiso y ética profesional.** El investigador debe ser motivado por un interés creativo inherente a su persona,⁴⁴ que lo impulse a buscar que sus trabajos de investigación y desarrollo:
 - a. mejoren la calidad de vida de la sociedad,
 - b. respeten los derechos intelectuales de terceros,
 - c. respeten los méritos de las generaciones pasadas, y
 - d. protejan los derechos de las generaciones futuras.

⁴⁴ Abraham Maslow explica en su trabajo sobre la motivación humana que las necesidades superiores emergen como efecto de otras más básicas, sin embargo, afirma que existen personas creativas con un impulso creativo, aparentemente innato, que parece ser más importante que la satisfacción de cualquier otra necesidad básica. (“There are other, apparently innately creative people in whom the drive to creativeness seems to be more important than any other counter-determinant.” V. Maslow 1943: 387.) Tampoco se trata de fomentar el aumento de mártires, se trata de que la persona debe ser lo suficientemente honesta para aceptar y reconocer sus propias capacidades. Por otra parte, en el mundo actual, los creativos suelen ser más exitosos.





Investigar: Reflexionar por equipos sobre las cualidades intelectuales del sujeto investigador.

Presentación de resultados: Debatir y llegar a consensos.

3.2 Técnicas, recursos y procedimientos

Una vez que el investigador ha elaborado su proyecto de investigación es deseable que le haya quedado suficientemente claro el tema y sus límites, así como los objetivos y las hipótesis, elementos centrales para el trabajo técnico-metodológico.

El planteamiento de las hipótesis permite identificar relaciones de causalidad entre los fenómenos y con ello la posibilidad de establecer constructos teóricos que los expliquen.

Es decir, el investigador elabora un constructo explicativo del fenómeno que estudia, de manera tal que, algún fenómeno (variable independiente) condiciona el comportamiento de otro (variable dependiente), lo que puede ser influido por la presencia de otro más (variable intercurrente o interviniente).⁴⁵

Por ejemplo, observamos que la aplicación de calor (variable independiente) provoca el fenómeno de la ebullición del agua (variable dependiente), pero que también influye la presión atmosférica (variable interviniente). De manera que el agua hierve a 100 °C a nivel del mar pero ese punto de ebullición disminuye a menor presión atmosférica (*i.e.*, a mayor altura, en una montaña, el agua puede hervir a 95 °C ó 96 °C o menos, dependiendo de la altura) y aumenta a mayor presión (en una olla Express el punto de ebullición puede aumentar a 120 °C ó 130 °C, por lo que los alimentos se cuecen más rápido).

Ahora, dependiendo del tipo de investigación, existen diversos instrumentos de investigación⁴⁶ que hacen posible la observación, recopilación, medición y validación de información y datos relacionados con las hipótesis. Revisaremos en este capítulo los casos del cuestionario, la entrevista y otros instrumentos y recursos.

Investigar: Investigar un tema.

⁴⁵ Cfr: Rojas Soriano, 2008: 170ss.

⁴⁶ Cfr: Rojas Soriano, 2008: 198.





Presentación de resultados: Exponer la operacionalización de hipótesis.

3.2.1 Cuestionario

Un cuestionario es un conjunto de preguntas que generalmente son aplicadas a un número determinado de informantes (muestra representativa) por medio de una encuesta. La diferencia entre el cuestionario y la encuesta es que el primero es una lista de preguntas, en tanto que la segunda es un procedimiento metodológico.

Las preguntas de un cuestionario pueden clasificarse, en cuanto a su forma, en cerradas y abiertas; y en cuanto a su contenido, en preguntas de opinión, de actitudes y de hechos.

Las preguntas cerradas ofrecen las posibles respuestas, que pueden ser preguntas del tipo sí/no, o preguntas que ofrecen una gama o escala como respuestas posibles.

Las abiertas no dan ninguna respuesta predeterminada, por lo que suelen ir seguidas de un espacio o líneas para que el informante escriba la respuesta.

La pregunta:

¿Confía usted en los políticos?

___ Mucho

___ Poco

___ Nada

Es, en cuanto a su forma, una pregunta cerrada puesto que ofrece tres y sólo tres posibles respuestas.

En cambio:

¿Confía usted en los políticos?

Es una pregunta abierta al sentir, la creatividad y la imaginación del informante.

Una pregunta del tipo:

¿Confía usted en los políticos?





Sí ____ No ____

¿Por qué? _____

Es, en cuanto a su forma, una pregunta híbrida ya que, en un primer momento ofrece sólo dos posibles respuestas, a partir de las cuales se abre a cualquier posibilidad de explicación del informante.

En cuanto a su contenido, una pregunta puede explorar las opiniones, es decir las creencias de los informantes. Son preguntas de opinión las siguientes:

1. ¿Qué opina usted del *Internet*?
2. ¿En su opinión, es la basura un problema en su ciudad?
3. ¿Son los autos híbridos una solución viable al problema de la contaminación?

Las preguntas de actitud exploran los estados de ánimo de los informantes sobre temas o situaciones determinadas, ejemplos:

1. Las elecciones presidenciales costaron 12,500 millones de pesos, esto le hace sentir:
 - a. Feliz.
 - b. Enojado.
 - c. Indiferente.
 - d. Confiado.
 - e. Preocupado.
2. El incremento de los índices de criminalidad en el país le provocan:
 - a. Temor.
 - b. Indiferencia.
 - c. Preocupación.

También es posible que algunas preguntas indaguen sobre hechos, ejemplo:

1. ¿Fue usted a votar en las pasadas elecciones?
2. ¿Cuántas personas conocidas directamente por usted han sido víctimas de algún tipo de delito?





O pueden también tratar de explorar los conocimientos del informante:

1. ¿Sabía usted que las elecciones presidenciales costaron 12,500 millones de pesos?
2. ¿Cuál es el nombre del diputado federal de su distrito?

Sin embargo, ninguna pregunta de ningún cuestionario tiene sentido o valor para una investigación si no deriva de la operacionalización de las hipótesis. Debe tomarse en cuenta, como se ha mencionado, que el cuestionario es una lista de preguntas y que la encuesta es un procedimiento metodológico.

Para un propósito dado, el investigador diseñará y aplicará una encuesta, para ello elaborará un cuestionario que explore las características de interés que le permitirán verificar sus hipótesis; paso siguiente, el investigador definirá un universo de estudio (los ingenieros que desarrollan su actividad profesional en la ciudad, por ejemplo) y delimitará un subconjunto de informantes por medio de una técnica de muestreo que le garantice que la muestra obtenida es representativa del universo, por lo que podrá aplicar las herramientas de la estadística inferencial y atribuir a todo el universo las características encontradas en la muestra, con un cierto margen de error.

Nótese que se trata de una sola encuesta, con un único cuestionario (con 20 preguntas, por ejemplo) que se aplica a una muestra de, por ejemplo, 50 informantes. En este caso, es incorrecto decir que se aplicaron 50 encuestas.

Pongamos por ejemplo que tratamos de investigar sobre la actividad profesional de los ingenieros en la ciudad. Si vivimos en una región densamente industrializada podemos elaborar la hipótesis de que los ingenieros o trabajan para alguna empresa en un área afín a su formación académica, o bien se han desarrollado ellos mismos como empresarios o proveedores de bienes o servicios industriales. Esperaríamos que hubiera pocos ingenieros trabajando en áreas no relacionadas con su campo de estudio, así como muy pocos desempleados.

Nos puede interesar, también, el estatus socioeconómico que tienen los ingenieros, a partir de indicadores tales como la zona habitacional en la que viven, el tipo de casa que poseen, el número de autos que tienen, su ingreso mensual, etcétera. En este sentido podemos elaborar la hipótesis de que, al ser una profesión directamente relacionada con la producción de bienes y servicios deben estar bien remunerados y vivir





en condiciones decorosas. Esperaríamos muy pocos ingenieros viviendo en los márgenes de la pobreza.

Otro aspecto que nos puede interesar de los ingenieros es cuál de las diferentes carreras es más solicitada y mejor pagada en la ciudad y sus alrededores, por lo que supondremos que si la industria automotriz destaca en la región entonces sean más solicitados los ingenieros automotrices, mecánicos, eléctricos o industriales.

Nos interesa también saber sobre las actitudes de los ingenieros sobre su propia profesión, por lo que exploraremos también ese aspecto. Esperamos que la mayoría de los ingenieros se sientan satisfechos con su carrera y logros personales.

Nótese cómo este breve planteamiento nos lleva a identificar hipótesis del tipo:

$p \rightarrow q$

si es ingeniero \rightarrow tiene buen nivel de ingreso

si es ingeniero \rightarrow está satisfecho con sus logros profesionales

si es ingeniero \rightarrow es poco probable que esté desempleado

si la zona es industrial \rightarrow ...

De manera que las características de interés que deben ser tomadas en cuenta para la elaboración del cuestionario son, entre otras:

- ocupación
- nivel socioeconómico
- carrera más solicitada
- actitudes respecto de sus logros profesionales

Si tomamos en consideración que serán encuestados 50 informantes, por medio de un cuestionario que incluye 20 preguntas, entenderemos que las preguntas cerradas nos facilitarán el conteo y tratamiento estadístico de los datos, pero corremos el riesgo de que si están mal diseñadas la información que obtengamos puede tener un valor pobre. Por otra parte, si nuestro cuestionario contiene un gran número de preguntas abiertas tendremos el problema metodológico de interpretar la información y de hacer inferencias estadísticas. De cualquier manera, debe aprovecharse el potencial cuantitativo del cuestionario para lo cual debe asegurarse que





cada pregunta proveerá información relevante para el tema y las hipótesis y podrá ser computada.

Investigar: *Cuestionario, encuesta, muestreo, características de interés.*

Presentación de resultados: *Elaborar y presentar un cuestionario que se desprenda de un tema y la operacionalización de las hipótesis.*

3.2.2 Entrevista

La entrevista es un diálogo acordado entre el entrevistador y el o los entrevistados que tiene el propósito de obtener información relevante para un fin determinado. La entrevista puede ser estructurada, semiestructurada o abierta. En la estructurada, el investigador se limita a una guía específica de preguntas; en la semiestructurada, el entrevistador cuenta con una guía de temas y preguntas, pero tiene la libertad de introducir otros temas o de hacer otras preguntas que aclaren o extiendan lo dicho por el entrevistado; en la abierta, el entrevistador tiene una guía general de los temas a tratar y tiene la libertad de elaborar las preguntas en la forma y orden que le parezcan más adecuados.⁴⁷

Una entrevista puede realizarse con uno o varios expertos en un tema, en este caso se espera obtener información especializada y autorizada de gran valor. Este tipo de entrevista lo vemos todos los días por televisión, en ella el entrevistador cuestiona a los expertos para poner al alcance del público información privilegiada. Nótese que en la medida que esas entrevistas sean abiertas son más confiables puesto que no existe una lista preestablecida de preguntas.

Por otra parte, el entrevistador puede realizar la entrevista con una o varias personas no expertas en ningún tema en especial, pero que poseen información vivencial que puede ser útil para una investigación. En este caso, la entrevista puede ser útil al inicio de una exploración de campo, cuando no se tiene aún información suficiente como para elaborar un cuestionario confiable. Piénsese, por ejemplo, en la investigación sobre la actividad de los ingenieros en la ciudad, en esa investigación sería conveniente que el sujeto realizara una breve serie de entrevistas piloto

⁴⁷ Cfr. Hernández Sampieri *et al*, 2006: 597.





con algunos ingenieros de la ciudad, lo que le daría líneas de posibles preguntas relevantes para el cuestionario que aplicaría posteriormente en la encuesta.

Podría, también, realizar una serie de entrevistas de cierre del trabajo de campo, es decir, posteriores a la realización de la encuesta, con el propósito de profundizar en los temas que arrojaron la información más interesante para la investigación, o incluso para aclarar el significado de algunos datos. Podría darse el caso de que, por ejemplo, pocos ingenieros son contratados en áreas afines a su formación académica y que realizan más actividades administrativas en las empresas. Una serie de entrevistas podría aclarar cuáles son las razones, la encuesta no. Por ello la entrevista tiene un valor más cualitativo que cuantitativo, pero ambos, el cuestionario y la entrevista, son instrumentos de investigación que bien planeados y desarrollados son complementarios.

Nótese que para la realización de la entrevista y de la encuesta se requieren habilidades específicas. El encuestador tiene en sus manos una o varias hojas de papel con instrucciones precisas para su llenado; las preguntas están escritas y las posibles respuestas lo están en la mayoría de los casos. Por lo que para aplicar una encuesta se requiere sobre todo cortesía y respeto hacia los informantes. Se requiere también la habilidad para determinar si un informante potencial se adapta a los requerimientos técnicos del muestreo (edad, sexo, nivel educativo, zona de encuentro, etcétera).

Por otra parte, el entrevistador debe ser lo suficientemente hábil para identificar líneas de información que se desprendan de las respuestas del entrevistado y elaborar las preguntas relevantes sobre la marcha. Debe, también, ser capaz de establecer una relación de empatía con el entrevistado, es decir, ser capaz de proyectar un entendimiento de la situación que vive y reporta. En este sentido, es de vital importancia la postura corporal, los movimientos, gestos y respiración del entrevistador, el ritmo que impone a la conversación, el volumen de su voz, así como el manejo de un contacto visual respetuoso con su interlocutor. Algunos autores⁴⁸ hablan de la importancia de establecer esas condiciones, previa la entrevista, a lo que se refieren como establecer el “*rapport*”,⁴⁹ es decir, una buena relación entre el entrevistador y el entrevistado. Aunque en sentido estricto son dos cosas diferentes, la empatía y el *rapport*, ya que

⁴⁸ V. Haley 1993.

⁴⁹ La palabra inglesa “*rapport*” se traduce al español como “buena relación, entendimiento”.





es posible que una persona sea capaz de ser empática con otros al tiempo que sea incapaz de establecer un clima de *rappor*t; por otra parte, un auténtico *rappor*t no se logra sin la capacidad de empatía.

Actividad: Diseñar y realizar una entrevista. Reflexionar en grupo y llegar a consensos.

3.2.3 Otros

Existen otros recursos metodológicos que el investigador puede utilizar si se adaptan a los requerimientos de su proyecto. Revisaremos aquí la entrevista participativa o dialógica, la historia de vida y el sociodrama.⁵⁰

Entrevista participativa o dialógica. Recordemos que en la entrevista que podemos llamar “clásica”, el entrevistador tiene un rol de dirección y el entrevistado es más bien pasivo en el sentido de que no elabora preguntas al entrevistador. En el caso de la entrevista dialógica se establece una dinámica interactiva. El entrevistador expone al entrevistado el tema, objetivos e hipótesis de la investigación y lo invita a que participe activamente, de manera que el entrevistado puede también hacer preguntas y finalmente se establece un diálogo entre ambas partes. El entrevistado, en su calidad de miembro de un grupo que es estudiado por el investigador, es capaz de entender la importancia de su participación y de aportar opiniones que resulten benéficas para la comunidad a la que pertenece. El entrevistado toma entonces una actitud activa, ya que puede cuestionar al entrevistador sobre sus objetivos y sus métodos, y puede aportar puntos de vista que perfilen mejor el trabajo del investigador.

Piénsese, por ejemplo, en la investigación sobre la actividad profesional de los ingenieros en la ciudad, el investigador mostraría a un ingeniero el esquema de su investigación y sus hipótesis generales. Poco a poco, conforme avance la conversación, los objetivos de la investigación pueden ser mucho mejor enfocados e incluso pueden replantearse algunas de las hipótesis.

Historia de vida. La realización de la técnica de historia de vida toma por lo regular varias sesiones, que se pueden extender por semanas o meses

⁵⁰ Cfr: Rojas Soriano, 2008: 257ss.





si es el caso. Tiene el propósito de reconstruir la vida del entrevistado, o fragmentos de ella, con el propósito de obtener información vivencial que coadyuve a explicar la función o funciones actuales del informante. La historia de vida (la información obtenida en las sesiones de entrevista) puede registrarse en un cuaderno de notas, en audio o en video. Las historias de vida pueden resultar muy atractivas y llamar la atención sobre la relevancia de estudiar algunos temas que de otra manera pueden ser percibidos como irrelevantes. Piénsese, por ejemplo, en el desbordamiento de la criminalidad y la violencia en el país; nos enteramos que se aumenta el presupuesto para armar mejor al ejército y a las policías, así como para contratar a más elementos; pero no sabemos mucho de si se destina presupuesto para investigar sobre las causas del fenómeno. Es decir, las medidas que toma el gobierno atacan los síntomas del problema pero no las causas de fondo. La historia de vida de criminales aprendidos podría servir para entender las causas del fenómeno, no es ni lejanamente la solución, pero aportaría información relevante para establecer líneas de investigación. Claro que hacer investigación científica no es tan espectacular como hacer la guerra.

Sociodrama. La técnica del sociodrama consiste en plantear a un grupo de personas una situación o problema hipotético que los afecta o involucra de alguna manera y asignar a cada persona, en lo individual, un rol específico para que lo represente, en interacción con los otros miembros del grupo (cada uno con su rol específico), como lo haría en la vida real. El sociodrama sirve para plantear o revisar la validez de hipótesis relacionadas con las actitudes, las respuestas y las reacciones de las personas en situaciones de la vida real.

Existe una modalidad extrema de sociodrama en la que el investigador hace creer a un grupo que la situación planteada es real, sólo él y quizá un equipo de asistentes saben que la situación no lo es. El grupo actúa entonces con la creencia de que la situación sucede y los afecta. En este tipo de sociodrama, denominado “sociodrama real”, las personas asumen automáticamente el rol que desempeñarían en la situación real, por lo que la técnica revela información válida sobre el comportamiento de las personas en situaciones reales. Sin embargo, este tipo de sociodrama debe realizarse sólo por expertos, en rigurosas condiciones de control y seguridad, no hacerlo así puede resultar en daños y agravios para las personas. Realizarlo sin la preparación profesional es irresponsable y no es ético.





Actividad: Diseñar y realizar una entrevista participativa, una historia de vida y un sociodrama.

3.3 El problema como inicio del proceso de investigación

De manera figurada o real, el ser humano se encuentra en un camino o trayectoria de un punto de inicio a otro al que aspira llegar. Cuando algo se atraviesa en su camino y le impide seguir adelante para conseguir sus objetivos lo denomina “problema”. De hecho, la palabra “problema” proviene del verbo griego *ballein*, arrojar, al que se antepone el prefijo *pro*, delante de. El problema es entonces algo que se presenta delante de nosotros, en el camino y nos impide llegar a nuestro destino o, por lo menos, impone condiciones que cambian nuestras expectativas en un sentido negativo.

En el §2.4 se ha explicado que la delimitación del tema debe incluir, entre otros aspectos, el o los problemas que el investigador abordará, especificando su naturaleza teórica, tecnológica o económica. Uno de los primeros asuntos que el investigador debe resolver, entonces, es la problematización de la realidad que pretende estudiar. No se trata sólo de señalar los problemas, se trata de diseñarlos en función de un paradigma científico o un cuerpo teórico, argumentando por qué los hechos o circunstancias que se presentan como problemas impiden el sano desarrollo de una cuestión o un proceso. El problema, por lo tanto, debe ser elaborado en términos científicos, así como los efectos que tendría no resolverlos. Los resultados de la investigación deben aportar elementos, parciales o totales, para la solución del o los problemas planteados.

Los problemas no están dados necesariamente de manera evidente o de antemano en la naturaleza o en la sociedad, en ellas existen diversas condiciones que en algún momento, por una razón o por otra, se presentan como problemas. Tómese, por ejemplo, el asunto de la vialidad en las calles de su ciudad. Quizá 50 años atrás los vehículos podían trasladarse sin mayores contratiempos de su origen a su destino, pero hoy en día no. El aumento en el número de vehículos circulantes y el hecho de que las calles conserven su trazo original provoca la saturación de la circulación, convirtiéndose para los conductores en un problema de vialidad. En este caso, ingenieros y arquitectos urbanistas plantean el problema en términos metodológicos usando términos técnicos como “parque vehicular”, “den-





sidad del parque vehicular”, “horas pico”, etcétera y exploran los costos y alcances de las posibles soluciones, así como sus efectos colaterales.

En algunos casos un problema, como se ha explicado en §2.1, puede ser planteado en términos de la ciencia estándar o el paradigma, en otros no. En el primer caso nos referimos al estado de ciencia normal, en el segundo se trata de una anomalía. Pero en ambos casos es imprescindible el conocimiento del estado del arte.

Debe precisarse, también, el tipo de impacto (teórico, tecnológico, social o económico) que un problema provoca de no encontrarse una solución. Tomemos por ejemplo el caso de la pandemia provocada por el virus de la influenza AH1N1. Se trató, en un primer momento, de un problema de salud con un impacto teórico: no se sabía a qué atribuir los síntomas de los infectados; fue y sigue siendo un problema que demanda una solución tecnológica: el desarrollo de una vacuna, su distribución y su aplicación a todos los seres humanos; se trata de un grave problema social puesto que de alcanzar altos niveles de virulencia el virus puede matar a gran parte de la humanidad; y ha tenido un enorme impacto económico al abatirse la actividad económica y con ello el cierre de empresas y el recorte de personal. No sería extraño que los gobiernos de algunos países hayan planteado otro tipo de impactos negativos del problema como de seguridad nacional, gobernabilidad, movimientos migratorios de pánico, etcétera.

Los problemas no tienen que ser tan espectaculares, puede tratarse de cuestiones mínimas que busquen hacer la vida más ligera, placentera y cómoda, como darse cuenta de que las personas tienen el problema de dónde colocar su celular cuando manejan y alguien desarrolla una solución práctica. O puede tratarse de problemas complejos que han resultado de malas soluciones que han provocado más males que bienes, como el amplio uso de los clorofluorocarbonos en la segunda mitad del siglo pasado que han afectado seriamente la capa de ozono del planeta.

Actividad: *Por equipos, identificar un tema y proponer un esquema de problemas y soluciones. Reflexionar. Llegar a consensos.*







CAPÍTULO 4

Factores de validación de una investigación

4.1 Relevancia

A propósito del concepto de “relevancia” es necesario hacer una breve reflexión semántica. Primero, como hablantes del español, tomamos el significado de “relevante” como sinónimo de “sobresaliente”, “destacado” o “importante”.⁵¹ Entonces, decimos que una persona o un tema son muy relevantes cuando queremos decir que son sobresalientes o importantes, aunque las razones para adjudicarles esos adjetivos sean superfluas o subjetivas.

El sentido de la palabra “relevante” que nos interesa en la metodología científica es el que tiene en el idioma inglés, en el cual el adjetivo “*relevant*” se usa para decir que algo está íntimamente conectado con lo que está sucediendo, se está discutiendo, se está haciendo, etcétera.⁵² De hecho, la manera más acertada de traducir “*relevant*” al español en un trabajo científico es con la palabra “pertinente”, la cual se define como “perteneciente o correspondiente a algo” o “que viene a propósito”.⁵³ De manera que es preferible utilizar en español la palabra “pertinente” en un trabajo de investigación, o utilizar el término “relevante” conscientes de que el sentido que viene al caso es el de la palabra “pertinente”.

Diremos, entonces, que algo es pertinente o relevante, en términos científicos o metodológicos, si tiene relación cercana con alguno de los

⁵¹ Cfr. RAE.

⁵² “(closely) connected with what is happening, being discussed, done, etc.” Apud Hornby 1974.

⁵³ Cfr. RAE.





aspectos del proyecto de investigación, y de una manera más amplia si confirma o modifica las teorías y paradigmas vigentes.

El propio proyecto de investigación debe ser pertinente o relevante ya sea teórica, tecnológica, social o económicamente. Un proyecto es pertinente teóricamente si aumenta el poder explicativo de la ciencia; es pertinente tecnológicamente si sus resultados permitirán hacer mejor las cosas o hacer otras que antes no se podían hacer con el estado de la tecnología; lo es socialmente si sus resultados mejoran las condiciones de vida de la sociedad; tiene relevancia económica si sus aplicaciones pueden influir en hacer más eficientes los procesos o los mejoran, lo que puede representar un ahorro o una ventaja competitiva para las empresas.

Lo que es pertinente provoca una diferencia. Lo que no hace una diferencia metodológica, teórica, tecnológica, social o económica no tiene relevancia, no es pertinente. Nótese que para la ciencia lo pertinente es lo que importa; no al revés. Un investigador no puede argumentar que un tema o proyecto de investigación debe hacerse porque él lo considera importante, no es suficiente, debe mostrar por qué es pertinente.

Actividad: Discutir y llegar a consensos.

4.2 Factibilidad

Un proyecto es factible o viable si existen las condiciones necesarias para la realización de las investigaciones documentales, experimentales o los desarrollos tecnológicos o empresariales que plantea.

En algunos casos, el conocimiento forma parte del capital intelectual privado de las empresas⁵⁴ (patentes) por lo que el investigador no podrá, quizá, consultar los documentos que contienen ese conocimiento, pero lo que sí es seguro es que sólo podrá aplicarlo en sus nuevos diseños si cuenta con los permisos legales correspondientes, a riesgo de cometer plagio. En esas circunstancias, un investigador puede darse cuenta que el costo legal de sus investigaciones puede superar en mucho al beneficio esperado.

En términos más mundanos, un proyecto es factible si el investigador podrá tener acceso a los recursos humanos (técnicos en las diversas áreas pertinentes), tecnológicos (aparatos, instrumentos, procesos, procedi-

⁵⁴ V. Link & Ruhm 2009.





mientos, materiales, sustancias, reactivos), conocimientos (públicos y privados), servicios de laboratorios (pruebas de resistencia, análisis especializados), servicios de empresas (maquila de partes) que finalmente se traducen en un costo financiero.

Por ello, es común en las instituciones universitarias el trabajo multidisciplinario, interdepartamental y, en ocasiones, interinstitucional, para aprovechar los recursos humanos, instalaciones, equipos y experiencia; de otra forma, muchas investigaciones serían inviables.

Por las mismas razones, muchas empresas optan por patentar el conocimiento que producen por los altos costos de las investigaciones realizadas, aunque hay otros factores relacionados, como en el caso de la industria farmacéutica que hoy en día tiene mucho más personal en el área de *marketing* que en la de investigación y desarrollo (el caso de las grandes farmacéuticas de Estados Unidos), lo que encarece los productos y las patentes.

Algo que contribuye a facilitar la factibilidad de un proyecto es que defina claramente sus alcances, es decir, sus objetivos, resultados y productos. No es prudente pretender que un proyecto de investigación tendrá todos los tipos de resultado que se presentan en la figura No. 1, en todo caso, si el proyecto es ambicioso, debe definir muy bien sus etapas y sus resultados, para que, llegado el momento de su seguimiento y evaluación, sus resultados no se muestren rezagados respecto de sus objetivos.

La claridad del proyecto no significa rigidez. El proyecto es una guía que expone racionalmente lo que sucederá en las etapas subsecuentes en caso de que se obtengan tales o cuales resultados. Por ejemplo, en la investigación documental se puede encontrar que el proyecto no es viable porque existe un impedimento legal o ambiental para seguir por esa línea, o que, por las condiciones económicas las empresas beneficiadas han decidido mantener una tecnología que ya tienen y conocen porque una nueva, aunque pruebe ser mejor y más eficiente, está por el momento fuera de su alcance financiero, además de que pueden estimar que no existen las condiciones de mercado para elevar su productividad o el precio de los bienes o servicios que producen y ofrecen.

También debemos recordar que las ingenierías buscan aplicar el conocimiento para desarrollar soluciones prácticas, o bien para desarrollar nuevos productos y servicios o mejorarlos, por lo que es de esperarse que los proyectos de investigación se vinculen en algún punto con las necesidades humanas en el sentido más amplio (industriales, empresariales, tecnológicas, médicas, etcétera), visto de esa manera, lo planteado en



un proyecto puede ser factible metodológicamente pero inviable legal o económicamente. Por eso es tan importante la investigación documental y el conocimiento del entorno a través de métodos confiables como las encuestas y las entrevistas. El investigador no debe confiar demasiado en sus propias percepciones (primera regla del método de Descartes) del entorno, debe tratar de identificar necesidades relevantes o pertinentes del entorno (o teóricas), con ello podrá asegurar la factibilidad y la viabilidad de su proyecto.

Actividad: Discutir y llegar a consensos.

4.3 Valor teórico

Para cualquier proyecto de investigación es posible estimar el valor teórico que sus planteamientos y resultados pueden tener. Por razones meramente operativas, nos referiremos en este apartado a los niveles de valor teórico aceptable, contribución teórica, investigación extraordinaria y serendipia.

Valor teórico aceptable. El nivel mínimo aceptable es que la investigación esté, por lo menos, bien estructurada teórica y metodológicamente. En términos de Bunge, un paradigma científico ofrece modelos de preguntas y soluciones; en esa perspectiva, un proyecto de investigación debe, en lo que respecta a su planteamiento teórico, por lo menos exponer el estado del arte relevante al tema, pero sobre todo, hacer los planteamientos del problema, hipótesis y experimentos, tomando en consideración lo realizado por otros investigadores sobre el mismo tema, señalando lo que ya se ha hecho y lo que no. De esa manera será posible determinar el valor teórico del planteamiento de sus hipótesis y del diseño de sus experimentos. En este nivel de valor teórico, la investigación se realiza en el ámbito de la ciencia normal, dice Bunge: "... 'ciencia normal' significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior."⁵⁵

Una investigación, por lo tanto, no tendría ningún valor teórico si no explica qué se ha hecho con anterioridad y cuál es la racionalidad que

⁵⁵ Kuhn, 1971: 33.



respalda el planteamiento de sus hipótesis y sus experimentos. Sería tanto como entrar a cualquier laboratorio y empezar a mezclar soluciones al azar.

Contribución o aportación teórica. Un planteamiento teórico aceptable puede dar como resultado una mejor comprensión teórica de la realidad estudiada, al agregar elementos nuevos en la teoría (conceptos, métodos, parámetros, leyes, registro de nuevos fenómenos, etcétera,) o al sistematizar el conocimiento de una manera que permita planteamientos y soluciones más sencillas (recuérdese la navaja de Occam).

En 1935, Charles Richter y Beno Gutenberg desarrollaron una escala arbitraria para medir la intensidad de los sismos, la escala no permite la predicción de nuevos sismos pero es de gran utilidad ya que a partir de entonces fue posible elaborar registros mundiales de los movimientos telúricos y sus intensidades con base en una sola escala.

Una aportación teórica importante fue la que hizo el ruso Dimitri Mendeleiev en 1869 al ordenar los 64 elementos químicos conocidos hasta entonces; Mendeleiev ordenó los elementos en función de su masa atómica y situó en columnas a aquellos que consideraba tenían algo en común. Al ordenar de esa manera los elementos químicos conocidos se vio en la necesidad de dejar huecos que hipotéticamente pertenecían a elementos por descubrir. A 140 años de distancia, el 26 de junio de 2009, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada,⁵⁶ reconoció oficialmente en su página *web* la existencia del elemento 112, el más pesado de la tabla periódica, descubierto por un equipo de investigadores dirigido por el profesor Siugurd Hofmann.

Investigación extraordinaria. La ciencia normal entra en crisis cuando aparece una anomalía o serie de anomalías, es decir, fenómenos que el paradigma y sus teorías vigentes no pueden plantear ni resolver adecuadamente. Puede tratarse, por ejemplo, de un nuevo virus que pone en jaque a la comunidad científica que no logra descifrar su comportamiento ni la manera de neutralizarlo con el conocimiento vigente. Se ponen en marcha entonces investigaciones extraordinarias que buscan entender el nuevo fenómeno y desarrollar las soluciones necesarias, es decir, dar solución a la anomalía, lo que traerá consigo un entendimiento teórico más

⁵⁶ V. IUPAC.



profundo, pero además, el tratamiento “normal” de fenómenos parecidos a la anomalía que detonó las investigaciones extraordinarias.⁵⁷

La ciencia normal entra también en crisis cuando la validez del paradigma está en función, a su vez, de la validez de alguno o algunos de sus supuestos fundamentales; por ello, las investigaciones centrales que se realizan en el CERN son de carácter extraordinario.

Serendipia. Se denomina “serendipia” a un hallazgo científico inesperado, no buscado, resultado de la casualidad, alguna coincidencia, algún accidente o la buena o mala suerte del investigador.

El material conocido como “celuloide” fue desarrollado por John Wesley Hyatt hacia el final de siglo XIX, quien al tratar de hacer una mezcla con diversos materiales que sirviera para elaborar bolas de billar (que solían hacerse con marfil) se cortó un dedo y al manipular su botiquín derramó un frasco de colodión el cual dejó una capa de nitrocelulosa; al observar el fenómeno, trató de utilizarlo como pegamento de la mezcla de materiales que preparaba para hacer las bolas de billar y obtuvo el celuloide. Unos veinte años después, Aníbal Winston Goodwin utilizaría el celuloide como soporte para película fotográfica, lo que detonó el desarrollo de la fotografía y más tarde del cine.

En 1896, Henri Becquerel, quien estudiaba los fenómenos de la fluorescencia y la fosforescencia, observó que una placa fotográfica envuelta en papel negro, sobre la cual había colocado un material que contenía uranio, se había velado sin haber sido expuesta al sol, se explicó el fenómeno suponiendo que el material que contenía el uranio emitía una fuerte radiación, más tarde, Marie Curie llamaría al fenómeno “radiactividad”, pero fue descubierto por Becquerel de manera casual.

Es famosa la anécdota de Arquímedes que narra cómo al acomodarse en su tina de baño de pronto se aclaró en su mente que un cuerpo que se sumerge en un fluido es empujado con una fuerza ascendente igual al peso del volumen desplazado por el objeto, fenómeno que se conoce como “principio de Arquímedes”. Se dice que fue tanta la euforia que esto le causó, que saltó de la tina y salió corriendo de su casa gritando “¡Eureka!”, que significa en español “¡Lo he encontrado!”

Actividad: *Discutir y llegar a consensos.*

⁵⁷ Cfr. Kuhn, 1971: 112ss.



4.4 Implicaciones prácticas

Llamamos a una persona “práctica” cuando sus decisiones y acciones están relacionadas con su realidad y busca, por lo general, que los resultados de su pensamiento y su acción tengan alguna utilidad.⁵⁸ Sin embargo, es importante matizar el asunto. No es correcto pensar que lo que no es práctico no sirve o se debe desechar o, por el contrario, suponer que sólo se debe apoyar lo que busca una utilidad práctica inmediata.

La investigación básica no busca ninguna aplicación práctica ni resolver ningún problema de la vida real y es, sin embargo, fundamental para el entendimiento científico de las cosas. Típicamente, la astronomía, la física y la química realizan investigación básica (aunque hay astrónomos, físicos y químicos haciendo investigación aplicada); por otra parte, las investigaciones en ingeniería son típicamente aplicadas (pero hay ingenieros haciendo investigación básica).

Por otra parte, los académicos y los investigadores consideran que algo es útil o práctico si puede ser utilizado por otros académicos e investigadores para plantear o replantear sus trabajos académicos o de investigación. De hecho existen métodos bibliométricos que sirven para medir el impacto que un artículo científico tiene en su campo al evaluar en número de veces que es citado en otros artículos. Un artículo que reporta resultados de investigación básica puede resultar muy relevante en su campo y terminar siendo muy citado en otros artículos, entonces fue muy útil en términos metodológicos.

Sin embargo, lo propio de las ingenierías es mejorar las condiciones de vida del entorno y resolver problemas prácticos. Lo importante es entender que una cosa no es mejor que la otra, en términos humanos lo útil y lo teórico son indispensables y complementarios, cada cosa tiene su sitio y su valor. Es una tarea estéril tomar posturas contrarias e irreconciliables como si se tratara de equipos de fútbol: el teórico vs. el práctico. En sentido estricto, un proyecto de investigación correctamente planteado puede señalar que es condición indispensable para la realización de un desarrollo tecnológico (investigación aplicada) el avance en un campo teórico (investigación básica). El desarrollo de los actuales microchips no habría sido posible sin los trabajos experimentales realizados por Jack Kilby en 1958, en *Texas Instruments*, que lo llevaron a desarrollar el primer chip de la historia. Hoy, por ejemplo, existe una gran expectativa

⁵⁸ Cfr. RAE.





en que la nanotecnología pueda aplicarse en el desarrollo de soluciones médicas a diversos padecimientos, sin embargo, habrá que esperar a que los investigadores descubran la manera de manipular las nanopartículas con la especificidad que se requiere.

Por lo pronto, aceptemos que la polémica es estéril: una cosa no es mejor que la otra, es preferible preocuparse por la consistencia del proyecto que por su utilidad; una cosa es segura, si está bien planteado y se realiza correctamente, sus resultados serán útiles.

Actividad: Discutir y llegar a consensos.

4.5 Impacto social, ético, ambiental, económico y tecnológico

Para todo proyecto de investigación, así como para sus resultados y aplicaciones, es posible hacer una estimación de su impacto, es decir, una valoración de sus efectos sociales, éticos, ambientales, económicos y tecnológicos. Con el paso del tiempo, *a posteriori*, se puede determinar el impacto del proyecto y sus logros aplicando las metodologías pertinentes; el asunto es diferente cuando se debe valorar el posible impacto, *a priori*, de los resultados y las aplicaciones que propone un nuevo proyecto de investigación; nos enfocaremos en este segundo caso, aunque siempre existe el recurso de tomar como punto de referencia el impacto de proyectos similares en el pasado, tomando en consideración que una variación en el contexto puede traer consecuencias muy diferentes.

Impacto social. Evaluar el impacto social de un proyecto y sus resultados esperados, implica hacer un análisis de las posibles alteraciones o cambios en las creencias y costumbres de un grupo social, ya sea a nivel local, regional o mundial. Lo que es deseable, a final de cuentas, es que un proyecto beneficie de alguna manera a la sociedad o agregue “valor social”. En finanzas se utilizan fórmulas para calcular el valor que puede generar una inversión en el tiempo; sin embargo, el valor social que puede generar una investigación no se traduce ni en dinero, ni es posible un cálculo cuantitativo derivado de un algoritmo, se trata de un fenómeno más complejo. Por ello, el investigador debe tomar en consideración el impacto social de proyectos similares al suyo y hacer un análisis de la sociedad en que vive o en la que los resultados de su proyecto serán introducidos.



Uno de los casos más espectaculares de los últimos tiempos tuvo su origen al inicio de 1960 cuando una agencia del gobierno de Estados Unidos, la DARPA, (*Defense Advanced Research Projects Agency*, Agencia de Proyectos de Investigación para la Defensa) desarrolló una red de comunicaciones que servía a fines militares; la primera red incluía unas cuantas computadoras, hoy en día la red es conocida como *Internet* (de *Interconnected Networks*) y conecta a computadoras en todo el mundo, y ha provocando grandes cambios en los patrones sociales y culturales.

Más recientemente, el desarrollo del *e-mail* y del servicio de mensajes cortos *SMS* (“*Short Message Service*”), mejor conocido como mensajes de texto, han transformado las formas tradicionales en las que los miembros de las sociedades se comunicaban, dejando las cartas en papel como fenómeno de la historia y haciendo posible que las personas se comuniquen, prácticamente en tiempo real, sin importar la distancia que los separa o el país en los que se encuentran emisor y receptor. El impacto es espectacular, sobre todo para quienes hemos vivido la transición. Se podrían dar datos de cuántas cartas se escribían en el mundo en 1950 y confrontarlo con el número de *e-mails* o *SMS* que se envían hoy en día, el asunto es que eso es sólo un aspecto del impacto. Lo relevante desde el punto de vista social es que la persona que no tiene acceso al *Internet*, al *e-mail*, al *messenger*, o a los mensajes de texto, prácticamente está al margen de las actividades de la sociedad y no se beneficia de las oportunidades de información, conocimiento, empleo, etcétera, que se pueden lograr a través de estos medios.

La pregunta que debe hacerse el investigador es: ¿de qué manera o maneras serán afectadas las creencias y los patrones de comportamiento de la sociedad por los resultados de mi investigación? Los efectos no son siempre espectaculares, pueden ser mínimos, pero pueden impactar en las formas sociales cotidianas.

A manera de referencia, cabe mencionar que en la década de los setenta del siglo pasado, surgieron los primeros intentos de medir el impacto social de grandes proyectos de ingeniería, tales como zonas industriales, minas, presas, puertos, aeropuertos, autopistas, etcétera. Las metodologías han sido denominadas de manera genérica *SIA* por sus siglas en inglés (*Social Impact Assessment*, evaluación del impacto social), y tienen el propósito de evaluar cómo esos grandes proyectos pueden afectar a las poblaciones o a grupos específicos dentro de ellas. La *SIA* requiere una abundante base de datos para establecer la situación actual, a partir de la cual se puede juzgar el posible impacto social que

podrían tener los desarrollos proyectados; como ya se ha dicho, la SIA incorpora también información sobre cambios en el pasado y sus efectos para analizar lo que podría pasar en el futuro (*backcasting*); incorpora, también, la información disponible sobre tendencias y posibles hechos futuros.⁵⁹

Nótese que el investigador tiene el recurso del sociodrama para explorar los efectos de la introducción de un cambio tecnológico en la sociedad. Puede integrar un grupo de personas de la comunidad (en función de las necesidades de la investigación) y hacerles la pregunta: ¿Qué pasaría si se cierran las ladrilleras en el municipio? ¿Qué pasaría si se cierran los tiraderos de basura? Etcétera.

Impacto ético. El investigador deberá preguntarse si es correcto o no realizar la investigación que se propone, en caso de que afecte la dignidad de otros seres humanos u otras especies, ya sea durante el desarrollo de la investigación o al introducir sus resultados en la sociedad o en el ambiente. Sin embargo, no siempre la corrección ética es una cuestión objetiva, ya que está sujeta a convenciones ligadas con la historia y la cultura, que rara vez son compartidas de manera unánime por toda la humanidad.

Hoy en día, por ejemplo, se sabe que las células madre tienen una gran capacidad de regeneración y, por lo tanto, un potencial muy importante para la cura de una variedad de enfermedades. Su estudio podría, entonces, revelar conocimiento fundamental para desarrollar soluciones médicas. El problema ético radica en que las células madre con mayor relevancia para la investigación es un tipo de células que se obtiene de los embriones y al tomarlas se mata al embrión. La cuestión ética no se soluciona cuando un presidente de un país autoriza los experimentos con células madre (Obama los autorizó en enero de 2009), la experimentación se convierte en lícita pero el problema ético de fondo sigue presente. Algunos resuelven el dilema ético argumentando que el embrión no es aún un ser humano, otros aseguran que es posible tomar las células madre sin matar al embrión.

En los países desarrollados, la reglamentación sobre la protección de la salud infantil ha obligado a las industrias que elaboran pesticidas a determinar con un máximo de exactitud el grado de toxicidad de los compuestos químicos en los niños. Para lograrlo, algunas empresas han optado por utilizar niños reales en lugar de ratas de laboratorio. Por

⁵⁹ Cfr. Barrow, 2000: Chapter 6.

supuesto que existe una reglamentación que lo permite (lo hace lícito), a cambio de una recompensa económica. De esa manera, los resultados son más confiables y las compañías pueden cumplir con la exigente normatividad. El asunto es que se expone a unos niños para salvar a otros, con toda seguridad los que se exponen son niños de familias pobres que necesitan el dinero. El dilema ético es evidente.

La Asociación Médica Mundial (*The World Medical Association*) adoptó en 1964 una declaración sobre los principios éticos que deben ser observados en las investigaciones médicas que involucren a seres humanos, la asamblea de la organización se reunió en esa ocasión en Helsinki, Finlandia, por lo que se le conoce como la Declaración de Helsinki y fue actualizada por última vez en Korea, en 2008. En su párrafo 5, la declaración dice: “*Medical progress is based on research that ultimately must include studies involving human subjects*”,⁶⁰ es decir, el dilema ético se hace más difícil de resolver cuando, al parecer, no hay manera de evitar la experimentación con seres humanos y, en todo caso, se espera que los beneficios para la humanidad serán mayores que el daño que se pudiera ocasionar a algunos cuantos.

Cabe hacer mención de que la Organización de las Naciones Unidas adoptó hacia el final de la década de los setenta del siglo pasado la *Declaración Universal de los Derechos de los Animales*, misma que reconoce la responsabilidad ética del ser humano con las otras especies animales. Por otra parte, *La Carta de la Tierra* es también una declaración universal impulsada por la ONU que incluye importantes postulados sobre el planeta que deben ser tomados en consideración al evaluar el impacto ético de un proyecto de investigación.

Impacto ambiental. Otro aspecto importante a evaluar en un proyecto de investigación es el impacto ambiental, es decir, el o los efectos colaterales que se producirán en el ambiente durante la realización de la investigación o con la aplicación de sus resultados.

Hoy en día, las legislaciones de casi todos los países obligan, sobre todo a quienes promueven desarrollos empresariales o industriales, a la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). En términos generales, la organización que promueve una construcción civil o industrial debe presentar un estudio exhaustivo del estado actual del ambiente que incluye factores como clima, agua, suelo, atmósfera, así como bióticos

⁶⁰ V. Declaration of Helsinki.

y estéticos, y elaborar una evaluación de los efectos directos y colaterales que tendrá su proyecto en cada uno de esos aspectos. Se supone que la EIA debe ser previa a la realización del proyecto y demostrar su viabilidad ambiental, de otra manera, si afecta la salud del ambiente, no debe ser autorizado. Un proyecto puede dañar el ambiente por los materiales, sustancias o métodos usados, o bien por los resultados en conjunto de los procesos de la planta o incluso por un proceso específico.

En México existe una legislación amplia relacionada con el cuidado del ambiente y es responsabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) vigilar su cumplimiento. Entre otras, la legislación incluye Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia de descargas de aguas residuales, contaminación atmosférica, emisión de fuentes fijas, emisión de fuentes móviles, residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, flora y fauna, suelos, contaminación por ruido, etcétera.

Impacto económico. Al evaluar los posibles efectos de los resultados de un proyecto de investigación en la economía local, regional, nacional o internacional se debe tomar en cuenta que esos resultados pueden ser la base para generar nuevos conocimientos técnicos, equipos especializados, manuales de procesos industriales, programas de *software*, nuevos diseños, programas de capacitación, manuales de asistencia y asesoramiento técnicos necesarios para adaptar o montar, mantener y operar un sistema industrial completo o una de sus partes, patentes, etcétera. Por lo que al evaluar el futuro impacto económico de un nuevo proyecto deben considerarse los posibles efectos que pueden desencadenar, o bien la publicación de los resultados, o bien la introducción al mercado de sus desarrollos.

Un nuevo conocimiento o una nueva tecnología pueden propiciar una reducción en costos de producción, pueden hacer más atractiva la comercialización de productos al asegurar un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, pueden aumentar la actividad económica de una región, etcétera. Pero también pueden afectar otras actividades económicas tradicionales que quedarán obsoletas y sin oportunidad de competir con los nuevos métodos y tecnologías. Por otra parte, es posible que genere empleos en actividades directa o indirectamente relacionadas con los nuevos procesos.

Los países desarrollados tienen perfectamente identificado el valor creciente de la investigación científica y del desarrollo de nuevas tecno-

logías en el crecimiento de sus economías. Pero además, como en el caso de Canadá,⁶¹ crece el interés nacional en la investigación universitaria que consideran la fuente de conocimiento más grande con la que cuenta su sociedad y que tiene el mayor impacto en su economía. Para ellos es muy claro que la investigación universitaria contribuye a la generación de riqueza. En 1994, su impacto se hizo visible en el Producto Interno Bruto nacional (5 billones de dólares) y en la generación de empleos (81,000). Lo que representó casi el uno por ciento del PIB de ese año y más del 0.5 por ciento de todos los empleos generados; un impacto económico muy grande producido por un sector pequeño de la economía.

Impacto tecnológico. Los futuros conocimientos o desarrollos tecnológicos que se espera genere un proyecto de investigación pueden impactar, como se ha comentado en los párrafos anteriores, en la sociedad, la ética, el ambiente y en la economía, pero también tienen un impacto potencial en el estado actual de la tecnología.

Debemos aplicar el término “tecnología” en el sentido amplio que lo entiende la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo,⁶² es decir, incluir conocimientos técnicos, equipos, manuales, programas de *software*, diseños, capacitación, asistencia y asesoramiento técnicos necesarios para adaptar o montar, mantener y operar un sistema industrial, patentes, etcétera, es decir, toda aquella manifestación tangible o intangible del conocimiento o la tecnología que son utilizados en los procesos de las industrias de bienes o servicios, desde la obtención de materias primas, su procesamiento, el transporte de productos, su distribución y comercialización.

En ese escenario, la evaluación de los posibles efectos de la introducción de una nueva tecnología debe partir del establecimiento del estado actual de la tecnología en el proceso o procesos que será introducida.

Las empresas no compran nuevas tecnologías sólo por comprar, ya que representa un costo adicional, lo hacen por las ventajas competitivas que las nuevas tecnologías darán a sus productos. De manera que un aspecto central en la evaluación del impacto de la nueva tecnología es mostrar las ventajas que tendrá respecto del estado actual de la tecnología. Por lo que debe esperarse que la introducción de una nueva tecnología exija retirar parte o la totalidad de la vieja tecnología, reacondicionar espacios de la

⁶¹ Cfr: Martin, 1998.

⁶² Cfr: UNCTAD, 2001.

planta, adaptar procesos, actualizar fuentes y tomas de energía, capacitar a ingenieros y operarios, cumplir con normas adicionales, etcétera.

De cualquier manera, es importante comentar que Michael Hammer llamó la atención sobre una tendencia ciega hacia la automatización de los negocios, que incluye la automatización del trabajo que no agrega valor en los procesos.⁶³ Es decir, puede existir una resistencia al cambio tecnológico por parte de los accionistas si existe la sospecha de que sólo se están adquiriendo novedades tecnológicas o usando las nuevas tecnologías de la información para automatizar procesos no productivos en la empresa, cuando lo primero que se debe hacer es identificar y evitar el trabajo que no agrega valor. Es decir, la introducción de nuevas tecnologías puede ser contraproducente para la empresa si no se complementa con el análisis del estado actual de los procesos.

El extremo es el rediseño radical de los procesos (reingeniería), que elimina actividades no productivas y busca mejorar los indicadores de desempeño de tiempos, costos, calidad y servicios de la empresa, aprovechando las nuevas tecnologías.

En el campo de la medicina, Jerome Schofferman hace notar que para los médicos de los Estados Unidos (él mismo es médico) es muy tentador adquirir y adoptar nuevas y excitantes tecnologías en cuanto salen al mercado, ya que los médicos desean ofrecer las opciones de tratamiento más novedosas; sin embargo, esas nuevas tecnologías les son ofrecidas por promotores de las compañías que las producen, Schofferman recomienda que en lugar de confiar en estos últimos, los médicos deben asegurarse de los beneficios de las nuevas tecnologías con base en métodos científicos y no de *marketing*.⁶⁴

De manera que “nueva tecnología” o “novedoso” no es en automático sinónimo de “mejor”. Así que el investigador deberá tener una perspectiva general de los procesos en los que pueden ser aplicados los conocimientos o desarrollos futuros de su proyecto de investigación o correr el riesgo de que sean ignorados por ser considerados inoperantes.

Actividad: *Discutir y llegar a consensos.*

⁶³ V. Hammer, 1990: *passim*.

⁶⁴ *Cfr.* Schofferman, 2006.



CAPÍTULO 5

Tipos de investigación

5.1 Investigación pura y aplicada

Un proyecto de investigación pura, básica, teórica o desinteresada tiene la finalidad o propósito principal de resolver problemas teóricos o anomalías relacionados con el estado del arte (incluidos los conocimientos, los modelos, las teorías o los paradigmas vigentes), o avanzar en el conocimiento y la comprensión teórica de su objeto de estudio, sin la intención de resolver problema práctico alguno, ni preocuparse por la posible aplicación del conocimiento que genere; por lo que sus resultados suelen ser nuevos conocimientos, modelos, fórmulas o algoritmos teóricos, con un determinado impacto teórico.

En contraparte, un proyecto de investigación aplicada tiene como finalidad solucionar un problema industrial, tecnológico, económico o social, por lo que sus resultados se traducen en soluciones a manera de productos tecnológicos tangibles o intangibles, es decir, conocimientos técnicos, equipos, aparatos, instrumentos, medicamentos, normas, patentes, manuales, programas de *software*, diseños, etcétera, que serán utilizados en alguno o varios de los procesos de las industrias de bienes o servicios o directamente por los consumidores.⁶⁵ Se entiende, por lo general, que con los resultados de la investigación aplicada se mejora el nivel de vida de las sociedades, sin embargo, es necesario señalar que también sirve para diseñar y producir nuevos armamentos, tanto “convencionales” como “no convencionales”, así como otros productos tecnológicos que difícilmente

⁶⁵ Cfr: UNCTAD, 2001.





prueban su beneficio a favor de la sociedad, o incluso otros que tienen sobre todo un impulso de *marketing*.

Aunque lo propio de las ingenierías es la aplicación del conocimiento, es una discusión estéril tratar de discernir sobre cuál tipo de investigación es más valioso o preferible *per se*. Si la investigación aplicada es útil porque da soluciones prácticas es inapropiado juzgar que la básica es inútil porque no lo hace; en el otro sentido, es igualmente equívoco suponer que la investigación básica tiene un valor académico superior a la aplicada porque busca ampliar el conocimiento científico. Cada tipo tiene su valor y su utilidad.

Tampoco es un asunto de que unas ciencias sean básicas y otras aplicadas. Véase, por ejemplo, el planteamiento que hace el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) en un documento en el que define los términos que debieron ser tomados en cuenta por aquellos investigadores que presentaron proyectos de investigación básica a ser evaluados por ese organismo en 2008, lo que se presenta a continuación es un extracto que define las áreas del conocimiento consideradas por la convocatoria:

8. ÁREAS DEL CONOCIMIENTO

El Investigador responsable de la propuesta, debe identificar el área del conocimiento a la que pertenece su propuesta para que sea adecuadamente evaluada.

ÁREA I.- FÍSICA, MATEMÁTICAS Y CIENCIAS DE LA TIERRA.

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de astronomía, física, matemáticas, óptica, geología, geofísica, geoquímica, geografía física, oceanografía, limnología, hidrología, ciencias de la atmósfera y contaminación de agua, aire y suelos, y disciplinas afines.

ÁREA II.- BIOLOGÍA Y QUÍMICA.

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de química, bioquímica, biofísica, biología, fisiología, biología celular y molecular, neurociencias, genética, farmacología y aislamiento, identificación y síntesis de productos naturales, ecología, evolución y sistemática de organismos terrestres y acuáticos (marinos y de aguas epicontinentales) tanto vegetales como animales, hongos y microorganismos, así como en disciplinas afines.





ÁREA III.- MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD.

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de las ciencias biomédicas, inmunología, salud pública, epidemiología y disciplinas afines.

ÁREA IV.- HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA CONDUCTA.

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de educación, antropología física, arqueología, estética, etnohistoria, filología, filosofía, historia, arquitectura y urbanismo, psicología, literatura, lingüística y disciplinas afines.

ÁREA V.- CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS.

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de sociología, antropología social, demografía, comunicación, derecho, etnología, economía, administración y políticas públicas y administración privada, ciencias políticas, relaciones internacionales y de disciplinas afines.

ÁREA VI.- BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de biotecnología, acuicultura y pesquerías; ciencias agronómicas y forestales; medicina veterinaria y zootecnia; alimentos; microbiología, biorremediación ambiental, sanidad y fisiología animal y vegetal, y disciplinas afines.

ÁREA VII.- CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos de las ciencias de las ingenierías industrial, química, electrónica, eléctrica, instrumentación, informática, de sistemas, cómputo, en telecomunicaciones, aeronáutica, de control, robótica, mecatrónica, nuclear, civil, ambiental, mecánica, hidráulica, metalúrgica, cerámica, de materiales, de polímeros, corrosión y de disciplinas afines.

ÁREA VIII.- INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

Evalúa propuestas formuladas en aspectos básicos en donde se note claramente la participación y división de las diferentes áreas





o disciplinas del conocimiento en la solución de un proyecto de investigación que, por su complejidad, no pueda resolverlo una disciplina individualmente. El hecho de utilizar una herramienta de otra área del conocimiento diferente a la de la propuesta no implica que ésta sea considerada multidisciplinaria. Cabe esperar que las propuestas sometidas en este comité, en consecuencia, sean de las modalidades de uno o dos grupos o redes de investigación.⁶⁶

Por otra parte, el mismo CONACYT se refiere a la investigación aplicada como aquella que puede brindar soluciones científicas y/o tecnológicas a las problemáticas de los sectores,⁶⁷ por ello, debe señalarse que cada una de las áreas que se exponen líneas arriba son susceptibles de tener una finalidad básica o aplicada.

Actividad: Discutir, proponer ejemplos y llegar a consensos.

5.2 Investigación documental

Como se mencionó en el §2.4,⁶⁸ en el proceso metodológico de la investigación (ver Figura No.1), la investigación documental tiene el propósito de elaborar el estado del arte en relación con el tema central de la investigación, pero también es un recurso metodológico al que se puede y se debe recurrir en cualquier etapa de la investigación para consultar la literatura científica que, como sabemos, se actualiza día con día.

5.2.1 Características

Los documentos pertinentes a ser considerados en una investigación documental son de primera mano cuando contienen información original, obtenida directamente del objeto de estudio a través de la observación o la experimentación, pero que además han pasado por un proceso de validación por parte de otros científicos para su publicación en revistas arbitradas.

⁶⁶ V. CONACYT (TR) 2008.

⁶⁷ V. CONACYT.

⁶⁸ Se recomienda leer lo referente a “investigación documental” en el §2.4.





Existen fuentes documentales de segunda mano, así se consideran aquellas publicaciones (libros, artículos de revistas, videos, páginas web, etcétera) que divulgan, comentan o revisan el conocimiento o las teorías elaboradas por otros (sus autores originales) y que por lo tanto pueden tener un valor didáctico o de divulgación. En todo caso, lo recomendable, cuando se elabora el estado del arte, es acudir a las fuentes originales (de primera mano) para evitar el sesgo del divulgador y para revisar los planteamientos originales. El valor de las fuentes de segunda mano o de los diferentes instrumentos de divulgación científica es que permiten socializar los temas, problemas, avances y tecnologías actuales en los diversos campos de la ciencia y la tecnología, y no es raro que un investigador avezado se entere a través de algún instrumento de divulgación científica de nuevos hallazgos en su campo.

Es decir, tan importante es que los académicos y científicos divulguen el conocimiento científico de su campo, como que se enteren de lo que otros académicos y científicos de su campo, y de otros campos, divulgan.

Se pueden mencionar las siguientes como características de una buena investigación documental:

1. Permite elaborar el estado del arte del tema de investigación y mostrar la unidad de sus componentes teóricos y tecnológicos.
2. Ubica la investigación dentro del alcance de los recursos económicos y temporales del investigador.
3. Ubica la complejidad y profundidad del tema de investigación dentro de los alcances académicos del investigador.
4. Define la viabilidad de la investigación en función de los recursos humanos (asesores) y tecnológicos de su centro de estudios.
5. Decide con claridad lo que forma parte del tema de investigación y lo que no (aunque la decisión sea arbitraria).
6. Facilita al investigador definir el o los problemas que abordará, especificando su carácter teórico, tecnológico o económico.

Evidentemente, estas características se cumplirán en la medida que las fuentes consultadas sean las pertinentes y de primera mano.

5.2.2 Metodología

Una vez que se tiene una idea general del tema de investigación lo que procede puede resumirse en los siguientes pasos:





1. Consulta de fuentes físicas

Las fuentes físicas pueden consultarse en el centro de información o la biblioteca de la institución o incluso en las pequeñas, pero sustantivas, bibliotecas de los centros o departamentos.

El fichero físico o virtual permite ubicar los libros que pueden ser pertinentes para la investigación documental.

Así mismo, el fichero de revistas permite conocer los títulos de revistas que forman parte del acervo de la hemeroteca y que tienen relación con el área científico-tecnológica de interés para el investigador.

2. Consulta de fuentes virtuales

Como se ha mencionado, existen grandes compiladores del conocimiento científico y tecnológico que ofrecen servicios de consulta de bases de datos en línea, en las cuales el investigador puede realizar búsquedas virtuales de artículos relacionados con el tema de investigación.

La ventaja de consultar bases de datos es que el número de títulos de revistas es considerablemente mayor a cualquier lista de revistas existentes en un acervo físico, además de que la búsqueda es muy rápida.

La desventaja es que las instituciones pueden o no contratar estos tipos de servicios en línea, o pueden decidirse por opciones con más o con menos bases de datos, o por colecciones más baratas pero poco relevantes para las carreras de la universidad; o bien por modalidades en las que el acceso sólo proporciona información bibliográfica (datos del autor, título del artículo, nombre de la revista), o que sólo permite la lectura del resumen o *abstract* del artículo, o bien una modalidad que permite el acceso al texto completo del artículo. El ideal, por supuesto, es que los estudiantes y profesores tengan acceso a las bases de datos que contengan los recursos que requieren los planes de estudio de las carreras que ofrece la institución y las líneas de investigación de los diferentes centros, con acceso a texto completo.

Otra ventaja de las bases de datos es que pueden contener libros, normas industriales, patentes y enciclopedias, además de documentos en forma de presentaciones (*Flash*, *Power Point*, etcétera), audio, video, multimedia y simuladores de procesos físicos, químicos, industriales o financieros.





3. Revisión de índices de libros y de *abstracts* de artículos

Ya sea que se trate de libros físicos o virtuales, el investigador debe revisar el índice de cada libro para determinar si en sus capítulos se trata el tema de su investigación. Debe tomarse en cuenta que, por lo general, los libros son instrumentos de divulgación, por lo que difícilmente tendrán información actualizada, pero tienen la ventaja de que al ser escritos por expertos proporcionan un panorama que difícilmente se construye con la sola consulta a las fuentes primarias, sobre todo si el investigador no tiene mucha experiencia en su campo.

En el caso de las revistas, la lectura del resumen o *abstract* permite al investigador enterarse rápidamente de la pertinencia del artículo y decidir si incluye el artículo completo en su investigación documental o no.

Como resultado de esta etapa, el investigador tendrá identificado un primer conjunto de fuentes documentales (*corpus*), el que siempre será susceptible de ser ampliado y mejorado en su originalidad, confiabilidad y pertinencia.

4. Revisión del *corpus* documental y elaboración de fichas bibliográficas y de trabajo

Al revisar los libros y artículos, y en general cualquier otro tipo de documentos que conforman el *corpus* documental del investigador, se debe tener cuidado no sólo de identificar los aspectos medulares del tema, sino de registrar las fuentes específicas y sus autores ya que es un aspecto metodológico fundamental para estar en condiciones de redactar el estado del arte.

Lo primero que debe hacerse es elaborar la ficha bibliográfica del documento y segundo, recopilar la información relevante en fichas de trabajo. Las fichas bibliográficas solían hacerse en hojas de cartulina de 7.5×12.5 cm y las fichas de trabajo en hojas de aproximadamente media carta (12.5×19 cm).

Aunque muchos prefieren seguir haciéndolo de esa manera, lo que es parte del estilo del investigador y debe respetarse, hoy es posible realizar esas tareas en la computadora.

Ficha bibliográfica. Es la ficha de identidad de un documento, por ello incluye la información necesaria para que el lector pueda ubicar el valor y actualidad de las fuente consultadas y, de ser necesario,



tener acceso a la fuente física o digital, según sea el caso. A continuación se presentan dos fichas bibliográficas, una de libro y otra de artículo.

Bunge, Mario. *La ciencia, su método y su filosofía*. México: Grupo Editorial Patria / Editorial Sudamericana, 1989.

Hammer, Michael. "Reengineering Work: Don't automate, obliterate." *Harvard Business Review*, Jul/Aug, 1990, pp 104-112.

En ambos casos se registra el apellido y nombre del autor. Nótese que los títulos de libro y de revista se escriben en *itálicas* y que el título de un artículo se *entrecomilla*.

En el caso de la ficha del libro se anota el país en el cual se editó la obra seguido de la editorial. Se escribe al final el año de la edición consultada.

En la ficha de artículo se registra el título de la revista que lo publicó, así como el número o periodo de publicación, el año y las páginas en las que se ubica.

Puede darse el caso de que un libro tenga varios autores como en:

Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández-Collado y Pilar Baptista Lucio. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill, 2006.

En estos casos, sólo tiene sentido anteponer el o los apellidos al nombre del primer autor (el autor principal) y, como se explicará más adelante, al hacer la referencia bibliográfica se escribirá Hernández Sampieri *et al.*, que significa "Hernández Sampieri y otros". Lo que definitivamente no es correcto es utilizar la locución latina en la ficha bibliográfica, es decir, la siguiente ficha es incorrecta:

Hernández Sampieri *et al.* *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill, 2006.

Además de que la ficha está incompleta, no se da el crédito debido a los autores de la obra, por ello, sin importar el número de coautores, en la ficha bibliográfica se debe mencionar todos. La práctica permitirá desarrollar el criterio para las excepciones.

Ficha de trabajo. Tradicionalmente, la información recuperada de las fuentes se anotaba, como lo hemos mencionado, en tarjetas de



cartulina media carta. La ficha de trabajo debe permitir al investigador diferenciar las citas directas de las indirectas y de sus propios comentarios. Ejemplo de ficha de trabajo:

Bunge 1989

“Mientras los animales inferiores sólo están en el mundo, el hombre trata de entenderlo; y, sobre la base de su inteligencia imperfecta pero perfectible del mundo, el hombre intenta enseñorearse de él para hacerlo más confortable. En este proceso, construye un mundo artificial: ese creciente cuerpo de ideas llamado “ciencia”, que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible.” (p. 9)

La lógica y las matemáticas no son objetivas ya que no nos dan información acerca de la realidad. Es decir, no toman como objeto de estudio hechos de la naturaleza sino entes ideales que sólo existen en la mente humana (*Cfr.* p 10)

Comentario:

Es importante entender lo que Bunge explica en relación al carácter no objetivo de las ciencias formales y que eso no es contradictorio con el hecho de que la lógica y las matemáticas son útiles a la ciencia, en todo caso es paradójico.

Nótese que si se han seguido los pasos descritos, sólo se requiere una referencia bibliográfica que nos lleve a la ficha bibliográfica de la fuente, en este caso, Bunge 1989 hace referencia al libro de Mario Bunge *La ciencia, su método y su filosofía*, cuya ficha bibliográfica ha sido ya registrada por el investigador.

Las citas directas se anotan entre comillas en tanto que las citas indirectas van sin comillas. Las citas directas son extractos de texto transcritos tal cual los redacta el autor; las citas indirectas son parafrasis redactadas por el investigador con sus propias palabras, tratando de respetar el sentido original del autor de la fuente.

Nótese que al final de las citas, tanto las directas como las indirectas, se registran los números de las páginas donde se encuentran los textos que fueron transcritos de manera directa o fueron parafraseados, esto servirá para anotar la referencia bibliográfica completa cuando se redacte el estado del arte como se explicará más adelante.





Al término de este paso, el estudiante o el investigador tienen, si hacen el trabajo de recolección de información de manera tradicional, dos conjuntos de tarjetas, uno cuyas dimensiones son 7.5 x 12.5 (las fichas bibliográficas) y otro de 12.5 x 19 (las fichas de trabajo).

Si se hizo la recolección directamente en la computadora se tendrá un solo documento en el que aparecen una tras otra las fichas de trabajo (ver ejemplo líneas arriba) y al final del documento, en orden alfabético, las fichas bibliográficas. Esta forma agiliza el trabajo de redacción del estado de arte, ya que se ahorrará todo el tiempo de transcripción a mano y en papel. Además, el programa de texto permitirá al investigador colocar las fichas de trabajo en el orden que parezca más conveniente, de cualquier manera, la referencia bibliográfica que encabeza cada una de las fichas de trabajo dan la información necesaria para encontrar la ficha bibliográfica correspondiente al final del texto.

5. Redacción del estado del arte del tema

En cuanto a su contenido, como ya se ha explicado, el estado del arte informa sobre el estado actual del conocimiento en relación al tema de trabajo del investigador; en cuanto a su redacción, debe dar testimonio de un aparato crítico, es decir, un sistema de referencias bibliográficas, citas, notas, locuciones latinas y fichas bibliográficas que permite identificar las fuentes de las cuales el investigador ha tomado las ideas y la información para dar un panorama del estado actual del conocimiento.

Lo más importante de la redacción es que debe ser original, no se trata de copiar, pegar y zurcir. Se trata de que el autor exponga con sus palabras el estado del conocimiento, haciendo las citas directas que considere necesarias (pero mínimas) y exponiendo de manera clara su propio entendimiento sobre estado del arte del tema de su trabajo.

El presente libro se puede tomar como referente de la redacción de un texto con aparato crítico. Nótese que a lo largo de la obra se presenta el texto principal en casi la totalidad de la página y a pie de página se presentan referencias y citas. En el texto principal se van anotando, en los lugares pertinentes, números superíndices denominados “llamadas a pie de página.” Al pie de página aparecen las referencias bibliográficas como en:

Cfr. Kuhn, 1971: 112 ss.





Que nos dice:

Cfr. = “Comparar” (del latín *confer*, comparar).

Kuhn, 1971 = “Lo que dice el libro de ese autor y año, cuya obra está registrada en la bibliografía al final del texto.”

:112 ss = “En la página 112 y las siguientes.”

Nótese que en algunas ocasiones se hacen citas directas, sobre todo algunas extensas, que son presentadas con un sangrado izquierdo más amplio, un interlineado simple y una letra más pequeña (por lo que ya no es necesario entrecomillar) y al final de la cita aparece la llamada a pie de página; en la nota a pie de página se presenta la referencia bibliográfica como en:

V. CONACYT (TR) 2008

Que nos dice:

V. = “Ver” (del latín *videtur*, ver).

CONACYT (TR) 2008 = “La obra etiquetada ‘CONACYT (TR)’ en la bibliografía.

A continuación se presenta una lista de las locuciones latinas más usuales y sus abreviaturas:

confer (*cfr.*)

“Confróntese, compárese.”

videtur (*v.*)

“Ver.”

apud (*ap.*)

“Apoyado o citado por.”

passim

“En todas partes”, “El autor trata el tema en cuestión a todo lo largo de la obra referida.”





exempli gratia (e. g.)

“Por ejemplo.”

verbi gratia (v. gr.)

“Por ejemplo.”

id est (i. e.)

“Es decir.”

idem (id.)

“Lo mismo”, “En la misma fuente referida”, “Mismo autor, obra y página.”

ibidem (ibíd. / ib.)

“En el mismo lugar”, “En la obra referida previamente”, “Mismo autor, misma obra, diferente página.”

opus citatum (op. cit.)

“Obra citada.”

et alii (et al.)

“Y otros.” La forma “*et. al.*” es incorrecta, no hay razón para poner punto después de “et”, que significa “y” en latín.

supra

“Encima”, “arriba”, es una referencia intratextual, remite a un lugar de la propia obra ya sea líneas, párrafos o capítulos antes, según se especifique.

infra

“Debajo”, al igual que la anterior es una referencia intratextual que envía al lector a revisar alguna parte líneas, párrafos o capítulos adelante.

Como regla general, cuando se utilizan en un texto palabras de otras lenguas se escriben en itálicas, ésta es una regla que es adoptada como criterio editorial en casi todos los idiomas; por esa razón, cuando se





usen las locuciones latinas o sus abreviaturas deben escribirse en itálicas o cursivas.

Al final de este paso, el estudiante o el investigador deben tener como resultado un texto que, en cuanto a su contenido, es una descripción original del estado actual del conocimiento en relación a un tema determinado; y, en cuanto a su forma, consiste en un texto científico que da crédito a los autores y fuentes consultadas, así como los datos necesarios para que cualquier lector pueda dar con las fuentes originales. En ese texto se podrán identificar: un cuerpo de redacción principal, un aparato crítico (llamadas a pie de página, citas, notas, referencias bibliográficas, etcétera) y la bibliografía consultada (sólo la consultada y referida en el texto).

Es de mal gusto hacer una lista de fichas bibliográficas al final sin haberlas citado en el texto. De igual manera, se ve muy mal hacer una referencia en el texto y no encontrar la ficha bibliográfica en la bibliografía.

Actividad: Discutir, proponer ejemplos y llegar a consensos.

5.3 Investigación experimental

La investigación experimental es una herramienta metodológica desarrollada por el ser humano, que le sirve para cuestionar directamente a la naturaleza (v. *supra* § 2.1). De primera instancia, se podría decir que a partir de la observación de un fenómeno, el investigador se pregunta “¿por qué sucede?”, y él mismo, a manera de respuesta, postula una hipótesis que lo explica; sin embargo, el asunto es un poco más complejo.

Se requiere un cierto conocimiento para ser capaz de identificar y aislar un “fenómeno” de la naturaleza y se requiere, también, un cierto conocimiento de datos, hechos, teorías, instrumentos y técnicas para enunciar una hipótesis que lo explique, parcial o totalmente.

Al igual que cualquier otro tipo de investigación, una investigación experimental presupone la realización de una investigación documental y el establecimiento del estado del arte pertinente. De manera que los estudios previos del investigador, su experiencia, la comunicación sostenida con colegas de su campo, su talento, etcétera, son aspectos que influyen todos en su competencia para identificar un tema relevante en su área, edificar el estado del arte, definir objetivos viables y diseñar experimentos.



5.3.1 Características

Un experimento consiste en la reproducción de un fenómeno en condiciones controladas por el investigador.⁶⁹ Su diseño debe ser explícito no sólo para que el investigador registre los resultados de los experimentos sucesivos que le servirán para descartar hipótesis, sino para que otros investigadores puedan reproducir sus experimentos y verificar la validez de sus conclusiones.

En cuanto a su forma, se puede decir que una hipótesis es una proposición lógica que se toma por válida provisionalmente y se somete a un proceso de falsación o refutación. Si recordamos a Bunge, el conocimiento científico se caracteriza por ser racional, sistemático, exacto, verificable y por lo tanto falible. Por ello, ningún científico en su sano juicio podrá afirmar que el conocimiento es verdadero y final, es decir, la última palabra.

En ese mismo orden de ideas, Karl R. Popper explicó que el ser humano, más que verificar la certeza de sus hipótesis (teorías, leyes), se acerca progresivamente a la verdad sometiendo sus hipótesis a un proceso de refutación a falsación mediante un contraejemplo, que puede tomar la forma de un experimento. Si es posible refutarla, la hipótesis es falsa, si no es posible refutarla, la hipótesis se acepta provisionalmente, pero no se toma por verificada, *i.e.*, el hecho de que no podamos refutar una hipótesis no demuestra su verdad, solo su validez provisional.⁷⁰

Tomemos por caso una “ley universal”, *v. gr.*, la ley de la conservación de la energía (primer principio de la termodinámica), que afirma que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Esta ley, en términos de Popper, es una ley no refutada, porque el ser humano no ha encontrado o desarrollado un sistema en el cual la energía pueda ser creada o destruida; al mismo tiempo, la afirmación “la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma” es científica porque es fácilmente refutable, aunque en este caso no lo ha sido. En otras palabras, el conocimiento científico es claro en el sentido de que puede ser enunciado en proposiciones que pueden ser falseadas. Esa es una diferencia importante con otros discursos pseudocientíficos, como la astrología, en los cuales no es posible traducir sus afirmaciones en proposiciones refutables.

⁶⁹ Cfr. Bunge, 1989: 23.

⁷⁰ V. Popper, 1972: *passim*.



De manera que un experimento es diseñado con el propósito de falsear una hipótesis, no de verificarla, pues nos quedaríamos con la ilusión de que producimos conocimiento verdadero. Al diseñar un experimento buscamos un caso en que la hipótesis resulte falsa o refutada en los hechos. Si es refutada (resulta falsa), el investigador tendrá que avanzar formulando otras hipótesis hasta dar, quizá, con una que no pueda refutar y que la comunidad científica tomará provisionalmente como científicamente no refutada o válida.

Debemos aclarar que un experimento puede servir tanto a la investigación básica como a la aplicada. Lo mismo se realiza investigación experimental en los grandes aceleradores de partículas para ampliar el entendimiento teórico sobre el mundo subatómico, que en los laboratorios industriales que experimentan con nuevos materiales con el propósito de desarrollar nuevos productos más competitivos en el mercado.

5.3.2 Metodología

Tomando en consideración lo mencionado líneas arriba y con la claridad de haber definido un tema, el o los problemas específicos que tratará de resolver y los objetivos de su investigación, el investigador procede a la realización del diseño experimental que observa, en lo general, los siguientes pasos: enunciación de la hipótesis, operacionalización de la hipótesis, realización de la o las pruebas experimentales pertinentes (falsación o refutación de la hipótesis), análisis de resultados y elaboración de las conclusiones.

Como se entenderá, la enunciación de una sola hipótesis exige hacer todo el recorrido y, muy probablemente, la refutación de una hipótesis lleva a la elaboración de otras hasta que el investigador agota su tiempo, sus recursos o su imaginación, o bien se acerca a sus objetivos o, en el mejor de los casos, logra sus objetivos (por ejemplo, desarrollar un nuevo plástico más ligero, más resistente y de menor costo de producción que los existentes). Cualquiera que sea el caso, el conocimiento generado por la investigación experimental será de utilidad porque se obtendrá, por lo menos, una serie de supuestos hipotéticos que no son válidos científicamente o utilizables tecnológica e industrialmente. Recuérdese, también, que siempre puede resultar una serendipia.

1. Enunciación y formalización de la hipótesis.

Tomemos por ejemplo el aparentemente sencillo fenómeno de la ebullición del agua. Nuestro objetivo es determinar las condiciones





en las que sucede. La revisión de la literatura nos hace elaborar una teoría que explica que la ebullición sucede cuando se aplica calor al agua y que el fenómeno es también condicionado por la presión atmosférica.

Entre otras cosas, la literatura nos dice que a nivel del mar se registra una atmósfera de presión (1 atm) y que en esa condición el agua hierve a 100 °C; también nos dice la literatura que en una montaña disminuye la presión atmosférica (menos de 1 atm) y que en esas condiciones el agua puede hervir a 95 ó 90 °C, dependiendo de la altura en la montaña; sabemos también que en una olla de presión se aumenta la presión atmosférica (más de 1 atm) y ahí el punto de ebullición del agua puede aumentar a 120 ó 130 °C. También nos enteramos de que una vez que el agua alcanza la temperatura de ebullición no aumenta la temperatura del líquido, aunque se siga aplicando calor, sino que una vez iniciado el proceso de ebullición y evaporación del agua, la temperatura permanecerá constante hasta que se evapore la última gota de agua. La energía que se sigue aplicando cuando el agua está hirviendo se emplea en la evaporación del agua.

Como datos anecdóticos encontramos que en lo alto de la montaña toma más tiempo cocer los alimentos, ya que el agua se mantiene hirviendo a una temperatura menor; por ello, por experiencia, las personas que viven a grandes alturas saben que es más rápido cocinar en ollas de presión (porque en ellas el agua se mantiene hirviendo hasta en 130 °C).

Como empezamos a entender, las hipótesis que tratan de explicar los fenómenos suelen ser de la forma “si sucede tal o cual cosa, en tales o cuales condiciones, resultará tal o cual cosa.” En efecto, las hipótesis proponen relaciones de causalidad entre las variables que dan lugar a los fenómenos y, si no son refutadas, surge la posibilidad de establecer constructos teóricos (principios, leyes, teorías) que los expliquen.

En este caso, podríamos proponer la Hipótesis de Investigación (Hi):
Hi: Si se aplica calor de manera continua al agua, bajo ciertas condiciones de presión atmosférica, entonces, en determinado momento, el agua alcanzará su máxima temperatura (punto de ebullición) y se evaporará progresivamente.

Representemos de la siguiente manera los componentes de Hi:

p = aplicación continua de calor





q = presión atmosférica

r = máxima temperatura del agua (punto de ebullición)

s = el agua se evapora progresivamente

Lo que podemos formalizar como la implicación lógica:

$$p \wedge q \rightarrow r \wedge s$$

Que se lee:

“Si suceden p y q entonces resultan r y s .”

Lo que nos permite la formalización es mostrar de manera más clara la relación de causa – efecto, así como identificar las variables y su valor en el fenómeno estudiado. También nos sirve para darnos cuenta de qué tan claras son nuestras hipótesis.

2. Operacionalización de la hipótesis.

La enunciación y la formalización de la Hipótesis de Investigación resumen un constructo explicativo o teoría tentativa del fenómeno estudiado, en el que actúan variables a manera de causas (variables independientes), efectos (variables dependientes) u otras que pueden influir y modificar las condiciones (variable intercurrentes o intervinientes).⁷¹

En nuestro ejemplo, la formalización $p \wedge q \rightarrow r \wedge s$ nos permite la siguiente operacionalización de variables:

Variable independiente:	temperatura
Variable interviniente:	presión atmosférica
Variable dependiente:	ebullición del agua
Variable dependiente:	evaporación del agua

La operacionalización facilita al investigador el diseño de las pruebas experimentales para refutar la Hipótesis de Investigación.

⁷¹ Cfr: Rojas Soriano, 2008: 170ss.





3. Realización de la o las pruebas experimentales pertinentes (falsación o refutación de la hipótesis).

Las pruebas experimentales, o los experimentos en sentido estricto, los diseña entonces el investigador con el propósito de refutar H_i . Los debe diseñar y realizar de manera que pueda generar, observar, medir y controlar las variables que su hipótesis y su operacionalización han señalado como pertinentes.

En nuestro ejemplo, el investigador tiene dos opciones, la primera es someter una determinada cantidad de agua en un recipiente a una fuente de calor continua a diferentes altitudes. Es decir, hacer una prueba experimental a nivel del mar, otra en un edificio alto, una más en un cerro y quizá otra más en una montaña alta.

Por otra parte, podría hacer todas sus pruebas en un laboratorio que le permitiera generar y controlar la temperatura del líquido y la presión sobre su superficie.

Como puede entenderse, un laboratorio con los instrumentos necesarios permite un mayor control de las pruebas. Aunque en algunos casos es posible hacer pruebas en los contextos naturales de los fenómenos, en algunos campos será prácticamente imposible.

De cualquier manera, recuérdese que las pruebas y experimentos deben ser reproducibles por otros.

Para refutar nuestra H_i , debemos, además, usar en las diferentes pruebas la misma cantidad y tipo de agua, ya que no toda el agua es igual. Así evitaremos que una concentración mayor o menor de sales, u otros componentes, en una de las muestras de agua utilizada en alguna de las pruebas altere los resultados. De hecho, en el reporte de nuestro experimento tendríamos que describir el tipo y composición del agua que usamos, prueba que podríamos solicitar a un laboratorio externo.

Es importante, también, que utilicemos el mismo equipo para calentar el agua en las diferentes pruebas (mechero, alimentación de gas, matraz, distancia de la flama, etcétera), pero también que utilicemos los mismos instrumentos para medir la temperatura, presión y el tiempo. De hecho, algunas publicaciones exigen no sólo que se describa la metodología utilizada sino los materiales e instrumentos utilizados; en ocasiones se solicitan las marcas de los fabricantes.

Tomando esas precauciones podemos comparar los resultados de las diferentes pruebas entre sí y aumentar la certidumbre sobre el control que tenemos sobre el comportamiento de las variables.





4. Análisis de resultados.

Hasta este punto, el investigador ha realizado las pruebas experimentales bajo condiciones que él controla. Ha diseñado las pruebas de manera tal que se repitan las mismas condiciones de una a otra, alterando únicamente los valores de la variable independiente y la interviniente. Es decir, ha utilizado el mismo tipo y cantidad de agua, los mismos utensilios e instrumentos de laboratorio. Lo anterior le permite someter su hipótesis al proceso de refutación. En el caso que utilizamos como ejemplo, no habrá mayor complicación. Quizá algún experto en física pudiera argumentar que en realidad la variable independiente es la presión y que la temperatura es sólo interviniente. De cualquier manera, el fenómeno de la ebullición del agua es lo suficientemente conocido por el ser humano como para predecir su comportamiento, no así en otros casos. Pensemos por ejemplo en el caso de una nueva enfermedad, los síntomas hacen pensar a los expertos en un tipo de infección y en función de esa suposición hacen las pruebas experimentales que resultan refutadas. Es decir, se equivocan a la primera, pero la descartan (ya saben qué no es, es una ventaja, puede ser mínima pero es ya una ventaja), hacen otra suposición y sucede lo mismo; repiten el proceso tantas veces como es necesario hasta que sus pruebas parecen demostrar que están cerca de definir la causa de la enfermedad y por lo tanto de dar con una solución médica (una droga, un tratamiento, etcétera).

Es decir, el investigador se acerca poco a poco a la verdad, como resultado de elaborar sus hipótesis, realizar las pruebas experimentales pertinentes y equivocarse. Este proceso fue denominado como “aproximaciones sucesivas” y “ensayo y error” por Popper.⁷²

Por aproximaciones sucesivas, el investigador va elaborando cada vez mejores hipótesis y teorías, como resultado de ensayar y equivocarse; puede suceder que en algún momento sus hipótesis ya no sean refutadas.

El hecho de que una hipótesis, teoría o ley no sea refutada no significa que sea verdadera, pero sí se puede demostrar que es falsa.

Por otra parte, no sólo son útiles las investigaciones que logran establecer hipótesis no refutadas, son muy útiles porque son parte del estado del arte del problema estudiado. Por ello, el análisis de los resultados debe establecer perfectamente los contextos de realización

⁷² V. Popper 1959.





de los experimentos para dar una idea clara de sus alcances. No es prudente hacer inducciones o generalizaciones apresuradas. Recuerdese que todo el conocimiento científico tiene validez temporal.

5. Elaboración de las conclusiones.

Popper establece el siguiente esquema:

P → TS → EE → P⁷³

Donde:

P = Problema

TS = Soluciones Tentativas (hipótesis, teoría)

EE = Error y Eliminación (pruebas, refutación, aproximaciones sucesivas)

P = Nuevos problemas

Mediante él, resume el proceso de la evolución del conocimiento científico, que surge inicialmente como la curiosidad de entender lo que nos rodea y la necesidad de resolver los problemas que hemos enfrentado a lo largo de la historia y cuya solución genera nuevos problemas. Piénsese en cualquier tema (la energía, el transporte, las enfermedades, etcétera). Toda investigación sigue ese esquema.

A lo mucho, tendríamos que recordar que las hipótesis surgen del investigador gracias a su ingenio personal y su experiencia, sí, pero definitivamente no sin el conocimiento del estado del arte. Por ello, no está de más ampliar el esquema de Popper de la siguiente manera:

(EA) → P → TS → EE → P → (EA)

Donde:

EA = Estado del arte

De manera que las conclusiones deben describir con precisión los resultados obtenidos y su valor en el contexto del estado del arte. Es posible que los resultados se expliquen todos por el paradigma vigente, lo que se debe decir con claridad. En algunos pocos casos, los resultados o lo observado no se explican con las teorías vigentes.

⁷³ Popper 1959.





Cualquiera que sea el caso, lo que debe quedar claro es que las conclusiones científicas de los trabajos científicos (valga la insistencia) son discusiones sobre el valor teórico de los resultados obtenidos.

En todos los campos (física, química, matemáticas, biología, etcétera) existen temas, problemas y fenómenos que esperan explicación. Son aportes importantes de una investigación los hallazgos de nuevas hipótesis y teorías que resuelven problemas que no habían sido resueltos, lo que debe incluirse en las conclusiones, si es el caso. Debe, de igual manera, exponerse lo que no se resuelve o explica con la nueva propuesta. Además, los nuevos hallazgos conllevan el surgimiento de nuevos problemas, los cuales deben ser señalados por el investigador.

Una buena descripción de conclusiones de un trabajo de investigación experimental expone, entonces, no sólo de qué manera resuelve el o los problemas que dieron origen a la investigación; señala los que no resuelve y los que genera, tomando siempre como referencia el estado del arte.

En el caso de nuestro ejemplo, en que investigamos sobre el fenómeno de la ebullición del agua, concluimos que definitivamente el agua no hierve a 100 °C en cualquier parte; lo que nos lleva a pensar que en algunos lugares, por ejemplo, hervir los alimentos no garantiza la muerte de algunos microorganismos y que por lo tanto en esos contextos se deben tomar otro tipo de precauciones (nuevos problemas).

A manera de dato teórico, que quizá hoy en día nos parezca francamente irrelevante, señalaremos, de cualquier manera, que en el punto de ebullición del agua influye tanto la presión atmosférica que, si bien en nuestro planeta, a nivel del mar, donde se experimenta una presión de 1033 hPa, el agua hierve a 100 °C, es de esperarse que en Marte, cuya muy delgada capa atmosférica apenas ejerce una presión de 7 a 9 hPa (cien veces menos que en la Tierra), el agua no puede existir en estado líquido, aun cuando la temperatura media en Marte, un planeta muy frío comparado con la Tierra, es de -63 °C.

El mismo esquema de Popper nos sirve para caracterizar el procedimiento que se sigue en el desarrollo de nuevas tecnologías.

Si escribimos:

(ET) → P → TS → EE → P → (ET)





Donde:

EA = Estado del la Tecnología

Podemos entender claramente que el desarrollador trata de acercarse a una nueva solución tecnológica, por ensayo y error (y una que otra serendipia), movido por su ingenio y la ambición de superar el estado actual de la tecnología, buscando generar una nueva y más poderosa solución tecnológica. Esa es la naturaleza de la ingeniería.

Actividad: Proponer ejemplos en exposición por equipos.

5.4 Investigación de campo

Como se ha comentado en §2.4, en la investigación de campo el investigador entra en contacto con su objeto de estudio; puede tratarse de investigación de campo experimental (con el propósito de falsear hipótesis, generalmente en condiciones de laboratorio) o no experimental (con el propósito de obtener la información requerida por el proyecto de investigación).

Tómese en cuenta que el objeto de estudio es necesariamente un campo de las ciencias fácticas (ya se explicó que las ciencias formales no son objetivas, es decir, su objeto no está dado por la naturaleza §2.1) por lo que puede tratarse de un tema de física, química, biología, genética o incluso de algún asunto que involucre al ser humano, su cultura, su sociedad, su comportamiento, etcétera.

De acuerdo con la Figura No. 1, la investigación de campo debe formar parte de un proyecto de investigación que ha definido sus propósitos, problemas, objetivos, hipótesis, carácter básico o aplicado de la investigación, etcétera (v. Figura No. 2). Visto desde esa perspectiva integral, la investigación de campo es una fase planeada de un proyecto de investigación, por lo que el acercamiento puede tomar un carácter exploratorio, descriptivo o explicativo (experimental) o un carácter más cualitativo, sobre todo cuando se trata de temas relacionados con el ser humano y las sociedades.

Tómese también en consideración que campos como la física, la química y la genética son susceptibles de ser sujetos de experimentación, es decir, de definir hipótesis falseables que permiten el diseño de experimentos en condiciones de control, pero sobre todo su reproducción,





por parte del mismo investigador u otros, al replicar las condiciones de realización del experimento.

En algunos campos, como el comportamiento de grupos humanos o sociedades completas es prácticamente imposible reproducir condiciones experimentales o aislar variables independientes e interdependientes. Por la complejidad de la naturaleza humana, ante los mismos estímulos y aparentemente las mismas condiciones, los seres humanos en lo individual, grupal o social pueden responder de maneras distintas haciendo prácticamente imposible y poco deseable el planteamiento de hipótesis o leyes del comportamiento humano, aunque la historia, la literatura, los estudios políticos, antropológicos, sociológicos, económicos, psicológicos, etcétera, pueden dar pistas de las posibles tendencias del comportamiento humano.

En §5.3 revisamos las generalidades de la investigación experimental, dedicaremos el resto de este apartado a caracterizar la investigación de campo no experimental.

5.4.1 Características

Cuando el investigador tiene la necesidad de realizar una investigación de campo cuenta con una serie de técnicas que le pueden ser útiles dependiendo del tema, la población estudiada o el tipo de información que requiere. Puede diseñar un cuestionario (v. §3.2.1) y aplicarlo a una muestra representativa de una población a través de una encuesta; puede realizar una serie de entrevistas (v. §3.2.2) a personas con un cierto perfil, cuyo conocimiento, experiencia o vivencias resulten de interés para la investigación; o puede aplicar las técnicas de la entrevista participativa, la historia de vida o el sociodrama (v. §3.3.3).

En la investigación de campo se pueden aplicar una o varias de las técnicas mencionadas y comentadas en el Capítulo 3, pero también debe tomarse en cuenta que la investigación de campo debe ser complementaria de otros tipos de investigación como la documental o la experimental, de acuerdo con los planteamientos específicos de cada proyecto.

Es muy importante, también, entender que las técnicas de investigación de campo no son exclusivas de los trabajos de la sociología o la economía u otras áreas aparentemente alejadas del interés de la investigación científica o de las ingenierías. Dicho de otra manera, las técnicas de investigación de campo son un recurso metodológico que científicos e





ingenieros deben aprender a incorporar en sus proyectos de investigación de una manera explícita y metodológica.

Para los ingenieros debe ser tan importante observar y entender el funcionamiento de la tecnología o los procesos que deben mejorar, como obtener información valiosa de sus usuarios y operadores. En muchas ocasiones son los usuarios y los operadores quienes han detectado características deseables de la tecnología o las características poco útiles o que requieren mejoras sustanciales.

La investigación de campo puede caracterizarse entonces de la siguiente manera:

1. La aplicación correcta de sus técnicas permite la obtención de información de primera mano.
2. Forma parte de un proyecto de investigación con propósitos, problemas, objetivos e hipótesis definidos.
3. Permite a los desarrolladores de nuevos procesos y tecnologías obtener información de usuarios, operadores y expertos.
4. No es exclusiva de las ciencias sociales ni de los estudios de mercado.

5.4.2 Metodología

Los propósitos, problemas, objetivos e hipótesis definidos en el proyecto de investigación dan la pauta al investigador para que elija la o las técnicas de investigación que diseñará y desarrollará en su estudio de campo (v. §3.2 a §3.3.3).

Primeramente, se debe aclarar que algunos estudios de campo no se realizan en función del diseño de muestras, en tanto que otros sí.

En el primer caso, puede suceder que el investigador necesite conocer y analizar la experiencia y opiniones de expertos en la materia que estudia (o de algún conjunto de personas determinado por alguna o varias características), por lo que deberá, inicialmente, investigar quiénes son esos expertos y dónde están, para decidir después, en función de su tiempo, presupuesto y enlaces, a quiénes integrará finalmente en su lista de entrevistados. Los medios tecnológicos actuales hacen posible entrevistarse a distancia, en línea, o enviar la serie de preguntas de la entrevista por correo electrónico (recuérdese que son de diferente tipo formal las preguntas en un cuestionario que se aplicará en una encuesta y





las que se realizan durante una entrevista (v. §3.2.1 y §3.2.2), sin embargo, la sola tecnología no garantiza que el experto acceda a conceder una entrevista en teleconferencia o a contestarla por escrito y regresarla por correo electrónico.

Por otra parte, es posible que el investigador requiera información no sólo de expertos o de algunas personas con características definidas sino de una cierta población o universo. En este supuesto, el investigador deberá seguir los siguientes pasos: definición de las características de interés, elaboración del cuestionario, diseño de la muestra, determinación del tamaño de la muestra, realización de la encuesta, elaboración del informe de resultados y análisis de los datos.

1. Definición de las características de interés.

A menudo se comete el error de elaborar el cuestionario que será aplicado en una encuesta, sin reflexionar lo suficiente sobre este primer paso. Antes que nada, el investigador debe preguntarse: ¿qué me interesa conocer del universo de estudio?, ¿qué información es pertinente para los propósitos, objetivos e hipótesis de mi investigación? En otras palabras, el investigador debe determinar cuáles son las características de interés presentes en la población universo relevantes para su investigación.

Las características de interés están dadas por los propósitos, objetivos e hipótesis de la investigación (o las variables consideradas dependientes e independientes). Pongamos por ejemplo el caso de una investigación que se propone determinar las razones por las cuales las personas que compran vehículos nuevos optan por comprar automóviles de cuatro cilindros, en lugar de comprar autos eléctricos o híbridos. El objetivo es definir una estrategia para colocar más vehículos no contaminantes en la preferencia de los nuevos compradores; y las hipótesis plantean que las personas se resisten a adquirir la nueva tecnología ya sea por desconocimiento, desconfianza, temor a no obtener el mismo desempeño en velocidad o desplazamiento, etcétera. El sólo planteamiento general de esta hipotética investigación nos da elementos para definir características de interés, entre ellas podemos mencionar:

- Edad,
- Ocupación,
- Nivel de ingresos,





- Número de dependientes económicos,
- En qué utilizan su vehículo,
- Por qué adquirieron un auto de cuatro cilindros,
- Qué tipos de autos han tenido antes,
- Cuántos kilómetros diarios se desplazan,
- Conocen los nuevos autos híbridos o eléctricos,
- Qué piensan de los autos híbridos o eléctricos,
- En qué circunstancias estarían dispuestos a comprar un auto híbrido o eléctrico,
- Etcétera.

Nótese que las características de interés varían en función del proyecto de investigación, o lo que es lo mismo, es inútil o irrelevante elaborar un cuestionario que será aplicado en una encuesta sin haber planteado un proyecto de investigación o sin definir primeramente las características de interés.

2. Elaboración del cuestionario.

Una vez definidas las características de interés, el investigador debe proceder al diseño de cada una de las preguntas que le servirán para medir o estimar esas características en la población universo.

Como se ha comentado en el Capítulo 3, el cuestionario es un conjunto de preguntas que pueden clasificarse, en cuanto a su forma, en cerradas y abiertas; y en cuanto a su contenido, en preguntas de opinión, de actitudes y de hechos (para más información *v. supra* §3.2.1).

3. Diseño de la muestra.

La estadística inferencial permite adjudicar a la población universo los valores de las características estudiadas en una muestra representativa, con una cierta incertidumbre o probabilidad, que puede ser estimada (*v. infra* paso 4).

Para poder generalizar los valores obtenidos de la población de la muestra a toda la población universo, el investigador debe aplicar una técnica de muestreo aleatorio que le garantice que todos y cada uno de los miembros de la población universo han tenido la misma pro-





babilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. Cuando se cumple esa condición se dice que la muestra es científica o probabilística, sin sesgos y hace posible la inferencia.⁷⁴

En la mayoría de los casos es prácticamente imposible, o muy costoso, aplicar un cuestionario a todos los miembros de un universo (censo), por ello son tan importantes las técnicas de muestreo.

Muestreo aleatorio simple. Esta técnica presupone que el investigador cuenta con la lista de todos los miembros que conforman el universo; con ella y apoyado con una tabla de números aleatorios o un programa que pueda generar números aleatorios, el investigador procede a elegir a los miembros que integrarán la muestra.

Es posible aplicar la técnica tradicional de este tipo de muestreo cuando la lista de los miembros del universo de estudio no es muy grande; en ese caso es posible anotar el nombre o número de cada uno de los miembros del universo en un papelito, doblarlo y meterlo en un saco o urna para después sacarlos, uno a uno, hasta completar el número de miembros de la muestra.

Muestreo sistemático. Esta técnica también presupone que el investigador cuenta con la lista de todos los miembros que conforman el universo. Como paso siguiente, el investigador define un intervalo (coeficiente de elevación) que calcula dividiendo el número N de elementos del universo entre el número n de elementos de la muestra. Una vez obtenido el coeficiente de elevación, por ejemplo 20, el investigador elige arbitrariamente en la lista un punto que se denomina origen y a partir de ahí se desplaza 20 posiciones hasta completar el número n de miembros de la muestra.

Muestreo estratificado. Es un tipo de muestreo que es aplicable cuando no es posible contar con la lista completa de los miembros del universo, ya sea por su dispersión geográfica o por la complejidad de su estructura. En esos casos, el investigador clasifica al universo en subgrupos o estratos en función de características comunes a ellos. Como siguiente paso, aplica la técnica de muestreo aleatorio simple o el sistemático hasta obtener de cada subgrupo la cuota proporcional necesaria para completar el número n de elementos de la muestra. Es

⁷⁴ V. Kazmier, 2006: 142ss.





decir, las aportaciones de cada subgrupo serán proporcionales a su tamaño dentro del universo.

Muestreo por conglomerados. En algunos casos el investigador notará que no es necesario que él imponga una clasificación arbitraria en el universo para obtener subgrupos, sino que el universo se estructura de manera natural en subgrupos. Al identificarlos y estimar su proporción relativa con el universo, el investigador procederá, como en el caso anterior, a aplicar la técnica de muestreo aleatorio simple o el sistemático hasta obtener las cuotas proporcionales y completar el número n de elementos de la muestra.

Muestreo no aleatorio. Un muestreo no aleatorio es denominado también discrecional, ya que el investigador, o incluso cualquier otra persona, elige de manera arbitraria los n elementos de la muestra. Una muestra obtenida de esa manera no es considerada científica, ya que no hay bases para inferir que los valores encontrados en la muestra se corresponden con los posibles valores del universo. En este caso, los resultados serán meramente anecdóticos.

4. Determinación del tamaño de la muestra.

Otro de los aspectos importantes para un muestreo apropiado es la determinación del tamaño de la muestra, el cual se determina con la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{z\sigma}{E} \right)^2$$

Donde:

n = el número de elementos de la muestra,

z = valor para el nivel de confianza especificado,

σ = desviación estándar de la población,

E = el margen de error.

Este algoritmo presupone una distribución normal y que σ se conoce o se puede estimar con base en estudios anteriores o similares.⁷⁵

⁷⁵ V. Kazmier, 2006: 148.





Veamos un caso, el investigador define un nivel de confianza z del 95% (1.96)⁷⁶, un valor σ de 50% (0.5) y un margen de error E de 5% (0.05), de donde se obtiene que:

$$n = \left(\frac{1.96 \times .5}{.05} \right)^2 = \left(\frac{.98}{.05} \right)^2 = (19.6)^2 = 384.16 \rightarrow 385$$

En este caso, la fórmula nos indica que se requiere que la muestra esté integrada por 385 miembros del universo, elegidos por un procedimiento aleatorio (si resulta alguna fracción se toma el número inmediato superior).

Lo anterior significa que si, y sólo si, se aplica correctamente una técnica de muestreo aleatorio para elegir metodológicamente los 385 miembros de la muestra, es posible estimar que existe un 95% de confianza o probabilidad de que los valores obtenidos en la muestra se correspondan con los valores del universo de estudio o, en otras palabras, que habrá un margen de error de sólo 5%.

Nótese, también, que de poco servirá la estimación de confianza, establecer un margen de error, aplicar la técnica de muestreo correctamente y obtener el número necesario de miembros de la muestra si el cuestionario es difuso, inexacto o pobre.

5. Realización de la encuesta.

Es poco viable que una sola persona aplique el cuestionario a todos los elementos de la muestra, aunque es posible. De cualquier manera, es recomendable tomar en consideración los siguientes aspectos:

1. Se debe propiciar la reproducción de las mismas condiciones de aplicación del cuestionario con todos y cada uno de los miembros de la muestra, para evitar que variables sin control influyan en el ánimo de los informantes y den respuestas inapropiadas.
2. Por lo anterior, se debe acordar entre los aplicadores un protocolo de abordaje y aplicación del cuestionario para asegurar su uniformidad.

⁷⁶ Este valor se obtiene de una tabla de distribución normal.



3. Lo anterior implica desde la presentación de los encuestadores, algún tipo de ropa o prenda distintiva, un gafete identificador;
4. La reproducción del saludo y la petición de contestar el cuestionario;
5. La utilización del mismo tipo de instrumentos tales como tablas, lápices, borradores, etcétera.
6. La reproducción del mismo cierre y agradecimiento.
7. La concentración de los cuestionarios para el conteo y registro de resultados.

Un error frecuente en los trabajos escolares por equipos es que, en un intento fallido por ahorrar tiempo, los estudiantes se llevan cada uno la tarea de aplicar un número determinado de cuestionarios. Cada uno anota en su cuaderno o en su *laptop* la serie de preguntas y posteriormente cada cual, por separado, “diseña” el cuestionario y lo aplica sin ningún protocolo definido. En esos casos debe esperarse que una gran cantidad de variables no identificables, inesperadas y fuera de control influyan en el ánimo de los informantes. Finalmente el desastre se reflejará en el momento que traten de recuperar los datos estadísticos, pero sobre todo en la presentación de sus resultados. Al tratar de solucionar esos “detalles” se darán cuenta de que han perdido mucho más tiempo que el que supuestamente han ahorrado.

En algunos casos el aplicador del cuestionario deberá solicitar a personas en tránsito, ya sea por calles, parques, centros comerciales, etcétera (de acuerdo con el muestreo definido) que dediquen algunos minutos a contestar un cuestionario. Es de esperarse que un gran número de personas se muestren resistentes, ya sea porque están trabajando o porque no quieren perder su tiempo libre. Por ello es importante el protocolo y la capacidad de establecer rápidamente un *rapport*⁷⁷ con el informante potencial. Un modelo de petición de abordaje puede ser:

Realizamos una encuesta sobre el calentamiento global. Buenas tardes. Toma sólo un par de minutos. Sus respuestas son muy importantes. No solicitamos información personal ni confidencial. ¿Sería tan amable de responder algunas preguntas?

⁷⁷ V. *supra* §3.2.2.



Es importante lanzar por delante el tema y después el saludo porque la mayoría de las personas se habrán negado y seguirán su camino, sin detenerse, antes de que el investigador diga “buenas tardes”.

La enunciación del tema de la investigación puede despertar el interés de los informantes, hacerles sentir que su opinión es importante y que les tomará poco tiempo. Se darán cuenta inmediatamente de que no tratan de venderles alguna tarjeta de crédito o que no se les distribuirá algún tipo de publicidad o propaganda política.

6. Elaboración del informe de resultados y análisis de los datos.

El informe de la investigación de campo deberá, primero, mostrar los resultados obtenidos; y segundo, explicar su relevancia para los propósitos, objetivos, problemas e hipótesis del proyecto de investigación, en función del marco teórico.

En el primer aspecto, la estadística inferencial aporta una serie de herramientas metodológicas para presentar los resultados, que podemos resumir en tres tipos: cuadros y gráficas, medidas de centralización y medidas de dispersión.

Entre los cuadros y gráficas podemos mencionar la distribución de frecuencias, el histograma y polígono de frecuencias, curvas de frecuencia, diagramas de frecuencia acumulada, de puntos, de Pareto, de pastel, etcétera.

Entre las medidas de posición o centralización se encuentran la media aritmética, la media ponderada, la mediana, la moda, cuartiles, deciles y percentiles.

Las medidas de dispersión nos dejan ver en qué medida y variación se alejan los datos de la muestra de las medidas de posición, entre ellas están el rango, la desviación media absoluta, la varianza, la desviación estándar, etcétera.

Con las herramientas de la estadística inferencial será posible describir el comportamiento de los datos estadísticos encontrados en la muestra, e inferir su comportamiento en el universo estudiado.

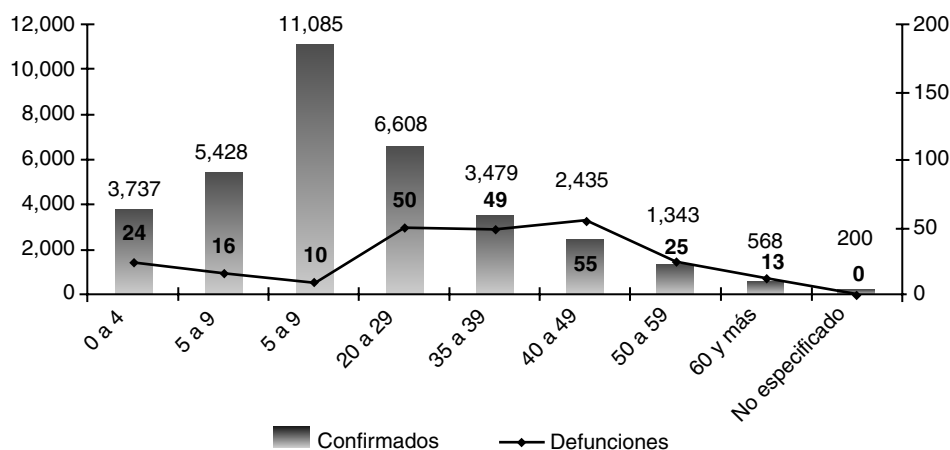
En términos del segundo aspecto, lo importante será la interpretación, por parte del investigador, del valor que los datos estadísticos obtenidos tienen para los propósitos, objetivos, problemas e hipótesis del proyecto de investigación.

Si bien la estadística provee herramientas para establecer patrones de comportamiento de los datos, la estadística no es el marco teórico



del tema estudiado, es sólo una herramienta (muy útil y, en algunos casos, imprescindible). Pero lo que realmente puede asignar un valor al comportamiento estadístico de los datos es el marco teórico, el estado del arte.

Véase, por ejemplo, la siguiente gráfica que presentó la Secretaría de Salud en un informe sobre la situación de la Influenza A (H1N1) en nuestro país, en octubre de 2009.⁷⁸



Gráfica No. 1: Casos confirmados y defunciones por grupos de edad.
(34,903 casos confirmados y 242 defunciones.)

FUENTE: Secretaría de Salud.

De acuerdo con la información estadística, el grupo de edad entre los 10 y los 19 años registra el mayor número de casos, pero prácticamente es el grupo con menos muertes; en contraste, las personas entre los 40 y los 49 años conforman un grupo con uno de los menores números de casos confirmados, sin embargo, aportan el mayor número de muertes por grupo de edad.

Este caso nos permite ilustrar que las herramientas estadísticas pueden mostrar el comportamiento de los datos en el universo estudiado; pero sólo el experto en la materia, conocedor del marco teórico y el estado del arte en ese campo específico puede tratar de explicar por qué se comportan de esa manera los datos. Es también responsabilidad del investigador

⁷⁸ Gráfica tomada de Secretaría de Salud, 3 de octubre de 2009.



señalar los datos o comportamientos que no puede explicar el estado del arte, o que van más allá de su propio conocimiento.

La estadística puede servir para indicar áreas o grupos de riesgo o vulnerables, puede incluso dar pautas para predecir tendencias del comportamiento futuro de los datos, pero no puede explicar el porqué, esa tarea le corresponde al investigador.

Nótese que sin el trabajo de campo y el análisis estadístico de los datos los responsables de atacar esta epidemia prácticamente se moverían en la oscuridad.

En resumen, el informe de resultados deberá:

1. Aprovechar las herramientas de la estadística para mostrar el comportamiento de los datos.
2. Analizar e interpretar los datos en función del estado del arte del campo estudiado.
3. Señalar aquellos datos y comportamientos que no pueden ser explicados con el conocimiento actual.

***Actividad:** Aplicar una encuesta y exponer sus resultados, por equipos.*





CAPÍTULO 6

El Discurso científico

6.1 Características de los textos científicos

Hoy en día, es una práctica generalizada comunicar el conocimiento científico. Cuando esa comunicación se hace de un científico experto a otros científicos expertos en la materia, se habla de difusión de la ciencia y se hace a través de artículos científicos arbitrados, los que son publicados en revistas científicas y que pueden leerse, ya sea en su modalidad impresa, si es que se cuenta con la suscripción vigente, o en línea, si se cuenta con acceso remoto vigente a las bases de datos que contienen las modalidades electrónicas de esas revistas.

Cuando un experto comunica el conocimiento científico a públicos no expertos se trata de un proceso comunicativo que se conoce como divulgación científica o divulgación de las ciencias y se realiza por casi cualquier medio imaginable o existente: libros, artículos de revistas y periódicos, monografías, ensayos, reseñas, reportes, informes, periódicos murales, programas de radio o televisión, videos, exposiciones museográficas, etcétera.

En el campo académico, algunos de los documentos o formatos mencionados son requeridos a los estudiantes a lo largo de su proceso formativo, como evidencia de que han desarrollado competencias y características propias del pensamiento científico y tecnológico.

Antes de revisar los formatos de algunos de esos textos, mencionaremos algunas de las características deseables de todo texto científico, se trate de un texto de difusión o divulgación científica o de carácter académico.

En todo texto podemos distinguir su formato, el contenido y el lenguaje utilizado. El formato se refiere a la estructura del documento; el





contenido a las teorías, leyes, conocimientos, hallazgos, avances, etcétera, que son comunicados; en tanto que el lenguaje utilizado debe respetar los parámetros del pensamiento científico.

El primer problema que se presenta es el hecho de que comunicamos algo con un cierto lenguaje, y no es tan claro separar una cosa de la otra. Es decir, comunicamos los hallazgos y los avances con un lenguaje, por ello, las preguntas que debe hacerse el estudiante o el investigador son: ¿cómo debo comunicar mis hallazgos?, ¿qué lenguaje debo utilizar?, ¿cuáles son las características generales de ese lenguaje, que debo tomar siempre en consideración al redactar mis documentos?

De los múltiples usos que tiene el lenguaje humano destacan el expresivo, el directivo y el informativo.⁷⁹ El uso expresivo, característico de la poesía, tiene el propósito de manifestar sentimientos y actitudes del autor. Este uso no puede ser caracterizado como verdadero o falso, en todo caso como bello, simple, rebuscado, afortunado, impresionante, etcétera.

El uso directivo tiene el propósito de que otros realicen o no alguna o algunas acciones, este uso se realiza en las órdenes y peticiones, y tampoco puede ser caracterizado como verdadero o falso; más bien puede cuestionarse la autoridad de quien ordena o la racionalidad de lo ordenado.

Por otra parte, el uso informativo tiene por objeto comunicar información, lo cual se logra a través de proposiciones lógicas que pueden ser caracterizadas como verdaderas o falsas, o más precisamente, en términos epistemológicos, como proposiciones falseables o refutables.

De ahí que podamos establecer las siguientes características generales de todo texto científico, en cuanto a su contenido y al lenguaje utilizado para expresarlo:

1. **Lenguaje informativo.** El lenguaje que se utiliza en los textos científicos es de carácter informativo, por lo que el autor debe asegurarse, en cada caso, de estructurar las proposiciones de su texto de manera que se identifiquen claramente los sujetos y las predicaciones. Eso le dará el carácter de falseable a sus afirmaciones.
2. **Léxico especializado.** El investigador debe utilizar el léxico especializado de su área, y en caso de introducir nuevos términos deberá definirlos con precisión, de manera que se distinga de todo otro término ya definido con anterioridad y exprese claramente a qué se refiere.

⁷⁹ Cfr. Copi, 1998:94-96.





3. **Argumentación.** Las afirmaciones (toda afirmación tiene un contenido lógico proposicional) deben formar parte de argumentaciones racionales, dejando en claro las condiciones de validez de sus afirmaciones y evitando las falacias.
4. **Evidencia.** El autor debe exponer con claridad y objetividad las evidencias que fundamentan lo que afirma en sus proposiciones y argumentaciones, ya sea que esas evidencias las haya obtenido en sus investigaciones, o bien en textos escritos por otros autores, en cuyo caso deberá dar los créditos necesarios utilizando los recursos del aparato crítico. En caso de presentar cuadros, imágenes o gráficas deberá anotar al pie de cada una de ellas la fuente de la información o el origen de la gráfica.
5. **Sencillez.** El conocimiento científico es racional, sistemático, exacto, verificable y por tanto falible; es decir, cualquier afirmación científica no refutada sigue siendo falseable, por lo que no existen dogmas ni verdades absolutas en el discurso científico, por ello, el investigador debe redactar con sencillez y esperar que cualquier cosa que su texto exprese sea sujeto de revisión, crítica o falsación por parte de otros estudiantes, académicos o científicos.
6. **Lenguaje no connotativo.** El lenguaje utilizado, además de informativo, debe ser denotativo. Las palabras tienen un valor semántico denotativo cuando son utilizadas para señalar de manera directa aquello que significan o refieren. Las palabras adquieren un valor semántico connotativo cuando las utilizamos con la intención de expresar, además del significado propio de la palabra, un sentido adicional y subjetivo.⁸⁰ Por ello, además de evitar el uso connotativo de las palabras en los textos científicos y académicos se debe limitar el uso de adjetivos, cuyo valor suele ser subjetivo.

Actividad: Discusión abierta.

⁸⁰ Veamos un ejemplo: “casa” se refiere a la construcción que habita una familia, de manera que se dice “la dirección de mi casa es tal” o “mi casa es de una sola planta”, etcétera, en estos casos se usa la palabra para señalar objetivamente a la cosa que se refiere la palabra; en contraste, podríamos decir “en esta playa me siento como en mi casa”, aprovechando que el valor connotativo de “casa” evoca seguridad, tranquilidad, etcétera.





6.2 Tipología de los textos académicos

Existe una gran variedad de textos científicos y técnicos; algunos de ellos son utilizados para la difusión de la ciencia y otros para su divulgación (v. apartado anterior); y todos ellos son requeridos en el proceso educativo donde adquieren el carácter de textos académicos.

Hemos revisado líneas arriba las características comunes a todos ellos, en relación a los contenidos que comunican y el lenguaje que deben utilizar para hacerlo, en este apartado revisaremos la estructura formal de algunos de ellos.

6.2.1 Monografía

La monografía, de las raíces griegas *mónos*, “uno”, “solo” y *gráphō*, “escribir”, es un tipo de texto que se caracteriza por tratar un único tema o asunto en particular. Por lo general, la monografía se sustenta en una investigación documental sobre el tema en cuestión, por lo que el paso inicial es la elección del tema (v. *supra* §2.4, §5.2.2, e *infra* §7.1, §7.1.1 y §7.2). Sin embargo, en algunos casos se complementa con observaciones directas y puede integrar información obtenida a través de entrevistas o imágenes, tomadas por el investigador, que aportan elementos o aspectos relevantes para el estudio monográfico.

Un estudio monográfico, por ejemplo, sobre las PyMEs de una región definida, además de la información obtenida de los documentos existentes puede complementarse con entrevistas y fotografías de los tipos de empresas que hay en la región. De cualquier manera, lo distintivo de la monografía no es el estudio documental sino que se enfoca en un único tema.

En cuanto a su contenido, además de tomar en cuenta todo lo comentado en el §6.1, se espera que el autor no simplemente haga una suma de los datos y la información recopilada en los documentos consultados, sino que trate de darle unidad al tema, es decir, que su monografía incorpore la información de sus fuentes en un documento que la organice de una manera integral. En otras palabras, se espera de una monografía que sea un texto argumentativo⁸¹ que le dé racionalidad a la información

⁸¹ Cfr: Menin y Temporeti, 2005: 80.





encontrada por el autor, la cual, vista de manera aislada, puede aparecer dispersa e inconexa.

En cuanto a su nivel de profundidad y extensión, la monografía debe dar respuesta a los propósitos que la originan. Como trabajo académico debe acotarse dentro de límites de profundidad y extensión que hagan viable el trabajo monográfico con los recursos y el tiempo disponible; lo importante es que el estudiante desarrolle la competencia de integrar en una unidad argumentativa la información de las fuentes consultadas.

En cuanto a su estructura, una monografía debe contener los siguientes apartados:

1. Portada
2. Resumen y palabras clave
3. Introducción
4. Desarrollo
5. Conclusiones
6. Aparato crítico y bibliografía

Portada. Resulta muy conveniente que todo trabajo académico inicie con una portada y considerarla en la numeración del documento. Debe contener el título, el nombre del o los autores, la institución a la que pertenecen (o la carrera o programa de la que son estudiantes) y sus correos electrónicos, así como la fecha de terminación del trabajo.

Es un uso muy normal que el título de una monografía indique que se trata de un estudio de este tipo; ejemplos: “Estudio monográfico sobre los problemas que genera el transporte urbano en la ciudad”, “Estudio monográfico sobre las PyMEs de la región”, etcétera.

El nombre del o los autores debe anotarse en su orden natural y en caso de ser varios se escribe primero el del coordinador o el que tuvo la participación más destacada. Puede incluso, sobre el nombre de cada uno, anotarse la palabra “Coordinador” o “Colaborador”, dependiendo de cuál sea el caso.

Ejemplo de portada:





**Estudio monográfico sobre los problemas
de vialidad en la ciudad en su relación
con el transporte colectivo.**

Coordinadora

María Pérez Gómez¹

Colaboradores

Adrián López García²

Héctor Montes Estrada²

Mayo de 2009

.....
¹Agencia de Consultoría Mar

²Universidad Autónoma del Sur

³Tecnológico del Norte

¹mariapg@hotmail.com

²adrianlg@gmail.com

³hectorme@yahoo.com

Resumen y palabras clave. Presentar un resumen del contenido de la monografía, de preferencia en un sólo párrafo, de un máximo de ocho a diez renglones. Al pie del resumen, colocar a renglón seguido las palabras clave que hacen referencia a los conceptos y términos centrales que son presentados, utilizados o analizados en la monografía.

Introducción. Debe definir el tema y el o los problemas que dan origen a la necesidad del estudio monográfico. Recuérdese que cualquier documento científico o académico da respuesta a una necesidad de información y análisis derivada de un proyecto de investigación. En caso de tener un proyecto claro, será posible exponer en la introducción sus líneas generales, sobre todo exponer sus propósitos, tema, objetivos, problemas e hipótesis principales. De esa manera quedará más claro al lector el valor del estudio monográfico y sus alcances.

Dado que la introducción no es lo primero que se escribe, aunque aparece primero, es posible que el autor haga una descripción general





de la metodología aplicada, así como de las fuentes documentales consultadas y de otros recursos utilizados, tales como entrevistas u observación directa.

También es posible adelantar la estructura general del estudio monográfico, eso permitirá a los lectores adentrarse en el análisis de la monografía de manera gradual desde el resumen.

Desarrollo. Este apartado no suele titularse “Desarrollo”, se llama así porque en él se desarrollan las ideas y tesis del autor. Es decir, lo común es que en este apartado, que es el más amplio, se presente una estructura de títulos y subtítulos, que es el resultado del análisis del monografista, al mismo tiempo que facilita la presentación de sus argumentaciones.

En cuanto a su contenido, el autor propone, explica y argumenta a favor de una tesis central (o muy pocas), que da estructura al tema estudiado y arroja luz sobre las posibles soluciones al o los problemas presentados en la introducción, esto lo hace a lo largo del desarrollo y sus subapartados, analizando y refiriendo la información de las fuentes documentales consultadas, así como la información obtenida por técnicas no documentales.

Conclusiones. De manera breve, pero no tanto como en el resumen, el autor presenta la tesis central de su trabajo y los principales argumentos que la sustentan; hace un resumen de las soluciones que propone a la problemática analizada, o de las posibles vías de solución, aclarando sus alcances e implicaciones (sus soluciones pueden ser válidas sólo para las condiciones de esa ciudad y puede implicar una reingeniería que deje sin empleo a muchas personas).

Debe señalar, también, los posibles problemas derivados que tendrían que ser atendidos en caso de que fuesen adoptadas sus propuestas de solución a los problemas primarios. De ser el caso, deberá señalar otros problemas encontrados durante su investigación, que previamente no aparecían como identificados y señalar temas relacionados o líneas de investigación que ameriten ser trabajados en el futuro.

Bibliografía y aparato crítico. Como ha sido comentado en el Capítulo 2, es absolutamente necesario que en un documento académico o científico se utilice un sistema de citas y referencias de las fuentes documentales y se anote, al final del texto, la bibliografía que contenga las fichas bibliográficas de las obras consultadas y sólo esas, recuérdese





que da muy mala impresión presentar en la bibliografía obras no referidas en el texto (v. §2.4).

6.2.2 Ensayo

Aunque es muy común referir la palabra “ensayo”, en español, a la raíz griega *exagium*, que significa “acto de pesar algo”, parece más exacto y justo mencionar que este género fue creado por uno de los grandes pensadores del Renacimiento, el francés Michel Eyquem de Montaigne (1533-1592). Montaigne mismo es reconocido por haber escrito un gran número de este tipo de textos, a los que llamó “ensayos”. De hecho, en 1580 logra una primera edición de una colección importante de sus escritos en una obra que titula precisamente *Los ensayos*, en francés *Essais*.⁸²

Es por ello más justo remitir a ese origen la palabra “ensayo” que utilizamos hoy en día, para referirnos a este tipo de textos académicos; y aclarar, en todo caso, que el sustantivo francés *essais* deriva a su vez del infinitivo *essayer*, que significa “tratar” o “intentar”.

En cuanto a su contenido y estructura, la primera característica del ensayo es su total libertad y apertura. Aun cuando lo usual es que un ensayo sea más bien breve, algunos autores reconocidos como ensayistas destacados han presentado libros completos en calidad de un solo ensayo.

Sin metodología aparente, el ensayo es un despliegue del pensamiento de su autor sobre un tema en particular o, más raramente, sobre una correlación entre varios temas. Aunque puede estar precedido de una investigación documental y contener algunas referencias bibliográficas, lo importante del ensayo no es el reporte objetivo de lo encontrado en la investigación documental o en las observaciones del autor, lo importante es la opinión subjetiva del ensayista, quien defiende una tesis o punto de vista, de manera libre, pero no sin el rigor del pensamiento lógico. Es decir, de alguna manera, el ensayista abre una ventana hacia su mundo interior y sus perspectivas de la vida o el tema abordado.

El ensayista puede iniciar con una especie de planteamiento o introducción, apoyado sobre algunas referencias documentales, donde presente el estado de cosas que analizará en el resto de su ensayo, el cual puede cerrar con una especie de conclusión.

⁸² V. Montaigne 1937.





Pero lo importante seguirá siendo la manera particular como el autor presenta y argumenta a favor de su perspectiva del asunto. Por ello, el ensayo requiere de una gran habilidad lingüística y argumentativa y no está peleado con la elegancia en la redacción y el estilo. De manera que un ensayo revela más del autor que del tema tratado, pero, en ocasiones, el ensayista puede sorprender al lector, quien de pronto tiene ante sí una prosa inteligente que le presenta un tema de una manera innovadora, audaz y brillante, incitándolo a reflexionar sobre sus propias convicciones y creencias.

Cuando leemos los ensayos de científicos, académicos o escritores importantes lo que queremos es saber su opinión sobre algún tema (que por lo general ya conocemos de manera general, la energía, la pobreza, el narcotráfico, la corrupción, etcétera), pero también la manera en que lo presentan, lo estructuran, lo tratan, lo argumentan.

Por ello, al imponer el reto de estructurar y escribir una opinión inteligente, el ensayo es un recurso educativo que fomenta en los estudiantes el desarrollo de habilidades del pensamiento, lingüísticas y de redacción, y por su elegancia, provoca también un gusto por la estética del pensamiento y del lenguaje.

6.2.3 Reseñas

El sustantivo “reseña” deriva del verbo “reseñar”, el cual tiene su origen etimológico en el verbo latino “*resignāre*”, que significa “tomar nota, escribir, apuntar”.⁸³ Dado que es posible tomar nota sobre cualquier cosa o hecho, existen reseñas de libros y artículos, pero también se escriben reseñas de películas, obras de teatro, exposiciones, congresos, pinturas, obras arquitectónicas, proyectos de investigación, competencias académicas, etcétera.

Por lo general, la reseña es un texto muy breve (más o menos dos cuartillas), que contiene dos aspectos sustantivos, primero, una síntesis del suceso u objeto reseñado y, segundo, la opinión crítica y valorativa del reseñador. Es decir, cuando se lee una reseña se espera que el reseñador haga una descripción general del objeto, sin que omita nada esencial, pero que al mismo tiempo nos proporcione una opinión autorizada sobre

⁸³ RAE.





el valor del objeto reseñado, en relación a los otros objetos o sucesos de su clase o categoría.

En cuanto al primer aspecto, la reseña exige al reseñador una gran capacidad de análisis y síntesis. Analizar para identificar las partes constitutivas principales del objeto; y sintetizar para exponerlas de manera breve y sin desvirtuar el objeto reseñado.

En relación al segundo aspecto, es necesario que el reseñador conozca el terreno del objeto reseñado, es decir, si se trata de una obra de teatro, debe tener un conocimiento suficiente para valorar la obra reseñada y poder aquilatarla en relación a otras obras similares; si se trata de un evento académico, *v. gr.* una competencia de prototipos, el reseñador debe conocer lo suficiente, o investigar, para describir la tecnología utilizada por los competidores, pero también sobre otras competencias similares con el fin de poder dar su opinión acerca del valor académico de la competencia, respecto de otras del mismo tipo. Este segundo aspecto exige, además, una capacidad argumentativa destacada, para poder expresar y defender el valor de la obra.

Por ello, en las reseñas de libros y artículos se espera no sólo una buena síntesis de su contenido, sino también, la opinión crítica del reseñador sobre la relevancia que el libro o el artículo reseñado tienen respecto de los libros y artículos que abordan temáticas afines.

En cuanto a su estructura, podemos decir que la reseña tiene un encabezado y un cuerpo textual. En el primero debe aparecer el título,⁸⁴ la ficha técnica del objeto reseñado⁸⁵ y los datos del reseñador. En el cuerpo textual suelen integrarse, sin subtítulos o marcas de apartado, una introducción, la descripción del objeto y la valoración crítica del reseñador.

En ocasiones, los comités editoriales de algunas revistas prefieren que el nombre del reseñador se anote al final de la reseña. En todo caso, es importante anotar el nombre de la institución a la que pertenece el reseñador, debajo de su nombre.

⁸⁴ Se estiliza, en ocasiones, anotar sólo la ficha técnica del objeto reseñado, sobre todo cuando se trata de reseñas de libros o artículos, sin poner un título adicional a la reseña.

⁸⁵ En el caso de libros o artículos la ficha técnica equivale a la ficha bibliográfica. En otros casos, la ficha técnica se estructura con el título de la obra o evento (ya sea pintura, película, congreso), el nombre del autor, director u organizador, la fecha y lugar de realización, etcétera. En el caso de pinturas se incluyen datos como las dimensiones y la técnica utilizada.





6.2.4 Reporte

La palabra “reportar” proviene del latín “*reportāre*”, de “*re*”, “posterior” y “*portare*”, “cargar”, de ahí su sentido literal de “traer de regreso algo cargando” o “cargar algo de regreso”.⁸⁶ Derivado de “reportar”, el sustantivo “reporte” tiene actualmente el significado de traer de regreso alguna “noticia” o “informe”.

Aunque la etimología se remonta en última instancia al latín, cabe hacer la aclaración de que en el francés antiguo se utilizaba la palabra “*report*” (actualmente “*rapport*”) ya con el sentido de “noticia o rumor traído por una persona a otra”. En la palabra inglesa “*report*” debemos reconocer tanto su etimología latina, como su origen más próximo en el término francés citado. Es decir, si bien la etimología es latina, históricamente el uso técnico de la palabra “reporte” proviene del francés (“*report*” / “*rapport*”), de ahí al inglés (“*report*”) y posteriormente al español (“reporte”).

Un reporte es un documento que notifica o informa sobre los avances o resultados de un proyecto, investigación o experimento, y es dirigido a una entidad específica o conjunto de lectores cuya formación les permite leer, interpretar, valorar, aplicar o tomar decisiones en relación a la información transmitida por el reporte.

El formato más usual del reporte de avances o resultados de proyectos e investigaciones científicas y/o tecnológicas es el conocido por las siglas IMRyD,⁸⁷ cada una de las cuales refiere a uno de sus apartados: Introducción, Métodos, Resultados y Discusión. Un reporte con el formato IMRyD equivale a un artículo científico, por lo general arbitrado, que es publicado en alguna revista de difusión científica, y cuyos destinatarios son los pares expertos (v. *infra* §6.3).

Sin embargo, se ha extendido el uso de la elaboración de reportes en casi cualquier ámbito, ya sea público o privado, y en casi cualquier área: educación, industria, comercio, negocios, economía, políticas de gobierno, salud, etcétera.

Se espera que un reporte sea redactado en un lenguaje técnico y con la terminología especializada en la materia reportada, pero también debe ser sencillo y claro. Debe incluir datos e información estadística que describan el comportamiento del fenómeno reportado y sus posibles

⁸⁶ Cfr. RAE.

⁸⁷ Del inglés *IMRAD* (*Introduction, Methods, Results and Discussion*).



tendencias, así como imágenes, planos, hipervínculos, secciones anexas, etcétera. Como en todo documento académico, científico o técnico, debe incluirse un aparato crítico y la bibliografía consultada. En algunos casos se hace referencia a objetos (anexos o no) que complementan la información tales como prototipos, componentes, videos, instrumentos, etcétera.

Aun cuando el modelo de reporte en cualquier ámbito es el formato IMRyD, no es obligatorio. En la mayoría de los casos un reporte se elabora ya sea porque el autor tiene el propósito de comunicar algo específico, o bien porque ha sido solicitado por alguna entidad a la que el investigador debe informar sobre el avance de su trabajo.

Cuando el autor tiene un propósito definido elige la estructura que mejor se adapta a sus necesidades, no sin asegurarse que no debe faltar alguna sección que se corresponda con alguna de las partes del IMRyD.

Cuando el reporte es solicitado, generalmente la petición incluye la mención de los aspectos que interesa que el autor incluya en su reporte. Cualquiera que sea el caso, el IMRyD es siempre un referente válido.

6.2.5 Otros textos académicos (tesis, tesina, proyecto de inversión)

Tesis. La palabra “tesis” tiene su origen en el griego *thésis*, “acción de poner”, derivado de *títhēmi* “yo pongo”.⁸⁸ En su sentido actual, la tesis es un documento académico en el cual el autor propone y defiende ya sea una posición científica o tecnológica, línea argumentativa o teoría, en torno a un tema, problema o conjunto de temas o problemas relacionados entre sí. En nuestros días, la tesis suele ser un documento que se presenta como requisito en algunas carreras para obtener algún grado académico.

Generalmente, el tema se presenta claramente delimitado y la tesis que se defiende puede ser verbalizada en unas cuantas oraciones, aun cuando sea necesario escribir entre 150 ó 400 cuartillas para explicarla de manera suficiente.

La tesis es un trabajo original, resultado de una investigación que, en algunos casos puede ser principalmente documental (si lo permite la reglamentación de la carrera y escuela donde se realiza), o respaldada por

⁸⁸ Cfr. Corominas, 1973: 565.



una serie de investigaciones documentales, de campo y experimentales realizadas por el autor o grupo de autores.

Es posible también pensar en tesis de compilación,⁸⁹ es decir, que agotan la bibliografía relacionada con el tema o problema investigado pero con una línea argumentativa que analiza, ordena y estructura las ideas principales presentes en la literatura.

La tesis se estructura en capítulos, pero, de cualquier manera, se espera que tenga un título y que sus capítulos inicial y final sean una introducción y una conclusión respectivamente (sin que necesariamente lleven ese título). El resto de los capítulos se titulan en función de las necesidades expositivas del autor. Por supuesto que no pueden faltar el aparato crítico y la bibliografía.

Como se explica en §6.3, la estructura IMRyD constituye la estructura fundamental de presentación, exposición y argumentación del conocimiento científico, por ello, cuando se redacta una tesis y en ella se presentan resultados de investigaciones experimentales, el autor debe asegurarse de que reporta lo suficiente de cada uno de sus experimentos, tomando como referencia el formato IMRyD, lo cual no significa que una tesis sea una colección de artículos o reportes de investigación. Recuerdese, lo que caracteriza a una tesis es que, finalmente, todo lo encontrado en la literatura, el campo o el laboratorio sirve de apoyo para la línea argumental de la tesis.

Tesina. El término “tesina” corresponde al diminutivo de “tesis”. Para formarnos una idea de la diferencia entre una tesis y una tesina tomemos como referente una tesis de grado doctoral, la cual debe cumplir con las exigencias de ser exhaustiva en la revisión de la literatura pertinente, relevante en el trabajo de campo y experimental, así como novedosa y original en la postura científica propuesta. Al caracterizar a la tesis doctoral con estos parámetros estaríamos estableciendo el nivel más alto de la tesis.

Las tesinas suelen solicitarse como documentos de obtención de grados inferiores al de doctor, en consecuencia las expectativas de los revisores no son tan estrictas como en el caso de la tesis doctoral. Una tesina puede no ser exhaustiva en la revisión de la literatura, puede ser poco relevante en el trabajo de campo y experimental, y quizá no tan novedosa y original en la postura científica, pero debe constituir

⁸⁹ Cfr. Eco, 1987: 18ss.



una evidencia clara de que se ha realizado un ejercicio responsable de investigación documental, de campo y experimental, de manera que se presenta un trabajo académico honesto y respetuoso de las formas de comunicación científica y académica.

Proyecto de inversión. Aunque en sentido estricto un proyecto de inversión es más un texto cuya finalidad es principalmente financiera, es importante que los estudiantes de educación superior tengan una idea general de cómo está integrado ya que, sobre todo en el caso de los estudiantes de ingeniería, es necesario que se establezca un continuo desde la investigación básica y la aplicada, hasta el mundo de la industrialización y la inversión.

Revisaremos brevemente la estructura de un proyecto de inversión, misma que puede servir de referente a estudiantes y profesionales cuando se ven en la necesidad de presentar proyectos emprendedores.

La estructura básica de un proyecto de inversión contiene cuatro estudios: de mercado, técnico, financiero y administrativo - legal.⁹⁰ Sin embargo, en función de su profundidad, éste se denomina “perfil del proyecto”, “gran visión” o “identificación de la idea” cuando se le presenta de manera superficial y con apoyo, sobre todo, en el sentido común; se le llama “anteproyecto” o “estudio de prefactibilidad” cuando se ha logrado la definición conceptual del proyecto, se ha estudiado y evaluado, y se han tomado decisiones sobre la realización del mismo; finalmente, se le conoce como “proyecto definitivo” cuando se toman las acciones necesarias para llevarlo a su realización.⁹¹ Las diversas entidades de gobierno o los evaluadores del proyecto pueden exigir, además de los estudios mencionados, estudios de impacto social, ambiental, económico, tecnológico, ético u otros (v. *supra* §4.5).

Estudio de mercado. Presenta una aproximación cuantitativa de la oferta y la demanda del producto o servicio que se propone en el proyecto, así como un análisis de precios y un estudio de su comercialización. Este estudio permite evaluar las posibilidades de penetración del producto o servicio en un mercado determinado. En su etapa definitiva, este estudio está fundado en investigación de

⁹⁰ V. García Mendoza, 1998 & Baca Urbina, 2006.

⁹¹ Cfr: Baca Urbina, 2006: 5ss.



campo cuantificable, sobre todo encuestas y observación directa de las condiciones del mercado, aunque puede integrar también algunas entrevistas.

Estudio técnico. Este estudio debe determinar el tamaño óptimo de la planta o el negocio, su localización óptima y la ingeniería necesaria.

Toda planta tiene una cierta capacidad instalada, *i.e.*, una cierta capacidad de producción, aquí se calcula cuál debe ser el tamaño de la planta para que opere con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

Con esa misma lógica, la localización se decide tomando en consideración los costos de transporte, tanto de la materia prima como del producto terminado; se toman en cuenta también aspectos fiscales, disponibilidad de mano de obra, clima de la región, altura, y en general, cualquier otro aspecto que represente una ventaja o desventaja para la ubicación de la planta.

La ingeniería del proyecto consiste en describir todo lo necesario para instalar y hacer funcionar la planta, como se puede entender es la parte del estudio técnico que resuelve todo lo concerniente al equipamiento y la tecnología necesarios. En esta parte se presenta el diseño de los procesos, las tecnologías que serán instaladas e incluso detalles relacionados con la adquisición de los equipos y la tecnología (incluidos los sistemas de *software*).

Estudio financiero (o económico). Los estudios anteriores, sobre todo el de ingeniería, permiten determinar los costos totales de la instalación de la planta, así como la inversión inicial (incluido el capital de trabajo) necesaria para arrancar el proceso de producción. Este estudio presenta cálculos sobre el rendimiento mínimo aceptable que deberá tener la planta, tomando en cuenta los compromisos de financiamiento adquiridos por los inversionistas para la realización del proyecto. Este estudio también contiene estimaciones sobre el punto de equilibrio, *i.e.*, el nivel de producción en que los costos totales y los ingresos totales son iguales. Este último dato es de suma importancia porque es indicador de en qué momento la empresa operará con pérdidas o con utilidades. A fin de cuentas, el estudio financiero permite establecer la rentabilidad de un proyecto de inversión.





Estudio administrativo y legal. Presenta las opciones más adecuadas para la organización y la administración, así como el marco jurídico y fiscal que más convienen a la nueva empresa.

En cuanto a la organización y administración, presenta el organigrama de la empresa, el manual de procedimientos, los puestos necesarios para la operación de toda la planta, las funciones y facultades, así como el perfil del personal que deberá ser contratado para cada uno de los puestos.

Por otra parte, describe el marco jurídico pertinente, *i.e.*, la legislación vigente en el país en el que se realizará la inversión y los acuerdos internacionales aplicables, en función de lo cual se define el régimen fiscal más conveniente, los trámites que deben seguirse para dar de alta la empresa y las acciones que deben realizarse para satisfacer las exigencias de las leyes, reglamentos y normas técnicas que rigen sobre el tipo de producción de la planta.

6.3 Estructura del reporte de investigación (IMRyD)

El IMRyD es el formato internacional de comunicación científica más usado en el mundo por la gran mayoría de publicaciones científicas, sobre todo aquellas que reportan resultados de carácter experimental. Sus siglas se refieren a sus apartados: Introducción, Métodos (y Materiales), Resultados y Discusión. En inglés es conocido con el acrónimo *IMRAD* (Introduction, Methods, Results and Discussion).⁹²

En términos prácticos, la diferencia entre un reporte de investigación y un artículo es que el segundo ha sido publicado. De cualquier manera, casi todas las revistas utilizan alguna variante del IMRyD y en el último de los casos, cuando un investigador decide enviar a una revista específica un reporte de investigación para su publicación, debe revisar la sección de instrucciones para autores en la que se informa de manera clara y precisa sobre el formato que debe dar a su reporte.

En este apartado revisaremos de manera general la estructura de un reporte de investigación o artículo científico con el formato IMRyD, la

⁹² Cfr: ICMJE & UW-MWC.





cual debe contener: título, nombre del autor, *abstract*, palabras clave, introducción, métodos y materiales, resultados, discusión y bibliografía.⁹³

Todo estudiante universitario debe conocer la estructura IMRyD puesto que es, en esencia, la estructura fundamental de presentación, exposición y argumentación del conocimiento científico.

Título. Debe describir con claridad y precisión el contenido del artículo o reporte. Es el primer criterio para decidir si se lee o no un artículo, por lo que el título debe contener los términos técnicos que más acertadamente refieran al contenido. Se debe evitar el uso de frases como “Estudio sobre...”, “Investigación acerca de...”, “Artículo que presenta los resultados...” Recuérdese, también, que el lenguaje de los escritos académicos y científicos es informativo y denotativo por lo que debe evitarse el uso de palabras elegantes, poéticas o metáforas. Un título descriptivo del contenido, claro, directo y con los términos adecuados hará posible una indexación más útil del artículo y facilitará su localización electrónica por parte de los pares interesados en conocer los resultados que reporta.

Nombre del autor. Proporcionar el nombre del autor y la institución en la que labora. En caso de que sean varios los autores, se suelen colocar los nombres en orden de importancia (en relación a la investigación específica reportada).

Abstract y palabras clave. El *abstract* resume, generalmente en un único párrafo (entre 50 y 300 palabras), todo el contenido del reporte o artículo. Expone los objetivos principales de la investigación, describe los métodos, menciona los resultados más importantes y explica las conclusiones y su significado. Es decir, resume los puntos centrales de cada una de las secciones del IMRyD ya que, por obvias razones, aunque se presenta primero en el artículo, se redacta al final. El *abstract* no incluye referencias a figuras, tablas, fuentes o a información no contenida en el reporte. Debajo del *abstract* se colocan las palabras clave del contenido del artículo.

Una vez que los lectores potenciales han identificado títulos de artículos que les pueden ser de utilidad proceden a leer los *abstracts*,⁹⁴

⁹³ V. ICMJE & UW-MWC.

⁹⁴ Ya sea en las revistas físicas, en algún *Index de abstracts* o en las bases de datos que son consultadas de manera remota.





lo que en definitiva les dará la pauta para leerlos o no, por ello es tan importante su redacción.

Introducción. Presenta los elementos necesarios para que el lector tenga una idea clara del contexto y los antecedentes de la investigación, así como los principales problemas, sus alcances y significado. Debe exponer los propósitos y los objetivos de la investigación. Debe hacer una descripción rápida de sus hipótesis y la metodología del trabajo realizado, pero no debe incluir datos o conclusiones de la investigación.

Es un apartado en el que se exponen conceptos teóricos y resultados de trabajos relevantes de otros autores. La revisión del estado del arte debe dejar claro el valor de los objetivos de la investigación y su metodología. Es decir, mostrar que se aborda la problemática estudiada con un enfoque teórico o metodológico no presente en la literatura.

Es de utilidad construir el contexto del problema partiendo de su manifestación en el mundo, haciendo luego una valoración teórica, revisando después los estudios reportados en la literatura, para presentar finalmente la especificidad de la investigación que se reporta.

Métodos y materiales.

Esta sección debe redactarse pensando en aportar la información suficiente para que los experimentos o estudios realizados puedan ser replicados por otros investigadores y obtengan resultados similares a los reportados. Por ello, el investigador, al redactar esta sección debe tomar en consideración que será analizada en detalle y su prestigio como investigador estará bajo la lupa de sus pares. De ahí que debe asegurarse que expone claramente cómo estudió el problema, qué fue lo que hizo y con qué, así como qué procedimientos y métodos siguió (y sus limitaciones). Redactar esta sección en pasado simple y de manera cronológica ayuda a alcanzar los objetivos que se mencionan.

Las hipótesis de la investigación deben ser explícitas así como la manera en que fueron operacionalizadas. Debe describirse el diseño experimental, pero es muy importante, también, describir los materiales, aparatos, instrumentos, sustancias, cepas, etcétera que fueron utilizados. En el caso de instrumentos y aparatos se deben reportar las marcas y los modelos utilizados; en relación a las cepas deben ser descritas sus características taxonómicas; debe darse información sobre el origen de las sustancias químicas; en el caso de incluir animales o seres humanos se debe explicar qué características los hicieron elegibles y qué controles se diseñaron; es importante describir, también, el equipo de cómputo y el





software utilizados. Como se puede entender, el propósito de esta sección es asegurar que la replicación experimental arroje resultados similares, al seguir la misma metodología, con los materiales y equipos reportados.

Aunque no se espera una explicación de los procedimientos estadísticos, sí es necesario dar la suficiente información estadística como para que otros investigadores con acceso a la base de datos del investigador (que no se incluye en el reporte o en el artículo) puedan verificar las mediciones estadísticas reportadas, por ello el investigador debe definir los términos estadísticos, abreviaciones y símbolos que utiliza.

El investigador debe consultar a la parte que solicita el reporte, o en la sección de instrucciones para autores de la revista a la que enviará su artículo, sobre el sistema de medidas que debe utilizar.

Resultados.

Los resultados que deben ser presentados en esta sección son sólo aquellos que son pertinentes en función de los objetivos e hipótesis de la investigación, por ello, los datos reportados deben ajustarse a esa lógica —para cada uno de los experimentos reportados— en el texto, tablas, gráficas e ilustraciones, mostrando primero los hallazgos más importantes. Debe redactarse esta sección en pasado simple y evitarse la interpretación de los datos.

El texto no debe repetir todos los datos presentes en las tablas, gráficas e ilustraciones, sino hacer correlaciones de datos relevantes y destacar los más importantes. Por otra parte, no deben duplicarse los mismos datos en las tablas, gráficas e ilustraciones. En el texto no deben aparecer resultados numéricos sólo como derivativos (*e. gr.* porcentajes, proporciones, etcétera) sino que deben aparecer los números absolutos de los cuales se obtienen los derivados y los métodos de derivación.

De ser muy necesario, el autor puede añadir un apéndice o anexo con materiales suplementarios o detalles técnicos para no afectar la fluidez de esta sección.

Discusión. El propósito de esta sección es determinar el significado de los hallazgos de la investigación, por lo que es conveniente iniciar haciendo un recuento breve de los principales hallazgos.

A manera de conclusión, por cada uno de los experimentos, mencionar los resultados más significativos, describir sus patrones y principios, y explicar de qué manera se relacionan con las propias expectativas de la investigación así como con los resultados de las investigaciones





citadas en la introducción. Es importante hacer notar si los resultados son consistentes con la literatura citada, o si la contradicen, o si pueden ser considerados una excepción a la regla. En este punto es posible que el autor pueda indicar el tipo de experimentos necesarios para aclarar las contradicciones o explicar las excepciones. Se deben comentar, también, las limitaciones detectadas en el diseño y la metodología empleados y, por ende, las posibles limitaciones del estudio realizado.

Es en esta sección en la que el autor debe reflexionar sobre las implicaciones teóricas de sus resultados, *i.e.*, debe valorarlos a la luz de los paradigmas vigentes y tratar de establecer si sus hallazgos ayudan a ampliar el entendimiento básico de su campo; es también importante que el investigador sugiera algunas aplicaciones prácticas del nuevo conocimiento, si las hay.

Nótese que en la redacción de este apartado se describen primeramente los resultados de la investigación, a continuación se comparan con los resultados reportados en la literatura referida en la introducción, se hace luego una valoración teórica y, finalmente, se sugieren aplicaciones.

Si bien en esta sección no es necesario repetir en detalle la información y los datos disponibles en las otras secciones del reporte, de ninguna manera deben hacerse afirmaciones o generalizaciones que no tengan un firme fundamento en los resultados obtenidos.

Bibliografía. Todo reporte de investigación debe contener referencias, citas, notas y las fichas bibliográficas de las fuentes consultadas, es decir, un aparato crítico. En el caso de los reportes de investigación que por alguna razón no se elaboran con fines de publicación se puede adoptar cualquier formato estandarizado, como el que se utiliza en esta obra. Cuando se elabora un reporte con el propósito de lograr su publicación, se debe consultar la sección de autores de la revista en la que se pretende publicar, en esa sección se especifica el formato que debe ser utilizado. Es importante que el autor tome seriamente en consideración las recomendaciones que se le hagan en esa sección, ya que de no hacerlo puede ser razón suficiente para que el editor rechace el artículo. Contrariamente a como lo percibe el sentido común, los editores de las revistas pueden decidir rechazar un artículo y no enviarlo a los árbitros para su evaluación si no se respeta su línea editorial; además, en ningún caso se tomarán el tiempo para hacer correcciones técnicas o de estilo en el reporte.

Actividad al final de la unidad: Organizar un panel sobre los diversos tipos de textos científicos y sus usos pertinentes.





CAPÍTULO 7

Desarrollo de una investigación documental

7.1 Factores a considerar en la elección del tema

Como se ha mencionado en §2.4, la delimitación adecuada de un tema de investigación permite enfocar la atención del investigador en un fenómeno o serie de fenómenos interrelacionados, ubicar la investigación dentro del alcance de los recursos económicos y temporales del investigador, ubicar la complejidad y profundidad del tema de investigación dentro de los alcances académicos del investigador, definir la viabilidad de la investigación en función de los recursos humanos (asesores) y tecnológicos de su centro de estudios, decidir con claridad lo que forma parte del tema de investigación y lo que no (aunque la decisión sea arbitraria), definir el o los problemas que serán abordados, especificando su carácter teórico, tecnológico o económico, y definir el tipo de resultados y productos de su investigación, así como su relevancia teórica, tecnológica y económica.

7.1.1 Identificación con el tema

Es una realidad que cuando uno elige estudiar una carrera tiene ciertas creencias y expectativas respecto de ella, mismas que se van modificando conforme se avanza en los estudios profesionales. Quizá uno de los aspectos más impactantes es la amplitud de temáticas y la profundidad que cada una de ellas puede alcanzar. De manera que los estudios de licenciatura suelen ser una especie de revisión muy superficial de un complejo entra-





mado de temas académicos, científicos, tecnológicos e instrumentales en un campo de estudios específico el que, al mismo tiempo, forma parte de una complicada red de interconexiones entre los diversos campos del conocimiento humano. Al final de cuentas el universo es un continuo y es el ser humano el que lo secciona arbitrariamente para su estudio.

Por ello, es de vital importancia que el estudiante de educación superior explore la temática de su campo, porque es muy posible que descubra que en alguno o algunos temas se mueve intelectualmente de una manera más fácil y naturalmente que en otros. No es el propósito de este libro explorar las razones, sólo tomémoslo por un hecho. Lo que sucede en la realidad es que ciertos temas estimulan nuestra curiosidad intelectual, son incluso una fuente de energía para nuestro pensamiento, nos incitan a pensar en problemas asociados y nos evocan posibles soluciones.

7.1.2 Conocimientos necesarios

La abundancia de temáticas en cada uno de los campos académico-científicos exige que la definición misma de un tema de investigación inicie con una exploración del mundo de las temáticas. Exploración que puede realizarse por varias vías paralelas, no excluyentes, que mencionamos a continuación.

Una vía es la lectura continua de revistas de divulgación científica, ya que en ellas se publican avances y resultados de investigación científica, tanto básica como aplicada. La desventaja de esta vía es que las revistas de divulgación suelen presentar temas de muy diversos campos, lo que puede hacer lento el proceso de elección de algún tema.

Otra posibilidad es la lectura de los *abstracts* de las revistas arbitradas que publican resultados de trabajos de investigación en campos definidos del conocimiento. Por esta línea será posible conocer los temas relevantes del campo, pero presentan algunas dificultades a los estudiantes de licenciatura, tales como el idioma (generalmente estarán escritos en inglés), su profundidad y por ende los conocimientos requeridos para su entendimiento.

Es posible también recurrir a los profesores de la especialidad y consultarlos sobre los temas de su campo, los problemas vigentes y las aplicaciones relacionadas. Una ventaja será que los profesores pueden realizar una valoración del avance de los conocimientos de los estudiantes y su orientación puede ser muy acertada; sin embargo, tendrán tiempo





para exponerles uno o dos temas de su interés, reduciendo de esa manera una exploración más abundante.

Una manera práctica y muy conveniente es que los estudiantes, en algún momento definido por la academia de profesores, reciban una explicación sobre las líneas de investigación de su centro o departamento o bien de las investigaciones que han realizado o realizan los investigadores de manera individual o colectiva. De ahí es posible desprender la serie de temáticas que son estudiadas por sus propios profesores, lo que conlleva ventajas tales como asesorías, consejos rápidos, posible disponibilidad de materiales, etcétera.

Una vez elegido el tema y a medida que se avance en su investigación documental, el estudiante irá descubriendo qué conocimientos son los necesarios para entender la temática, problematizarla y proponer posibles soluciones y aplicaciones.

7.1.3 Tiempo disponible

El tiempo disponible para realizar trabajos académicos durante los estudios universitarios es siempre limitado, sobre todo si se toma en consideración que los estudiantes están en todo momento realizando tareas para diferentes asignaturas, por esa razón deben definirse con claridad las características de un trabajo de investigación documental para que sea válido y viable, y por lo tanto realmente formativo.

No es conveniente iniciar una investigación documental suponiendo que ya se ha definido el tema; lo mínimo que debe presentar el estudiante son evidencias de la exploración temática en revistas de divulgación y de arbitraje, con sus profesores y en relación a las líneas de investigación del centro que coordina la carrera que estudia; por otra parte, debe presentar un documento que refiera a libros, artículos de revistas, tanto físicos como virtuales. El documento no debe ser muy extenso, sólo lo necesario para aportar las evidencias mencionadas y dar una descripción racional y sistemática del tema.

7.1.4 Recursos necesarios

El tiempo debe ser considerado uno de los recursos necesarios; se ha tocado en el apartado anterior. Otros recursos a considerar son: la biblioteca





de la institución y su hemeroteca o sección de revistas especializadas, el acceso remoto a bases de datos y tiempo de asesoría con los profesores.

El problema con el acervo físico de las bibliotecas es que, por lo general, un alto porcentaje de los libros y revistas puede haber perdido vigencia, lo que no permitirá conocer de los avances y tratamientos más actuales de algunos temas; también existe el problema de que siempre es muy limitado el número de ejemplares disponibles, actualizados o no.

Las consultas a los profesores deben ser ágiles y asertivas para obtener información sustancial y hacer viable que más estudiantes puedan entrevistarlos.

En definitiva, hoy en día, lo más recomendable es que la institución cuente con acceso a una biblioteca virtual,⁹⁵ con bases de datos pertinentes a las carreras que ofrece; esto plantea la necesidad de la conexión a *Internet*, pero también un conocimiento básico de los protocolos de búsqueda. Más temprano que tarde quedará claro que otro recurso necesario es un dominio aceptable de la capacidad de leer y entender textos técnicos y científicos, sobre todo en el idioma inglés.

7.1.5 Beneficios sociales y tecnológicos

Un aspecto que debe quedar claro en el reporte de la investigación documental es el carácter básico o aplicado del conocimiento generado en torno al tema reportado (v. *supra* §5.1). No siempre sucede que el conocimiento tenga aplicación práctica o que el estado actual de la tecnología lo permita. Pero cuando es el caso, el reporte debe mencionar las aplicaciones realizadas o las potenciales, tanto aquellas que representan ventajas tecnológicas como las que benefician más directamente a la sociedad.

El conocimiento que generan día a día los astrónomos, por ejemplo, puede tener pocas o ninguna aplicación práctica, sin embargo, satisface una de las necesidades más grandes del ser humano: la necesidad de conocer y entender. Paradójicamente, el conocimiento astronómico, conjugado con estrategias de divulgación y museografía se convierte en un tema de educación para las personas, materializándose así en un beneficio para la sociedad.

⁹⁵ Lo que no se sustituye con búsquedas en *Internet* libre.





Por otra parte, algunos hallazgos sobre superconductores permiten aplicaciones tecnológicas muy ventajosas, pero prácticamente fuera del alcance del presupuesto de muchos países.

De cualquier manera, como se puede entender, el conocimiento beneficia siempre al ser humano y a la sociedad a la que pertenece y, en ocasiones, es posible aplicarlo.

7.1.6 Innovación

Como se explicó en §1.5, el término “innovación” o “innovación tecnológica” se utiliza para referirse a una manera nueva, inédita, de hacer las cosas; no se trata de un cambio parcial o pequeño sino de una nueva tecnología cuyos efectos son radicales cuantitativa y cualitativamente, además de representar un marcado avance en el pensamiento científico y tecnológico de su época. Más allá del mundo de la tecnología y la industria, una verdadera innovación tecnológica suele traer consigo marcados impactos y cambios económicos y sociales.⁹⁶

El estudio documental de las innovaciones es muy formativo porque pone de manifiesto el valor del conocimiento, su aplicación y su poder de transformación de patrones de vida. Pero también es posible que el conocimiento generado en torno al tema estudiado haya dado lugar, en algún momento de la historia, al desarrollo de alguna innovación tecnológica, lo cual vale la pena destacar en una investigación documental.

7.2 Definición y caracterización del tema

Un tema de investigación adecuadamente definido permite:

- a. delimitar un fenómeno o serie de fenómenos interrelacionados,
- b. decidir con claridad lo que forma parte del tema de investigación y lo que no (la decisión siempre es un tanto arbitraria, pero clara),
- c. abordar el tema en un nivel de complejidad y profundidad dentro de los alcances académicos del investigador,
- d. definir los objetivos de la investigación,

⁹⁶ Cfr: Mckeown, 2008.





- e. describir el o los problemas que serán estudiados, especificando su carácter teórico, tecnológico o económico, y
- f. definir el tipo de resultados y productos de la investigación, así como su relevancia teórica, tecnológica y económica.

Los anteriores parámetros son válidos incluso para una investigación puramente documental. Recuérdese que, de cualquier manera, cualquier tipo de investigación requiere de una investigación de la literatura científica y que en todo momento es posible encontrarse ante la necesidad de actualizar el estado del arte. De muchas maneras, la investigación documental es la puerta de acceso al mundo de la investigación científica.

7.2.1 Objetivos generales y específicos

Un objetivo expresa los resultados que se propone una investigación, ya sea documental, de campo o experimental, tanto pura como aplicada. Los resultados pueden ser: la divulgación o difusión del conocimiento, un avance en el conocimiento, el desarrollo de nuevos productos o procesos tecnológicos, tangibles e intangibles, o la modificación o mejora de un estado de cosas. Es importante resaltar, también, que un objetivo debe plantearse cuando es posible lograrlo, de otra manera se condena toda la investigación al fracaso.

Un objetivo deben enunciarse de una manera simple, iniciando la oración que lo expresa con un verbo en infinitivo, seguido de sus complementos. Lo anterior permite verificar con claridad si se alcanzaron o no los objetivos de una investigación. Tómese en cuenta que debe usarse sólo un verbo por objetivo o se correrá el riesgo de hacerlos ambiguos.

No es tan sólo un asunto de redacción, tiene que tomarse en consideración la viabilidad temporal, académica, tecnológica y económica de lo que se pretende lograr.

Por ejemplo, podemos decir que un objetivo como “Desarrollar una vacuna contra el virus de la influenza tipo A subtipo H1N1” toma en cuenta las sugerencias de redacción, *i.e.*, verbo en infinitivo + objeto directo. Sin embargo, si ese objetivo se lo propone un estudiante de licenciatura, aunque es posible que su capacidad intelectual sea la adecuada, definitivamente sería muy difícil que tuviera a su alcance los recursos para lograr ese resultado. En cambio, es un objetivo viable y creíble para una investigación del Instituto Pasteur.





Una investigación puede plantear objetivos generales, particulares y hasta específicos, dependiendo del alcance que pretenda el objetivo.⁹⁷ Un proyecto de investigación puede buscar impactar en el ámbito del conocimiento básico, la aplicación y hasta en el económico. Por cada uno de ellos puede tener un objetivo general y, subordinado a él, objetivos particulares y específicos. Aunque tales planteamientos son complejos, vale la pena la mención.

A manera de ejemplo, una empresa automotriz puede plantearse los siguientes objetivos generales (OG), particulares (OP) y específicos (OE):

OG: Desarrollar un motor de auto que funcione con hidrógeno.

OP: Lograr que ese motor sea tan eficiente como los actuales motores a diesel.

OG: Colocar en el mercado un auto que funcione con hidrógeno.

OP: Realizar el lanzamiento del producto en diciembre de 2009.

OE: Iniciar la distribución del auto en Inglaterra y Alemania.

OP: Recuperar la inversión en investigación y desarrollo.

OP: Generar utilidades para la empresa.

OG: Posicionar a la empresa como líder en el diseño y aplicación de tecnologías no contaminantes.

OP: Realizar una campaña que destaque las ventajas del hidrógeno respecto de otros combustibles.

Nótese que los ámbitos de los objetivos generales son diferentes y que los particulares y específicos se subordinan, pero son necesarios para considerar logrados los objetivos generales.

En cuanto a la definición de los objetivos generales, particulares y específicos de una investigación documental, deben tomarse como referencia los propósitos y objetivos del proyecto de investigación; en la mayor parte de los casos el objetivo es establecer el estado del arte del tema estudiado.

Como ejercicio válido para estudiantes de educación superior son objetivos razonables de una investigación documental los siguientes: “Presentar un reporte de investigación documental sobre la sintomatología asociada con el virus de la influenza tipo A subtipo H1N1”, “Elaborar

⁹⁷ Cfr: Rojas Soriano, 2008: 82.





un reporte sobre los motores de vehículos más eficientes”, “Elaborar un reporte sobre las principales acciones de las ESRs⁹⁸ a favor del medio ambiente.”

7.2.2 Limitaciones y delimitaciones

Resulta claro, por lo que hemos venido comentando en los apartados anteriores, que disponer de más o menos tiempo, conocimientos científicos, técnicos y metodológicos, así como equipos, instrumentos, *software* y por supuesto financiamiento, influye de manera directa en el establecimiento de los alcances de una investigación (de cualquier tipo), *i.e.*, esos recursos y conocimientos son factores determinantes de la elección y delimitación del tema, los propósitos, los objetivos y, por supuesto, del tipo de investigación que es factible realizar.

Aunque lo anterior parece obvio, es muy común que los investigadores se rezaguen en reportar sus avances y resultados; en no pocos casos se debe a las formas con que opera la burocracia que administra los recursos que los investigadores suelen gestionar; pero se dan casos también de mala planeación, por no calcular con cuidado los alcances de una investigación.

7.3 Localización de fuentes de información

Revisaremos a continuación los lugares y los medios a través de los cuales pueden ser localizados, consultados o recuperados⁹⁹ los documentos que pueden servir de fuentes de información para una investigación documental.

7.3.1 Escritos: textos, publicaciones periódicas (revistas, periódicos, folletos, etcétera)

Libros. Por regla general, las bibliotecas ponen al alcance de sus usuarios tres tipos de ficheros de libros: por título, por autor y por tema. Es decir, cada libro de la biblioteca tiene tres fichas, por lo que es posible llegar a él por alguna de esas tres vías. En los últimos años se ha hecho cada

⁹⁸ Empresas Socialmente Responsables.

⁹⁹ “Bajados” del *Internet*.





vez más común que las bibliotecas cuenten con un sistema de búsqueda computarizado que replica el sistema tradicional, de modo que los usuarios pueden consultar el fichero virtual en monitores dedicados para ese fin. En otros casos más avanzados, es posible consultar el fichero virtual de la biblioteca en línea y determinar cuántos ejemplares existen, si está alguno disponible, cuántos están prestados y cuándo serán regresados. Sin embargo, el número de libros físicos será siempre limitado, por lo que suele ser insuficiente para los fines de una investigación documental.

Revistas y publicaciones periódicas. Las bibliotecas suelen tener una hemeroteca en la que colocan los diarios de noticias y las revistas de difusión y divulgación científica, así como boletines, folletos y revistas de instituciones educativas, centros de investigación o dependencias de gobierno.

Aunque existen grandes hemerotecas en el mundo, la realidad es que en la mayoría el número de títulos de revistas existente es más bien limitado. Sin embargo, una visita a la hemeroteca de la institución de educación superior en la que se estudia nos permite conocer las suscripciones que paga la universidad, que generalmente corresponden a los títulos de las revistas solicitadas por los centros o departamentos de la institución.

Una desventaja adicional de las hemerotecas físicas es que únicamente pueden ser consultadas en los horarios de trabajo y sólo se permite la consulta en la propia hemeroteca, no el préstamo. En algunos lugares será posible obtener fotocopias, pero en otros son respetados los derechos de los editores.

La alternativa es la consulta remota a bases de datos. Los estudiantes deben preguntar, ya sea en la biblioteca o en la coordinación de su carrera, cuáles son las bases de datos contratadas por su institución, específicamente las que contienen títulos pertinentes a su carrera, así como su localización electrónica y el protocolo de acceso y consulta.

7.3.2 Audiovisuales: audio cassetes, video cassetes, CD, DVD, etcétera

Algunas bibliotecas pueden contar con una videoteca en la que se resguardan materiales videograbados en diversos tipos de soporte físico; pueden, también, contar con una fonoteca con materiales de audio, ya sea de voz, programas de radio, música u otro tipo de sonidos.





Existen bases de datos de objetos de aprendizaje, nombre técnico que se da a un recurso digital que puede ser usado para fines educativos, y que suelen tener contenidos, actividades, mecanismos de evaluación, etcétera. Es decir, en línea, es posible encontrar material audiovisual y de audio, pero también interactivo, o muy dirigido al aprendizaje de temas específicos.¹⁰⁰

7.3.3 Otros medios

Microfilm. En algunas bibliotecas es posible consultar material microfilmado para lo cual esos centros cuentan con las fichas y los lectores necesarios. Dado que esta tecnología ha sido desplazada por las más modernas técnicas de la digitalización, en los materiales microfilmados es posible encontrar información, quizá no de actualidad, pero interesante; sobre todo materiales que pueden destacar por su carácter relevante o estratégico en épocas pasadas y hoy en día por su valor histórico.

Colecciones facsimilares. Un facsímile (del lat. *facĕre*, hacer, y *simĭle*, semejante) es una reproducción exacta de un libro, códice, texto, imagen, etcétera, por lo que una colección facsimilar se refiere a un conjunto de este tipo de obras. Los facsimilares pueden ser propiedad de museos, fundaciones o particulares y presentarse en museos, universidades, congresos, etcétera.

Por la rareza y valor de las obras originales, los facsimilares pueden representar la única oportunidad de ver obras de esta naturaleza. Para el buen observador, el objeto como tal (libro, códice, etcétera) puede ser una fuente importante de información no disponible en otros medios.

7.4 Análisis de la información

Las reglas del discurso del método de Descartes pueden servir de guía para la realización de una investigación documental: identificar de maneja clara y distinta lo que se va a estudiar, analizar el todo en sus partes constitutivas fundamentales, reconstruir el todo a partir de los principios

¹⁰⁰ Cfr. LTSC, 2002.





identificados, y hacer las revisiones necesarias para asegurarse de no haber omitido algún aspecto esencial (*cf. supra* §2.2).

7.4.1 Selección del material localizado

Una primera etapa de la selección de documentos (libros, artículos, actas, etcétera) consiste en hacer una lista de los materiales pertinentes encontrados, ya sea en los acervos físicos o en los recursos electrónicos.

Una segunda fase consiste en seleccionar los que finalmente serán objeto de la investigación documental, en el caso de los libros se deben identificar los capítulos o apartados relevantes (es raro tener que leer un libro completo a menos que se deba hacer una reseña); en cuanto a los artículos, la revisión de los *abstracts* da la pauta para su selección.

La extensión de la lista y el número de fuentes seleccionado está en función de la profundidad de la investigación documental. Si se trata de establecer el estado del arte son las pertinente y necesarias en sentido estricto (una crítica a un investigador de carrera puede ser que no tomó en consideración el trabajo reciente de un autor); en el caso de un trabajo universitario debe cumplir con los requisitos establecidos en el curso. De cualquier manera no debe ser menor a veinte fuentes diferentes con predominio de artículos.

7.4.2 Clasificación del material

Tómese en consideración que lo que se presentará en el reporte no es una clasificación del material (a menos que se solicite una taxonomía de las fuentes documentales en relación a cierto tema), lo que se presentará será un planteamiento integral del tema. Para ello, el análisis de cada una de las fuentes permitirá identificar que no todos los autores definen, exponen y tratan de la misma manera el tema investigado.

Una primera aproximación es recuperar las definiciones fundamentales que cada uno de los autores realiza; ahí se detectarán las primeras similitudes y diferencias entre las fuentes documentales. Esto da la pauta para una primera agrupación de los documentos.

Otro parámetro es el tratamiento teórico metodológico que respalda el trabajo de los autores; algunos presentarán resultados de trabajo experimental, otros se distinguirán por los objetos estudiados (animales,





plantas, humanos, etcétera), algunos pueden destacar por las aplicaciones que sugieren, etcétera.

Tomemos por ejemplo la realización de una investigación documental sobre el tema de los alimentos orgánicos. Durante el proceso de análisis del contenido de los documentos, el investigador encontrará que algunos autores definen los conceptos de “alimentos orgánicos” y “productos orgánicos”, pero también que se registran diferencias semánticas de uno a otro autor. Sin embargo, el investigador tendrá en esos documentos elementos para construir definiciones más integrales al incorporar rasgos conceptuales que algunos autores mencionan y otros no.

Se encontrará también con que algunos de los documentos hacen énfasis en los sistemas de cultivo de los productos orgánicos y explicarán, entre otras cosas, que no utilizan ningún tipo de agroquímico, sino sólo fertilizantes naturales. Otros, entrelazados con los anteriores, harán énfasis en el aspecto ambiental y señalarán que se trata de una práctica sustentable que no daña al ambiente, por las buenas prácticas agrícolas que emplea.

Algunos estarán más interesados en la dimensión agroindustrial y proporcionarán información y datos sobre el número de productores, las regiones y estados que más registran este tipo de actividad, así como los principales productos orgánicos que se cultivan.

Otros habrán estudiado el mercado de los productos y alimentos orgánicos y describirán al tipo y nivel socioeconómico de los consumidores, explicarán que son sobre todo productos de exportación, demandados en Estados Unidos y Europa.

Habrán quienes expongan las ventajas saludables de esos productos ya que no están contaminados con químicos sintéticos y es posible conocer a sus productores, los procesos, la región de la que provienen, las fechas en que fueron cultivados, etcétera.

El investigador, al hacer el análisis de cada uno de los textos, se encontrará con este tipo de unidades de información sustantivas para su reporte, el cual, en la operación inversa, *i.e.*, en la síntesis de la información, deberá estructurar el tema con los diversos aspectos encontrados en las fuentes documentales, dándole coherencia y sistematicidad. Puede ocurrir, incluso, que algunos autores sostengan posiciones contrarias entre sí, lo que debe ser señalado por el investigador. Un reporte de esa naturaleza, que suma conocimientos complementarios y señala deficiencias, ausencias o contradicciones en la literatura es útil porque da una explicación integral de un tema.





7.5 Redacción y presentación de la investigación realizada

En §6.1 explicamos que, en cuanto a su contenido y al lenguaje que utiliza, todo texto científico se expresa en lenguaje informativo, con el léxico especializado, de manera argumentativa, con evidencias, con sencillez y evitando cualquier tipo de connotaciones.

A continuación revisaremos la estructura del documento que reporta los resultados de una investigación documental y las posibles formas de presentación.

7.5.1 Formato de la redacción

Un reporte de investigación documental no tiene el formato IMRyD puesto que no comunica resultados de trabajo experimental o de campo, sin embargo, debe ser lo suficientemente claro para reportar los resultados encontrados en la literatura que sí pueden ser resultado de trabajo experimental, es decir, debe aclarar que tales o cuales datos o conocimientos se obtuvieron por tales o cuales procedimientos metodológicos, sin ser exhaustivo.

No debe perderse de vista que en el mejor de los casos el reporte de investigación documental es, a su vez, una fuente de segunda mano (si realmente consulta textos de primera mano), pero puede ser de tercera o cuarta mano, lo cual no es muy útil.

En cuanto a su estructura puede adoptarse el mismo formato de la monografía (*cfr. supra* §6.2.1):

1. Portada
2. Resumen y palabras clave
3. Introducción
4. Desarrollo
5. Conclusiones
6. Aparato crítico y bibliografía

Como la caracterización de esas secciones ha sido ya explicada en el apartado referido, haremos un recorrido breve haciendo énfasis en las particularidades del reporte de investigación documental.





Portada. Debe contener el título, el nombre del o los autores, la institución a la que pertenecen (o la carrera o programa de la que son estudiantes) y sus correos electrónicos, así como la fecha de terminación del trabajo.

Es importante que desde la portada se aclare que se trata de un reporte de investigación documental, por ello la leyenda “Reporte de Investigación Documental” debe colocarse ya sea encima, por debajo o incorporarse al título del documento, ejemplo:

**Los productos orgánicos:
su producción, distribución y mercado**

Reporte de Investigación Documental

El nombre del o los autores debe anotarse en su orden natural y en caso de ser varios se escribe primero el del coordinador o el que tuvo la participación más destacada. Puede incluso, sobre el nombre de cada uno, anotarse la palabra “Coordinador” o “Colaborador”, dependiendo de cuál sea el caso.

Resumen y palabras clave. Presentar un resumen del contenido del reporte de preferencia en un sólo párrafo, de un máximo de ocho a diez renglones. Al pie del resumen, colocar a renglón seguido las palabras clave que hacen referencia a los conceptos y términos centrales que son presentados, utilizados o analizados en el reporte.

Introducción. Debe presentar un perfil general del tema y el o los problemas que dan origen a la necesidad del estudio. En caso de tener un proyecto que dé origen a la investigación documental será posible exponer en la introducción sus líneas generales, propósitos, tema, objetivos, problemas e hipótesis principales.

Debe presentar, también, una descripción del tipo y número de fuentes documentales consultadas y adelantar la estructura general del reporte, eso permitirá a los lectores adentrarse en él de manera gradual.

Desarrollo. Como en el caso de la monografía, este apartado no suele titularse “Desarrollo”, se llama así porque en él se desarrolla la estructura de títulos, subtítulos y texto construida por el investigador a partir del





análisis de las fuentes. Es el apartado más amplio y presenta el desarrollo descriptivo y argumentativo.

Conclusiones. De manera breve, el autor presenta las principales conclusiones derivadas de su investigación documental, incluyendo los principales problemas asociados con el tema y las líneas de solución más sobresalientes que señalan los autores.

Debe presentar una valoración de la importancia del tema para el área profesional y su posible impacto académico, científico, social, económico o de otra índole.

Bibliografía y aparato crítico. El reporte debe utilizar un sistema de citas y referencias de las fuentes documentales y anotar, al final del texto, la bibliografía consultada (v. §2.4).

7.5.2 Presentación de la investigación

Los resultados de la investigación documental son presentados a la coordinación, comité o al profesor de la asignatura que lo solicitó, a través del reporte de investigación documental.

Aunque en ocasiones se solicitará el reporte impreso, hoy en día es más común solicitar los documentos en algún formato electrónico (*Word*, *.pdf*, etcétera).

Por otra parte, es posible que tanto un investigador como un estudiante sean requeridos de hacer una exposición de los resultados de la investigación documental ante la academia de profesores, en el caso de los investigadores, o ante el grupo, en el caso de los estudiantes. En esa situación es conveniente que la exposición se apoye en una proyección electrónica de filminas.¹⁰¹

Las filminas no deben contener el reporte completo, su elaboración representa un trabajo adicional de síntesis, sólo deben incluir encabezados breves y pocas viñetas, de manera que sirvan de guía al presentador, quien debe evitar leerlas textualmente y utilizarlas sólo para desarrollar su exposición.

La proyección de esquemas o figuras facilita la exposición e ilustración de los resultados y su comprensión por parte del público a quien

¹⁰¹ *Slideshow, Power Point, Flash* u otro.





se dirige, pero se debe tener cuidado de no tergiversar la información obtenida de las fuentes.

En resumen, la presentación de los resultados implica, por lo menos, la elaboración del reporte, la elaboración de las filminas y la exposición en público.

Trabajo final de la unidad: De manera individual, realizar una investigación documental y presentar el reporte.



BIBLIOGRAFÍA

Althusser, Louis. *Ideología y aparatos ideológicos de Estado*. Buenos Aires: Nueva Visión, 1988.

Aristóteles. *Metafísica*. (Tr. de Patricio de Azcárate) Madrid: Medina y Navarro, Editores, 1875.

Aristóteles. *Organon*: Aristóteles. Tratados de Lógica (El Organon). «“Sepan cuántos...” Núm. 124» México: Editorial Porrúa, S.A., 1987.

Aristóteles. *Peri Hermeneias*. Aristóteles. *Peri Hermeneias* (gr.) [*De interpretatione* (lat.)] [*De la proposición* (esp.)] En: Aristóteles. *Organon*: 49-64.

Aristóteles. *Primeros Analíticos*. Aristóteles. *Primeros Analíticos*. En: Aristóteles. *Organon*: 71-148.

Audesirk, Teresa. *Biología: La vida en la Tierra*. México: Pearson Educación, 2003.

Baca Urbina, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill / Interamericana, 2006.

Barrow, C. J. *Social Impact Assessment: an Introduction*. London: Arnold, 2000.

Blanche, Robert. *La axiomática*. (Tr. De Federico Osorio Altúzar) México: UNAM / Estudios Filosóficos, 1965.

Bunge, Mario. *La ciencia, su método y su filosofía*. México: Grupo Editorial Patria / Editorial Sudamericana, 1989.



- CONACYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En: www.conacyt.mx
- CONACYT (TR). “Términos de Referencia. Convocatoria de Investigación Científica Básica 2008.” En: www.conacyt.mx
- Copi, Irving M. y Carl Cohen. *Introducción a la lógica*. México: Editorial Limusa / Grupo Noriega Editores, 1998.
- Corominas, Joan. *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*. España: Editorial Gredos, S. A., 1973.
- Darwin, Charles. *The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Londres: John Murray, 1859.
- Declaration Of Helsinki. *World Medical Association Declaration Of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. World Medical Association. En: <http://www.wma.net/e/policy/b3.htm>
- Descartes, René. *El discurso del método. Para bien dirigir la razón y buscar la verdad en las ciencias*. España: Editorial Maxtor, 1969.
- Eco, Umberto. *Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura*. México: Gedisa, S.A., 1987.
- Ellis, John. “Más allá del modelo estándar.” *Nature*, 2007, No. 448: 297–301.
- García Mendoza, Alberto. *Evaluación de proyectos de inversión*. México: McGraw-Hill / Interamericana, 1998.
- Gereffi G. & Martínez M. “Mexico’s Economic Transformation under NAFTA” En: Crandall, Paz and Roett (Editors). *Mexico’s Democracy at Work: Political and Economic Dynamics*. USA: Lynne Reiner Publishers, 2004.
- Haley, Jay. *Uncommon Therapy*. USA: W. W. Norton & Company, Inc., (1986) 1993.
- Hammer, Michael. “Reengineering Work: Don’t automate, obliterate.” *Harvard Business Review*, Jul/Aug, 1990, pp 104-112.
- Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández-Collado y Pilar Baptista Lucio. *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill, 2006.
- Hornby, A. S. *Oxford Advanced Learner’s Dictionary of Current English*. London: Oxford University Press, 1974.
- Hufbauer, Gary Clide & Jeffrey J. Schott. *NAFTA Revisited: Achievements and Challenges*. USA: Institute for International Economics, 2004.



- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. En: www.inegi.org.mx.
- ICMJE.* “Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals: Manuscript Preparation and Submission: Preparing a Manuscript for Submission to a Biomedical Journal.” En: http://www.icmje.org/manuscript_1prepare.html (R. 17 de octubre de 2009).
*International Committee of Medical Journal Editors.
- IUPAC. *International Union of Pure and Applied Chemistry*. (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.) En: <http://www.iupac.org/>.
- Kazmier, Leonard J. *Estadística aplicada a administración y economía*. México: McGraw-Hill, 2006.
- Kuhn, Thomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1971.
- Link, Albert & Christopher Ruhm. *Public Knowledge, Private Knowledge: The Intellectual Capital of Entrepreneurs*. (Working Paper 14797.) Cambridge: National Bureau of Economic Research, March 2009.
- LTSC*. *IEEE Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standard 1484.12.1*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, 2002. *Learning Technology Standards Committee de la IEEE.
- Martin, Fernand. “The Economic Impact of University Research.” *Research File*, March 1998, V. 2, No. 3: 1-8.
- Maslow, Abraham. “A Theory of Human Motivation.” *Psychological Review*, No. 50, 370-396, 1943.
- Menin, Ovide y Félix Temporetti. *Reflexiones acerca de la escritura científica. Investigaciones, proyectos, tesis, tesinas y monografías*. Argentina: Ediciones Homo Sapiens, 2005.
- Mckeown, Max. *The Truth About Innovation*. UK: Prentice Hall, 2008.
- Montaigne, Michel Eyquem de, *Essais*. Paris: Pléiade, (1580) 1937.
- Mulhall, Douglas. *Our Molecular Future: How Nanotechnology, Robotics, Genetics, and Artificial Intelligence Will Transform Our World*. New York: Prometheus Books, 2002.
- Naciones Unidas. *Previsiones demográficas mundiales. Revisión de 2006*. New York: United Nations, 2007.
- Newton, Isaac. *Principios matemáticos de la filosofía natural. Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Barcelona: Ediciones Altaya, S.A. Grandes Obras del Pensamiento, (1687) 1993.



- Platón. *Cratilo o del lenguaje*. En: Platón, *Diálogos*. México: Editorial Porrúa, S. A., 1978: 249-294.
- Platón. *Menón o de la Virtud*. En: Platón. *Diálogos*. México: Editorial Porrúa, S.A., 1978: 205-228.
- Platón. *Teetetes o del Conocimiento*. En: Platón. *Diálogos*. México: Editorial Porrúa, S.A., 1978: 295-349.
- Popper, Karl R. *The logic of scientific discovery*. USA: Routledge, 1959.
- Popper, Karl R. *Objective Knowledge*. USA: Clarendon Press, 1972.
- Presidencia de la República. *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*. En: www.presidencia.gob.mx.
- RAE. *Diccionario de la Lengua Española*. (22ª Ed.) España: Real Academia Española. En: <http://buscon.rae.es/draeI/>.
- Roco, Mihail C. and William Sims Bainbridge (Eds.). *Converging Technologies for Improving Human Performance. NANOTECHNOLOGY, BIOTECHNOLOGY, INFORMATION TECHNOLOGY AND COGNITIVE SCIENCE*. USA: National Science Foundation, June 2002.
- Rojas Soriano, Raúl. *Guía para realizar investigaciones sociales*. México: Plaza y Valdés, 2008.
- Sandor, Bela I. "Tutankhamun's chariots: secret treasures of engineering mechanics." *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, Julio 2004, Vol. 27, No. 27, pp: 637-646, 10p.
- Secretaría de Economía. Portal de la Secretaría de Economía. En: www.economia.gob.mx.
- Secretaría de Salud. "Situación actual de la epidemia. 3-octubre-2009." En: portal.salud.gob.mx, R. 3 de octubre de 2009.
- Schofferman, Jerome. "To Good to Be True?" *Pain Medicine*, Oct 2006, Vol. 7, Issue 5, pp 395-395.
- Smith, Adam. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. London: Methuen & Co., (1776) 1904.
- Spohrer, Jim. "NBICS (NANO-BIO-INFO-COGNO-SOCIO) Convergence to Improve Human Performance: Opportunities and Challenges." En: Roco, Mihail C. and William Sims Bainbridge (Eds.), 2002: 101-117.
- Tamayo y Tamayo. Mario. *El Proceso de la Investigación Científica*. México: Limusa, 1993.



UNCTAD 2001. *Acuerdos internacionales para la transferencia de Tecnología: prácticas óptimas de acceso a la transferencia de tecnología y medidas para alentarla con miras a fomentar la capacidad de los países en desarrollo, en especial los países menos adelantados*. Ginebra: United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo), 2001.

UW-MWC.* “Scientific Reports.” En: <http://writing.wisc.edu/Handbook/ScienceReport.html> (R. 17 de octubre de 2009). *University of Wisconsin - Madison Writing Center.

Villoro, Luis. “Creer, saber, conocer.” *Diálogos*, V. 18, No. 2 (104), Marzo-Abril 1982, pp: 54-61.





