

Metodología de la investigación científica y su aplicación en las ciencias agropecuarias

Marcelo Eduardo Moscoso Gómez
María Del Carmen Moreno Albuja
Nathaly Kassandra Moscoso Moreno
Roosevelt Armijos Tituana



ESPOCH

2022

**Metodología de la investigación científica
y su aplicación en las ciencias agropecuarias**

Metodología de la investigación científica y su aplicación en las ciencias agropecuarias

Marcelo Eduardo Moscoso Gómez
María Del Carmen Moreno Albuja
Nathaly Kassandra Moscoso Moreno
Roosevelt Armijos Tituana



**Metodología de la investigación científica y su aplicación
en las ciencias agropecuarias**

© 2022 Marcelo Eduardo Moscoso Gómez (Espoch), María del
Carmen Moreno Albuja (Espoch), Nathaly Kassandra
Moscoso Moreno (UNL), Roosevelt Armijos Tituana (UNL)
© 2022 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Panamericana Sur, kilómetro 1 ½
Instituto de Investigaciones
Dirección de Publicaciones Científicas
Riobamba, Ecuador
Teléfono: 593 (03) 2 998-200
Código Postal: EC0600155

Aval ESPOCH

Este libro se sometió a arbitraje bajo el sistema de doble ciego
(*peer review*)

Corrección y diseño:
La Caracola Editores

Impreso en Ecuador

Prohibida la reproducción de este libro, por cualquier medio,
sin la previa autorización por escrito de los propietarios del
Copyright

CDU: 001.8

Metodología de la investigación científica y su aplicación
en las ciencias agropecuarias

Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Dirección de Publicaciones, año 2022

213 pp. vol: 17,6 x 25 cm

ISBN: 978-9942-42-267-5

1. Metodología de la investigación
2. Aspectos teóricos de la investigación
3. Procedimientos de recopilación de datos
4. Análisis de datos

ÍNDICE GENERAL

Prólogo	12
Introducción	14
Capítulo I. El conocimiento científico y el proceso empírico.....	16
1.1. El método científico	18
1.2. Características del método científico	18
1.3 Elementos básicos del método científico	19
1.3.1. Sistema conceptual	19
1.3.2. Hipótesis	20
1.3.3. Variables	20
1.3.4. Indicadores	21
1.4. Importancia de la experimentación agropecuaria.....	22
1.4.1. Necesidad de la experimentación	23
1.4.2. La experimentación	25
1.4.3. Etapas de la experimentación	25
1.5. Diseño de la investigación	33
1.5.1. Elección del tema de investigación ¿Cómo surgen las ideas?.....	35
1.5.2. Criterios para generar ideas	39
1.5.3. Elementos para la selección de un tema de investigación.....	40
1.5.4. Formulación del tema de investigación.....	41
1.5.5. Extremos en los que no se debe caer	43
1.6. Planteamiento del problema (Problematización)	43
1.6.1. Determinación del problema de investigación	44
1.6.2. Protocolo para la selección del tema	46
1.6.3. Formulación del problema de investigación.....	47
1.6.4. Tipos de problemas básicos	49
1.6.5. Elementos que contiene el planteamiento del problema	50
Capítulo II. Tipos de investigación	54
2.1. Estudios exploratorios	54
2.2. Estudios descriptivos.....	56
2.3. Estudio correlacional.....	57

2.4. Estudio explicativo	59
Capítulo III. Tipos de diseños para investigación	61
3.1. Generalidades	61
3.2. Simbología de los diseños metodológicos	62
3.3. Tipos de diseños experimentales generales	63
3.3.1. Experimentos puros o verdaderos	63
3.3.2. Cuasiexperimentos	71
3.3.3. Preexperimentos	75
3.4. Diseños no experimentales ¿Qué es la investigación no experimental? ...	77
3.4.1. Breve introducción. Tipos de diseños no experimentales	77
3.4.2. Diseños longitudinales.....	78
Capítulo IV. Delimitación de la población (muestreo)	84
4.1. Generalidades	84
4.2. Tipos de muestras	86
4.3. Tamaño de la muestra.....	87
4.4. Muestra probabilística	93
4.5. Clasificación de la muestra probabilística.....	94
4.5.1. Muestra aleatoria simple.....	94
4.5.2. Muestra Estratificada	94
4.5.3. Muestreo probabilístico por racimos	96
4.6. Procedimiento de selección. Muestreo.....	101
4.7. Muestra no probabilística	102
4.8. Clasificación del muestreo no probabilístico	103
4.8.1. Muestra de sujetos voluntarios	103
4.8.2. Muestra de expertos.....	103
Capítulo V. Diseño de instrumentos, recolección y procesamiento de datos...105	
5.1. Proceso de análisis	105
5.1.1. El establecimiento de categorías de análisis.....	105
5.1.2. Clasificación de datos según las categorías	107
5.1.3. La tabulación de los datos dentro de cada categoría. Recolección de datos	107
5.1.4. Medición.....	108
5.1.5. Instrumentos de medición.....	109
5.1.6. Factores que pueden afectar la confiabilidad y validez	109
5.1.7. Tipos de instrumentos de medición	110

5.1.8. Forma de un cuestionario	112
5.2. Edición y codificación de los datos	116
5.2.1. Codificar	117
5.2.2. Elaboración del “Libro de códigos”	119
5.2.3. Efectuar físicamente la codificación.....	119
5.2.4. Grabar y guardar los datos.....	120
5.3. Categorización y tabulación de la información.....	120
5.4 Análisis de datos.....	121
5.4.1. Análisis estadístico	121
5.5. Escalas de medición	123
5.6. Tipos de análisis de datos	124
5.6.1. Estadística descriptiva para cada variable	125
5.6.2 Medidas de tendencia central	131
5.7. Medidas de dispersión.....	133
5.8. Interpretación de las medidas de tendencia central y de la variabilidad	135
5.9. Tamaño de la muestra en el diseño de una encuesta por muestreo probabilístico	137
5.10. Análisis paramétrico y no paramétrico de los datos.....	139
5.10.1. Análisis cuantitativo de los datos	141
Capítulo VI. La confiabilidad de una prueba o instrumento	146
6.1. Enfoques acerca de la noción de confiabilidad	146
6.2. Definición estadística de confiabilidad.....	147
6.3. Errores de medida	148
6.4. Métodos para obtener la confiabilidad	149
6.5. La confiabilidad en los test proyectivos	150
6.6. Análisis multivariado	151
Capítulo VII. Los diseños experimentales	153
7.1. Breve introducción a los diseños experimentales	153
7.1.1. Generalidades	153
7.1.2. Los Grados de libertad (G.L.).....	155
7.1.3. Desdoblamiento de la suma de los cuadrados en variabilidad entre muestras y dentro de las muestras	158
7.1.4. Modelo Matemático para un diseño completamente al azar	159
7.2. Experimentos Monofactoriales	160

7.2.1. Análisis de varianza para datos en un diseño completamente al azar (DCA)	160
7.2.2. Diseño Completamente al azar con desigual repetición.....	162
7.2.3. Diseño Completamente al azar con igual repetición	165
7.2.4. Análisis de varianza para datos en un diseño de bloques completamente al azar (BCA)	167
7.2.5. Análisis de varianza para datos en un diseño cuadrado latino (DCL)	172
7.3. Transformaciones. Pruebas de Tukey, Schaffe y otros cálculos.....	176
7.3.1. Transformaciones	176
7.3.2. Cálculo de parcelas perdidas	178
7.3.3. Pruebas para la comparación de tratamientos	180
7.4. Experimentos factoriales	185
7.4.1. Modelos matemáticos en diseños bifactoriales	186
7.5. Uso de paquetes estadísticos computacionales más utilizados en Ciencias Pecuarias	187
Capítulo VIII. Aspectos éticos y jurídicos que rigen para la experimentación animal	188
Bibliografía	207

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Proceso de la Hipótesis.....	20
Figura 1.2. Esquema – resumen de la generacion de las ideas de investigación.....	38
Figura 1.3. Esquema - resumen de los elementos para la selección de un tema.	40
Figura 1.4. Esquema para determinar un problema de investigación	46
Figura 2.1. Diferentes tipos de estudio donde se puede contextualizar un proyecto de investigación.	55
Figura 2.2. Relaciones entre variables: (a) 2 variables; (b) 3 variables; (c) Relaciones múltiples.....	57
Figura 3.1. Clasificación general de los diseños de investigación.....	61
Figura 3.2. Secuencia horizontal y vertical de los diseños experimentales. Medición de los sujetos.....	62
Figura 3.3. Diseño con post-prueba únicamente y grupo de control.	64
Figura 3.4. Diseño con preprueba post-prueba y grupo de control.	65
Figura 3.5. Estructura formal del diseño de cuatro grupos de Solomon.....	66
Figura 3.6. Presentación ejemplificada del efecto de pre-prueba sobre post-prueba en el diseño de Salomón.	66
Figura 3.7. Ejemplo de serie cronológica sin pre-prueba, con varias post-pruebas y grupo de control.....	67
Figura 3.8. Serie cronológica con pre-prueba, con varias post-pruebas y grupo de control.....	68
Figura 3.9. Serie cronológica basada en el diseño de cuatro grupos de Solomon.	68
Figura 3.10. Ejemplo del diseño cronológico con repetición de estímulo.....	69
Figura 3.11. Diseño con tratamientos múltiples y un solo grupo.	70
Figura 3.12. Diseño con tratamientos con una misma secuencia para los grupos	70
Figura 3.13. Diseño con tratamientos de secuencia diferente.....	70
Figura 3.14. Diseños con post-prueba únicamente y grupos intactos	73
Figura 3.15. Diseño con pre-prueba y post-prueba y grupos intactos (uno de ellos de control).....	73
Figura 3.16. Serie cronológica con un sólo grupo.	74
Figura 3.17. Diseño con una sola medición.	75
Figura 3.18. Diseño con dos mediciones.....	76

Figura 4.1. Población y Muestra	84
Figura 4.2. Tipo de muestreo.....	87
Figura 5.1. Relación de la estadística y el proceso de investigación.....	122
Figura 5.2. Histogramas o gráfica de barras.....	128
Figura 5.3. Gráfica en forma de pastel.....	129
Figura 5.4. Polígono de frecuencias.....	130
Figura 5.5. Otras gráficas	131
Figura 5.6. Diferencias gráficas entre la Moda, la Mediana y la Media [29].	132
Figura 7.1. Valor de la Media.	155
Figura 7.2. Arreglo para cuatro tratamientos.....	173

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Protocolo propuesto para la realización de trabajos científicos en la Facultad de Ciencias Pecuarias: FCP, ESPOCH.....	26
Tabla 1.2. Esquema del experimento.....	28
Tabla 1.3. Esquema del Análisis de la Varianza (D.B.C.A.).....	29
Tabla 3.1. Diseños transeccionales correlacionales/causales.....	80
Tabla 4.1. Ejemplos de Muestreo en racimos.....	97
Tabla 4.2. Distribución de la cantidad de cuadras por estrato socioeconómico.....	99
Tabla 4.3. Distribución de los 909 elementos muestrales de nh.....	100
Tabla 4.4. Total de hogares por estrato.....	101
Tabla 5.1. Características comunes que deben observar las preguntas ya sean abiertas o cerradas.....	114
Tabla 5.2. Escalas de Dimensión.....	123
Tabla 5.3. Variable Considerada: Biomasa Vegetal (kg/Parcela).....	126
Tabla 5.4. Frecuencias relativas y las frecuencias acumuladas.....	126
Tabla 5.5. Ejemplo de la distribución de frecuencias.....	127
Tabla 5.6. Frecuencias registradas según los valores dados.....	135
Tabla 5.7. Métodos y técnicas para recabar información de acuerdo a los enfoques cualitativos y cuantitativos.....	140
Tabla 5.8. Pruebas más utilizadas en ciencias pecuarias y su utilidad.....	143
Tabla 6.1. Métodos de confiabilidad y tipos de varianza.....	150
Tabla 7.1. Repeticiones y tratamientos.....	162
Tabla 7.3. Análisis de varianza o ADENA.....	163
Tabla 7.4. Repeticiones y tratamientos.....	164
Tabla 7.6. Resultados experimentales.....	165
Tabla 7.7. Tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos.....	166
Tabla 7.8. Resultados de las corridas experimentales.....	170
Tabla 7.9. Tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos.....	171
Tabla 7.10. Resultados experimentales.....	174
Tabla 7.12. Tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos.....	175
Tabla 7.13. Representación de las medias para los diferentes tratamientos.....	182
Tabla 7.14. Valores calculados. Diferencia entre las medias de eficiencia alimenticia.....	183
Tabla 7.15. Resultados de los cálculos obtenidos.....	184

AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar sentado mi especial agradecimiento a mi segundo hogar, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Espoch), y a su líder Dr. Byron Vaca Barahona, por permitir que se genere un ambiente de armonía y un gran sistema de popularización científica. Mediante la Dirección de Publicaciones, los investigadores podemos aportar significativamente al perfeccionamiento docente y estudiantil con nuestras experiencias adquiridas por largos años en ejercicio de la enseñanza que hoy podemos compartir con la comunidad científica a través de estas ediciones.

A mi Facultad de Ciencias Pecuarias, carrera de Zootecnia, que me ha permitido, durante más de cuarto de siglo, madurar mi academia en las aulas y formar a muchos ingenieros zootecnistas que están contribuyendo decididamente con el desarrollo agropecuario del país.

A mis colegas académicos Abg. María de Carmen Moreno Albuja, Dr. Roosevelt Armijos Tituana, Lic. Nathaly Kassandra Moscoso Moreno, quienes abonaron de su sapiencia para poder lograr esta meta que nos propusimos hace algún tiempo y que, gracias a Dios, logró cristalizarse.

Al doctor Marcelo Navarro, un gran guía que nos apoyó permanentemente en la construcción del documento, con su experiencia y experticia.

Y a nuestro arquitecto del mundo, que nos brindó el milagro de la existencia a través de Teresa (+) y Eduardo (+), que desde algún lugar o dimensión del grandioso universo estarán bendiciéndonos.

Marcelo Eduardo

PRÓLOGO

*Creo que la falta de pensamiento estadístico
es la principal deficiencia intelectual
de nuestras universidades, el periodismo
y la cultura intelectual.*

STEVEN PINKER

La metodología científica y experimental constituye una potentísima herramienta epistemológica que, de una forma sistémica, ordenada y con el debido rigor, nos ayuda y conduce por adecuados caminos en la búsqueda de la verdad en las soluciones de los problemas de investigación, subyacentes en imperantes necesidades contextualizadas en los muy diversos campos del saber.

Merece especial mención el papel que juega la estadística en el campo de las investigaciones, toda vez que esta dota de métodos, procedimientos, modelos matemáticos, etc. que facilitan la recolección, procesamiento e interpretación de los datos. Podríamos decir, como afirman muchos, que la estadística es la «ciencia de los datos». Dicho de otra manera, permite organizar un proyecto de investigación facilitando todo el proceso de análisis, que nos lleva a comprender el comportamiento de un fenómeno, ya sea este físico o social, o circunscrito en el campo de las ciencias.

El presente trabajo, en una apretada síntesis, desarrolla los siguientes temas:

Capítulo I.- «El conocimiento científico y el proceso empírico»: el método científico, características; elementos básicos de método científico; importancia de la experimentación agropecuaria; diseño de la investigación; planteamiento del problema de investigación.

Capítulo II.- «Tipos de investigación»: estudios exploratorios, descriptivos; correlacionales y explicativos.

Capítulo III.- «Tipos de diseños para investigación»: simbología de los diseños metodológicos; tipos de diseños experimentales generales.

Capítulo IV.- «Delimitación de la población (muestreo)»: tipos y tamaños de las muestras; clasificación de la muestra probabilística; procedimiento de selección: muestreo; muestra no probabilística.

Capítulo V.- «Diseño de instrumentos, recolección y procesamiento de datos»: el establecimiento de categorías de análisis; la tabulación de los datos dentro de cada categoría; recolección de datos; instrumentos de medición; edición y codificación de los datos; categorización y tabulación de la información; análisis de datos; medidas dispersión.

Capítulo VI.- «La confiabilidad de una prueba o instrumento»: definición estadística de confiabilidad; errores de medida; métodos para obtener la confiabilidad; análisis multivariado.

Capítulo VII.- «Los diseños experimentales: introducción a los diseños experimentales»: los grados de libertad; experimentos monofactoriales; transformaciones, pruebas de Tukey, Schaffe y otros cálculos; cálculo de parcelas perdidas; experimentos factoriales.

Capítulo VIII.- «Aspectos éticos y jurídicos que rigen para la experimentación animal».

La presente obra, sin lugar a dudas, además de ser una modesta contribución acerca del conocimiento de la Metodología de la investigación científica y la estadística, constituye un libro de agradable lectura, donde estudiantes, profesores e investigadores encontrarán variados temas de gran actualidad e interés.

Felicito a los autores por el esfuerzo desplegado y los resultados tangibles que se pueden palpar en este magnífico libro, de gran valor didáctico, y valiosísima guía para llevar a feliz término un proyecto de investigación.

Dr. M. Navarro O.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo social de los pueblos se logra con gobiernos honestos que inviertan en la formación de talentos y profesionales, mediante un sistema holístico en instituciones de educación que, desde la primaria, secundaria y luego la universitaria, puedan complementar los conocimientos con la praxis y el cultivo de los valores axiológicos que conduzcan a contar con ciudadanos completos que indudablemente serán los protagonistas de la dinámica productiva y social en un país como el nuestro.

Los grandes cambios siempre se han generado con la producción de ciencia y tecnología. Y eso solo se logra en la universidad, donde la sinergia entre los sectores sociales, productivos, económicos y los centros de innovación e investigación juega un rol preponderante para resolver problemas. Por otro lado, el sistema actual manda que los educandos deban desarrollar los llamados proyectos de integración curricular antes de su titulación, en que el componente primordial para las carreras agropecuarias es, sin lugar a dudas, la solución de los problemas más sentidos mediante la experimentación. Este particular origina la dinámica de una gran maquinaria académica, científica y, sobre todo, la ubicación de presupuestos que puedan financiar estos procesos, que no pueden ser solicitados a los estudiantes, ya que, constitucionalmente, la educación de tercer nivel es gratuita. Entonces, el Estado es el único responsable de otorgar las facilidades económicas para que nuestros centros de estudio respondan al encargo social que, por misión, les corresponde.

Los procesos de investigación han sido definidos en la formación integral y una de las herramientas principales es el uso del método científico para solucionar los problemas que suelen presentarse en los agroecosistemas que, en nuestro caso (Sierra ecuatoriana), son minifundios que requieren de estrategias o el desarrollo de tecnologías conducidas a la maximización productiva con acciones amigables con el medio ambiente, y así promover el altruismo ecológico, al equilibrar los tres ejes del desarrollo sustentable: social, económico y ecológico.

En el presente trabajo, se aspira a abordar los protocolos que se exigen para resolver problemas en el área agropecuaria, desde la definición del problema, esta-

blecimiento y prueba de las hipótesis de trabajo, análisis y manejo de datos de las variables respuesta, interpretación de los resultados, hasta recomendar las respectivas mejoras que puedan ser de aplicación mediata en los sistemas de producción agropecuarios. Todo sin descuidar los valores éticos que nuestros investigadores deben desarrollar sobre la base de las normativas que se exigen a escala mundial y nacional para el uso de los organismos vivos en las pruebas experimentales.

Nuestra misión es contribuir al entendimiento de estos procesos que son considerados tediosos, pero que pueden ser amigables si se define debidamente cada protocolo y se ponen en práctica estos conceptos.

CAPÍTULO I. EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y EL PROCESO EMPÍRICO

La producción del conocimiento⁽¹⁾ en las ciencias agropecuarias⁽²⁾ en general es un sistema muy complejo que requiere de algunas puntualizaciones desde el punto de vista científico para comprender la situación de la investigación o experimentación en la generación tecnológica protocolaria formal.

Pero iniciemos nuestro estudio conceptualizando el término «investigación» según lo definen algunos autores:

Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1], citando a Kerlinger (1975, p. 11), definen la investigación como «sistemática, controlada, empírica, y crítica, de proposiciones hipotéticas sobre las presuntas relaciones entre fenómenos naturales».

Nieto-Súa, Gómez-Velasco y Eslava [2], cuando citan a Ander Egg (1992), definen el término investigación como «procedimiento reflexivo, sistemático, controlado y crítico que tiene por finalidad descubrir o interpretar los hechos y fenómenos, relaciones y leyes de un determinado ámbito de la realidad».

Pacheco de la Cruz [3] la define como «Procedimiento⁽³⁾ reflexivo, sistemático, controlado y crítico, que permite descubrir nuevos hechos o datos, relaciones o leyes, en cualquier campo del conocimiento humano».

Best [4] considera a la investigación un «proceso más formal, sistemático e intensivo de llevar a cabo el método científico de análisis». Comprende una es-

- (1) **Conocimiento:** conjunto de experiencias, sensaciones y reflexiones que posee el ser humano, y que le permiten, a través del razonamiento y el aprendizaje continuo, tener la capacidad de raciocinio, para comprender la naturaleza, las cualidades y relaciones de los fenómenos y/o las cosas.
- (2) **Ciencias agropecuarias:** se ocupan de la agricultura y la ganadería para la obtención de recursos naturales, producción de bienes de consumo y materias primas, que se utilizan para la confección de productos destinados a la alimentación humana, vestimenta, etc.
- (3) **Procedimiento:** método o modo de ejecutar o tramitar algo; constituido por el conjunto de acciones repetitivas (iguales), con vistas a llegar a obtener los mismos resultados (bajo las mismas condiciones).

estructura de investigación más sistemática, pero tomando en cuenta que sería imposible emprender una investigación sin emplear el espíritu del método científico.

Todos los conocimientos que se aplican en el campo agropecuario deben conducirse con un protocolo⁽⁴⁾ sistemático y dirigido, conocido como método científico, que permite determinar con certeza la conveniencia o no de la aplicación de un grado tecnológico en los sistemas de producción.

El modelo empírico⁽⁵⁾ fue y es hasta la actualidad usado por los campesinos dentro de sus sistemas, lo que es conocido como tradición. No obstante, aunque es importante en la historia de la humanidad, en los últimos años se han podido encontrar grandes logros y avances más sostenidos con el uso del método científico como herramienta para la consecución de resultados satisfactorios que conducen a mejorar la productividad de los agroecosistemas⁽⁶⁾. Esto último produjo una ciencia⁽⁷⁾ del conocimiento formal que es muy utilizada actualmente.

Entonces, la ciencia es el conjunto de conocimientos que el hombre ha logrado organizar y sistematizar durante su devenir histórico. Ha surgido como una necesidad de comprender los fenómenos y hechos que ocurren en la naturaleza, la sociedad y el pensamiento humano. El desarrollo de la ciencia ha ido aparejada a las necesidades materiales de los hombres, es decir, a la producción de bienes. La ciencia, a través de métodos y técnicas de investigación, llega a explicar la esencia de las cosas y refleja la realidad del mundo hacia mejores etapas de desarrollo, tomando como eje el bienestar social.

Por otra parte, la ciencia tiene que apoyarse en un modelo metodológico, conocido como «metodología de la investigación científica», que viene a ser el conjunto de conocimientos que preparan y disciplinan el pensamiento y las acciones del investigador, entregando métodos, técnicas y procedimientos orientados a la búsqueda de verdades científicas de beneficio social. Al respecto, Navarro-Ojeda

(4) **Protocolo:** para este caso, es el conjunto de reglas formales que rigen un proceso de investigación: reglamento; serie de instrucciones.

(5) **Empírico:** se caracteriza por basarse en la experiencia personal, en la experimentación.

(6) **Agroecosistema:** ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos, con el objetivo de producir alimentos y fibras.

(7) **Ciencia:** disciplina constituida por los conocimientos objetivos y verificables sobre una materia determinada; se encarga de estudiar e investigar, con el debido rigor, los fenómenos naturales y sociales mediante la observación, la experimentación y la medición, lo que permite conocer sus principios y causas y llegar a la formulación y verificación de hipótesis.

et al. [5], puntualizan: «La metodología de la investigación científica no es un dogma, mucho menos una difícil tarea que necesariamente haya que realizar en toda investigación; si no que la misma constituye una utilísima herramienta de trabajo que permite ver con claridad el problema, y cómo buscar, de una forma ordenada, la solución del mismo».

1.1. EL MÉTODO CIENTÍFICO

El conocimiento se puede lograr empírica o científicamente:

- Conocimiento vulgar o empírico: constituye un conjunto de ideas que se adquiere sin la necesidad de tenerlo, buscándolo sin utilizar técnicas adecuadas, durante la vida cotidiana. Este conocimiento no es crítico, no es reflexivo; es subjetivo.
- Conocimiento científico: para obtenerlo, se precisa conocer previamente el tipo de materiales, instrumentos y técnicas que permiten alcanzarlo. Es reflexivo crítico, objetivo, parte de la realidad y resuelve problemas. Requiere de tiempo y recursos.

El método científico es el conjunto de técnicas⁽⁸⁾ y procedimientos que permite descubrir y crear nuevos conocimientos.

1.2. CARACTERÍSTICAS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

- Es objetivo: parte de una realidad
- Es dialéctico: se interrelaciona con aspectos de la vida

(8) **Técnica:** conjunto de procedimientos, materiales o intelectuales, basado en el conocimiento, y utilizados en un arte, ciencia o actividad, con vistas a obtener un resultado determinado

- Trasciende hechos: se da a conocer al público
- Su verificación se realiza mediante la práctica
- Es autocrítico y progresivo: es objeto de revisión, corrección y perfeccionamiento
- Es predictivo: se puede predecir los hechos

1.3 ELEMENTOS BÁSICOS DEL MÉTODO CIENTÍFICO

El método científico está precedido por poseer un sistema conceptual, hipótesis, variables e indicadores, que lo caracterizan y lo definen.

1.3.1. Sistema conceptual

El equipo fundamental para todo investigador es un vocabulario científico adecuado para la comprensión del desarrollo conceptual propio de su campo de actividad. Este no es puramente palabras grandilocuentes⁽⁹⁾ escogidas para impresionar al no iniciado, ni tampoco solamente una manera difícil de expresar cosas de sentido común, sino más bien palabras fundamentales para la comunicación fácil entre hombres de ciencia.

(9) **Grandilocuente:** yendo a su conceptualización etimológica, podríamos definir este vocablo como algo grande unido al modo de hablar, a la pomposidad o elevada elocuencia.

1.3.2. Hipótesis

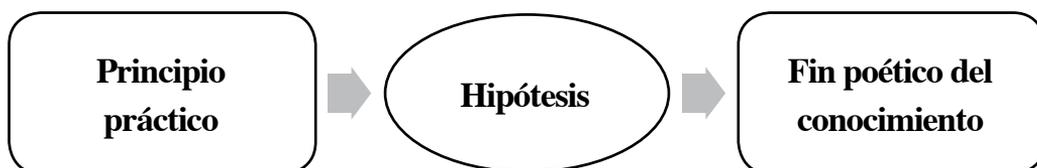
La hipótesis surge como una tentativa del investigador para solucionar un determinado problema que se investiga o experimenta. No es posible avanzar un solo paso en la investigación si no se parte de una idea que conlleve una explicación o solución de la dificultad que se analiza. Tales explicaciones tentativas son sugeridas por elementos del objeto de estudio y nuestro conocimiento anterior. Cuando se las formula en términos de proposiciones o enunciados, reciben el nombre de «hipótesis». Siempre son especulativas.

H. Blalock [6] menciona que la hipótesis es un enunciado acerca de un acontecimiento futuro, o de un acontecimiento cuyo resultado se desconoce en el momento de la predicción formulada, de modo que pueda descartarse o aprobarse.

La hipótesis desarrolla la ciencia, orienta la investigación y relaciona la teoría⁽¹⁰⁾ con la práctica.

La hipótesis sale de la práctica que, luego de ser comprobada, pasa a ser teoría (ver fig. 1.1).

Figura 1.1. Proceso de la hipótesis.



1.3.3. Variables

Las variables son cambios o variaciones (características fluctuantes) que se producen permanentemente en la materia y que, estudiadas sistemáticamente a

(10) **Teoría:** conjunto organizado de ideas, reglas, principios y/o conocimientos sobre una ciencia, doctrina, actividad o fenómeno, deducidos a partir de la práctica o el razonamiento lógico.

través del método científico, se les puede medir cualitativa y cuantitativamente y así tabularlas y estudiarlas. Existe una amplia clasificación de las variables: categóricas, numéricas, dicotómicas, nominales, ordinales, continuas, discretas, etc. No obstante, en toda investigación controlamos las variables fundamentales:

- *Variable independiente*: relacionada con la causa u origen de un fenómeno.
- *Variable dependiente*: es el efecto o la consecuencia de la variable independiente.

Ensayo: Ejemplo 1.1.- Construcción de hipótesis

Tema:

«Sustitución de riego tradicional (gravedad) respecto al riego por aspersión en la cuenca del Malacatus».

Hipótesis:

Con la utilización del riego por aspersión se mejorará considerablemente el uso del agua/agroecosistema, y se reflejará un mejor rendimiento por unidad de superficie en los cultivos⁽¹¹⁾.

Variaciones o variables:

Variable independiente: riego tradicional y riego por aspersión.

Variable dependiente: producción de cultivos y uso sostenido del recurso hídrico.

1.3.4. Indicadores

Los indicadores constituyen una subdimensión⁽¹²⁾ de las variables que permiten descender al plano empírico para poder realizar la medición en forma cualitativa o cuantitativa.

(11) **Cultivos**: relacionado con el cultivo. Existen diferentes tipos de cultivos: de polinización abierta, clonales, híbridos, sintéticos, compuestos multilíneas.

(12) **Subdimensión**: dimensión parcial, dimensiones de los elementos constitutivos, componentes dimensionales de un objeto.

1.4. IMPORTANCIA DE LA EXPERIMENTACIÓN AGROPECUARIA

La experimentación agropecuaria tiene por objeto comprobar en la práctica una hipótesis formulada sobre la superioridad de una modalidad determinada de alguno de los elementos que intervienen en la producción de ciertos productos o de las cosechas en general. Por ejemplo, si suponemos, sobre la base de lo que aconteció en otro lugar o de lo que sugieren nuestros conocimientos agropecuarios, que, en una región determinada, una variedad de cierta planta cultivada o raza animal es más productiva que la variedad o raza local, o que pueden elevarse los rendimientos productivos si se aplica determinada técnica, y queremos adquirir la certidumbre de tales suposiciones, debemos recurrir a la experimentación. Así podremos comprobar sobre el terreno, en el medio propio de la región, cultivando distintas parcelas o hatos⁽¹³⁾ ganaderos en diferentes condiciones que, en efecto, la primera variedad o línea genética⁽¹⁴⁾ animal da rendimientos mejores que las especies criollas.

La importancia considerable de la experimentación se debe, principalmente, a que descansa en ella el progreso de la producción agropecuaria mundial. Cualquier idea formulada en relación con la producción rural, por genial que pueda ser, necesita pasar por el crisol de la experimentación para que pueda ser aceptada y divulgada. La introducción y generalización de variedades nuevas en determinadas regiones o países, el establecimiento de métodos genéticos para la mejora de plantas y animales, las normas en que descansa la aplicación de fertilizantes,⁽¹⁵⁾ vacunas, balanceados,⁽¹⁶⁾ la modificación paulatina que han ido sufriendo las prácticas culturales y técnicas en el transcurso del tiempo, los métodos de combate y prevención de las plagas y enfermedades y cuantos hechos ha contribuido a la evolución de la producción agropecuaria, se han establecido como consecuencia de ensayos y experimentos de campo, llevados a cabo en cada ocasión de acuerdo

- (13) **Hato:** conjunto de animales de ganado mayor o menor: bueyes, vacas, ovejas, cabras, cerdos, etc., junto a las fincas destinadas a la crianza de estos animales.
- (14) **Genética:** es una rama de la biología que se encarga del estudio de la transmisión de los caracteres hereditarios, los cuales se transmiten de generación en generación; proceso mediante el cual un padre le transmite ciertos genes a sus hijos.
- (15) **Fertilizante:** sustancia rica en nutrientes utilizada para mejorar las características del suelo, el cual permite un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas; pueden ser orgánicos e inorgánicos.
- (16) **Balanceado:** se refiere a las dietas que buscan un mejor equilibrio de los componentes nutricionales.

con el grado de perfección que haya alcanzado en ese momento la técnica experimental. En ocasiones, las ideas renovadoras no surgen sino como consecuencia de observaciones llevadas a efecto con motivo de experimentaciones emprendidas con otra finalidad. Mendel⁽¹⁷⁾ no pudo formular sus hipótesis sobre la herencia biológica sin dedicar antes largos períodos a pacientes investigaciones llevadas a cabo por medio de numerosas experiencias agrícolas.

La introducción del empleo de varios insumos y tecnologías en los países de producción más progresiva, la misma que ha contribuido a elevar considerablemente los rendimientos agropecuarios de los sistemas de producción rurales, solo ha podido ser una realidad después que numerosos ensayos experimentales se hicieron conocer a los técnicos, primero, y a los propios productores después, haciendo énfasis en la utilidad del empleo de estas tecnologías como impulsores de la producción y productividad.

1.4.1. Necesidad de la experimentación

El resultado de la producción depende de un gran número de factores que, al variar de modo desigual, son determinantes en el rendimiento y en la calidad de los productos terminados en la misma cosecha obtenida en medios diferentes; variaciones a veces importantes. Basta estudiar la producción de cualquier cultivo o evento pecuario generalizado en un país en las distintas regiones del mismo, o en diferentes años en la misma región, para comprobar diferencias, a veces considerables, en el rendimiento por unidad de superficie. Este hecho universal hace que las conclusiones obtenidas sobre cualquier clase de tratamiento seguido con una planta cultivada o cría de animal en un medio determinado sean difíciles de generalizar a medios distintos, y que el tratamiento en cuestión deba someterse a la experimentación, en cada lugar o zona ecológica, antes de ser recomendado o divulgado entre los productores.

(17) **Gregor Johann Mendel:** fraile agustino católico y naturalista. Padre de la genética; sus tres leyes (conocidas hoy día como las Leyes de Mendel), dieron origen a la genética. Esto lo evidencian sus trabajos realizados con diferentes variedades de guisantes o arvejas.

De las anteriores consideraciones se deduce que, si el establecimiento de unidades experimentales es indispensable para investigar la bondad o utilidad de un tratamiento relativo al empleo de fertilizantes o relacionado con ciertas normas de cultivo, y si resulta imprescindible para comprobar las cualidades relativas de distintas variedades de una especie cultivada, dicho establecimiento es igualmente necesario para estudiar la posibilidad de extender las conclusiones de las investigaciones anteriores, llevadas a cabo en lugares determinados, a otros medios distintos.

La divulgación en una determinada región de las conclusiones obtenidas en un lugar diferente y en condiciones distintas es sumamente peligrosa y puede, lejos de fomentar el progreso, retardarlo considerablemente. Si los productores aceptan las sugerencias y cambian sus sistemas tradicionales de explotación en cierto sentido, introduciendo tecnologías nuevas o empleando prácticas desconocidas, y el resultado que pueden obtener es el mismo o más reducido que el que venían logrando con los métodos ordinarios aprendidos de generación en generación, su tradicional recelo hacia las innovaciones recomendadas por la ciencia agropecuaria aumentará y serán inútiles por muchos años cuantos esfuerzos se hagan para inducirles a adoptar métodos progresivos de explotación. La consecuencia será, en la mayoría de los casos, que el progreso agropecuario de la región se retarde muchos años.

Llegamos, pues, a la conclusión de que la experimentación es un hecho indispensable como medio para evaluar y sopesar las ventajas de un sistema o tratamiento nuevo para una región antes de recomendárselo a los agricultores. Esta práctica evitará caer en posibles errores, con la consecuente pérdida de tiempo y de dinero, y fracasos en su introducción. Es sumamente importante no comprometer el crédito de la técnica agropecuaria y el de los técnicos mismos ante los campesinos, que han de ser, en definitiva, quienes desarrollen el progreso agrícola de cada región y de cada país.

Independientemente de la necesidad de la experimentación agropecuaria como base de la investigación y medio de comprobación y confirmación de los resultados, la misma es un factor esencial en los trabajos de mejoramiento genético en general, modalidad especialísima de la investigación, en la que la selección o el desecho de líneas y descendencias se basa en experimentos de campo de gran extensión y de exquisita minuciosidad.

1.4.2. La experimentación

La investigación científica consiste en la búsqueda permanente de la verdad a través de técnicas, métodos,⁽¹⁸⁾ y procedimientos precisos y adecuados. Uno de ellos es la experimentación que se fundamenta en un conjunto de prácticas para demostrar, comprobar o descubrir fenómenos o sus principios básicos.

La experimentación agropecuaria puede ser considerada como ciencia y/o como arte, ya que tiene la encomienda fundamental de eliminar causas extrañas en la realización de un experimento de campo, laboratorio o invernadero, siempre con el auxilio del método científico.

Se dice que se tiene un *experimento* cuando se va a probar una hipótesis en la práctica, y se tiene una *investigación* cuando se va a estudiar la causa y el efecto. En un experimento, se observan únicamente los efectos, y es de aplicación práctica inmediata; en tanto que la investigación es de aplicación mediata pudiendo ser evolucionista.

Es necesario fomentar la experimentación y la investigación agropecuarias, puesto que de ello depende el avance de la cultura de los pueblos.

1.4.3. Etapas de la experimentación

El método científico⁽¹⁹⁾ que se aplica para la experimentación agropecuaria formal no es complejo. En la tabla 1.1 se presenta una propuesta de un sencillo plan o protocolo para la realización de los trabajos científicos, en la especialidad de producción animal en la Facultad de Ciencias Pecuarias.

(18) **Método:** es el modo sistemático y ordenado de proceder para llegar a un resultado o fin determinado, en la solución de un problema.

(19) **Método científico:** metodología empleada para llegar a nuevos conocimientos, cimentada en rigurosos procesos de observación sistemática, experimentación, análisis y modificaciones de hipótesis.

Tabla 1.1. Protocolo propuesto para la realización de trabajos científicos en la Facultad de Ciencias Pecuarias (FCP), Espoch.

TEMA O TITULO: «-----»

Especificación del problema

Orden	Denominación	Características
A	Antecedentes	
B	Introducción	Debe hacer referencia directa al tema propuesto en la investigación.
C	Justificación	Detalla la importancia del estudio.
D	Hipótesis	Una respuesta o teoría tentativa sobre la naturaleza y relación de las observaciones de un problema.
E	Objetivos	Pueden ser generales o específicos de acuerdo al tema.
F	Metas	O llamados objetivos específicos cuantificados.

1.4.3.2. Revisión bibliográfica

Es una investigación bibliográfica sobre el tema de estudio a manera de recuento del problema a través del tiempo. Se procura evitar la cita textual de párrafos largos y, en lo posible, de deben incluir comparaciones de los criterios entre diferentes autores tratando de resumirlos en párrafos cortos, lo cual evidencia el poder de análisis y síntesis del autor.

Gramaticalmente,⁽²⁰⁾ el párrafo tiene ideas principales y secundarias. Las primeras van generalmente al principio. Además debe existir ilación y relación entre un párrafo y otro. Se establecen interrelaciones de dependencia jerarquizadas, siempre guardando la debida unidad temática.

Las definiciones se escribirán textualmente y entre comillas, evitando la monotonía, y en lo posible, buscando variedad en lo tratado. En su fondo, la revisión

(20) **Gramática:** estudia la estructura de las palabras y sus accidentes, así como la forma de combinar las oraciones principales y subordinadas; incluye la morfología, la prosodia y la sintaxis.

bibliográfica debe constituir el soporte para la concepción de las hipótesis; debe ser analítica, crítica, inductiva, deductiva, etc.

La revisión de la literatura es, pues, un resumen cronológico de hechos científicos relacionados con el tema de experimentación. Sirve para la discusión de los resultados, ya que se deben analizar y verificar o comprobar los mismos para aceptar o rechazar la hipótesis. «La esencia de la revisión de la literatura y la consulta de expertos radica en contextualizar la investigación en un marco teórico-referencial perfectamente definido [...]. Ver qué vías de solución fueron propuestas como más factibles anteriormente» Navarro-Ojeda, et al. [7].

1.4.3.3. Materiales y métodos

Este importante aspecto que se debe desarrollar durante la investigación posee una connotación especial, ya que representa el «cómo» se solucionará el problema objeto de estudio. Se deben indicar los modelos, marcas, empresas fabricantes y países de origen de los instrumentos utilizados. De igual forma, si se utilizan reactivos, indicar las empresas fabricantes. Los procedimientos analíticos y estadísticos deben ser descritos claramente.

Se deben considerar varios elementos, tales como:

A. Localización y duración del experimento

1. Condiciones meteorológicas

B. Unidades experimentales

C. Instalaciones y equipos

1. De campo

2. De laboratorio

D. Tratamiento y diseño experimental

- Número e intensidad de los tratamientos

- Número de factores independientes
- Número de repeticiones
- Tamaño y forma de la unidad experimental
- Distribución de tratamientos (diseño experimental)
- Variables en estudio

1. Esquema del experimento.

En la tabla 1.2, se recoge el esquema que se debe seguir durante el experimento.

Tabla 1.2. Esquema del experimento.

TRATAMIENTOS		CÓDIGO	T.U.E.	REPETICIONES	U.E./TRATAM.
Fact A	Fact B				
T.U.E. Tamaño de la unidad experimental.					

E. Mediciones experimentales

- Peso inicial y final de animales (g)
- Conversión alimenticia de bovinos
- Rendimiento o biomasa vegetal (kg)
- Mortalidad de plántulas (%)
- Lámina efectiva de riego (mm)
- Otros

F. Análisis estadístico y pruebas de significancia

La tabla 1.3 muestra el esquema de análisis de la varianza (D.B.C.A.), y los grados de libertad para cada ítem.

Tabla 1.3. Esquema del análisis de la varianza (D.B.C.A.).

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	$(N - 1)$
Bloques	$(r - 1)$
Tratamientos	$(T - 1)$
– Factor A	$(T_a - 1)$
– Factor B	$(T_b - 1)$
– Interacción A x B	$(T_a - 1)(T_b - 1)$
Error experimental	$(\text{Total} - \text{Bloques} - \text{Tratamientos})$

E. Procedimiento experimental

- Ejecución y desarrollo del ensayo; incluye las fórmulas de cálculo de las variables experimentales.

1.4.3.4. Resultados y discusión

- Interpretación y evaluación de los resultados
- Comparación de los resultados obtenidos en relación con otros autores en «s» investigaciones relacionadas con el tema
- Análisis económico y su contribución

1.4.3.5. Otros importantes aspectos a tener en cuenta en el informe de investigación

- Conclusiones
- Recomendaciones

- Resumen
- *Summary*
- Bibliografía
- Anexos

1.4.3.6. Características de redacción de la bibliografía

Las descripciones que se incluyen a continuación obedecen a las normas APA séptima edición [8].

- **Libros**

Elementos

√ Autor(es)

√ Año de publicación

√ Título

√ Mención del editor o traductor (si fuera necesario)

√ Lugar

√ Volumen, número de edición

√ Casa editorial

Ejemplo:

Hernández Sampier, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*, 5.a ed. Mc Graw Hill.

- **Artículo de revistas**

Elementos

√ Autor(es)

√ Año de publicación

√ Título del artículo

√ Nombre de la revista

√ Volumen, número, número de páginas, URL.

Ejemplo:

Senior, R. A., Hill, J. K. y Edwards, D. P. (2019). Global loss of climate connectivity in tropical forests. *Natural Climate Change*, 9(8), 623-626. <http://doi.org/10.1038/s41558-019-0529-2>.

- **Artículo de periódico**

El formato general para citar artículos publicados en periódicos es el siguiente.

Elementos

√ Autor

√ Fecha de publicación (mes, día, año)

√ Título del artículo

√ Nombre del periódico

√ URL.

Ejemplo:

Bartlett, J. (16 de septiembre de 2020). «El Estado simplemente no nos entiende»: El pueblo mapuche aspira a una nueva Constitución. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/es/>

- **Tesis de grado**

Elementos

√ Autor

√ Año

√ Título de la tesis

√ [Tipo de tesis. Nombre de la Institución] ;

√ URL.

Ejemplo:

Alva, E. (2010). «El impacto que producen los beneficios tributarios en la formalización de las microempresas: El caso de Lima Cercado, Perú». [Tesis doctoral, Universidad de Deusto]. <http://dkh.deusto.es/comunidad/thesis/recurso/el-impacto-que-producen-losbeneficios/d2cbe57e-6c68-4c5c-89b5-b2c7d1b0ecb3>

- **Mapas y recursos cartográficos**

Elementos

√ Autor

√ Año de publicación

√ Título del mapa

√ Escala

√ Casa editorial

Ejemplo:

Instituto Geográfico Nacional. (2015). *Mapa topográfico de Madrid* [Mapa]. 1:50.000. Instituto Geográfico Nacional.

1.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En el diseño de una investigación, la primera etapa lógica en el proceso de construcción del conocimiento es el *diseñar el objeto de estudio*, que incluye el enfoque, el planteamiento del problema, la elaboración del marco referencial, la elaboración de las estrategias metodológicas. Sobre este importante aspecto, Navarro-Ojeda y Navarro-Santana [9] puntualizan lo siguiente: «Durante la elaboración del diseño de la investigación, se comienza con la descripción de tantas aristas como puedan percibirse en el problema: situación problémica, la cual caracteriza diferentes aspectos del fenómeno; impacto económico, técnico, tecnológico, científico; etc. Este conjunto de características da como resultado la formulación del problema».

- **El enfoque**

El *enfoque* es una «manera de ver» o más bien «una manera de concebir» algo. Implica posicionarse en un punto de vista para aproximarse a algo.

Explicemos este concepto a partir de un ejemplo:

Un día, una niña pequeña se acerca a su padre y le pregunta:

—Papi, ¿Qué es pene?

El padre, muy sorprendido y un poco abochornado, trata de explicar a la niña qué es un pene, y para qué sirve. Luego que le da a su hija un gran discurso, lleno de información anatómica y biológica acerca de las diferencias sexuales entre hombres y mujeres, las funciones de reproducción, para finalmente preguntarle:

—¿Por qué querías saber, qué es pene?

Y la niña le responde:

—Es que le escuché a una señora decir que había que rezar mucho para que el alma no pene.

Pues bien, este es un ejemplo de una conversación donde el punto de vista de la niña y el del padre son inconmensurables⁽²¹⁾. Son dos puntos de vista muy

(21) **Inconmensurable**: se refiere a un fenómeno o cosa que es muy difícil o imposible de medir o valorar.

diferentes sobre una palabra. La niña estaba pensando en la relación de la palabra con aspectos religiosos, y el padre estaba pensando en la relación de la palabra con anatomía y funciones sexuales. Padre e hija se habrían entendido mejor si el padre se hubiera preocupado desde el principio por conocer el punto de vista desde el cual la niña estaba haciendo la pregunta.

Algo semejante es lo que ocurre en el campo de la investigación científica. Se hacen muchas investigaciones, aparentemente sobre las mismas cosas, que llegan a veces a resultados muy diferentes o hasta contradictorios. Los investigadores se ven entonces en la necesidad de explicar el punto de vista, o sea, el paradigma⁽²²⁾ o el enfoque, desde el cual realizan su investigación, para poder conversar y compartir con otras personas que trabajan con paradigmas o enfoques diferentes.

- **El planteamiento de un problema de investigación**

El planteamiento de un problema de investigación no es otra cosa que los niveles de concreción y abstracción permanentes de acercamiento al objeto de estudio, en la perspectiva de rescatar referentes empíricos y teóricos que permitan una explicación adecuada de dicho objeto de estudio.

- **La elaboración de un marco referencial**

Una vez seleccionado y delimitado el tema de estudio, es necesario pasar a la definición de los fundamentos teóricos que servirán de orientación durante el proceso de ejecución y desarrollo de la investigación. Este marco teórico o referencial está constituido por un conjunto estructurado y coherente de categorías, conceptos y posiciones que deben ser extraídas de una determinada concepción del objeto de estudio, pero guardando correspondencia con la naturaleza y características propias de dicho objeto. No son categorías, conceptos y proposiciones universales; están referidas de modo específico a la naturaleza de la investigación.

(22) **Paradigma:** teoría o modelo explicativo de las realidades físicas, muy utilizado hoy en la investigación científica. Término introducido por el físico, filósofo de la ciencia e historiador estadounidense Thomas Kuhn (1975).

- **La elaboración de las estrategias metodológicas**

En esta parte de la investigación, se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- La elección de un diseño básico, ya sea este «experimental» o «no experimental»
- La elección de los medios y técnicas más apropiadas para la recolección de la información, como la observación, entrevistas, cuestionarios, encuestas, test, etc.
- Un plan para la recolección de la información, esto es: cantidad de entrevistadores, el control de trabajo de campo, etc.
- La determinación de la muestra que se va a utilizar, o sea: el tipo de muestra, su tamaño, etc.
- Un plan para la prueba de las técnicas de recolección de datos y prueba de los instrumentos
- Un plan para el procesamiento y análisis de información

Este cuerpo descrito sería lo que forma parte del *PROYECTO DE INVESTIGACIÓN*, que no representa otra cosa que la planificación y construcción de nuestro objeto de estudio con características de claridad, rigurosidad científica y factibilidad de ser abordado adecuadamente en la investigación de campo.

1.5.1. Elección del tema de investigación. ¿Cómo surgen las ideas?

Para iniciar la investigación, se realizará una previa observación del entorno, ya que hay que empezar con alguna acción concreta. Se considera que esta es una de las acciones con mayor potencialidad para generar ideas e inquietudes para investigar.

La investigación se origina en ideas

La idea constituye, según diversos autores, el punto de partida para iniciar una investigación, tal y como lo exponen, por ejemplo, Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]. La misma constituye el primer acercamiento a la realidad que se habrá de investigar en un fenómeno determinado.

Normalmente podemos encontrar una amplia variedad de fuentes que nos pueden generar ideas de investigación, tales como: las experiencias individuales, materiales escritos (libros, revistas, periódicos, memorias de congresos, tesis), entrevistas, conversaciones personales, observaciones de hechos, vivencias personales, creencias e incluso presentimientos. Al respecto, pudiéremos citar una infinidad de ejemplos; no obstante, a manera de ilustración, relacionaremos dos muy sencillos:

Ejemplo 1:

Alguien puede ver y sentir los gases producidos por el parque automotor en el sector urbano en nuestro país. A partir de ahí comienza a generar ideas, y a formularse muchas interrogantes. Consulta a amigos y literatura en la web. Sencillamente, ha iniciado una investigación exploratoria: la contaminación ambiental y los efectos en la salud, etc.

Ejemplo 2:

Al observar las campañas de elección popular (alguien puede preguntarse: ¿para qué sirve toda esta publicidad? ¿Es acaso que tantos letreros, vallas y carteles surten algún efecto en los votantes?

Iguals inquietudes pueden despertar los casos y situaciones acerca del uso de fertilizantes y fungicidas;⁽²³⁾ investigaciones sobre el sexo; la emancipación de la mujer; la drogadicción; la violencia en espectáculos deportivos; la seguridad alimentaria; los sistemas de riego andino y su efecto en el manejo de recursos del medio ambiente; los anuncios publicitarios en la radio y la televisión sobre diferentes productos o servicios, etc., que se pueden constituir en ideas y potencialmente en temas de investigación.

Resulta un hecho indiscutible que la mayoría de las ideas inicialmente se presentan vagas y precisan de un análisis detenido y cuidadoso hasta concebirlas de una manera más precisa; es decir, necesitan ser transformadas en planteamientos más estructurados. En este contexto, la persona, conforme empieza a pensar y a trabajar sobre su investigación, necesita familiarizarse con su objeto

(23) **Fungicida:** sustancia química utilizada para evitar y combatir las enfermedades en plantas y animales causadas por hongos y mohos.

de estudio. Para ello debe ir introduciéndose dentro del área del conocimiento específico en cuestión, interactuando con investigadores que tengan relación con ese campo, y buscar y leer algunos artículos y libros sobre su intención investigativa; y, de forma paulatina, comenzar a descartar preguntas y/o objetivos, que le permitan escoger los que resulten más viables para su investigación, en armonía con las condiciones particulares con las que cuente el investigador. Se trata entonces de un proceso de elaboración, a través del cual el investigador puede conjugar sus propias inquietudes. En este caso, se sugiere valorar cuidadosamente las proporciones entre lo que se está planteando investigar y sus condiciones específicas para realizarlo; esto es poner atención sobre aspectos logísticos de la investigación: CAPACIDADES Y LIMITACIONES particulares. Por ejemplo, si el investigador se propone realizar un estudio que requiriera de análisis estadísticos complejos, y no cuenta con los conocimientos y el equipo necesario o la ayuda de una persona con experiencia de este tipo, entonces tal vez sería bueno replantearse el problema de investigación.

Para poner en marcha una investigación en este primer apartado, se deben considerar dos elementos básicos: uno de carácter teórico y el otro de tipo técnico-conceptual.

- **Teórico:** se realiza una preselección del TEMA que se va a investigar, en función de determinados intereses sociopolíticos inclusive. El enfoque que debe darse al tema seleccionado implica una posición teórica precisa.

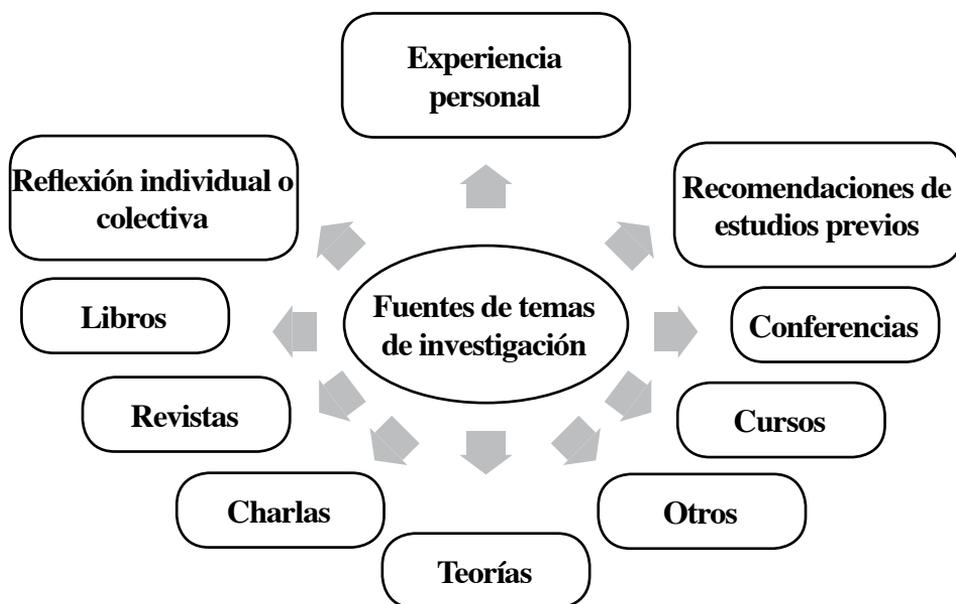
Por otro lado, los problemas que se van a investigar no se inventan, están ahí en una realidad concreta. Para que dicha realidad sea investigada, debe ser descrita, interrogada o cuestionada; esto es, lograr problematizarla. Por tanto, las fuentes de indagación estarían dadas por la práctica teórica y la práctica cotidiana.

- **Teórico-práctico:** por último, en el plano teórico-conceptual, los problemas que se va a investigar deben surgir de una realidad concreta que está en permanente movimiento y en constante relación con el investigador que, a su vez, se encuentra en permanente cuestionamiento con su realidad concreta, sustentado en su explicación racional de dicho objeto de estudio. Pues no habrá cuestionamiento de la realidad en la medida en que el investigador tampoco esté preparado teórico-conceptualmente para realizar ese cuestionamiento.

Si un profesional dedicado al riego comunitario no maneja teorías conceptos y práctica del funcionamiento integral del sistema (mecanismos, equipos, consecuencias productivas en el área agropecuaria, etc.), no tendrá capacidad de cuestionar una realidad marginal que conlleva al frágil desarrollo del sector.

Lo más importante de la selección de un tema de investigación es que se pueda llegar a *delimitar* un problema susceptible de ser abordado en una investigación viable, de acuerdo con sus condiciones y recursos. La delimitación es el resultado de procesos de razonamiento y de la propia elaboración de una persona interesada en hacer investigación. En la figura 1.2, se exponen las diferentes fuentes para la generación de las ideas de investigación.

Figura 1.2. Esquema – resumen de la generación de las ideas de investigación.



1.5.2. Criterios para generar ideas

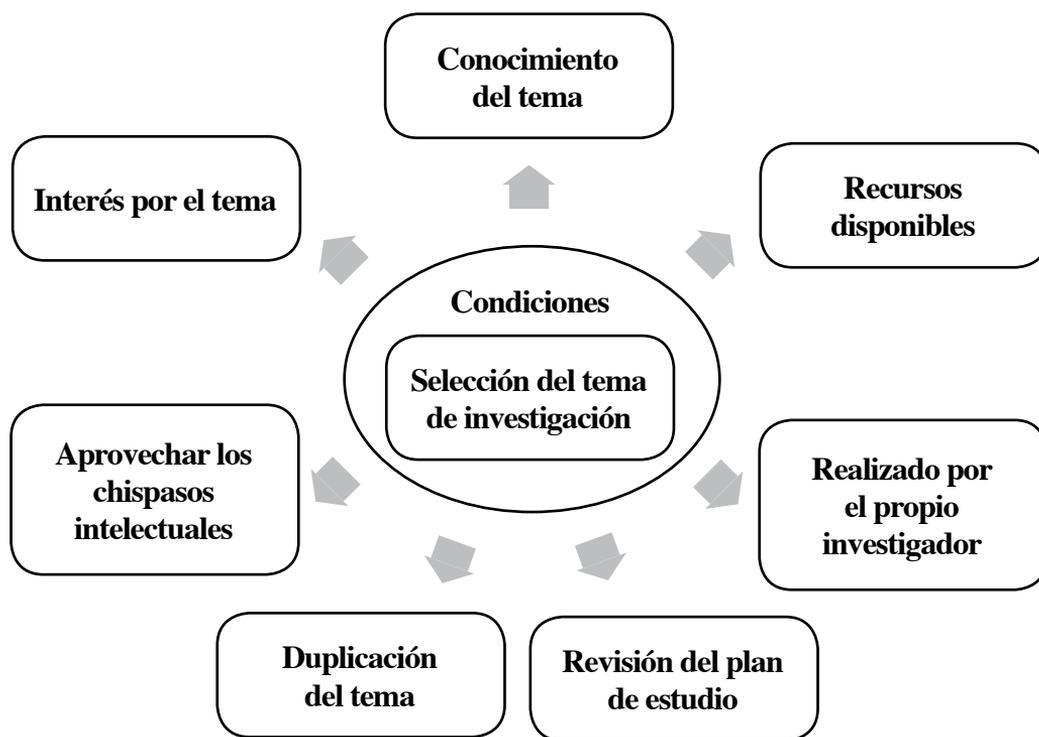
Diversos autores [1] [10] citan algunos criterios dados por Dankhe (1986), mismos que han sugerido inventores famosos para generar buenas y productivas ideas de investigación, entre las cuales se destacan:

- *Las buenas ideas integran, alientan y excitan al investigador de manera personal*: este es un aspecto que no debe soslayarse a la hora de seleccionar un buen tema de investigación. El hombre debe estar motivado para realizar cualquier tarea; solo así puede resultar productiva. En el caso del investigador en particular, este importante componente no debe faltar. La motivación es lo que lo impulsa a la búsqueda de nuevas soluciones y a vencer cualquier obstáculo.
- *Las buenas ideas de investigación «no son necesariamente nuevas, pero sí son novedosas»*: se debe hacer una diferenciación semántica entre lo nuevo y lo novedoso. Lo nuevo, p. ej., se refiere, en una cosecha de un producto agrícola, a la más reciente, en oposición a la almacenada; mientras que lo novedoso de ese producto pudiera ser lo actual, innovador, moderno, reciente, es decir, que sea un producto mejor al anterior (pudiera tratarse de un producto orgánico; eso sería lo novedoso). En ocasiones, las ideas surgen por efecto de una extrapolación de investigaciones efectuadas en contextos diferentes.
- *Las buenas ideas de investigación pueden servir para elaborar teorías y la solución de problemas*: existe una infinidad de descubrimientos científicos que iniciaron primeramente con una vaga idea, la cual se fue afinando y estructurando hasta convertirse en un sólido tema de investigación, para terminar en el descubrimiento de leyes y principios.
- *Las buenas ideas dan origen a investigaciones que ayuden a resolver problemas*: igualmente, este planteamiento se ve ratificado por múltiples ejemplos; p. ej., se podría citar el caso en que el médico investigador busca establecer la diferencia entre el tiempo de respuesta del desarrollo del sida en personas infectadas por vía sexual vs. por transfusión sanguínea.

1.5.3. Elementos para la selección de un tema de investigación

En cuanto al carácter técnico para escoger el TEMA DE INVESTIGACIÓN, hay que determinar los elementos o exigencias que se ilustran en el «esquema-resumen» (ver fig. 1.3), aunque no son los únicos.

Figura 1.3. Esquema - resumen de los elementos para la selección de un tema.



En cualquiera de los casos, debe predominar la condición de que el tema tenga originalidad (singular, novedoso), sea importante, significativo y relevante, y que permita brindar algún aporte social, en los distintos niveles de acción.

La definición del tema de investigación es el primer paso del diseño y consiste en enumerar los elementos que lo integran. No se trata de hacer una conceptualización teórica, sino más bien de describir el asunto. Pero lo más importante es

que se pueda llegar a delimitar un problema susceptible de ser abordado en una investigación viable, de acuerdo con las condiciones y recursos con que cuente el investigador.

1.5.4. Formulación del tema de investigación

Entonces, al caracterizar el tema de investigación, este debe estar constituido así:

Contenido: se refiere al aspecto, propiedad o carácter del objeto que determina la naturaleza del tema de investigación. Ejemplos:

- Influencia de la televisión
- Producción
- Contaminación ambiental
- Desnutrición

Clasificación: se cita el género, especie o tipo del grupo de investigación. Ejemplos:

- En los niños
- Chocho (*Lupinus mutabilis*) deshidratado
- Parque automotor
- Niños de la calle
- Comunidades campesinas (pequeños productores)

Espacio: se menciona el espacio físico que circunscribe el objeto de estudio. Ejemplos:

- Cantón Saraguro de la provincia de Loja
- No es necesario

- Ciudad de Riobamba
- Ciudad de Cuenca
- Unidades productivas (agroecosistemas) de Catamayo

Tiempo: se remite al período de estudio en el trabajo de investigación. Ejemplos:

- Año 2000
- No es necesario
- Primer semestre del año 2001
- Año 2001
- Entre 1995 y 2000

Complemento: es el relato de “para qué” o “a quién” va dirigida la acción de la clasificación. Ejemplos:

- En el cumplimiento de las tareas escolares
- Apto para el consumo inmediato como alimento
- Producida
- No hace falta
- Mala utilización del riego

De tal manera que el tema de investigación quedaría redactado (como una propuesta), así:

- La influencia de la televisión en los niños del cantón Saraguro de la provincia de Loja en el cumplimiento de las tareas escolares durante el año 2000.
- Producción del chocho (*Lupinus metabilis*) deshidratado apto para el consumo inmediato como alimento.
- La contaminación ambiental producida por el parque automotor en la ciudad de Riobamba en el primer semestre del año 2001.
- La desnutrición de «los niños de la calle» de la ciudad de Cuenca en el año 2001.

- Los sistemas de producción familiar en comunidades campesinas de Cata-mayo y la incidencia del sistema de riego utilizado.

Cabe anotar que no existe norma fija de secuencia entre los elementos básicos que debe contemplar el tema de investigación, ni tampoco se deben incluir todos los elementos. Lo fundamental es que, en su redacción, no exista ambigüedad o trate de explicar el trabajo de investigación.

1.5.5. Extremos en los que no se debe caer

Durante la planificación y diseño de un proyecto de investigación, p. ej., tesis de grado, se debe evitar:

- Formular proyectos demasiado amplios en su contenido y metas que no permitan una planificación de los detalles para su realización.
- Formular temas tan restringidos que impidan el establecimiento de relaciones con otros proyectos, investigaciones o problemas.
- Tratar de formular un proyecto complicado sobre algo obvio.
- Creer que, por complicar lo simple, el proyecto es mejor.

1.6. Planteamiento del problema (problematización)

Es necesario plantear el problema de investigación como un aspecto fundamental de todo el proceso investigativo, a partir del cual se desarrolla todo el proceso. Se debe explicar con cierta profundidad y fundamentos teórico-empíricos el problema que se va investigar.

Para llegar a este paso, ya hemos realizado previamente algunos acercamientos empíricos al objeto de estudio, a fin de recabar mejor y mayor información del mismo. Además, estos referentes forman parte del marco referencial que, en

primera instancia, nos sirve para cuestionar la realidad, y su lectura nos posibilita mayor claridad en torno a lo que se va investigar. Para tal efecto, se establecen relaciones con el tema y objetivos de estudio, de manera que se identifique la coherencia estructural que debe existir entre estos y los demás elementos del proceso.

1.6.1. Determinación del problema de investigación

¿Qué es plantear un problema de investigación?

El planteamiento consiste en afinar y estructurar formal y adecuadamente la idea de investigación. Generalmente se declara mediante una oración expresada en términos de interrogación, con el propósito de determinar en forma concreta qué es lo que se desea investigar. El tiempo que lleva este proceso puede ser muy variado, dependiendo el mismo de estudios precedentes, el empeño del investigador y sus habilidades personales. Lógicamente que, si el investigador está familiarizado en el tema y es perito en la materia, el tiempo puede resultar mucho menor. Pudiéramos afirmar que existe una relación biunívoca (inversamente proporcional) entre el tiempo de estudio y la pericia para concepción del tema.

El TEMA, al derivarse de una necesidad dada en un campo determinado, está estrecha y directamente ligado a un problema de investigación. Asimismo, el tema y el problema deben poseer justificación, importancia y relevancia que ameriten su estudio. En la justificación, «debe describirse [...] por qué es conveniente la investigación y cuáles son los beneficios que se podrían derivar de ella» [11].

El planteamiento de un problema de investigación lleva implícito:

- 1.º *Contextualizar el problema que se va a investigar*: de hecho, todo problema escogido está o se encuentra interrelacionado con otros aspectos de la realidad, no existe aislado y es necesario identificar dichas relaciones que ayudarán a entender al objeto de estudio en su contexto.
- 2.º *Explicar con mucha claridad y precisión la situación actual del problema*: el escogimiento de un problema de investigación presupone un OBJETO DE ESTUDIO con una problemática actual; en otras palabras, «*qué es lo que está sucediendo en el aquí y ahora con nuestro objeto de estudio*». Por

supuesto que el nivel de conocimiento se ha logrado a través de los sucesivos acercamientos empíricos que se han realizado para fundamentar adecuadamente el objeto de estudio.

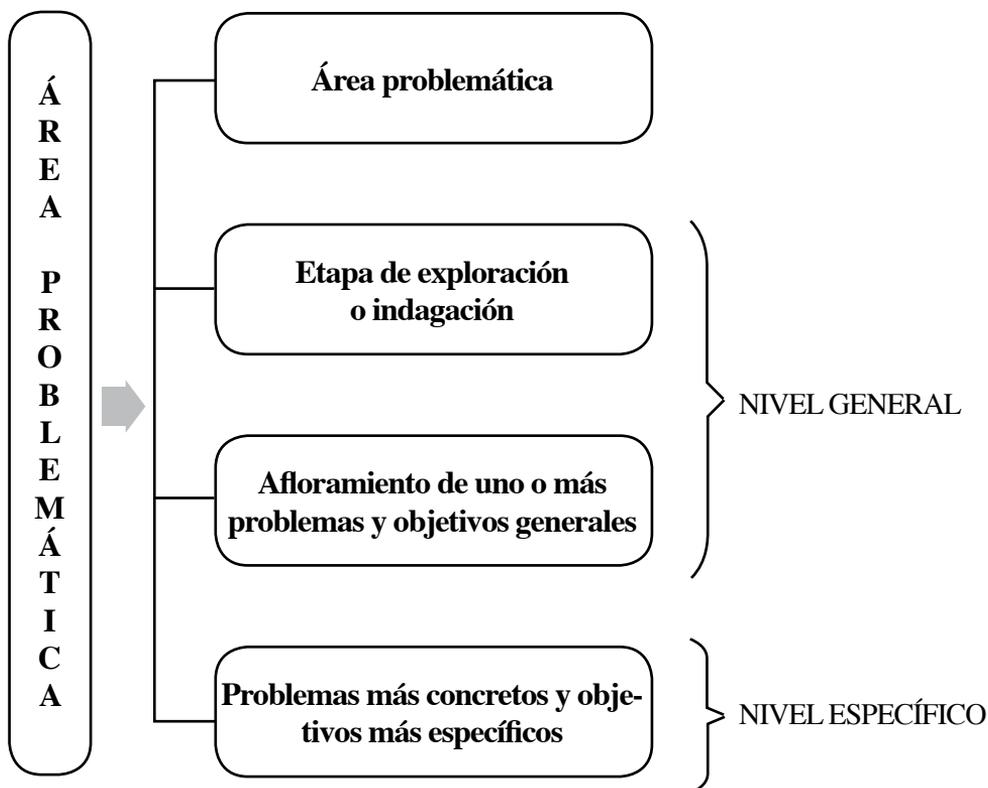
- 3.º *Delimitar nuestro objeto de estudio*: aspecto que debe realizarse tanto en extensión como con profundidad. Debe haber claridad en torno al universo escogido y hasta dónde se va a llegar; lo que ayudará con posterioridad en la elaboración de los objetivos de la investigación. Esto es, el problema que va a ser investigado debe estar «definido en su contenido y delimitado en el espacio y en el tiempo».

En resumen, se diría que:

- El planteamiento del problema es una explicación contextualizante del objeto de estudio, en la parte que se considera lo más sobresaliente es la **SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA QUE VA A INVESTIGARSE**.
- La delimitación del objeto de estudio debe definir su contenido y el espacio y tiempo de ejecución.
- No debemos esperar métodos o recetas especiales para elaborar y plantear problemas significativos, dado que es el resultado de procesos de razonamiento y elaboración propios de una persona interesada en hacer investigación. El planteamiento, de hecho, está determinado por la apariencia subjetiva del investigador a partir de su conocimiento del tema. Por supuesto que algunos investigadores consideran que la forma gramatical más apropiada para exponerlo es la utilización de preguntas concretas: una pregunta matriz que lo englobe y varias preguntas desglosadas y complementarias que son fundamentadas ampliamente con datos y situaciones concretas.

Se debe recalcar que el planteamiento del problema, o más concretamente la «problematización», no es el resultado único de la observación empírica, sino un **CUESTIONAMIENTO DE LA REALIDAD QUE SE INICIA CON ELEMENTOS PRODUCTO DE LA OBSERVACIÓN EMPÍRICA**, el cual se refina, completa y fundamenta. Adquiere su significado pleno con su interpretación teórica que se desarrolla desde el momento en que se interrelaciona con su contexto. En la figura 1.4, se presenta el esquema para determinar el problema de investigación.

Figura 1.4. Esquema para determinar un problema de investigación



1.6.2. Protocolo para la selección del tema

Cuando se trata de llevar a cabo un trabajo de investigación, la tarea de identificar y analizar el problema constituye una condición previa indispensable, aunque el investigador sin experiencia a menudo lo pasa por alto. Con frecuencia tiene un concepto poco realista acerca de la naturaleza de su labor y deja de lado las preguntas fundamentales que debe hacerse: ¿enunció el problema con claridad?, ¿sabe qué variables guardan relación con el tema?, ¿posee los recursos básicos para desarrollar la investigación?, ¿ha elaborado una sólida estructura teórica?

El análisis del problema puede requerir más tiempo que cualquier otro aspecto del estudio. Cuando se trata de realizar un trabajo de investigación es imprescindible planearlo hasta los últimos detalles.

El investigador debe aprender a reconocer y definir el problema, puesto que, para llevar a cabo una investigación, es necesario identificar con exactitud la naturaleza y dimensiones del problema.

Durante el análisis del problema, se debe seguir el siguiente protocolo:

- Reunir hechos que pudieran relacionarse con el problema.
- Decidir, mediante la observación, si los hechos hallados son importantes.
- Identificar las posibles relaciones existentes entre los hechos que pudieran indicar la causa de la dificultad.
- Proponer diversas explicaciones (hipótesis) de la causa de la dificultad.
- Cerciorarse, mediante la observación y el análisis, si ellas son importantes para el problema.
- Encontrar, entre las explicaciones, aquellas relaciones que permitan adquirir una visión más profunda de la solución del problema.
- Hallar relaciones entre los hechos y las explicaciones.
- Examinar los supuestos en que se apoyan los elementos identificados.

Este análisis minucioso elimina las ideas carentes de importancia y permite hallar los hechos y explicaciones que se relacionan con la dificultad.

1.6.3. Formulación del problema de investigación

Existen criterios diversos por parte de los investigadores para plantearse adecuadamente un problema de investigación. Entre los más relevantes se citan:

- El problema debe expresar una relación entre dos o más variables.
- El problema debe estar formulado claramente y sin ambigüedades, como pregunta. Por ejemplo, ¿qué efecto...?, ¿en qué condiciones...?, ¿cuál es la probabilidad de...?, ¿cómo se relaciona ... con ...?

- El planteamiento del problema debe llevar implícita la posibilidad de realizar prueba empírica, es decir, poder observarse en la realidad.

La formulación o planteamiento de un problema es la fase más importante en todo el proceso de investigación. Es también la parte más difícil, especialmente cuando se quiere salir del ámbito de lo trivial.⁽²⁴⁾ Si bien es cierto que no existen reglas para descubrir problemas, el conocimiento de la lógica⁽²⁵⁾ y de los procedimientos seguidos por otros investigadores ayudan, al menos, a evitar caminos sin salida, a hacer preguntas con sentido, a ponderar dificultades, y a considerar las vinculaciones entre la teoría, los métodos y las técnicas de investigación. Salinas-Meruane y Cárdenas-Castro [12] precisan que «debe tenerse en cuenta que un problema de investigación se origina en una fase anterior, previa al planteamiento de la pregunta».

Algo que se debe tener muy presente es «la interrelación dialéctica entre situación problémica, problema real, problema científico, objeto y campo, en el diseño de una investigación» Navarro-Ojeda et al [13].

Aquí convendría recordar que la «actividad humana» sobre el universo es la fuente del conocimiento, el instrumento principal de la investigación científica y el medio de su comprobación. Velarde [14], citando a Gortari (1972), a través de una visión de la lógica dialéctica, puntualiza «que expresa el contenido del conocimiento científico y comunica ese contenido al pensamiento».

Porque si bien es cierto que la investigación es la ciencia que se desarrolla igualmente en la dimensión teórica, también es innegable que la teoría es un producto de la actividad práctica, ya que parte directamente de sus resultados y conduce reiteradamente a la propia práctica, tanto para comprobar la validez de sus conclusiones como para encontrar aplicación en otros conocimientos y en el amplio dominio de la técnica, tal y como expresan Lu Garavano [15] y Gortari [16].

(24) **Trivial:** de poca importancia, trascendencia o interés.

(25) **Lógica:** rama de la filosofía que se interesa por el estudio de los principios de la demostración y la inferencia válida. Se traduce como el razonamiento que realizamos sobre las ideas o sucesión de hechos, los cuales se muestran de forma coherente y sin contradicciones internas.

1.6.4. Tipos de problemas básicos

Ya se ha dicho que la investigación busca la solución de problemas. Ahora bien, ¿qué se entiende por solución en este contexto?

De manera general, podríamos decir que la solución buscada es la respuesta a una o varias de estas formas básicas de problemas de investigación:

1. *Determinación o identificación de «quién» o «quiénes» tienen una cierta propiedad característica*, p. ej.: ¿quiénes son (en términos de características sociales) las personas que votan por el partido A?, ¿quiénes son los niños que presentan, en conjunto, mayores tasas de deserción escolar?, etc.
2. *Determinación de la ubicación del fenómeno*, p. ej.: ¿dónde se encuentran las principales zonas de conflicto social en nuestro país?, ¿en qué regiones del país se encuentran las menores tasas de escolaridad?, etc.
3. *Determinación del cuánto*, p. ej.: ¿cuál es la tasa de subdesocupación en el sector agrario?, ¿cuál es la rentabilidad de la educación universitaria?, etc.
4. *Descripción del desarrollo, la evolución o las etapas del fenómeno*, p. ej.: ¿cómo se desarrolla la motivación política de los sectores obreros en este país?, ¿qué etapas se distinguen en la migración rural o urbana?, etc.
5. *Determinación de las propiedades de un colectivo*, p. ej.: ¿cuáles son las características ideológicas de la población marginal?, ¿qué actitudes tienen los maestros frente a las reformas educativas?, etc.
6. *Determinación de las partes, clases o categorías de un fenómeno*, p. ej.: ¿cuál es la composición del gasto de los sectores campesinos?, ¿qué capas existen dentro de la burguesía de este país?, etc.
7. *Determinación de una clasificación o tipología*, p. ej.: ¿en qué categoría se clasifican los colegios de esta región, según la calidad del servicio educativo que ofrecen?, ¿cómo se clasifican las huelgas industriales?, etc.
8. *Determinación de las relaciones de los fenómenos*, p. ej.: ¿con qué factores está relacionada la orientación economicista de los sectores obreros?, ¿qué variables están asociadas con el rendimiento escolar?, etc.

9. *Comparación de efectos*, p. ej.: ¿cuál de los dos métodos de estudio produce mayor rendimiento?, ¿cuál de los medios producen los mejores efectos de propaganda?, etc.
10. *Determinación de los factores causales de un fenómeno*, p. ej.: ¿cuál es la causa de la deserción universitaria (explicación causal)?, ¿cuáles son las causas de la cohesión de un grupo?, etc.
11. *Determinación de la legalidad de un fenómeno*, p. ej.: ¿qué factores explican el fraccionamiento de los partidos políticos de izquierda? (explicación por leyes), ¿qué teoría da cuenta de la orientación economicista de los estudiantes de este país?, etc.

Es fácil ver que los problemas enumerados del 1 al 8 exigen diseños no experimentales para su tratamiento; en cambio, los problemas 9 y 10 pueden ser tratados en mejor forma mediante diseños experimentales. Los problemas correspondientes al tipo 11 exigen su estudio con un diseño histórico causal, desde luego, no experimental

1.6.5. Elementos que contiene el planteamiento del problema

Los elementos principales que definen el planteamiento de una investigación son tres y se encuentran estrechamente interrelacionados:

- Los objetivos que persigue la investigación
- Las preguntas de investigación
- La justificación

1.6.5.1. Formulación de objetivos

Hay investigaciones que se desarrollan a partir de objetivos, sin plantearse un problema. Otras se plantean ambas cosas. Esto depende de la manera en que él investigador diseñe su objeto de estudio. En las investigaciones no experimentales, frecuentemente no se formulan hipótesis sino objetivos de trabajo. En cualquier caso, a continuación, se presentan algunas recomendaciones para la formulación de los objetivos:

En primer lugar, debemos establecer qué pretendemos con la investigación, es decir, «cuáles son sus objetivos». Los cuales se traducen como «las guías» del estudio, mismos que se encuentran presentes durante todo el desarrollo del proyecto. Generalmente, los objetivos se dividen en «generales» y «específicos».

- **Objetivos generales**

Los objetivos generales plantean las metas, los principales propósitos que se intentan alcanzar con la investigación.

- **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos constituyen el desglose de los generales: los pasos necesarios para alcanzar la meta formulada por cada objetivo mayor. Sin embargo, no deben confundirse con «actividades», pues estas son parte de la estrategia metodológica.

De los objetivos generales a la estrategia metodológica debe existir una secuencia lógica: de lo general a lo particular, sin que esto implique traslapar⁽²⁶⁾ niveles.

- Para evitar los traslapes y las confusiones, se puede hacer lo siguiente: ubíquese en los objetivos generales y, a cada uno de ellos, pregúntele «¿CÓMO?». La respuesta inmediata fundamenta los objetivos específicos. A estos también se les puede hacer la pregunta «¿CÓMO?». En este caso, las respuestas serán las actividades.

(26) **Traslapar:** que cubre parcialmente una cosa con otra: superponer, solapar; p. ej.: la superposición o traslape de las tejas en un tejado.

- A la inversa, ubicado sobre las actividades, usted les puede preguntar «¿PARA QUÉ?», y las respuestas deberán conducirlo a los objetivos específicos. A estos últimos también puede preguntarles «¿PARA QUÉ?»; y las respuestas deberán señalar los objetivos generales.

Si con estas preguntas, no logra ver claramente una secuencia lógica entre los objetivos generales, los objetivos específicos y las actividades, entonces quizá sea bueno revisar su formulación.

Tanto los objetivos generales como los específicos tienen cierto estilo de redacción caracterizado por el uso de *verbos en infinitivo* al inicio de su formulación. Al escribirlos, es conveniente, en aras de una mayor claridad, evitar el uso de la palabra «para», pues por lo general señala la existencia de dos objetivos en uno.

Recuerde además que las conclusiones de una investigación consisten en referirse al logro de los objetivos propuestos, o, en su defecto, a los factores que lo impidieron.

1.6.5.2. Preguntas de investigación

Una vez definidos los objetivos de la investigación, resulta conveniente plantear, a través de una o varias preguntas, el problema que se estudiará. El presentarlo en forma de interrogantes (de manera directa) tiene la ventaja de evitar distorsiones en su planteamiento, aunque estas no siempre logran comunicarlo por completo, con toda su riqueza o contenido. En conclusión, las preguntas resumen y focalizan lo que habrá de ser investigado.

Las preguntas generales realmente no conducen a una investigación concreta. Las mismas deben concebirse más bien como ideas iniciales que guían el arranque de un estudio, las cuales precisan de un proceso de refinamiento y de mayor precisión. No obstante, en el caso de los macroestudios, que se ocupan de diversas dimensiones de un problema, inicialmente pueden plantearse preguntas más generales. Sin embargo, la mayoría de los estudios se plantean cuestiones más específicas y limitadas.

1.6.5.3. Justificación de la investigación

Un aspecto verdaderamente importante lo constituye una buena justificación de la investigación. Un buen proyecto puede quedar arruinado si este argumento es pobre o desacertado; es decir, se precisa de una exposición clara y convincente de las «razones» para plantearlo. Resulta obvio enfatizar que las investigaciones se llevan a cabo persiguiendo objetivos bien definidos, en busca de soluciones a problemas: «Toda investigación parte del apremio en dar una respuesta a la solución de un problema que afecta de una manera directa o indirecta a la sociedad» Navarro et al. [13]. Nadie investiga «por capricho».

CAPÍTULO II. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Si una vez concluida la revisión bibliográfica y consulta de expertos, se ha decidido que nuestra investigación vale y debemos realizarla, el siguiente paso consiste en elegir el tipo de estudio que aplicar.

Existen diversos tipos de investigaciones y de diseños metodológicos propuestos y conformados. No obstante, nos parece acertado adoptar la clasificación propuesta por Dankhe [1], quien designa los estudios como: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos.

Esta clasificación es muy importante, pues la estrategia de la investigación, el diseño de los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso dependen del tipo de estudio. En la práctica, cualquier proyecto de investigación puede incluir elementos de uno u otro tipo [1].

La figura 2.1 sintetiza, secuencialmente, los aspectos fundamentales que caracterizan cada uno de estos estudios.

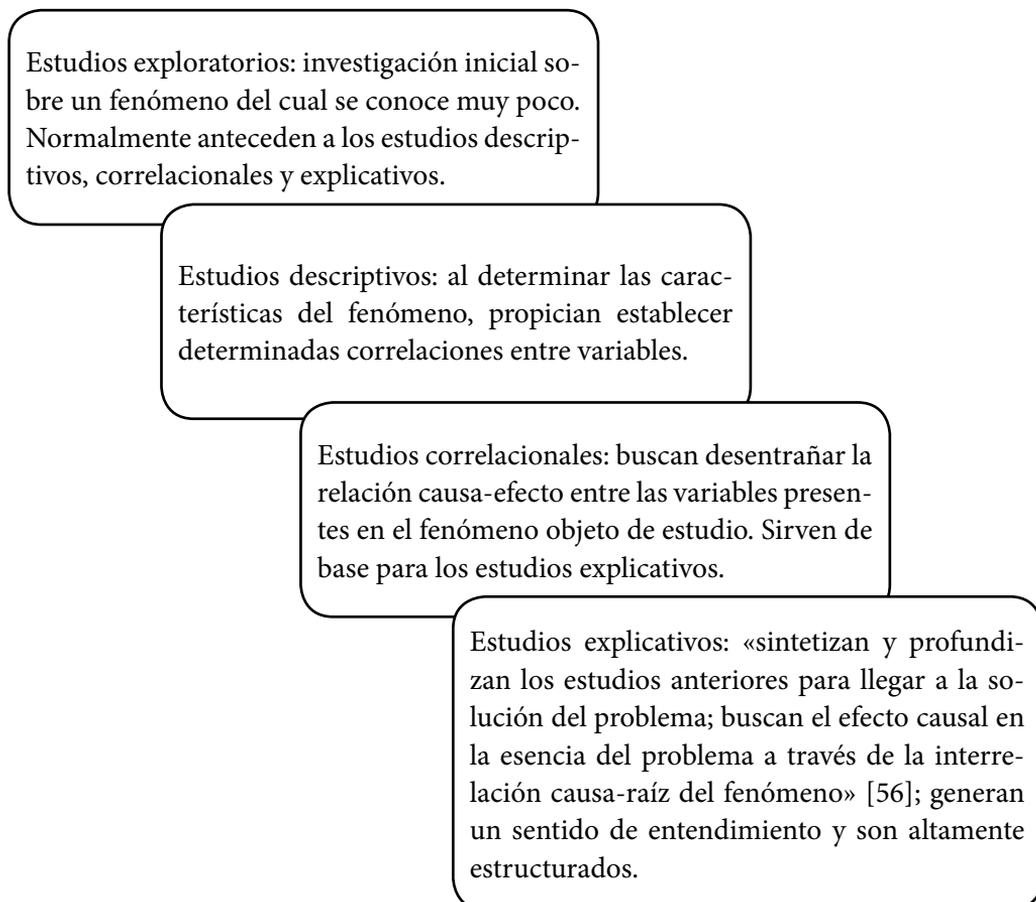
Resulta evidente que una investigación puede iniciarse como exploratoria (depende del fenómeno y la experticia del investigador) y terminar como explicativa, pasando secuencialmente por todas las demás.

Ahora pasaremos a brindar algunos detalles interesantes acerca de estos cuatro tipos de estudios.

2.1. ESTUDIOS EXPLORATORIOS

Los estudios exploratorios, tal y como se afirmaba anteriormente, tienen por objeto indagar sobre las características de un fenómeno poco conocido. En este caso, podemos constatar a través de la revisión bibliográfica, que solo existen ideas vagas relacionadas con el problema de investigación (en la generalidad de los casos están íntimamente relacionados con un momento histórico deter-

Figura 2.1. Diferentes tipos de estudio donde se puede contextualizar un proyecto de investigación



minado). Pongamos como ejemplo un caso muy actual, el referido al tiempo de duración de inmunización de cada una de las vacunas que se están produciendo contra la COVID-19 y contra las mutaciones que viene teniendo el virus (sobre esto se especula mucho en los círculos científicos de los países productores). Para conocer todo el potencial inmunológico de una vacuna, deben pasar al menos de tres a cinco años para estudiar todas las características de su comportamiento. Ese es un tema que aún requiere de mucho análisis.

También se puede decir que los estudios exploratorios sirven para familiarizarse con otros fenómenos casi totalmente desconocidos y obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un

contexto particular de la vida real. Estos estudios no siempre constituyen un fin en sí mismo, pues más bien se direccionan a determinar tendencias, y las características más prominentes de un fenómeno, lo que posibilitará el desarrollo de investigaciones posteriores más rigurosas.

2.2. ESTUDIOS DESCRIPTIVOS

El llegar a conocer las diferentes aristas que caracterizan un fenómeno (variables) constituye un paso decisivo durante el desarrollo de un proyecto de investigación. No se puede describir un fenómeno si no se hace sobre la base de sus manifestaciones externas. Por ello los estudios descriptivos se enmarcan en especificar las propiedades más importantes del comportamiento del fenómeno, p. ej., de personas, grupos, comunidades, etc.; así como de fenómenos físicos, químicos, biológicos, etc. Estos miden aspectos dimensionales y/o componentes del fenómeno que se investiga.

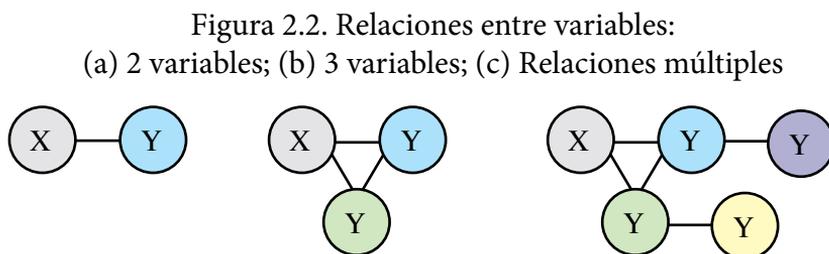
Desde el punto de vista científico, describir es medir. En un estudio descriptivo, se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente para así (valga la redundancia) describir lo que se investiga. Por ello, las mediciones de los conceptos y/o variables se realizan de forma independiente (como cuando, p. ej., durante el desarrollo de un ciclón o tormenta tropical, medimos la presión barométrica, la velocidad de los vientos, la cantidad de lluvia caída, etc.). Otro ejemplo pudiera ser el caso de un estudio descriptivo de varias empresas industriales en cuanto a su complejidad, tamaño, tecnología empleada en la elaboración de los productos, centralización de la producción, capacidad de innovación, etc. En ese caso habría que efectuar la medición de cada una de las variables para poder hacer una descripción en los términos deseados. Entonces se podría saber el grado de automatización que presenta cada empresa en toda su cadena productiva; cuánta es la diferencia horizontal (subdivisión de las tareas) y vertical (número de niveles jerárquicos) de cada una; saber acerca de las posibilidades reales que tienen los diferentes niveles de mando y cuántos tienen acceso a la toma de decisiones (centralización de las decisiones); y, en qué medida pueden innovar o realizar cambios en los medios de trabajo o maquinaria (capacidad de innovación).

Sin embargo, el investigador no pretende determinar (comparar) una empresa con otra, sino singularizar el comportamiento de cada una en particular. Tampoco busca relacionar tecnología con complejidad, ni establecer una comparación sobre la capacidad de innovación de las empresas entre sí (correlacionar la capacidad de innovación con la centralización). Así como los estudios exploratorios se focalizan fundamentalmente en descubrir, los descriptivos se dirigen a medir con la mayor precisión y exactitud posible cada variable. En los estudios descriptivos se debe conocer «qué» se va a medir, «cómo» lograr la precisión y exactitud en la medida y «quiénes» deberán estar involucrados en la medición; por otra parte, es necesario realizar la medida a tipos de una misma naturaleza.

2.3. ESTUDIO CORRELACIONAL

Estos estudios se encargan de establecer las correlaciones entre las variables: medir el grado de relación existente entre dos o más conceptos o variables para un fenómeno o contexto en particular. Este tipo de investigación trata de contestar preguntas como: ¿los personas que dedican más tiempo a la lectura poseen un vocabulario más amplio con relación a aquellas que dedican menos tiempo?; ¿los trabajadores de una empresa industrial desarrollan mayor productividad si su motivación también es mayor?; ¿la lejanía física entre novios tiene una relación negativa con la satisfacción en la pareja?; etc.

En ocasiones solo se analiza la relación entre dos variables, en otros estudios se relacionan tres variables, otras veces se incluyen relaciones múltiples; lo que podría representarse según lo muestra la figura 2.2:



Los estudios correlacionales primero miden todas las variables del objeto de estudio (dos o más) que se pretenden analizar para ver si están relacionadas en los mismos sujetos. Después se analiza la correlación.

El objetivo principal de los estudios correlacionales es determinar cómo se podría comportar una variable conociendo el comportamiento de otras en fenómenos o situaciones similares. Por tal motivo, estos estudios tienen un carácter predictivo: predicen el comportamiento de una variable con relación a otra cuando se hace una comparación de esas situaciones o fenómenos similares.

Un ejemplo, tal vez simple pero muy evidente, que ayuda a comprender el propósito predictivo de estas investigaciones sería correlacionar el tiempo de estudio para un examen de una asignatura con la calificación obtenida en el mismo. En este caso se mide, en un grupo de estudiantes, cuánto tiempo dedica cada uno de ellos a estudiar para el examen y también se obtienen sus calificaciones (mediciones de la otra variable). Posteriormente, se determina si las dos variables están correlacionadas; ello significa que una varía cuando la otra también lo hace. Considerando el ejemplo anterior, se podría establecer una correlación para el siguiente caso: medir la motivación y luego la productividad de cada uno de los trabajadores, y luego analizar si aquellos con una mayor motivación son o no son los que más producen.

La correlación puede ser positiva o negativa.

- *Correlación positiva:* sujetos con altos valores en una variable tienden a mostrar también altos valores de la otra variable.
- *Correlación negativa:* sujetos con altos valores en la una variable tenderán a mostrar valores bajos en la otra variable.

A tenor con el carácter predictivo, si se conoce la correlación entre dos variables, entonces se puede predecir (con mayor o menor exactitud) el valor aproximado del comportamiento de la variable efecto. Por otra parte, podríamos decir que la investigación correlacional posee, de alguna manera, un valor explicativo, aunque parcial. Saber que dos conceptos o variables están relacionadas aporta cierta información explicativa.

La diferencia fundamental entre los estudios descriptivos y correlacionales se encuentra en que los primeros buscan la identificación y medición precisa de las características del objeto o fenómeno (variables), mientras que los segundos tratan de indagar sobre el grado de relación que existe entre estas.

2.4. ESTUDIO EXPLICATIVO

Los estudios explicativos traspasan los umbrales de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de correlaciones entre estos. Están dirigidos a responder a las causas o razones de los eventos físicos o sociales; se direccionan a desentrañar y explicar la relación causa-efecto que prevalece en el comportamiento de un fenómeno; explica en qué condiciones se da este, o por qué dos o más variables están relacionadas.

Las investigaciones explicativas presentan una mayor estructuración respecto a sus antecesoras: las investigaciones exploratorias, descriptivas y correlacionales, de hecho, las contienen; y, por centrarse en la relación causa-efecto, pueden llegar más lejos en la explicación del fenómeno.

Para una mejor comprensión, tomemos un ejemplo que trata sobre un fenómeno físico: el comportamiento de la presión respecto a la temperatura en un ensayo isocórico (isovolumétrico) en los estudios llevados a cabo por Gay Lussac sobre el comportamiento de los gases. Veamos cómo podemos llegar a la explicación del fenómeno.

Enunciado: *«Si el volumen de un gas es constante, la presión varía directamente proporcional a la temperatura».*

Esta afirmación nos dice cómo están relacionadas las tres variables: la presión aumentó debido a que la temperatura del gas aumentó y su volumen permaneció constante. Pero, tal y como podemos observar, solo se explica de forma parcial lo que ocurre. Para llegar a una «explicación completa» se precisa de otras proposiciones que informen «por qué» y «cómo» están relacionadas esas variables. Veamos ahora cómo podemos lograrlo:

- Incremento de la temperatura: implica aumento de la energía cinética de las moléculas del gas.
- Incremento de la energía cinética: implica un aumento de la velocidad del movimiento de las moléculas.
- Como el recipiente es cerrado: las moléculas no pueden traspasar los límites del mismo (volumen constante), e impactan con mayor frecuencia sobre la superficie interior de dicho recipiente.

- La mayor frecuencia de impacto sobre la superficie interior del recipiente implica un aumento paulatino de la presión sobre estas paredes a medida que aumenta la temperatura.

Esta explicación basada en la concepción de un gas como un conjunto de moléculas en constante movimiento, es mucho más completa y genera un mayor entendimiento.

Pongamos ahora algunos ejemplos que diferencian los estudios: explicativo, descriptivo y correlacional, a través de ciertas interrogantes:

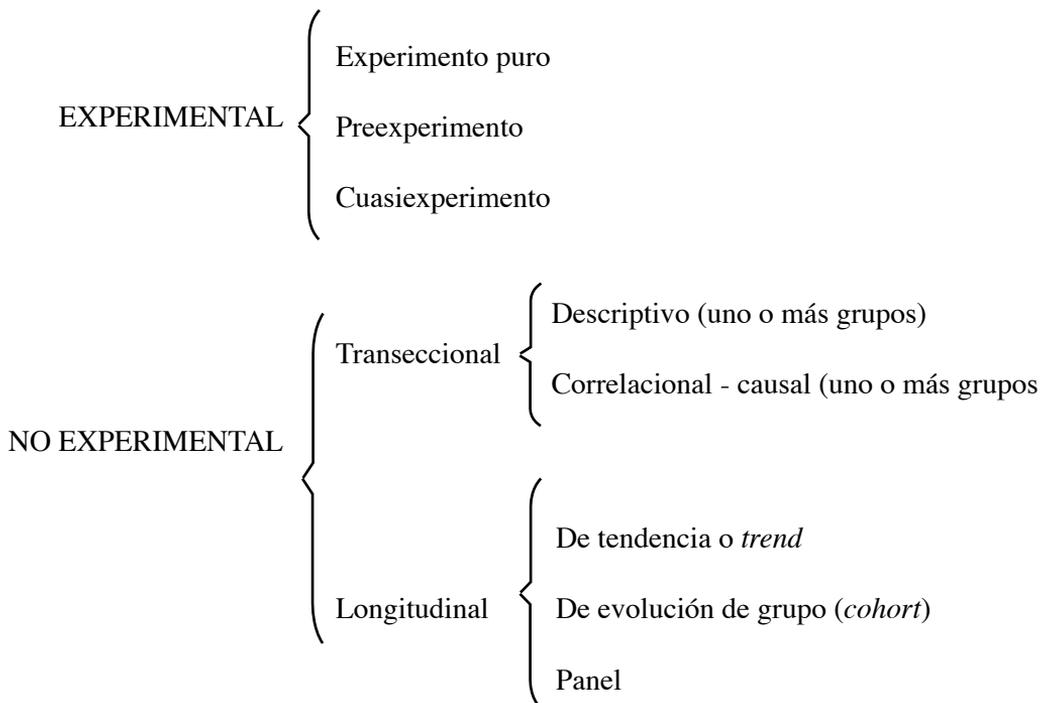
- *Los estudios explicativos* responderían a preguntas como: ¿qué efectos tiene que los adolescentes de la ciudad de Riobamba de nivel socioeconómico elevado consuman bebidas alcohólicas?; ¿a qué se debe ese comportamiento?; ¿qué variables mediatizan los efectos y de qué modo?; ¿por qué los adolescentes prefieren consumir alcohol respecto a otras bebidas?; ¿qué gratificación deriva dicho consumo?; ¿cuál es la cantidad de mayor aceptación?, etc.
- *Los estudios descriptivos* solamente responderían a preguntas como: ¿qué tiempo dichos adolescentes dedican al consumo de esa bebida?; ¿en qué medida les interesa el control de consumo?; ¿qué lugar de preferencia ocupa?; ¿prefieren bebidas con alto, mediano o bajo contenido alcohólico?, etc.
- *Los estudios correlacionales* contestarían preguntas como: ¿está relacionado el consumo de alcohol con el control que ejercen los padres?; ¿a mayor consumo de alcohol se da un mayor cambio de actitud?; ¿a mayor consumo de alcohol las facultades físicas disminuyen más rápidamente?, etc.

CAPÍTULO III. TIPOS DE DISEÑOS PARA INVESTIGACIÓN

3.1. GENERALIDADES

En literatura científica, se puede encontrar una amplia gama de tipos de diseños. En este trabajo, adoptaremos dos fundamentales en la clasificación general de los diseños de las investigaciones: experimental y no experimental, las cuales poseen diferentes modalidades. Veamos la figura 3.1.

Figura 3.1. Clasificación general de los diseños de investigación



Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

Ambos tipos de investigación son relevantes, importantes y necesarios; poseen sus características propias, peculiares e igualmente útiles. Ambos obedecen a objetivos y diseños específicos que se quieren alcanzar durante el desarrollo del proyecto de investigación según sea el tipo de estudio que va a realizarse (exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo) y de las hipótesis planteadas.

3.2. SIMBOLOGÍA DE LOS DISEÑOS METODOLÓGICOS

R = Asignación al azar o aleatoria. Los sujetos han sido asignados a un grupo de manera aleatoria.

G = Grupo de sujetos: G_1 , grupo 1; G_2 , grupo 2; etc.

X = Tratamiento, estímulo o condición experimental: presencia de la variable independiente.

O = Una medición a los sujetos de un grupo: una prueba, un cuestionario, observación, tarea, etc.; se trata de una preprueba (si aparece antes del estímulo o tratamiento), y de una posprueba (si aparece luego de este).

- = Indica que se trata de un grupo de control, por lo que hay ausencia de estímulo (nivel «cero» en la variable independiente).

Observaciones: la secuencia horizontal indica tiempos distintos y cuando en dos grupos aparecen dos símbolos alineados verticalmente, esto indica que tienen lugar en el mismo momento del experimento (simultáneamente).

Veamos gráficamente estas dos observaciones (ver fig. 3.2):

Figura 3.2. Secuencia horizontal y vertical de los diseños experimentales.

	Medición de los sujetos			
Tiempos distintos:	RG₁	0	X	0
Mismo momento:	RG₁	X		
	0			
	RG₂	-	0	

3.3. TIPOS DE DISEÑOS EXPERIMENTALES GENERALES

Los diseños experimentales más comúnmente citados en la literatura especializada se rigen por la tipología de Campbell y Stanley (1966) [17], quienes dividen los diseños experimentales en tres clases:

1. Experimentos puros o «verdaderos»
2. Cuasiexperimentos
3. Preexperimentos

3.3.1. Experimentos puros o verdaderos

Los experimentos puros o «verdaderos» son aquellos que cumplen los dos requisitos para el logro del control y la validez interna, es decir:

1. *Grupos de comparación*: manipulación de la variable independiente o de varias independientes
2. *Equivalencia de los grupos*.

Aquellos diseños denominados como «auténticamente» experimentales pueden abarcar una o más variables independientes y dependientes, en cada caso. De igual modo, pueden emplear prepruebas y pospruebas para el análisis de la evolución de los grupos antes y después del tratamiento experimental. Aunque no todos los diseños experimentales conciben la realización de preprueba, la posprueba sí es necesaria para determinar los efectos de las condiciones experimentales.

A continuación, se exponen varios diseños experimentales puros o «verdaderos»:

3.2.1.1. Diseño con posprueba únicamente y grupo de control

Este diseño puede diagramarse de la siguiente manera (ver fig. 3.3):

Figura 3.3. Diseño con posprueba únicamente y grupo de control



Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

La única diferencia entre los grupos en este diseño debe ser la presencia-ausencia de la variable independiente. Inicialmente, son equivalentes. El investigador debe velar que no ocurra algo que afecte solo a un grupo; es decir, debe efectuarse el experimento a la misma hora para ambos grupos e incluso deben primar las mismas condiciones ambientales y demás factores mencionados al hablar de la equivalencia.

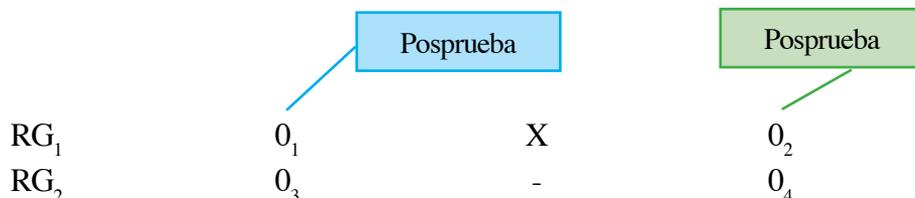
El diseño con posprueba únicamente y grupo de control puede ampliarse para incluir más de dos grupos (y poder manipular varios niveles de la variable independiente). Para este caso, se utilizan dos o más tratamientos experimentales (además del grupo de control). Los efectos de los tratamientos experimentales sobre la variable dependiente pueden investigarse comparando las pospruebas.

La prueba estadística que suele emplearse en este tipo de diseño (para comparar a los grupos) es la prueba «t» de Student (para grupos correlacionales), al nivel de medición por intervalos.

3.2.1.2. Diseño con preprueba, posprueba y grupo de control

El diseño puede diagramarse como sigue (ver fig. 3.4):

Figura 3.4. Diseño con preprueba, posprueba y grupo de control



Fuente: Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

La adición de la preprueba ofrece dos importantes ventajas:

1. Las puntuaciones de las prepruebas pueden usarse para fines de control en el experimento (la comparación de las prepruebas de los grupos permite evaluar qué tan adecuada fue la aleatorización), lo cual es muy conveniente con grupos pequeños: grupos de quince personas o menos. En grupos grandes, la aleatorización funciona.
2. Permite el análisis del puntaje ganancia de cada grupo: diferencia entre las puntuaciones de preprueba y posprueba.

Este tipo de diseño puede ampliarse para incluir más de dos grupos.

3.2.1.3. Diseño de cuatro grupos de Solomon

El destacado maestro de psicólogos experimentales, el norteamericano Richard L. Solomon (1918-1995) propuso, en 1949, un diseño que abarcaba a los dos anteriores: «El “cuadrado latino” o diseño de Solomon para cuatro grupos» [18].

Diseño con posprueba únicamente y grupo de control más diseño de preprueba y posprueba con grupo de control, de tal forma que, con la suma de los dos diseños anteriores, obtuvo cuatro grupos: dos experimentales y dos de control. El diseño puede diagramarse de la siguiente manera, según García-Pérez, Frías-Navarro y Pascual-Llobell [19] (ver fig. 3.5):

Figura 3.5. Estructura formal del diseño de cuatro grupos de Solomon

	Preprueba		Posprueba
RG ₁	0 ₁	X	0 ₂
RG ₂	0 ₃	-	0 ₄
RG ₃	-	X	0 ₅
RG ₄	-	-	0 ₆

Fuente: Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]; García-Pérez, Frías-Navarro y Pascual-Llobell [19]

La ventaja de este diseño es que el experimentador puede verificar los posibles efectos de la preprueba sobre la posprueba, puesto que a algunos grupos se les administra y a otros no. Es posible que la preprueba afecte la posprueba o que aquella interactúe con el tratamiento experimental.

En la figura 3.6 se muestra un ejemplo de efecto de preprueba en el diseño de Solomon.

Figura 3.6. Presentación ejemplificada del efecto de preprueba sobre posprueba en el diseño de Solomon

RG ₁	0 ₁ = 8	X	0 ₂ = 14
RG ₂	0 ₃ = 8,1	-	0 ₄ = 11
RG ₃	-	X	0 ₅ = 11
RG ₄	-	-	0 ₆ = 8

Fuente: Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

3.2.1.4. Diseños experimentales de series cronológicas múltiples

Los tres diseños experimentales que se han presentado hasta el momento se usan normalmente para el análisis de efectos inmediatos o a corto plazo; pero, en ocasiones, el investigador desea analizar efectos de mediano o largo alcance. Esto se debe a la suposición que hace el experimentador de una posible influencia tardía de la variable independiente sobre la dependiente en su manifestación. Por ejemplo, programas de difusión de innovaciones, métodos educativos o estrategias de la psicoterapia. En tales casos, es conveniente adoptar diseños con varias pospruebas, a los cuales se les conoce como series cronológicas experimentales, donde se efectúan varias observaciones sobre una variable a través del tiempo.

En las siguientes figuras, se muestran ejemplos de experimentos utilizando series cronológicas:

• Ejemplo 1

Serie cronológica sin preprueba, pero usando varias pospruebas y un grupo de control.

Figura 3.7. Ejemplo de serie cronológica sin preprueba, con varias pospruebas y grupo de control

		Posprueba		
				
RG ₁	X ₁	O ₁	O ₂	O ₃
RG ₂	X ₂	O ₄	O ₅	O ₆
RG ₃	X ₃	O ₇	O ₈	O ₉
RG ₄	-	O ₁₀	O ₁₁	O ₁₂

Fuente: Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

• Ejemplo 2

Serie cronológica con preprueba, con varias post-pruebas y un grupo de control.

Figura 3.8. Serie cronológica con preprueba, con varias pospruebas y grupo de control

	Preprueba		Posprueba		
RG ₁	O ₁	X ₁	O ₂	O ₃	O ₄
RG ₂	O ₅	X ₂	O ₆	O ₇	O ₈
RG ₃	O ₉	-	O ₁₀	O ₁₁	O ₁₂

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

• Ejemplo 3

Serie cronológica basada en el diseño de cuatro grupos de Solomon: «cuadrado latino».

Figura 3.9. Serie cronológica basada en el diseño de cuatro grupos de Solomon

RG ₁	O ₁	X	O ₂	O ₃
RG ₂	O ₄	-	O ₅	O ₆
RG ₃	-	X	O ₇	O ₈
RG ₄	-	-	O ₉	O ₁₀

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

3.2.1.5. Diseños de series cronológicas con repetición de estímulo

En algunos casos, el investigador presupone que el tratamiento o estímulo experimental no posee efecto o es un mínimo si se aplica por una sola vez. Por ejemplo, cuando se hace ejercicio físico un solo día. Lógicamente que la persona no puede esperar ver un cambio visible en el desarrollo de su musculatura. Otro ejemplo puede ser cuando se consume vitaminas por una única vez. También, en ocasiones, el investigador requiere conocer simplemente el efecto que experimentan sobre las variables dependientes, cada vez que se aplica el estímulo experimental.

En este otro ejemplo se muestra el diseño cronológico con repetición de estímulo.

Figura 3.10. Ejemplo del diseño cronológico con repetición de estímulo

RG_1	O_1	X_{13}	O_2	X_1	O_3
RG_2	O_4	-	O_5	-	O_6

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

En este caso, el mismo tratamiento es aplicado dos veces al grupo experimental.

3.2.1.6. Diseños con tratamientos múltiples

A veces, el investigador requiere conocer el efecto que produce aplicar diversos tratamientos experimentales a todos los sujetos. Para estos casos se recomienda la utilización de diseños con tratamientos múltiples. La aplicación puede llevarse a cabo individualmente o en un grupo (y en sus diferentes variaciones: un solo grupo o varios).

- **Tratamiento en un solo grupo**

En el caso de contar con un número reducido de participantes para el experimento, se aconseja llevar a cabo un diseño con tratamientos múltiples, con un solo grupo. Lógicamente, en este diseño, no se realiza asignación al azar de los sujetos, ya que se cuenta con la presencia de todos. En este caso, el grupo constituido hace las veces de «grupos experimentales» y de «control». Este diseño puede diagramarse según se expresa en la figura 3.11.

Figura 3.11. Diseño con tratamientos múltiples y un solo grupo

Se llevan a cabo k-ésimos tratamientos y mediciones

G (único) X_1 0_1 X_2 0_2 - 0_3 X_3 0_4 - 0_5 $X_k \dots$ $0_k \dots$

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

• **Tratamiento en varios grupos**

Este es un modelo en que se tienen varios grupos, los cuales se forman tomando los sujetos al azar. A cada grupo se les aplican todos los tratamientos. La secuencia de estos puede ser o no la misma para todos los casos; pero, además, se pueden realizar una o más pospruebas.

A continuación, ejemplificamos con dos diagramas estos diseños (ver figuras 3.12 y 3.13):

- **Caso 1:** utilizando una misma secuencia de los tratamientos para los grupos

Figura 3.12. Diseño con tratamientos con una misma secuencia para los grupos

RG ₁	X_1	0_1	X_2	0_2	X_3	0_3
RG ₂	X_1	0_4	X_2	0_5	X_3	0_6
RG ₃	X_1	0_7	X_2	0_8	X_3	0_9

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

- **Caso 2:** utilizando secuencia diferente de los tratamientos para los grupos

Figura 3.13. Diseño con tratamientos de secuencia diferente

RG ₁	X_1	0_1	X_2	0_2	X_3	0_3
RG ₂	X_2	0_4	X_3	0_5	X_1	0_6
RG ₃	X_3	0_7	X_2	0_8	X_1	0_9

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

¿QUÉ TIPO DE ESTUDIOS SON LOS EXPERIMENTOS?

Tenemos que tener en cuenta que se estudian las interrelaciones entre una o varias variables independientes y dependientes: relación causa-efecto: efectos causales de las primeras sobre las segundas. En tal caso, este tipo de estudio es explicativo (abarca los tres anteriores).

3.3.2. Cuasiexperimentos

En los diseños cuasiexperimentales también se observa la manipulación deliberada de al menos una variable independiente para constatar el efecto sobre una o más variables dependientes. Respecto a los experimentos puros o «verdaderos», debemos aclarar que solamente difieren de estos en el grado de seguridad o confiabilidad que puede aparecer sobre la equivalencia inicial de los grupos. En este tipo de diseño (diseño cuasiexperimental), los grupos son formados previamente (antes del experimento). Por tal motivo, no hay asignación al azar de los sujetos: son grupos intactos (las causas del surgimiento y la manera como se formaron son independientes del experimento).

Por esta causa, los diseños cuasiexperimentales solo son usados en los casos donde no se puede llevar a cabo la asignación de los sujetos a los grupos de forma aleatoria para el desarrollo de los tratamientos experimentales. Es bueno puntualizar, no obstante, que el no realizar la aleatorización de los sujetos a los grupos introduce posibles problemas de validez interna y externa; razón por la cual este tipo de investigación se denomina de cuasiexperimentos, con relación a los experimentos puros o «verdaderos».

Debido a los problemas potenciales de validez interna, en estos diseños, el investigador debe intentar establecer las semejanzas entre los grupos. Esto conlleva considerar las características que puedan estar involucradas y relacionadas con las variables estudiadas. En consecuencia, a mayor información disponible, mayores serán las bases o posibilidades para poder establecer su semejanza.

Es preciso puntualizar que, debido a la falta de control experimental total, es imprescindible que el investigador posea un real conocimiento de aquellas variables particulares que su diseño específico no controla. De esta forma, estará más alerta frente a su posible influencia y contará con mejores elementos para evaluarla. Cada vez que se trabaje con diseños cuasiexperimentales, se debe tener muy presente que la ausencia de asignación al azar de los sujetos a los grupos implica poner una especial atención durante la interpretación de los resultados, evitando a toda costa caer en errores.

Si bien es cierto que los cuasiexperimentos difieren de los experimentos puros o «verdaderos» en la equivalencia inicial de los grupos, esto no quiere decir que sea imposible tener un caso de cuasiexperimento donde los grupos sean equiparables en las variables relevantes para el estudio. Más bien debe entenderse que, en algunos casos, los grupos no puedan ser equiparables. Ante esta situación, lo recomendable es que el investigador desista de una investigación explicativa y solo se limite a propósitos descriptivos y/o correlacionales.

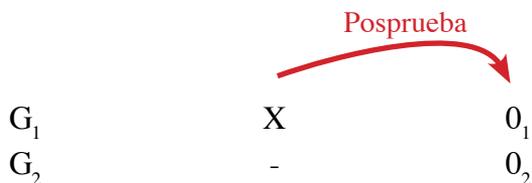
No obstante, soslayando la diferencia que acabamos de ver, los cuasiexperimentos son muy semejantes a los experimentos «verdaderos» en su comportamiento. Por tanto, se puede decir que hay diseños cuasiexperimentales como experimentales «verdaderos», solo que no hay asignación al azar o emparejamiento. Por lo demás, son iguales, es decir, presentan similar interpretación, las mismas comparaciones e iguales análisis estadísticos, salvo que en ocasiones se consideren las pruebas para datos no correlacionados.

A continuación, se presentan algunos diseños cuasiexperimentales.

3.3.2.1. Diseños con posprueba únicamente y grupos intactos

El diseño puede diagramarse como se expone en la figura 3.14. Se observa cómo es aplicado a dos grupos.

Figura 3.14. Diseños con posprueba únicamente y grupos intactos



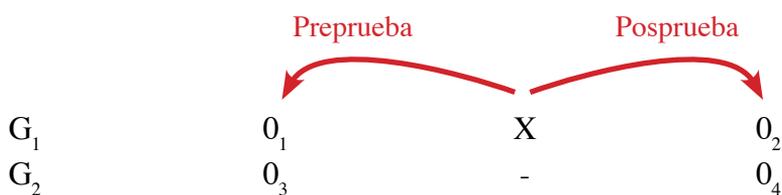
Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

También, se puede extender el diseño, lo que permite incluir más de dos grupos; posibilitando diferentes tratamientos experimentales o niveles de manipulación de las variables.

3.2.2.2. Diseño con preprueba y posprueba y grupos intactos (uno de ellos de control)

El esquema más sencillo y representativo de este tipo de diseño (con preprueba y posprueba y grupos intactos, siendo uno de ellos de control) es el que se muestra en la siguiente figura 3.15:

Figura 3.15. Diseño con preprueba y posprueba y grupos intactos (uno de ellos de control).



Fuente: Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]; García-Pérez, Frías-Navarro y Pascual-Llobell [19]

Aunque puede extenderse a más de dos grupos (niveles de manipulación de la variable independiente).

3.2.2.3. Diseños cuasiexperimentales de series cronológicas

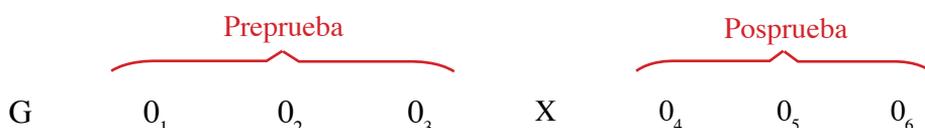
En ocasiones, cuando el investigador no cuenta con la posibilidad de asignar al azar los sujetos a los grupos experimentales y precisa del análisis de los efectos a mediano y largo alcance, para conocer los posibles efectos de administrar varias veces el tratamiento experimental, puede utilizar los diseños cuasiexperimentales (aunque debe tener presente que los grupos son intactos).

La literatura clásica sobre experimentos reconoce como cuasiexperimentos a aquel tipo de diseño que no posee grupo de control.

• Series cronológicas con un solo grupo

Tal y como muestra la figura 3.16, a un único grupo, se le administran varias prepruebas, después se le aplica el tratamiento experimental y finalmente se concluye con varias pospruebas.

Figura 3.16. Serie cronológica con un solo grupo



Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

El número de mediciones está sujeto a las necesidades específicas de la investigación que se realiza.

• Series cronológicas cuasiexperimentales con múltiples grupos

Estos diseños pueden adoptar las estructuras de las series cronológicas experimentales con la única diferencia de que, en los experimentos «verdaderos», se

- No cuenta con una referencia previa del nivel que poseía el grupo en la VD antes del estímulo.
- No cuenta con grupo(s) de control.
- Imposibilidad de establecer con certeza la causalidad del fenómeno.
- No existe control sobre las fuentes de invalidación interna.
- **Estudio del caso con dos mediciones**

Este diseño se puede diagramar según se presenta en la figura 3.18.

Figura 3.18. Diseño con dos mediciones

G_1 O_1 X O_2

Fuente: El portal de la Tesis. Universidad de La Colima [22]; Hernández-Sampier [21]

Este diseño se concibe aplicando a un grupo una preprueba al estímulo o tratamiento experimental; luego se le administra el tratamiento, y finalmente se le aplica una prueba posterior.

Características de este diseño:

- Hay seguimiento del grupo: se cuenta con un punto de referencia inicial (permite conocer qué nivel poseía el grupo en las VD antes de llevarse a cabo el estímulo).
- No posee manipulación del grupo, ni grupo de comparación, y pueden estar actuando varias fuentes de invalidación interna.
- Existe la posibilidad de elegir a un grupo atípico, o que en el momento de llevarse a cabo la experimentación este no se encuentre en su estado normal.
- Puede presentarse un efecto de la preprueba sobre la posprueba.
- Imposibilidad de poder establecer con certeza la causalidad del fenómeno.

Los diseños preexperimentales no son adecuados para el establecimiento de relaciones entre variables independientes y la variable dependiente o dependientes.

En determinados casos, los diseños preexperimentales pueden utilizarse a modo de estudios exploratorios, pero, sus resultados deben observarse con precaución.

3.4. DISEÑOS NO EXPERIMENTALES. ¿QUÉ ES LA INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL?

3.4.1. Breve introducción. Tipos de diseños no experimentales

Los diseños no experimentales se caracterizan porque no existe manipulación deliberada de las variables independientes. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos; se miden efectos. Tal y como aseguran Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1], la investigación no experimental o *expost-facto* es aquella investigación sistemática y empírica donde no hay manipulación de las variables independientes (VI) (no se manipulan), solo se miden los efectos de (VD). Las relaciones se observan tal y como se han dado en el contexto natural. Por tal motivo, en este tipo de investigación, resulta imposible la manipulación de las variables y/o asignación aleatoria de los sujetos o las condiciones de estudio.

En un experimento se «construye» una realidad. En cambio, en un no experimento, es imposible hacerlo para ninguna situación. Simplemente el investigador es un observador de los efectos de un fenómeno (son situaciones ya existentes), no provocadas deliberadamente. Es imposible manipular y controlar las variables independientes (puesto que ya han ocurrido), al igual que sus efectos.

Observaciones acerca de este diseño:

- *No es posible la manipulación (personalidad-diagnóstico)*
- *No es ética la manipulación*

Ejemplo: las manipulaciones genéticas en embriones humanos darían lugar a seres más inteligentes. Esto es posible desde el punto de vista del diseño, pero no es posible éticamente. Otro ejemplo podría ser la experimentación llevada a cabo por los nazis con el dolor.

- *Dificultades prácticas en la manipulación*: no es rentable o viable

Un plan de cuidados tiene efectos sobre la salud. En el diseño experimental, convencer a los pacientes no es viable.

- *La pregunta de investigación se adecua más (estudio de la vida «natural», sin manipulación)*

Quieren ser estudiados tal cual ocurren y se relacionan los fenómenos naturales sin intervención.

Tipos de diseños no experimentales

La presentación de los criterios para clasificar la investigación no experimental no es homogénea entre los autores; no obstante, consideraremos la siguiente manera de clasificar este tipo de investigación: por su dimensión temporal o en número de momentos, o puntos en el tiempo en los cuales se recolectan los datos.

3.4.2. Diseños transeccionales o transversales

Diseño *transversal o transeccional*: es conveniente aplicar este tipo de diseño cuando la investigación se centra en el análisis de cuál es el nivel o estado de una o diversas variables para un momento dado, o bien en la observación de cuál es la relación entre un conjunto de variables para un determinado tiempo (instante).

Los diseños de investigación transversal o transeccional recolectan los datos puntualmente en un momento dado (en un tiempo único). Tienen como propósito fundamental describir variables y analizar su incidencia e interrelación en ese momento. Por ejemplo: analizar si hay diferencias en cuanto al contenido sexual entre tres telenovelas que se están exhibiendo simultáneamente. O tal vez, analizar la relación que presenta la autoestima y el temor de logro en un grupo de estudiantes en el aula (en un determinado momento).

Estos estudios pueden incluir varios grupos o subgrupos de sujetos, objetos o indicadores; p. ej., medir la relación entre la autoestima y el temor de logro en atletas de diferentes deportes: natación, campo y pista, fútbol, judo, karate, equitación, etc. O bien, medir el nivel de promoción escolar en estudiantes en dos niveles académicos diferentes. Pero siempre tener presente que, la recogida de los datos se realiza en un momento determinado, un momento único.

Los diseños transeccionales se pueden dividir en: *descriptivos y correlacionales/causales*.

3.4.2.1. Diseños transeccionales descriptivos

Indagan la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables. El procedimiento se basa en medir, en un grupo de sujetos u objetos, una o generalmente más variables y facilitar su descripción. Constituyen estudios puramente descriptivos (aun cuando se enuncian hipótesis, estas también son descriptivas).

En determinados casos, el investigador desea hacer descripciones comparativas entre grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores (en más de un grupo). Podríamos poner un ejemplo simple: cuando se desea describir el nivel de empleo en tres ciudades.

3.4.1.2. Diseños transeccionales correlacionales

Describen relaciones entre dos o más variables para un momento determinado. Constituyen también descripciones, pero no de variables individuales sino de sus relaciones, sean estas puramente correlacionales o causales.

La diferencia entre los diseños transeccionales descriptivos y los correlacionales/causales se puede expresar como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Diseños transeccionales correlacionales/causales.

Descriptivos	Correlacional - Causales
Se mide y describe variable X_1	Se mide y describe relación $X_2 - X_3$
Se mide y describe variable X_2	Se mide y describe relación $X_N - X_{N+1}$
Se mide y describe variable X_N	Se mide y describe relación $X_1 - X_2$
El interés es cada variable tomada individualmente	El interés es la relación entre variables sea correlación o causa

Fuente: adaptado de Hernández-Sampier, Fernández-Collado y Baptista-Lucio [1]

Por lo tanto, los diseños correlacionales/causales se definen como aquellos que establecen relaciones entre variables, pero sin delimitar sentido de causalidad, o pueden pretender realizar análisis de relaciones de causalidad. En este contexto, es necesario hacer la siguiente aclaración: cuando este tipo de diseño se enmarca en relaciones no causales, el mismo se fundamenta en hipótesis correlacionales, pero, cuando pretende evaluar relaciones causales, se basa en hipótesis sobre la causa.

Ejemplos:

- Investigación: estudiar, durante el noviazgo en parejas de jóvenes, la relación entre la atracción física y la confianza. Se debe observar cuán relacionadas están ambas variables (correlación).
- Investigación: estudiar cómo la motivación intrínseca incide en los índices de la productividad de los obreros de una empresa. Se debe determinar si los trabajadores que presentan los mayores rendimientos son los más motivados. En el caso de que la respuesta sea positiva, determinar por qué y cómo la motivación intrínseca influye para elevar la productividad. Resulta evidente que este estudio establece primeramente la correlación entre variables y después la relación causal entre estas.
- Investigación: causal para determinar qué variables macrosociales medianizan la relación entre la urbanización y el alfabetismo en una determinada nación latinoamericana.

Los ejemplos anteriores muestran, que, para ciertos casos, solo se pueden correlacionar variables, pero en otras circunstancias, lo que se desea es determinar las relaciones causales.

Observaciones: la causalidad implica correlación, no obstante, no toda correlación implica que exista causalidad. Primeramente, se debe establecer la correlación y luego la causalidad.

3.4.2. Diseños longitudinales

Se usan cuando los estudios se focalizan en determinar los cambios a través del tiempo de una o más variables o las relaciones entre estas, para lo cual se recolectan los datos a través del tiempo en momentos o períodos especificados. Esto permite obtener inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias; al respecto, póngase el caso de un investigador que desea determinar la evolución de los niveles de desempleo durante cinco años en un contexto determinado; o realizar un estudio acerca de cómo ha cambiado el contenido sexual en las telenovelas en los últimos veinte años.

Los diseños longitudinales normalmente se dividen en tres tipos:

- Diseño de tendencia (*trend*)
- Diseño de análisis evolutivo de grupos (*cohort*)
- Diseño panel

3.4.2.1. Diseños longitudinales de tendencia o *trend*

Estudian los cambios en las variables o sus relaciones, en alguna población en general, a través del tiempo; es decir, centra su atención en una población determinada. Pongamos como ejemplo el estudio acerca de los cambios que se operan en la actitud de una determinada comunidad en relación al aborto. Dicha actitud debe ser medida puntualmente para un período de tiempo (hacerlo anualmente durante diez años); evaluándose su evolución durante este período. En este caso, se puede evaluar toda la población o bien tomar una muestra representativa de la misma cada vez que se observe o midan las variables o las relaciones entre estas.

3.4.2.2. Diseños longitudinales de evolución o *cohort*

Estudian generalmente los cambios que sufren subpoblaciones o grupos específicos a través del tiempo, extrayendo una muestra por cada medición. Su atención está dirigida especialmente a grupos de individuos relacionados de alguna forma, p. ej., por la edad. Pensemos en aquel grupo de personas que nacieron en Ecuador durante el año 2000; o aquel grupo de parejas que contrajeron matrimonio en el período de sus estudios universitarios durante 2005 y 2010 en el propio Ecuador. O tal vez, los niños de la ciudad de Baños que asistieron a clases durante el período de erupción del volcán Tungurahua.

3.4.2.3. Diseños longitudinales panel

Son similares a las anteriores, solo que el mismo grupo de sujetos resulta medido en todos los tiempos o momentos. Por ejemplo, una investigación que observe anualmente los cambios en las actitudes de un grupo de profesores en su relación con el proceso enseñanza-aprendizaje, en un plazo de cinco años. Para este caso, en cada año, se determinará la actitud asumida por los mismos individuos pertenecientes a la misma población, o subpoblación. Otro ejemplo de este tipo de diseño podría ser el estudio de la evolución de enfermos aquejados por un determinado tipo de cáncer (de mama, próstata, pulmón, etc.).

El diseño panel resulta especialmente conveniente para aquellos estudios que presentan poblaciones relativamente estáticas (pueden ser evaluadas poblaciones o grupos específicos); y, presenta la ventaja de poder conocer los cambios grupales e individuales de esa población. No obstante, se deben observar cuidadosamente los efectos que una medición pueda tener sobre mediciones ulteriores.

Los diseños longitudinales se fundamentan en hipótesis de diferencia de grupos, correlacionales y causales.

En resumen: los diseños longitudinales recolectan datos sobre variables o las relaciones que estas presenten, y evalúan sus cambios en dos o más mo-

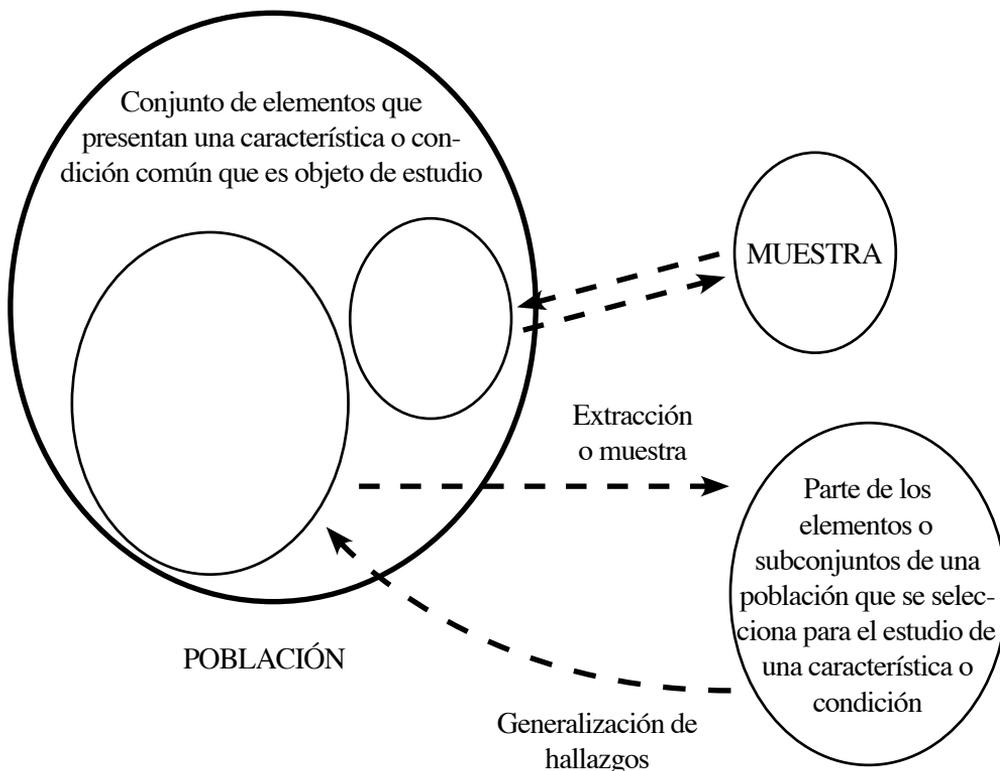
mentos; ya sea analizando una población (*diseños de tendencia o trend*), una subpoblación (*diseños de análisis evolutivo de un grupo o cohort*) o a los mismos sujetos (*diseños panel*).

CAPÍTULO IV. DELIMITACIÓN DE LA POBLACIÓN (MUESTREO)

4.1. GENERALIDADES

Hay que hacer los acercamientos necesarios al universo de investigación de donde se debe recabar la información empírica suficiente para aprobar o no las hipótesis planteadas. ¿Cómo hacerlo? Para ello se debe tomar en cuenta el universo de investigación escogido.

Figura 4.1. Población y muestra



Fuente: adaptado de Centre Londres 94 [23]

El investigador siempre delimita el ámbito de estudio definiendo una *población*, que resulta ser el conjunto de todos los elementos o unidades individuales en los que se desea estudiar el fenómeno. Mientras la *población* se refiere a un grupo finito, el *universo* hace relación a uno que no tiene límites (son infinitos).

Sin embargo, en la práctica no se analizan todos los elementos de una población, sino que se selecciona una *muestra* representativa de la misma. Esta es un subconjunto de la población, seleccionado por algún método de muestreo, sobre el cual se realizan las observaciones y recogida de datos. Además, el tamaño de la muestra debe ser suficiente. Esto se representa en la figura 4.1.

Una muestra es representativa cuando refleja las características, similitudes y diferencias de la población. Por lo tanto, es menester establecer con claridad estas características para delimitar los *parámetros muestrales*.

Entonces, el MUESTREO es el conjunto de operaciones que se realiza con la finalidad de estudiar la distribución de determinadas características en la totalidad de la población, a partir de la observación de una parte de la misma o subconjunto, denominada «muestra». A las diferentes etapas para seleccionar la MUESTRA se le llama diseño de la muestra.

Para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es referirse a la unidad de análisis (personas, organizaciones, acontecimientos, hechos, etc.). El *¿quiénes van a ser medidos?* depende de la precisión con se planteen el problema y los objetivos de la investigación. La calidad de un estudio no está determinada precisamente por el tamaño de la población; sino en el hecho de escoger adecuadamente aquella que se atempere lo mejor posible a los objetivos del estudio.

La población debe escogerse claramente en torno a sus características de contenido, lugar y en un tiempo preestablecido.

El marco muestral incluye todas las unidades muestrales contenidas en la población, es decir, una lista de unidades muestrales. Estas son colecciones distintas de elementos de la población.

Los aspectos fundamentales que se deben considerar en el diseño de una muestra representativa son:

- El esquema del muestreo: cómo se va a seleccionar la muestra y que tipo de muestreo se va a utilizar.
- Encontrar estimadores.
- Determinar el tamaño de la muestra.

4.2. TIPOS DE MUESTRAS

Los términos *al azar* y *aleatorio* denotan un tipo de procedimiento mecánico relacionado con la probabilidad y con la selección de elementos. Pero no logra establecer el tipo de muestra y el procedimiento de muestreo.

Básicamente, las muestras se tipifican en dos grandes grupos: *muestras no probabilísticas* y *muestras probabilísticas*.

Muestras probabilísticas: donde todos los elementos de la población poseen la misma posibilidad (probabilidad) de ser elegido. Este tipo de muestra se selecciona de forma aleatoria y/o mecánica. Por ejemplo, imagínese el procedimiento seguido para obtener el número premiado en un sorteo de lotería.

Muestras no probabilísticas: la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características del investigador o de quien determinan la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico, depende del proceso de toma de decisiones de una persona o grupo y, desde luego, las muestras seleccionadas por decisiones subjetivas tienden a estar sesgadas.

Algo que merece ser resaltado es que *elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística depende ante todo de los objetivos del estudio, del esquema de investigación y de la contribución que se piensa hacer con ella.*

La figura 4.2 ilustra acerca de los diferentes tipos de muestreos mayormente utilizados en las investigaciones.

Figura 4.2. Tipos de muestreo



4.3. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Cuando se hace un muestreo probabilístico, dado que una población es de N elementos, el investigador debe cuestionarse lo siguiente: ¿cuál es el número de unidades muestrales que se necesita para conformar una muestra de tamaño « n », que me asegure un error estándar⁽²⁷⁾ menor a 0,01?

Si se fija, p. ej., el *error estándar* en 0,01, esto sugiere que, la fluctuación promedio estimada « \bar{y} », con respecto a los valores reales de la población « \bar{Y} », no sea

(27) **Error estándar:** es la desviación estándar aproximada de una población de muestra estadística: valor estimado de una estadística de prueba que varía de muestra a muestra: medida de la incertidumbre de la estadística de prueba.

mayor a 0,01; es decir, que, de 100 casos, 99 veces la predicción será correcta, de modo que el valor de « » se sitúe en un intervalo de confianza que corresponda al valor de « \bar{Y} ».

Entonces, para una determinada varianza⁽²⁸⁾ «V» de y, ¿qué tan grande debe ser la muestra? Esto puede determinarse en dos pasos:

$$n' = \frac{S^2}{V^2} = \frac{\text{Varianza de la Muestra}}{\text{Varianza de la Población}} \quad (4.1)$$

* Se corrige después con otros datos, ajustándose si se conoce el tamaño de la población, tal que:

$$n = \frac{n'}{1 + n' / N} \quad (4.2)$$

donde:

n' = tamaño de la muestra sin ajustar

S^2 = varianza de la muestra expresada como probabilidad de ocurrencia de y

V^2 = varianza de la población. Su definición (Se) cuadrado del error estándar

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Ejemplo:

Considérese que, durante el año 1998, los gerentes generales de empresas industriales y comerciales de un determinado país tenían un capital social superior a los USD 30 000 000, con ventas por encima de los USD 100 000 000, y/o con más de trescientos empleados. Con estas características, se determinó que la población

(28) **Varianza o variancia:** es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media: medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.

ascendía a: $N = 1176$ gerentes generales. ¿Cuál es el número de gerentes generales que deben ser entrevistados para tener un error estándar menor de 0,015?

Datos:

$N = 1176$ empresas

$Se = 0,015$ (determinado por el investigador)

$\bar{y} = 1$ (un gerente general por empresa)

Solución:

$$S^2 = p(1-p) = 0,9(1-0,9) = 0,09$$

$$V^2 = Se^2 = 0,015^2 = 0,000225$$

Entonces:

$$n' = \frac{S^2}{V^2} = \frac{0,09}{0,000225} = 400$$

De lo cual resulta que:

$$n = \frac{n'}{1 + n' / N} = \frac{400}{1 + 400 / 1176} = 298$$

Es decir, para la investigación, se necesita una muestra de 298 gerentes generales.

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

1. Determinar el nivel de confianza con que se desea trabajar:

$Z = \sigma$ o el 66 % de confianza

$Z = 2\sigma$ o el 95 % de confianza

$Z = 3\sigma$ o el 99 % de confianza

El más usual es 2σ

2. Estimar las características del fenómeno investigado. Para ello se determina la probabilidad de que ocurra el evento «p» o no ocurra «q»; cuando no se posee suficiente información de la probabilidad del evento, se le asignan los máximos valores:

$$p = 0,50; q = 0,50$$

Se tiene que: $p + q = 1$.

3. Determinar el grado de error máximo aceptable en los resultados de la investigación. Esto puede ser hasta del 10 %; normalmente lo más aconsejable es trabajar con variaciones del 2 % al 6 %, ya que variaciones superiores al 10 % reducen demasiado la validez de la información.

4. Se aplica la fórmula del tamaño de la muestra de acuerdo con el tipo de población:

• **Infinita:** cuando no se sabe el número exacto de unidades que componen la población.

$$n = \frac{pq}{e^2} \tag{4.3}$$

e = error de estimación.

• **Finita:** cuando se conoce cuántos elementos tiene la población

$$n = \frac{Z^2pqN}{Ne^2 + Z^2pq} \tag{4.4}$$

Z = nivel de confianza

N = universo

5. El error de estimación se utiliza con dos finalidades:

- Estimar la precisión necesaria
- Determinar el tamaño de muestra más adecuado.

6. Para calcular el error de estimación con un nivel de confianza del 95 % o 2σ , se aplica la siguiente fórmula:

$$e = \frac{3,84pq}{n} \quad (4.5)$$

Ejemplo:

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

Pasos:

1. Se determina el nivel de confianza: (95 % - 5 %) o (90 % - 10 %).
2. Se obtiene el *marco muestral*: en este caso, la referencia adecuada será el Directorio Nacional de las Cámaras de la Pequeña y Media Industria en el ámbito nacional. El número de empresas y gerentes de producción es de 1703.
3. Se obtiene una lista de los gerentes de producción que trabajan en cada empresa y se numera.
4. Se elige el método de muestreo: dadas las características de la población, se utilizará el método probabilístico y muestreo aleatorio simple.
5. Se aplica la fórmula:

$$n = \frac{Z^2pqN}{Ne^2 + Z^2pq} \quad (4.6)$$

Con los siguientes valores:

95 % de confiabilidad.

$n = ?$

$e = 5 \%$

$Z = 1,96$ (tabla de distribución normal para el 5 % de confiabilidad)

$$N = 1703$$

$$q = 0,5$$

Se tiene:

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,50(1 - 0,5)1703}{1703 \times 0,05^2 + 1,96^2 \times 0,50(1 - 0,5)}$$

$$n = 313,45 \approx 313$$

Datos con el 90 % de confiabilidad

$$n = \frac{1,65^2 \times 0,50(1 - 0,5)1703}{1703 \times 0,10^2 + 1,65^2 \times 0,50(1 - 0,5)}$$

$$n = 65,44 \approx 65$$

6. Se comparan ambos resultados, se analizan y se elige el más adecuado. En el ejemplo, al observar los resultados, obviamente se elegirá el de 313 entrevistas, ya que es el que tiene menor margen de error y, consecuentemente, una mayor confiabilidad.

7. Mediante una tabla de números aleatorios, se eligen las empresas y gerentes a los que se les aplicará la encuesta, de acuerdo con el método que se utilizó en el inciso de muestreo aleatorio simple.

Esto es el primer procedimiento para obtener la muestra probabilística: determinar su tamaño sobre la base de estimadores en la población. El segundo procedimiento estriba en cómo y de dónde seleccionar a esos sujetos (298 o 313 de los dos casos analizados).

4.4. MUESTRA PROBABILÍSTICA

La muestra probabilística tiene muchas ventajas, quizá la más notoria es que se puede medir el tamaño del error en las predicciones. Se puede decir incluso que el principal objetivo en este tipo de diseño (de un muestreo probabilístico) es reducir al mínimo el *error estándar*.

Las muestras probabilísticas resultan muy adecuadas en las investigaciones cuando se utiliza la encuesta, con que se pretenden hacer estimaciones de variables en la población. Estas deben ser medidas con instrumentos específicos y tener posterior análisis estadístico de los datos (en que se presupone que la muestra sea probabilística). Ya que los elementos muestrales tienen valores muy similares a los de la población en su conjunto, resulta que las mediciones en subconjuntos, arrojan estimados precisos del conjunto mayor. La precisión de dichos estimados depende del error durante el muestreo. Por otra parte, hay errores que dependen de las mediciones, los cuales no pueden ser calculados matemáticamente.

Para hacer una muestra probabilística es necesario repasar y puntualizar bien los siguientes términos y sus definiciones:

- La *población*, que llamaremos N: es el conjunto de elementos que la forman.
- La *muestra* la denominaremos M: es el subconjunto de la población N.
- En una población N: delimitada previamente por los objetivos de la investigación, interesa establecer expresiones numéricas de las características de los elementos de N.

Lo fundamental es «conocer el valor promedio en la población», el cual se expresa como:

\bar{Y} = al valor de una variable determinada «Y» que se interesa conocer, respecto de la población.

También interesa conocer:

La *varianza* (V) de la población respecto a determinada variable.

Como los valores de la población no se conocen, se selecciona una muestra «M» y, a través de ella, se infieren los valores en la población. Se puede inducir

que, en la estimación, habrá una diferencia ($Y - \bar{Y} = ?$); es decir, habrá un error, el cual depende del número de elementos muestreados. A este se le denomina error estándar = Se.

Se = desviación estándar de la distribución muestral y representa la fluctuación de \bar{Y}

Se² = error estándar al cuadrado; servirá para calcular la varianza V de la población N. La varianza de la muestra M será la expresión S².

S² = Varianza de la muestra: podrá determinarse en términos de probabilidad, donde S² = pq

Para elegir una muestra al azar, es necesario:

1. Determinar el tamaño de la muestra «n» (en forma clara y sin ambigüedades): se basa en una fórmula de cálculo.
2. Seleccionar los elementos muestrales: todos deben tener la misma posibilidad de ser elegidos; para ello se debe garantizar un marco adecuado de selección, y un procedimiento que permita la aleatoriedad en la selección.

4.5. CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA PROBABILÍSTICA

El muestreo probabilístico puede llevarse a cabo de diversas maneras, que veremos a continuación:

4.5.1. Muestra aleatoria simple

Los ejemplos anteriores corresponden a una muestra probabilística simple. Es un método directo de selección muestral mediante elección individual (por medio de un proceso aleatorio), en que cada elemento de la población (no seleccionado) tuvo la misma probabilidad de ser elegido que todos los extraídos para la muestra.

El muestreo aleatorio simple puede ser con reemplazo o sin reemplazo. Aquel en que cada miembro de la población puede ser elegido más de una vez se le llama «con reemplazo»; por el contrario, el muestreo «sin reemplazo» es aquel en el que cada miembro de la población puede elegirse solo una vez.

4.5.2. Muestra estratificada

Consiste en dividir a la población en subgrupos o estratos a fin de que los elementos muestrales o unidades de análisis cuenten con un determinado atributo, y seleccionar una muestra aleatoria simple dentro de cada grupo.

El proceso de estratificación aumenta la precisión e implica el uso deliberado de diferentes tamaños de muestras para cada estrato. Si $n = \sum nh$, la muestra n será igual a la suma de los elementos muestrales nh . De ello resulta que el tamaño de la muestra (para cada estrato) es proporcional a la desviación estándar dentro de sí mismo. Esto es:

$$f = \frac{nh}{Nh} = kSh \quad (4.7)$$

donde:

f = fracción de muestra

nh = muestra de cada estrato

Nh = población de cada estrato

k = factor de proporcionalidad

Sh = desviación estándar de cada elemento de un determinado estrato

Siguiendo con el ejemplo de los gerentes generales de empresas anteriormente citado, la población es de 1176 individuos y el tamaño de la muestra es $n = 298$. ¿Qué muestra se necesita para cada estrato?

$$Ksh = \frac{n}{N} = \frac{298}{1176} = 0,2534$$

De manera que el total de la subpoblación se multiplicará por esta fracción constante, a fin de obtener el tamaño de muestra para el estrato. Sustituyendo tenemos que:

$$Nh.f = nh$$

El muestreo estratificado tiene tres ventajas:

1. El costo de recolección y análisis de los datos se reduce al dividir los grupos con elementos similares, pero que difieren de grupo a grupo.
2. La varianza del estimador de la media poblacional se reduce (debido a que la variabilidad dentro de los estratos es generalmente menor que la variabilidad de la población).
3. Se obtienen estimadores separados para los parámetros de cada subgrupo o estrato, sin necesidad de seleccionar una muestra.

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

Las etapas para seleccionar una muestra estratificada son:

1. Especificación clara y detallada de cada estrato
2. Selección de una muestra aleatoria de cada estrato

El muestreo por estratos es aconsejable cuando existen claras diferencias en la población que se va a estudiar.

4.5.3. Muestreo probabilístico por racimos

En algunos casos, cuando el investigador se ve limitado por diversos factores que influyen de manera importante, tales como recursos financieros, tiempo,

distancias geográficas o una combinación de estos y otros obstáculos, se recurre a la modalidad de muestreo llamada «por racimos». Ello permite la disminución de los costos, tiempo y energía, al considerar la encapsulación de las unidades. A estas muestras encapsuladas o encerradas en determinados lugares físicos o geográficos las denominamos racimos. «Los racimos son seleccionados por métodos de muestreo simple o estratificado por azar» [24].

Algunos ejemplos de estos casos se muestran en la tabla 4.1, donde, en la primera columna, se encuentran unidades de análisis que frecuentemente vamos a estudiar en ciencias sociales. En la segunda columna, sugerimos posibles racimos en donde se encuentran dichos elementos.

Tabla 4.1. Ejemplos de muestreo en racimos

Unidades de análisis	Posibles racimos
Niños	Colegios
Adolescentes	Preparatorias
Personas de la tercera edad	Asilos
Obreros	Industrias
Amas de casa	Mercados
Personajes de televisión	Programas de televisión

El muestrear por racimos implica diferencias entre la unidad de análisis y la unidad muestral.

- Unidad de análisis: sujeto o sujetos quienes van a ser medidos, a quienes se les va aplicar el instrumento de medición.
- Unidad muestral: se refiere al racimo (en este tipo de muestra) a través del cual se tiene acceso a la unidad de análisis.

El muestreo probabilístico por racimos presupone una selección en dos etapas:

- 1.^a etapa: selección de los racimos (según los pasos de una muestra probabilística simple o estratificada).

- 2.^a etapa: selección (dentro de estos racimos) de los sujetos u objetos que van a ser medidos. Se debe garantizar un procedimiento aleatorio (todos los elementos del racimo deben poseer la misma probabilidad de ser elegidos).

A continuación, será presentado un ejemplo que comprende varios de los procedimientos descritos, e ilustra la manera frecuente de hacer una muestra probabilística en varias etapas.

Ejemplo:

Una estación de radio local, con el propósito de planear sus estrategias en la programación diaria, en una ciudad que cuenta con 2 500 000 habitantes, desea conocer (con la debida precisión) cómo usan la radio los adultos:

- o Qué tanto escuchan radio
- o A qué hora
- o Qué contenidos prefieren
- o Sus opiniones con respecto a los programas noticiosos

Entonces, ¿cómo hacer una muestra probabilística estratificada y por racimos?

- *Procedimientos*: diseño de un cuestionario acerca del uso de radio (para aplicar a una muestra de personas adultas).
- *Población*: sujetos: mujeres y hombres, de más de 21 años de edad, que vivan en una casa o departamento propio o rentado de la referida ciudad.
- *Diseño por conglomerado*: los directivos de la estación de radio desconocen el número total de sujetos con las características antes vistas. No obstante, se debe diseñar una muestra que contemple a todas las personas adultas de la ciudad: adultos por edad cronológica y jefes de familia (excluye a los adultos dependientes).

Entonces, utilizando un mapa actualizado de la ciudad (donde se evidencia que tiene 5000 cuadras), se recurre a la estrategia de seleccionar conglomerados. En este caso, se designa cada cuadra como una unidad muestral, de donde se obtendrán los sujetos adultos.

Lo primero que nos preguntaremos será: ¿cuántas cuadras necesitaremos muestrear (de una población total de 5000 cuadras), observando un error estándar no mayor de 0,15, y con una probabilidad de ocurrencia del 50 %?

Tenemos entonces que:

$$n' = \frac{S^2}{V^2} = \text{(para una muestra probabilística simple)}.$$

$$S^2 = p(1 - p) = 0,5(0,5) = 0,25$$

$$V^2 = (\text{error estándar})^2 = (0,015)^2 = 0,000225$$

$$n' = \frac{S^2}{V^2} = \frac{0,25}{0,000225} = 1111,11$$

$$n = \frac{n'}{1 + n' / N} = \frac{1111,11}{1 + 1111,11 / 5000} = 909,0902 \approx 909$$

Es decir, teniendo en cuenta los cálculos anteriores, precisamos de una muestra de 909 cuadras de la ciudad X (para estimar los valores de la población, con una probabilidad de error menor a 0,1).

Conocemos que la población: $N = 5000$ cuadras de la ciudad está dividida (por previos estudios) en cuatro estratos socioeconómicos, los cuales categorizan las 5000 cuadras según el ingreso mensual promedio de sus habitantes, mismos que se distribuyen según la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Distribución de la cantidad de cuadras por estrato socioeconómico

Estrato	No. de Cuadras
1	= 270
2	= 1 940
3	= 2 000
4	= 790
Total	5 000

Estratificación de la muestra:

$$fh = \frac{n}{N} = KSh$$

$$fh = \frac{909}{5000} = 0,1818$$

¿Cómo distribuiremos los 909 elementos muestrales de nh para optimizar nuestra muestra de acuerdo a la distribución de la población en los cuatro estratos socioeconómicos?

Tabla 4.3. Distribución de los 909 elementos muestrales de nh

Estrato	No. de cuadras	$fh = 0,1818$	nh
1	270	(0,1818)	50
2	1 940	(0,1818)	353
3	2 000	(0,1818)	363
4	790	(0,1818)	143
N = 5 000			n = 909

Según la tabla 4.4 tenemos, en principio, que, de las 5000 cuadras de la ciudad, se seleccionarán 50 del estrato 1; 553 del estrato 2; 363 del estrato 3 y 143 del estrato 4. Esto comprende la selección de los conglomerados, los cuales se pueden numerar y elegir aleatoriamente hasta completar el número de cada estrato. En una última etapa, deben ser seleccionados los sujetos dentro de cada conglomerado; proceso aleatorizado hasta lograr un número de sujetos determinados en cada conglomerado.

(28) **Varianza o variancia:** es una medida de dispersión que representa la variabilidad de una serie de datos respecto a su media: medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media.

Tabla 4.4. Total de hogares por estrato

Estrato	Nh cuadras	Nh	Número de hogares – sujeto en cada cuadra	Total de hogares por estrato
1	270	50	20	1 000
2	1 940	353	20	7 060
3	2 000	363	20	7 220
4	790	143	20	2 860
N = 5 000		n = 909		11 840

Nota: el muestreo en cada conglomerado se lleva a cabo de forma aleatoria, utilizando la tabla de números aleatorios o mediante el programa Microsoft Excel.

4.6. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN: MUESTREO

Si los tipos de muestreo dependen del tamaño de la muestra y del procedimiento de la selección, en tal virtud, es necesario conocer un procedimiento o protocolo para tal el efecto.

Una vez determinado el tamaño de la muestra n , los elementos muestrales (unidades de análisis) son seleccionados aleatoriamente para asegurar que cada uno tenga la misma oportunidad de ser elegido. Entre los procedimientos, se identifican los siguientes:

- **Tómbola**

Es muy simple y consiste en hacer fichas por cada elemento muestral y enumerar todos los elementos del 1 al N . Entonces, estos se colocan en una tómbola, y se elegirán n números según el tamaño de la muestra. Este procedimiento puede presentar algunas complicaciones cuando se trabaja con poblaciones grandes.

- **Números *random* o números al azar**

En muestras grandes es conveniente utilizar este método. El uso de *número random* no significa la selección azarosa o fortuita, sino el uso de una tabla que implica un mecanismo de probabilidad muy bien diseñado.

Para usar este método se numera la población, se eligen los números en forma arbitraria (desde la tabla) y, dependiendo de los números elegidos, se incluyen en la muestra los que corresponden a la población previamente numerada.

• **Selección sistémica**

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

Para determinar el intervalo I se divide el tamaño de la población N entre el tamaño de la muestra n .

$$I = \frac{N}{n} \tag{4.8}$$

4.7. MUESTRA NO PROBABILÍSTICA

Este tipo de muestreo no probabilístico (también llamado de muestras dirigidas) presupone un procedimiento de selección informal y un poco arbitrario. Se basa en el criterio del investigador. A partir de las muestras seleccionadas, se hacen inferencias sobre la población. El muestreo dirigido selecciona sujetos típicos con la supuesta y deseada pretensión de que los mismos sean casos representativos de una población determinada.

La desventaja de las muestras dirigidas es que, al no ser probabilísticas, no se puede calcular con precisión el error estándar; esto es, no se puede calcular con qué nivel de confianza se hace una estimación. Este aspecto resulta ser un grave inconveniente si se considera que la estadística inferencial se basa en la teoría de la probabilidad, por lo que pruebas estadísticas en muestras no probabilísticas tienen un valor limitado y relativo a la muestra en sí, mas no a la población.

La ventaja principal de una muestra no probabilística es la utilidad que presenta para ser utilizada en un determinado diseño que no requiera tanto una representatividad de los elementos de la población, sino de una cuidadosa y bien controlada elección de los sujetos con ciertas características peculiares establecidas durante el planteamiento del problema.

4.8. CLASIFICACIÓN DEL MUESTREO NO PROBABILÍSTICO

Hay varias clases de muestras no probabilísticas y se definirán a continuación:

4.8.1. Muestra de sujetos voluntarios

Este tipo de muestra es de uso frecuente en las ciencias sociales y ciencias de la conducta; se utilizan muestras fortuitas, empleadas también en la medicina y la arqueología, donde el investigador elabora conclusiones en estos casos. La selección de los sujetos que serán sometidos a análisis depende de circunstancias casuales. Por ejemplo, las personas que aceptan de forma voluntaria participar en un estudio que monitoree los efectos de un medicamento, o en la concepción de una nueva vacuna.

Regularmente, este tipo de muestra se utiliza en estudios de laboratorio, donde se trata de que todos los individuos sean homogéneos en cuanto a edad, sexo, inteligencia, etc., para evitar que los resultados o efectos no sean por diferencias individuales, sino debido a las condiciones a las que fueron sometidos.

4.8.2. Muestra de expertos

Durante el desarrollo de una investigación, en múltiples ocasiones, se hace necesaria la opinión de los expertos. La selección de estas muestras es más frecuente en aquellos estudios de corte cualitativos y exploratorios. Estas consultas permiten la generación de posibles hipótesis, o, en su defecto, pueden servir como fuentes para la elaboración de cuestionarios. Estas muestras son válidas y útiles cuando los objetivos del estudio así lo requieran; p. ej., para determinar el perfil político de la mujer ecuatoriana, se recurrió a una muestra de $n = 200$ mujeres políticas, dado que el investigador consideró que son los sujetos idóneos para hablar de desempeño en la acción pública y privada, limitaciones y satisfacciones.

También esta muestra es utilizada en investigaciones exploratorias y en investigaciones de tipo cualitativo, donde el objetivo preponderante es la riqueza, la profundidad y la cantidad de la información que se va a recoger; p. ej., en aquellos estudios motivacionales, los cuales se hacen para el análisis de las actitudes y conductas de determinados sectores: consumidores, amas de casa, ejecutivos, etc.).

CAPÍTULO V. DISEÑO DE INSTRUMENTOS, RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS

5.1. PROCESO DE ANÁLISIS

Los conceptos, categorías, codificación, clasificación y tabulación son componentes esenciales del *proceso de análisis de datos*. Este empieza en el momento que los datos han sido recopilados.

En el proceso de análisis, el investigador estudiará sus datos con el fin de obtener de ellos las respuestas a las interrogantes de su investigación (es el ordenamiento y desglose de datos es sus partes constituyentes).

En esta etapa existen métodos estandarizados que han sido probados reiteradamente. El proceso de análisis incluye diferentes aspectos, como los que se estudiarán a continuación.

5.1.1. EL ESTABLECIMIENTO DE CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

El proceso de análisis empieza entonces, con el establecimiento de categorías.

Categorizar es otra denominación de «dividir». Una categoría se transforma en una afirmación que describe una clase dada, de un fenómeno, de acuerdo con la teoría, conceptos y necesidades del investigador. Es decir, deslinda fenómenos de una disciplina.

Requisitos de las categorías:

- Deben derivarse de un solo principio clasificatorio: forma o contenido.

- La serie de categorías debe ser exhaustiva: posibilitar la colocación de cada una de las unidades por clasificar en alguna de las categorías que componen la serie.
- Dentro de la serie, deben ser mutuamente excluyentes: cada unidad por clasificarse debe caer dentro de una y solo una categoría. La fuente de categorización debe ser una variable o dimensión de categorización.
- Deben permitir, a través de su aplicación, una respuesta a los problemas y propósitos de la investigación, con adecuación a las particularidades de los conceptos involucrados por ellos y encerrados en las mismas hipótesis de trabajo.

Por ejemplo, Nagel [25] divide las explicaciones científicas en cuatro categorías:

- Deductivas
- Probabilísticas
- Funcionales o teleológicas
- Genéticas

Al hacer la categorización de material no estructurado (discurso de líderes de opinión, controversias no estructuradas, etc.) es cuando se deben tomar en cuenta las hipótesis de trabajo, las cuales llevarán a los principios clasificatorios. Se recomienda constatar casos que difieren notablemente en la característica que se investiga, para poder apreciar que otras diferencias *concomitantes*⁽²⁹⁾ pueden ser percibidas en los casos de contraste.

(29) **Concomitante:** que acompaña o actúa conjuntamente con otra cosa o que actúa junto a ella.

5.1.2. Clasificación de datos según las categorías

Es la etapa del proceso de investigación que involucra, a su vez, la codificación y la clasificación. La *codificación* es el proceso mediante el cual los datos son agrupados en sus respectivas categorías. Es una operación donde los datos son organizados en clases. La operación fundamental, desde luego, es la *clasificación*.

Fundamentalmente, el investigador, en esta etapa, decidirá dentro de cuál categoría preconcebida, quedará colocado cada uno de los datos recopilados. Codificar es estudiar su contenido por algún símbolo. Cada tipo de respuesta es una categoría. Hay cuatro categorías: X_1 , X_2 , X_3 y X_4 .

Al codificarse los datos, se decide a cuál categoría pertenece cada respuesta individual, y se la sustituye por un símbolo, en este caso: X_1 , X_2 , X_3 y X_4 . Al terminar esta operación, los datos estarán codificados: se han sustituido por un símbolo y se han clasificado: el símbolo indica a cuál categoría pertenece cada dato; esto es, cada respuesta individual.

Hay que tener cuidado de que la categoría asignada para cada dato sea la correcta. Esto se puede conseguir conociendo los codificadores (puede haber varios), el marco de referencia y principios y definiciones operacionales de la categoría.

5.1.3. La tabulación de los datos dentro de cada categoría. Recolección de datos

La tabulación de los datos es parte de este proceso, y consiste en un recuento para determinar el número de casos que encajan en las distintas categorías.

• **Recolección de datos**

Una vez que se han seleccionado el diseño de investigación y la muestra de acuerdo con el problema de estudio e hipótesis planteada(s), la siguiente etapa consiste en recolectar los datos y procesarlos.

Recolectar los datos conlleva a tres actividades estrechamente vinculadas entre sí:

- Seleccionar o desarrollar un instrumento de medición, de recolección de los datos. Ese debe ser válido y confiable.
- Aplicar el instrumento en la medición de las variables: obtener las observaciones y mediciones de las variables de interés para la investigación.
- Preparar las mediciones obtenidas para que puedan analizarse correctamente: a esta actividad se la denomina codificación de los datos o procesamiento de la información.

5.1.4. Medición

A tenor con la definición clásica de este término, ampliamente difundida, medir es asignar números o cantidades a objetos y eventos de acuerdo con reglas [21].

Según Carmines y Zeller (1979) [26], en investigación, se ha determinado que es más conveniente definir la medición como el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos mediante un plan explícito y organizado para clasificar (y frecuentemente cuantificar) los datos disponibles (los indicadores) en términos del concepto que el investigador tiene en mente (definición que comparte [27]). Y en este proceso, el instrumento de medición o de recolección de los datos juega un papel central; sin él no hay observaciones clasificadas.

Un instrumento de medición adecuado y confiable es aquel que registra y suministra datos observados que representan realmente los conceptos o variables que el investigador concibe.

En toda investigación, se aplica un instrumento para la medición de las variables que subyacen en la hipótesis (no hay hipótesis simplemente para medir las variables de interés). La medición es efectiva cuando el instrumento de recolección de los datos verdaderamente representa a las variables que se tiene en mente; si no es así, la medición es deficiente y poco confiable, la cual no es digna de tomarse en cuenta.

5.1.5. Instrumentos de medición

En toda medición, el instrumento de recolección de los datos debe reunir dos aspectos o *requisitos* esenciales: confiabilidad y validez.

- *Confiabilidad*: la confiabilidad de un instrumento de medición muestra el grado de confianza que se tiene en el mismo; es decir, que al utilizarlo (su aplicación) en el mismo sujeto u objeto arroja repetidamente iguales resultados. Si los datos no son consistentes, no se puede «confiar» en ellos. La confiabilidad de un instrumento de medición se determina mediante diversas técnicas.
- *Validez*: en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento realmente mide la variable que se pretende medir; es un aspecto más complejo que debe lograrse en todo instrumento de medición.

5.1.6. Factores que pueden afectar la confiabilidad y validez

Hay diversos factores que pueden afectar la confiabilidad y la validez de los instrumentos de medición. El primero de ellos es la *improvisación*. Se puede creer que elegirlo o desarrollarlo es algo que puede tomarse a la ligera (de un día para otro, de una semana para otra), lo cual denotaría poco o nulo conocimiento del proceso de elaboración de insumos de medición. Improvisar genera, por lo regular, herramientas poco válidas o confiables. Resulta realmente oportuno resaltar el planteamiento de Reild-Martínez [24]: «Los instrumentos de medición son confiables en la medida en que son repetibles». Cuando no lo son, resulta inadmisibles usarlos en investigaciones sociales, y menos aún en ámbitos académicos.

El segundo factor, no menos importante, es la utilización de instrumentos desarrollados en el extranjero, o que no han sido validados para nuestro contexto cultural y temporal.

Un tercer factor es que, en ocasiones, el instrumento resulta inadecuado para las personas a las que se les aplica; no es enfático. En tal caso se debe evitar:

- El lenguaje rebuscado o muy elevado para el encuestado.
- El no tomar en cuenta aspectos tan importantes como las diferencias en cuanto a edad, sexo, memoria, instrucción, nivel ocupacional, capacidad de respuesta, motivación para responder y otras diferencias entre los entrevistados, son errores que pueden afectar la validez y confiabilidad del instrumento de medición.

Un cuarto factor que puede influir negativamente en los entrevistados lo constituyen las condiciones en la que se aplica el instrumento de medición. El ruido, el frío, e instrumentos largos y tediosos pueden constituirse en elementos adversos durante el proceso y afectar la validez y la confiabilidad.

5.1.7. Tipos de instrumentos de medición

La literatura recoge diversos TIPOS DE INSTRUMENTOS de medición, cada uno con sus propias características y peculiaridades. No obstante, el procedimiento general utilizado en su construcción es semejante. En una investigación, hay dos opciones respecto al instrumento de medición:

- Elegir uno ya desarrollado y disponible, el cual se adapta a los requerimientos del estudio en particular.
- Construir un nuevo instrumento de medición, de acuerdo con las técnicas apropiadas para ello.

Es necesario dejar claro que la construcción de instrumentos y la utilización de técnicas de recolección de información debe elaborarse con mucho cuidado. Además, estas deben discernir, distinguir, con la mayor objetividad lo que realmente se desea obtener como información. Por lo tanto, habrá que tener muy en cuenta las hipótesis, sus variables, los indicadores y, si es necesario, tener elementos aún más concretos, determinar los índices y subíndices, lo que permitiría una mayor objetividad en los resultados.

Diferencias entre técnica e instrumento: la primera está constituida por los medios técnicos que nos permiten acercarnos y registrar datos en una investiga-

ción de campo; mientras que los instrumentos son aquellos que permiten recoger resultados necesarios para nuestro estudio.

Entre las técnicas más comunmente utilizadas se encuentran:

- La observación directa y participante
- La entrevista
- La encuesta
- El test

Cada una de estas técnicas acude a ciertos instrumentos a fin de hacer confiable y concreta su aplicación:

- La *observación* consiste en un registro sistemático, válido y confiable. Generalmente, se elabora una guía de observación previa como instrumento, dejando bien clara la respuesta de las siguientes interrogantes: ¿qué se va a observar?; ¿a quiénes se va a observar?; ¿se observará una parte o a toda la sección de trabajo?, etc. Ello permitirá una mayor precisión en la aplicación de dicha técnica.
- La *entrevista* establece una relación interpersonal que tiene como objetivo obtener información oral del sujeto; igualmente se debe elaborar una guía. En cuanto a las preguntas, pueden ser individuales abiertas o no dirigidas, en donde se otorga libertad al entrevistado para que se exprese abiertamente; también pueden ser individuales cerradas o dirigidas, donde paulatinamente se orienta al entrevistado a través de una secuencia previamente elaborada de estas preguntas.
- La *encuesta* es una técnica que requiere de un instrumento concreto: el cuestionario. Se utiliza para recabar información escrita. Consiste en una gama de preguntas respecto a una o más variables que se desea medir.

5.1.8. Forma de un cuestionario

Primero es preciso puntualizar que el diseño del cuestionario debe ser claro y sin ambigüedades. Conviene empezarlo con las instrucciones (indican «cómo» contestar). Estas son tan importantes como las preguntas. Es necesario que sean claras para los usuarios, pues hacia ellos están dirigidas. Una instrucción muy importante es agradecer al respondiente por el tiempo utilizado en contestar el cuestionario; y no menos importante es la formulación de los objetivos del estudio y garantizar la necesaria confidencialidad de la información, lo cual ayuda a ganar confianza de quien responde.

Después se puede pasar a una definición operativa completa de las variables objeto de estudio, y posteriormente a la elaboración de las preguntas. El cuestionario debe permitir un trabajo uniforme, realizado por distintos encuestadores. Debe minimizar errores potenciales de los respondientes y de los codificadores.

• Tipos de preguntas de un cuestionario

El contenido de las preguntas de un cuestionario puede ser tan variado como los aspectos que mida. Básicamente, se pueden tener en cuenta dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas.

PREGUNTAS CERRADAS: contienen categorías o alternativas de respuestas que han sido delimitadas. Se les aclara a los sujetos las posibilidades para responder, a las cuales ellos deben circunscribirse. Pueden ser *dicotómicas* (dos posibilidades) o incluir varias alternativas.

En las preguntas cerradas, las categorías de respuestas son definidas *a priori*⁽³⁰⁾ por el investigador, y se las presenta al respondiente, quien debe elegir la opción que más se avenga a su respuesta.

Ventajas de las preguntas cerradas:

- Fáciles de codificar y preparar para su análisis.
- Requieren de un menor esfuerzo por parte de los respondientes.

(30) *A priori*: que se decide o se hace anticipadamente, antes de conocido su resultado o el fin de su desarrollo.

Desventajas de las preguntas cerradas:

- Limitan las respuestas de la muestra.
- En ocasiones, ninguna de las categorías describe con exactitud lo que las personas tienen en mente (no siempre se capta lo que pudiera pasar por la cabeza de los sujetos).

PREGUNTAS ABIERTAS: son particularmente útiles cuando no se tiene información sobre las posibles respuestas de las personas, o cuando esta información es insuficiente. También se usan en situaciones donde se desea profundizar una opinión o los motivos de un comportamiento. Su mayor desventaja es que son más difíciles de codificar, clasificar y preparar su análisis.

¿De qué depende la elección del tipo de preguntas que debe contener el cuestionario?

Depende de:

- Del grado de anticipación de las posibles respuestas
- De los tiempos de los que se disponga para codificar
- Del grado de precisión de la respuesta
- Del deseo de profundizar en alguna cuestión

Recomendaciones para construir un cuestionario:

- Analizar, variable por variable, qué tipo de pregunta o preguntas pueden ser las más confiables y válidas para medir esa variable (de acuerdo con la situación del estudio: planteamiento del problema, características de la muestra, análisis que se piensan efectuar, etc.).
- Hacer cuantas preguntas sean necesarias para obtener la información deseada o medir la variable.
- Si se justifica, hacer varias preguntas (entonces, si es conveniente, plantearlas en el cuestionario. Esto ocurre con frecuencia en el caso de variables con varias dimensiones o componentes que medir, donde se incluyen varias preguntas para entender las distintas dimensiones. Se tienen varios indicadores.

• **Características de una pregunta de un cuestionario**

Independientemente de que las preguntas, sean abiertas o cerradas y de que sus respuestas estén o no precodificadas, existe una serie de características comunes que deben cubrirse al plantearlas (ver tabla 5.1):

Tabla 5.1. Características comunes que deben observar las preguntas ya sean abiertas o cerradas

N.º	Características de las preguntas abiertas o cerradas
1.	Deben ser claras y comprensibles para los respondientes.
2.	No deben incomodar al respondiente.
3.	No deben inducir las respuestas.
4.	Deben referirse preferentemente a un solo aspecto o relación lógica.
5.	El lenguaje utilizado en las preguntas debe ser adaptado a las características del respondiente.
6.	No pueden apoyarse en instituciones, ideas respaldadas socialmente ni en evidencia comprobada.
7.	Las preguntas van en un cuestionario, precodificadas o no.
8.	En preguntas con varias alternativas o categorías de respuesta (para elegir solo una), se debe observar un correcto orden de las alternativas, para no ver afectada la respuesta.

Observaciones:

- Cuando se precisa de análisis estadístico es necesario codificar las respuestas de los sujetos a las preguntas del cuestionario.
- Es decir, asignarles símbolos o valores numéricos.
- Cuando se tienen preguntas cerradas, precodificar las alternativas de respuesta e incluir esta precodificación en el cuestionario;
- En ambas preguntas, las respuestas van acompañadas de su valor numérico correspondiente (según la precodificación elaborada).

- En las preguntas abiertas (no precodificación), la codificación se efectúa una vez que se tienen las respuestas.
- Ventaja de las preguntas y alternativas de respuesta precodificadas: la codificación y preparación para el análisis son más sencillas y requieren menos tiempo.

Ejemplo de respuestas precodificadas:

Anote en el cuadro de la derecha el número correspondiente al que coincida con su respuesta.

- ¿Utiliza usted en su parcela un sistema de riego?

1. Sí 2. No

- En caso afirmativo, ¿qué tipo de riego utiliza?

1. Aspersión 2. Microaspersión 3. Inundación 4. Otros

Codificación de las preguntas abiertas de un cuestionario

Las preguntas abiertas se codifican una vez que conocemos todas las respuestas de los sujetos a los cuales se les aplicó el cuestionario, o al menos, las principales tendencias de respuestas en una muestra de los cuestionarios aplicados.

El procedimiento a seguir:

- Hallar y nombrar los patrones generales de respuesta (respuestas similares o comunes).
- Listar estos patrones.
- Asignar un valor numérico o símbolo a cada patrón (de esta forma, cada patrón constituirá una categoría de respuesta).

Para cerrar las preguntas abiertas, se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Seleccionar un determinado número de cuestionarios, utilizando un adecuado método de muestreo (velar por la representatividad de los sujetos investigados).
2. Observar la frecuencia de aparición de cada respuesta a la pregunta.
3. Elegir aquellas respuestas que presentan una mayor frecuencia de aparición (patrones generales de respuesta).
4. Clasificar las respuestas en temas, aspectos o rubros (de acuerdo con un criterio lógico), cuidando que sean mutuamente excluyentes.
5. Darle un nombre o título a cada tema, aspecto o rubro (patrón general de respuesta).
6. Asignarle el código a cada patrón general de respuesta.

5.2. EDICIÓN Y CODIFICACIÓN DE LOS DATOS

La edición de la información consiste en:

- Revisar los datos para detectar errores u omisiones, procesarlos y organizarlos en la forma más clara posible.
- Ordenarlos de una manera uniforme.
- Eliminar respuestas contradictorias o erróneas y ordenarlas para facilitar su codificación. Generalmente se realiza al mismo tiempo que la codificación.

Las respuestas sobre las variables de contenido u observaciones deben codificarse con símbolos o números según las diferentes alternativas de cada respuesta, a fin de que se facilite el proceso de tabulación o edición de los datos. Además, deben codificarse porque, de lo contrario, no puede efectuarse ningún análisis, o solo se puede contar el número de respuestas en cada categoría. Generalmente, el investigador se interesa en realizar análisis más allá de un conteo de casos por

categoría y la mayoría de los análisis se llevan a cabo por computadora. Los datos deben editarse, codificarse y prepararse para ese procesamiento.

Observaciones:

- Las categorías pueden estar o no precodificadas (codificación del instrumento de medición antes de su aplicación).
- Las preguntas abiertas no pueden estar precodificadas, pero, una vez que se tienen las respuestas, estas deben codificarse.

Los cuatro pasos fundamentales del proceso de codificación de las respuestas:

1. Codificación de las categorías de ítems, preguntas y categorías de contenido u observaciones no precodificadas.
2. Elaboración de un libro de códigos.
3. Efectuar la codificación físicamente.
4. Grabar y guardar los datos en un archivo permanente.

5.2.1. Codificar

Observaciones:

- Si todas las preguntas ya fueron precodificadas, y no se tienen preguntas abiertas, el primer paso no es necesario; este ya se efectuó.
- Si las categorías no fueron precodificadas y se tienen preguntas abiertas, deben asignarse los códigos o la codificación a todas las categorías de las preguntas o de contenidos u observaciones.

Por ejemplo:

- Pregunta no precodificada

¿Llega el recurso agua a su propiedad, por lo menos una vez a la semana?

 Sí No

Se codifica: 1 = Sí

2 = No

- Frase no codificada

¿Cree usted que está recibiendo un salario justo por su trabajo?

Totalmente de acuerdo

De acuerdo

Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

En desacuerdo

Totalmente en desacuerdo

Se codifica:

5 = Totalmente de acuerdo

4 = De acuerdo

3 = Ni de acuerdo, ni en desacuerdo

2 = En desacuerdo

1 = Totalmente en desacuerdo

En cuanto a preguntas abiertas, ya fue explicado el proceso de codificación.

5.2.2. Elaboración del «libro de códigos»

El LIBRO DE CÓDIGOS se elabora una vez que se ha salvado un requisito fundamental: que estén modificadas todas las categorías del instrumento de medición. Aeri Babbie [28] puntuliza que el mismo constituye un documento que describe la localización de las variables y los códigos asignados a los atributos que las componen (categorías y/o subcategorías).

Funciones del «libro de códigos»:

- 1) Constituye una guía para el proceso de codificación.
- 2) Es la guía para localizar variables e interpretar los datos durante el análisis.

El libro de códigos puede conducir a los significados de los valores de las categorías de las variables.

5.2.3. Efectuar físicamente la codificación

Este tercer paso del proceso de codificación consiste en la codificación física, es decir, llenar la matriz de datos. Esta operación la llevan a cabo por los codificadores, a quienes se les proporciona el «libro de códigos». De acuerdo con este, cada codificador va vaciando las respuestas en la matriz de datos. Este procedimiento debe realizarse (la captura) de manera muy cuidadosa para evitar cometer errores y alterar los resultados.

El vaciado de la matriz de datos se efectúa en las hojas de tabulación, las cuales poseen líneas y columnas. Normalmente se transfieren los datos directamente de los ejemplares del instrumento de medición a la matriz creada como archivo en la computadora.

5.2.4. Grabar y guardar los datos

Observaciones:

- Se crea la matriz de datos y se archiva (generación del archivo)
- Nombrado del archivo
- Observar que: el archivo contenga todos los datos codificados en valores numéricos (se ha generado un archivo con los datos recolectados y codificados)
- En la actualidad, el archivo puede almacenarse en el disco duro u otro dispositivo de almacenamiento.

5.3. CATEGORIZACIÓN Y TABULACIÓN DE LA INFORMACIÓN

El análisis se efectúa por medio de la codificación. Las categorías son los niveles en que serán caracterizadas las unidades de análisis. Estas últimas constituyen segmentos del contenido de los mensajes caracterizados para ubicarlos dentro de las categorías.

¿Qué significan los términos «categorización» y «tabulación»?

- **Categorización:** consiste en determinar grupos, subgrupos, ítems, clases o categorías en las que pueden ser clasificadas las respuestas. Las categorías deben ser exclusivas, es decir, que una respuesta solo puede corresponder a una clasificación. Es necesario que todos los datos de la medición queden incluidos en una.
- **Tabulación:** consiste en resumir los datos en tablas estadísticas. Según sea el volumen de la información, esta puede hacerse en forma manual o computarizada. La tabulación manual es útil cuando se trata de procesar un número pequeño de datos, con los que se efectúan pocos cruces de las respuestas. Para llevarla a cabo, se hallan los casos que existen en cada categoría y se anotan en una hoja tabular (para tener concentrada la información

de los cuestionarios). Es importante diseñar las tablas y planear los cruces que se van a realizar.

La tabulación computarizada requiere que los datos hayan sido codificados y revisados; es aconsejable su uso cuando se maneja una gran cantidad de información. En el mercado, existen paquetes de cómputo que tabulan, cruzan respuestas, correlacionan e incluso grafican los resultados.

5.4 ANÁLISIS DE DATOS

5.4.1. Análisis estadístico

Una vez que los datos se han recopilado, tabulado y guardado en un archivo, el investigador puede proceder a analizarlos para presentar los resultados. El análisis de la información dependerá de la complejidad de la hipótesis y del cuidado puesto en la elaboración del plan de investigación (si este fue diseñado adecuadamente, los resultados de la investigación proporcionarán el análisis casi automáticamente).

El análisis se efectúa sobre la matriz de datos; de ser posible, ayudados de un programa de computadora (software).

Los análisis dependen de tres factores:

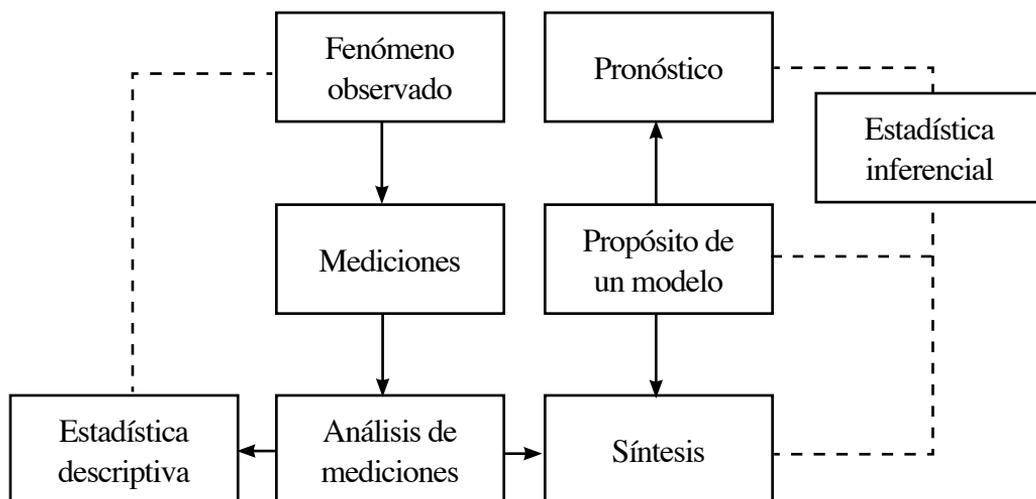
- 1) El nivel de medición de las variables
- 2) La manera como se haya formulado la hipótesis
- 3) El interés del investigador

El investigador busca, en primer término, describir los datos obtenidos y posteriormente efectuar el análisis estadístico para cada una de las variables, y luego describir la relación entre estas. Los métodos son variados y se comentarán a continuación, pero cabe anotar que, el análisis no es indiscriminado, cada método tiene su razón de ser y un propósito específico, no se deben efectuar más análisis de los necesarios.

Etapas del análisis:

1. *Presentación de los datos:* se realiza la representación estadística de los datos (este aspecto amerita ser estudiado con más detenimiento en un curso de Estadística).
2. *Selección del método para ordenarlos y presentarlos lógicamente:* toda investigación sería amerita el uso de la estadística. En este contexto, se presentan dos áreas aplicables a la investigación (ver fig. 5.1).
 - La estadística descriptiva: como su nombre lo indica, organiza y resume los datos.
 - La estadística inferencial: aquella que realiza inferencias o predicciones acerca de una población.

Figura 5.1. Relación de la estadística y el proceso de investigación



Las medidas de tendencia central son aquellas que describen los valores centrales de un fenómeno. Las de dispersión son las que se muestran la variabilidad o distribución de datos.

5.5. ESCALAS DE MEDICIÓN

La medición consiste en recopilar los datos, compararlos en relación con su patrón y asignar los valores numéricos correspondientes; mientras que, las escalas de medición son formas o patrones a través de los cuales se pueden medir los fenómenos.

A continuación, se brindarán algunos detalles acerca de las escalas mayormente empleadas:

Escala de medición nominal: es aquella que cuenta y clasifica los datos en categorías. Sirve como información de referencia o frecuencial (interesa solo la cantidad), en la cual no es relevante la calidad del producto, sino que el hecho o acontecimiento se ha dado. Las técnicas que se utilizan son:

- Proporciones
- Porcentajes
- Frecuencias

En la tabla 5.2, aparece una clasificación de las técnicas y las muestras que comúnmente se utilizan en investigación.

Tabla 5.2. Escalas de dimensión

Escalas de medición	Medidas de tendencia central	Medidas de dispersión
Nominales	Porcentajes, razones, proporciones	
Ordinales	Mediana, moda	Rango recorrido, cuartiles, percentiles o fractiles
Intervalos	Media aritmética	Varianza, desviación estándar, desviación media
Proporciones	Media geométrica, media armónica	Coefficiente de variación

Escalas de *medición ordinal*: aquellas que indican el orden de las categorías. Las técnicas estadísticas utilizadas son:

- Mediana
- Moda
- Distribuciones de frecuencias

Escalas de *medición intervalares*: indican el orden de las categorías y las distribuciones exactas que hay entre ellas. Las técnicas que se utilizan son:

- Distribuciones
- Representaciones gráficas de frecuencias, mediante la definición de categorías e intervalos o grupos numéricos que tengan el mismo valor

Primeramente, debe ser determinado el tamaño de los intervalos de clase, para lo cual se divide la diferencia de la observación mayor y la menor entre el número de intervalos de clase deseados.

Escalas de *medición de razón o proporciones*: son poco utilizadas en ciencias sociales; más bien se aplican en ciencias exactas. Estas, se diferencian de los percentiles o fractiles en un detalle: el cero absoluto, que representa la unidad del fenómeno estudiado. Las técnicas que se utilizan son:

- Media geométrica
- Media armónica
- Coeficiente de variación

5.6. TIPOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Los principales tipos de análisis de datos que pueden efectuarse son:

- Estadística descriptiva de las variables, tomadas individualmente
- Puntuaciones Z

- Razones y tasas
- Cálculos y razonamientos de estadística inferencial (comprobación de hipótesis de trabajo)
- Pruebas paramétricas
- Pruebas no paramétricas
- Análisis multivariado

5.6.1. Estadística descriptiva para cada variable

La primera tarea es describir los datos, valores o puntuaciones obtenidas para cada variable. En este punto, cabe preguntarse: ¿cómo hacerlo? Sencillamente expresando la distribución de las puntuaciones o frecuencias.

5.6.1.1. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS

Una *distribución de frecuencias* es un conjunto de valores numéricos ordenados en sus respectivas categorías o clases.

Al respecto, podríamos poner el siguiente ejemplo de distribución de frecuencias en una investigación que mida la efectividad del riego por inundación en potreros naturales de comunidades campesinas de Saraguro (ver tabla 5.3).

El número de clases o categorías se definirá arbitrariamente según el caso. Además, se tomará en cuenta el rango (valor mayor-valor menor), el mismo que posteriormente servirá para definir el ancho de clase (ver ecuación 5.1).

Tabla 5.3. Variable considerada: biomasa vegetal (kg/parcela)

Clase o categoría	Código	Frecuencia (N.º de granjas)
0 – 20	G1	15
21 – 40	G2	50
41 – más	G3	5
Total		70

$$A = \frac{R}{C} \tag{5.1}$$

donde:

A = ancho de clase

R = rango

C = número de clases o categorías

Las distribuciones de frecuencias pueden completarse agregando las *relativas* y las *acumuladas*.

- *Frecuencias relativas*: son los porcentajes (%) de casos en cada categoría.
- *Frecuencias acumuladas*: lo que se va acumulando en cada categoría (desde la más baja hasta la más alta). Este tipo de frecuencia también puede expresarse en porcentajes (%), al acumularlos. Para el caso del ejemplo anterior, quedaría como se representa en la tabla 5.4.

Tabla 5.4. Frecuencias relativas y las frecuencias acumuladas.

Clase o categoría	Código	Frecuencias absolutas (N.º de granjas)	Frecuencias relativas (%)	Frecuencias acumuladas
0 – 20	G1	15	21,4	15
21 – 40	G2	50	71,4	65
41 – más	G3	5	7,2	70
Total		70	100	

Para la elaboración del informe final de los resultados, una distribución de frecuencias puede presentarse con elementos más informativos para el consultante y la verbalización de los resultados o un comentario (ver tabla 5.5).

Tabla 5.5. Ejemplo de la distribución de frecuencias

Producción de biomasa (kg/parcela)	Número de granjas	Porcentajes (%)
0 – 20	15	21,4
21 – 40	50	71,4
41 – más	5	7,2
Total	70	100

Nota: la interpretación sería de la siguiente manera: aproximadamente una cuarta parte (21,4 %) de las unidades productivas campesinas produjeron hasta 20 kg/parcela de biomasa vegetal, mientras que el 71,4 % de las granjas se ubicaron con producciones entre 21 y 40 kg/parcela; en cambio, apenas el 7,2 % de los sistemas productivos pudieron lograr más de 41 kg/parcela de rendimiento vegetal.

5.6.1.2. Presentación en la distribución de frecuencias

Existen diversas formas de representar gráficamente las distribuciones de frecuencias:

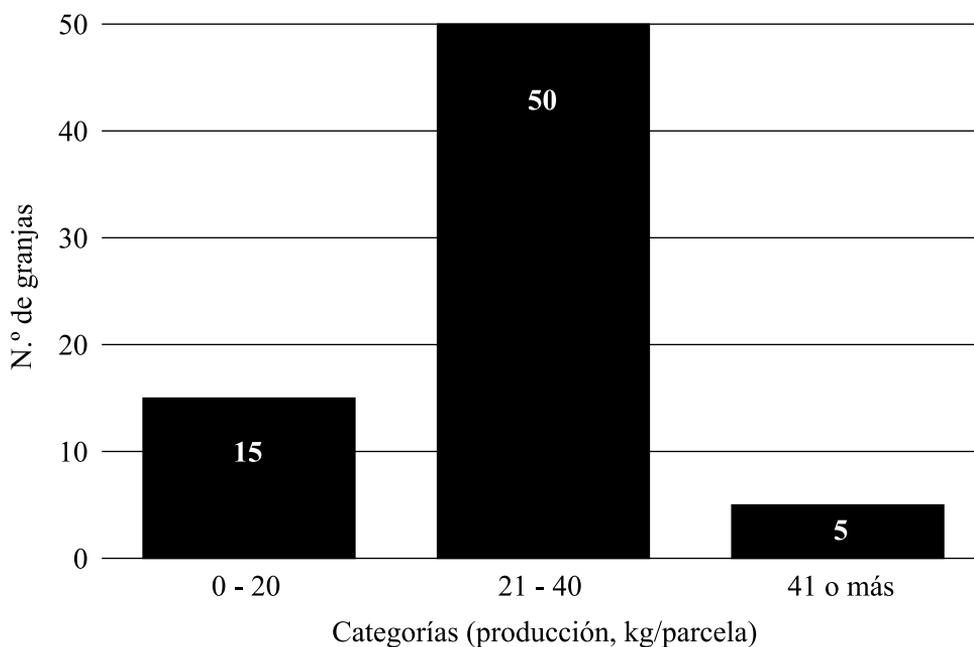
- Histogramas o gráfica de barras
- Gráficas circulares
- Polígonos de frecuencia
- Otro tipo de representación gráfica

Los resultados de las distribuciones de frecuencias, para el ejemplo que se ha venido estudiando, pueden representarse como se muestran en las siguientes figuras, a tenor con los diferentes tipos antes citados.

- Representación a través de *histogramas o gráfica de barras*

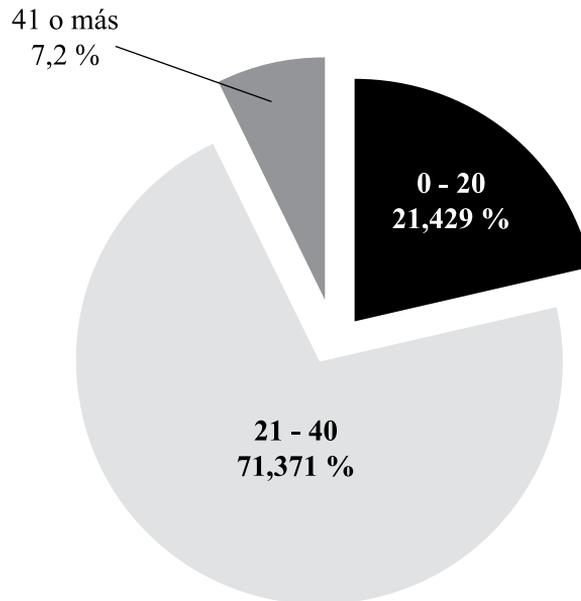
Figura 5.2. Histogramas o gráfica de barras

DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS
CAMPELINAS SEGÚN EL RENDIMIENTO EN BIOMASA

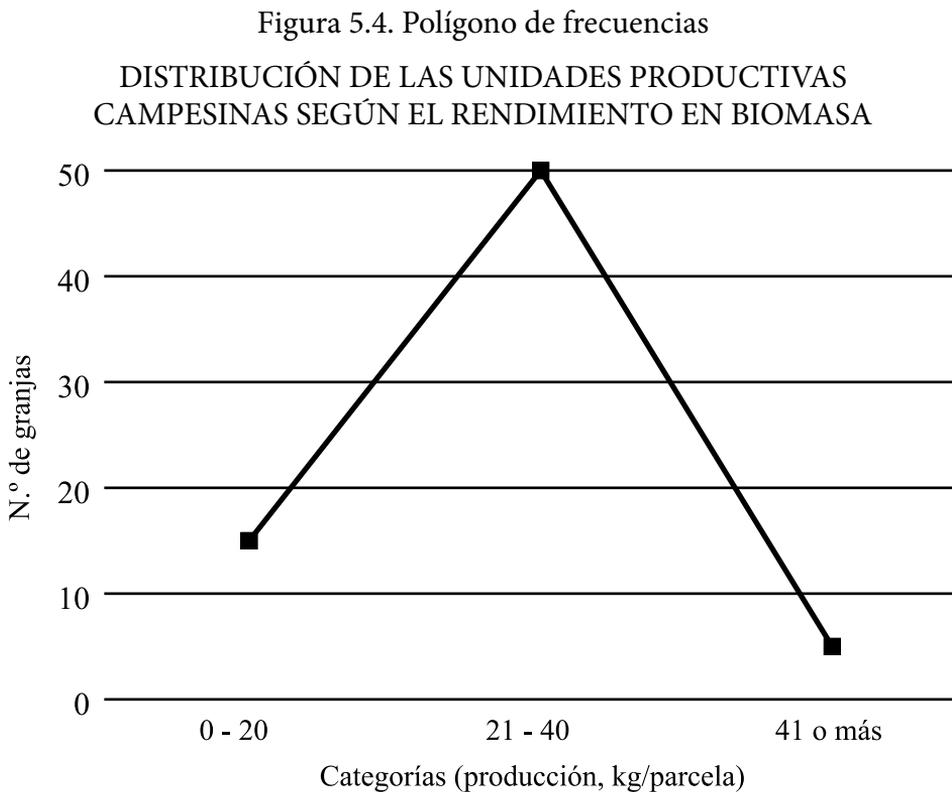


- Representación a través de *gráficas circulares*

Figura 5.3. Gráfica en forma de pastel
DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS
CAMPELINAS SEGÚN EL RENDIMIENTO EN BIOMASA



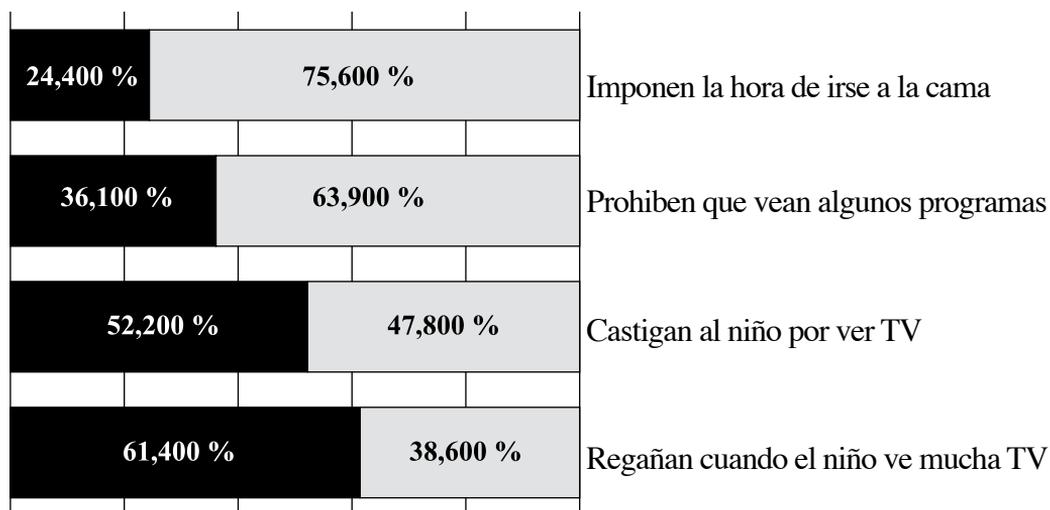
- Representación a través de un *polígono de frecuencias*



- Representación a través de otro tipo de gráfica.

Veamos el ejemplo del control paterno sobre el uso que los niños hacen de la televisión.

Figura 5.5. Otras gráficas



Además, deben ser calculadas las medidas DE TENDENCIA CENTRAL Y DE VARIABILIDAD O DISPERSIÓN.

5.6.2. Medidas de tendencia central

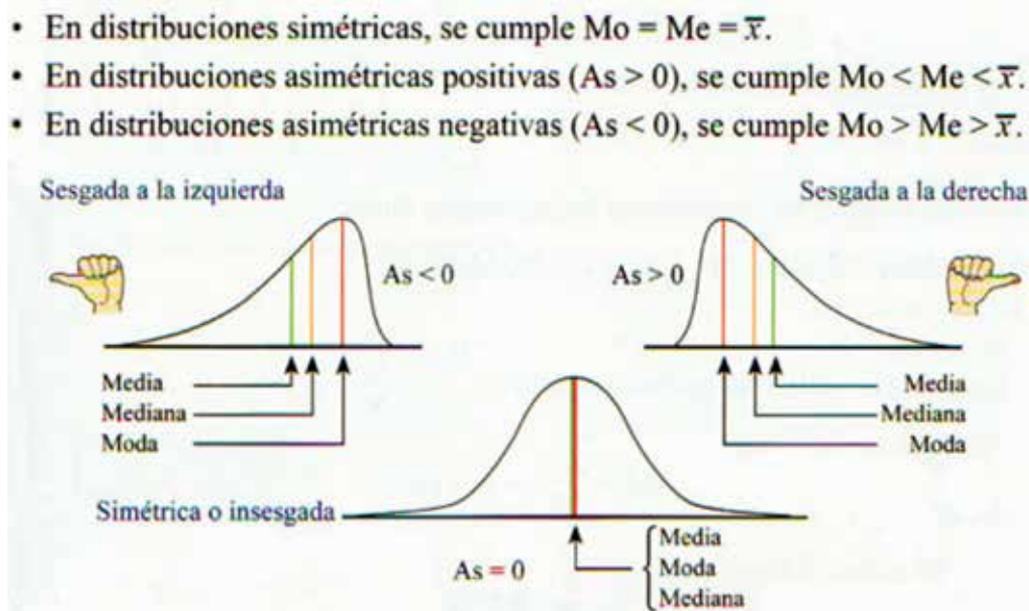
Son puntos en una distribución. Los valores medios o centrales de esta ayudan a ubicarlas dentro de la escala de medición. Las principales medidas de tendencia central son tres: MODA, MEDIANA, MEDIA.

El nivel de medición de la variable determina cuál es la medida de tendencia central apropiada.

- La MODA: categoría o puntuación que se presenta con mayor frecuencia. Se utiliza con cualquier nivel de medición. Se representa por M_o .
- La MEDIANA: valor que divide a la distribución por la mitad: valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados.
- La MEDIA: también llamada «promedio o media aritmética» de un conjunto de datos (X_1, X_2, \dots, X_N) es una medida de posición central.

En la figura 5.6, se muestra una representación gráfica, donde se pueden apreciar las diferencias entre las tres distribuciones.

Figura 5.5. Otras gráficas



La MEDIA se simboliza como \bar{X} , y se representa según el modelo matemático 5.2.

$$\bar{X} = \frac{\sum X..}{N} \quad (5.2)$$

donde:

\bar{X} = media general

N = número total de casos

$\sum X..$ = sumatoria de todas las observaciones

La media es una medida solamente aplicable a mediciones por intervalos o de razón. Carece de sentido por variables medidas en un nivel nominal u ordinal. La media sí es sensible a los valores extremos.

Cuando en una distribución de frecuencias, los datos están agrupados en intervalos, la media se calcula así:

1. Se obtiene el punto medio de cada intervalo de clase: x
2. Se multiplica cada punto medio por la frecuencia que le corresponde: fx
3. Se realiza la sumatoria de todos los valores de fx: $\sum fx$

Para el cálculo de la media con datos agrupados en una distribución de frecuencias, se aplica la siguiente fórmula 5.3:

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{N} \quad (5.3)$$

5.7. MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Las medidas de la variabilidad nos informan acerca de la dispersión de los datos en la escala de medición, y responden a la pregunta: ¿dónde están diseminadas las puntuaciones o valores obtenidos? Vale la aclaración de que las medidas de tendencia central representan valores en una distribución y las medidas de la

variabilidad son intervalos: designan distancias o un número de unidades en la escala de medición. Las más utilizadas son: el rango, la desviación estándar y la varianza.

- El RANGO: también llamado *recorrido*, es la diferencia entre la puntuación mayor y la puntuación menor. Indica el número de unidades en la escala de medición necesaria para incluir los valores máximo y mínimo. De ello se infiere que, entre más grande resulte el rango, mayor será la dispersión de los datos de una distribución.
- La DESVIACIÓN ESTÁNDAR: es el promedio de desviación de las puntuaciones con respecto a la media y se interpreta en relación con ella. Este tipo de desviación solo es utilizada en variables medidas por intervalos o de razón. Cuanto mayor es la dispersión de los datos (alrededor de la media), mayor es la desviación estándar. La desviación estándar debe ser interpretada como: *cuánto se desvía, en promedio de la media, un conjunto de puntuaciones*.

Esta medida se expresa en las unidades originales de medición de la distribución; y se simboliza con las letras: s o σ , y se calcula con el siguiente modelo matemático:

1. La desviación de puntuaciones es expresada según la fórmula 5.4.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (5.4)$$

2. Cuando los datos están agrupados en una distribución de frecuencias, se aplica la siguiente ecuación (5.5):

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2 f_i}{N}} \quad (5.4)$$

donde:

s = desviación estándar de datos agrupados

X_i = cada uno de los registros del centro de clase categoría

\bar{X} = media aritmética de los datos agrupados

$N =$ total de frecuencias absolutas

$f_i =$ cada registro de la frecuencia agrupada

- La VARIANZA: es la desviación estándar (elevada al cuadrado). Su notación se expresa como: s^2 .

5.8. INTERPRETACIÓN DE LAS MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y DE LA VARIABILIDAD

Es importante destacar que, al describir los datos, se interpretan las medidas de tendencia central y la variabilidad en conjunto y no aisladamente. Se toman en cuenta todas las medidas. Veamos el siguiente ejemplo:

Ejemplo: ¿Qué grado de motivación intrínseca exhibieron los campesinos frente a la aplicación de un «programa de riego sustentable» para sus parcelas de producción?

En la tabla 5.6 aparecen las frecuencias registradas según los valores dados. N.º de ítems = 17.

Tabla 5.6. Frecuencias registradas según los valores dados.

Valores registrados	Frecuencias absolutas	Frecuencias acumuladas	Frecuencias relativas (%)	Frecuencias acumuladas (%)
40	1	1	1,7	1,7
44	1	2	1,7	3,3
48	1	3	1,7	5,0
51	1	4	1,7	6,7
52	2	6	3,3	10,0
56	2	8	3,3	13,3
58	1	9	1,7	15,0
59	1	10	1,7	16,7
60	2	12	3,3	20,0

Metodología de la investigación científica y su aplicación en las ciencias agropecuarias

61	4	16	6,7	26,7
63	2	18	3,3	30,0
64	2	20	3,3	33,3
65	3	23	5,0	38,3
66	2	25	3,3	41,7
67	4	29	6,7	48,3
68	3	32	5,0	53,3
69	1	33	1,7	55,0
70	4	37	6,7	61,7
71	3	40'	5,0	66,7
72	4	44	6,7	73,3
73	3	47	5,0	78,3
74	2	49	3,3	81,7
75	1	50	1,7	83,3
76	1	51	1,7	85,0
77	2	53	3,3	88,3
78	1	54	1,7	90,0
79	2	56	3,3	93,3
80	2	58	3,3	96,7
81	2	60	3,3	100,0
TOTAL	60		100,0	
	Media =	66,883	Mínimo =	40,000
	Moda =	61,000	Máximo =	81,000
	Cimosis =	0,587	Mediana =	67,833
	E.E. =	1,176	Rango =	41,000
	s =	9,112	Sumatoria =	4 013,000
	Asimetría =	-0,775	Varianza =	83,020

5.9. TAMAÑO DE LA MUESTRA EN EL DISEÑO DE UNA ENCUESTA POR MUESTREO PROBABILÍSTICO

La determinación del tamaño de muestra en el diseño de una encuesta por muestreo probabilístico es una de las etapas más importantes, por lo que debe afrontarse con estricto apego a las consideraciones de carácter técnico de la teoría estadística, así como a los objetivos de la investigación y a los usos futuros de la información.

Es frecuente escuchar entre los especialistas en el tema que, para calcular el número de unidades que formarán parte de la muestra, hay que considerar la varianza de la variable de interés, así como la precisión con la que se desean obtener las estimaciones y la confianza requerida. Sin embargo, se pone muy poco énfasis en la importancia de tener presentes:

- Los objetivos de la encuesta
- El tipo de variables e indicadores que se desean estimar
- Los dominios de estudio que se quieren analizar
- El esquema de muestreo que se utilizará para seleccionar a las unidades de observación

Es cierto que el tamaño de la muestra tiene un efecto sobre la varianza de las estimaciones (Se^2/n); sin embargo, también se debe recordar que esta, a su vez, depende en gran medida del esquema que se utilice para la selección de la muestra [30].

Es habitual que las encuestas que se realizan en la práctica sean de propósitos múltiples y, por lo tanto, se requiera la estimación de diversas estadísticas; las cuales, de manera individual, pueden conducir a tamaños de muestra y esquemas de selección diferentes. En este caso, la habilidad del especialista en muestreo conlleva determinar el número de observaciones necesarias para cubrir los objetivos de un estudio multitemático, y lograr generar un balance apropiado entre los costos de ejecución y la precisión deseada para los diferentes parámetros que se quiere estimar. Sin embargo, se debe enfatizar que es muy difícil encontrar soluciones óptimas cuando las características que se desean investigar son demasiado dispares o las frecuencias observadas son muy bajas en los dominios de estudio

de interés. Es obvio que las encuestas que se diseñan para estimar totales a niveles agregados y aquellas en donde se desean analizar subpoblaciones con características muy particulares requieren fracciones de muestreo diferentes.

En los textos que estudian la teoría del muestreo, como los de Kish [31] y Cochran [32], la determinación del tamaño de la muestra para investigaciones multitemáticas se analiza, en primera instancia, como si se tratara de un problema univariado⁽³¹⁾ sin considerar que prácticamente todas las encuestas son de propósitos múltiples [30]. Así, en el caso particular de la determinación del tamaño de muestra en un estudio multipropósitos, cuando se desea estimar una proporción o porcentaje de una población —con función de densidad binomial— que posee ciertos atributos, se asume normalidad en la distribución de probabilidad del parámetro (p), y no se considera la corrección por población finita (cpf) [32]. Si al aplicar este procedimiento, se ignora que otras características de la población también serán estimadas a partir de los datos recabados, no será posible determinar la precisión para las variables analizadas en forma simultánea, y muy probablemente se incrementará el error de muestreo.

Conforme a lo anterior, el objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre la necesidad de asumir con solvencia técnica la etapa del cálculo del tamaño de muestra en las encuestas de propósitos múltiples, y alertar sobre las limitaciones que se presentan en la confiabilidad de las estimaciones para dominios de estudio que no fueron considerados en los objetivos de la investigación. De manera particular, se señala la necesidad de evaluar la precisión de los indicadores que se obtienen y asumir con responsabilidad la formulación de hipótesis sobre el comportamiento de subpoblaciones muy específicas, sobre las que no se puede garantizar que la inferencia estadística tenga validez.

(31) Análisis univariado: análisis de cada una de las variables estudiadas por separado; **bivariados** hallar correlaciones entre dos variables, y **multivariado**: estudiar más de dos variables.

5.10. ANÁLISIS PARAMÉTRICO Y NO PARAMÉTRICO DE LOS DATOS

Diversos autores, tales como Cortazzo y Schettini [33]; Sáenz López y Tamez- González [34], afirman que, en una investigación, resulta muy conveniente obtener información tanto cuantitativa como cualitativa. Estos no son tipos de evidencias que se contraponen, sino por el contrario, se enriquecen. Un estudio tendrá mayor calidad de información y posibilidad de análisis en la medida en que cuente con el mayor número posible de datos cuantitativos y evidencia cualitativa.

Si, por ejemplo, pretendemos obtener información acerca del clima laboral en una empresa o plantel educativo, una estrategia multimétodos de recolección de datos permitiría un análisis más fructífero. Se podría hacer un cuestionario al personal, con la intención de medir variables tales como:

- La satisfacción con los supervisores o jefes
- La satisfacción respecto a los compañeros de trabajo
- La motivación para trabajar
- El orgullo o sentimiento de pertenencia a la organización
- La comunicación entre los miembros de la organización
- El sentido del trabajo en equipo
- El desarrollo personal y laboral alcanzado dentro de la empresa, etc.

Pero también podríamos paralelamente hacer un estudio cuantitativo del ausentismo laboral y de la puntualidad en el trabajo, como también podríamos realizar un *focus group* cualitativo donde se discuta un tema relativo al clima laboral, y, adicionalmente, hacer un estudio retrospectivo (hacia atrás) de la historia de la organización y los cambios en los cuadros directivos, etc. Por supuesto que el poder de medición y la calidad del análisis será mucho mayor que si solamente hubiéramos realizado una encuesta o varias sesiones grupales.

Se pueden vincular los resultados de las sesiones cualitativas con los datos reportados por instrumentos cuantitativos para confirmar la congruencia de ambos

métodos, lo que es una forma de validez concurrente. Recordemos que se trate de métodos cualitativos o cuantitativos, donde los instrumentos de recolección de datos deben someterse previamente a una evaluación o revisión de expertos y a una prueba piloto (ensayo con sujetos semejantes a la población y muestra donde se aplicará posteriormente).

A continuación, se exponen diversos métodos y técnicas para recabar información de acuerdo a los enfoques cualitativos y cuantitativos de investigación (ver tabla 5.7).

Tabla 5.7. Métodos y técnicas para recabar información de acuerdo a los enfoques cualitativos y cuantitativos

Principales métodos de obtener información cualitativa	Principales métodos de obtener información cuantitativa
- <i>Focus group</i> o grupos focales	- Encuestas
- Registros descriptivos y anecdóticos bajo observación participante	- Observación con escalas de estimación, listas de cotejo y registros cuantificables
- Tareas, simulaciones y dinámicas en grupo	- Cuantificación de respuestas ante estímulos
- Entrevistas abiertas	- Entrevistas bajo un guión estructurado y cuantificable
- Análisis de ensayos escritos	- Análisis del contenido con categorías para cuantificar
- Cuestionarios y pruebas con preguntas abiertas	- Cuestionarios con respuestas cuantificables
- Análisis secuencial de hechos (análisis histórico sin cuantificación)	- Escalas de actitudes
- Instrospección	- Mapeo cognitivo cuantitativo
- Pruebas proyectivas sin cuantificación	- Pruebas proyectivas con cuantificación

5.10.1. Análisis cuantitativo de los datos

En relación con el análisis cuantitativo de los datos, recordemos que estos han debido ser previamente codificados y preparados en una matriz o base de datos. Luego, a través de paquetes estadísticos (Stats o programa Excel), lo primero que debemos hacer es calcular y graficar las estadísticas descriptivas de los indicadores o categorías de cada variable; y lo segundo (si fuera necesario), ejecutar análisis estadístico para aprobar o desaprobar hipótesis.

Así, se listan las variables o indicadores de variables y para cada una se procede a obtener la siguiente información:

1. *Distribución de frecuencias o tabla de frecuencias*: frecuencias absolutas, relativas y acumuladas para cada categoría de las variables (sin importar el nivel de medición de estas).
2. *Media, mediana, moda, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo, rango y error estándar de la variable*: recordemos que, para variables nominales, solamente se calcula la moda. Imaginen lo absurdo que sería calcular un promedio de la variable sexo (entre masculino y femenino). Para variables ordinales, la moda, la mediana y los valores mínimo y máximo son los que tienen sentido; pero tampoco se puede sacar un promedio porque no se trabaja con puntuaciones sino con categorías jerarquizadas; y, para variables de nivel de intervalo o de razón, se pueden calcular todas las estadísticas.
3. *Gráficas*: para visualizar las distribuciones de frecuencias (eligiendo la que proporcione mayor información visual).

Una vez que se ha calculado la estadística descriptiva, si la investigación pretende aprobar o desaprobar hipótesis, se procede a efectuar las pruebas estadísticas que tengan lugar. Para esto, el alumno debe tener muy claro de qué alternativas de pruebas dispone (conocer la gama de las pruebas más importantes): «para qué sirven?»; «¿cuándo se utiliza cada una?» y «¿cómo se interpretan?». No es necesario aprenderse las fórmulas, pues las obtenemos a través de programas y paquetes.

Hay dos tipos de análisis: el paramétrico y el no paramétrico.

Para realizar el *análisis paramétrico*, se debe partir de los siguientes supuestos:

1. La distribución de los valores de la variable dependiente (medida) es una distribución normal.
2. El nivel de medición de la variable dependiente debe ser por intervalos o razón.
3. Cuando se estudian dos o más poblaciones, deben tener una varianza homogénea o dispersión similar en sus distribuciones.

Dentro de las pruebas estadísticas paramétricas más utilizadas están:

- El coeficiente de correlación de Pearson (r de Pearson)
- La prueba t Student
- El análisis de varianza unidireccional (ANOVA)

Para realizar el *análisis no paramétrico* debe partirse de los siguientes supuestos:

1. La distribución de los valores de la variable dependiente no es normal
2. La variable dependiente es categórica y solo puede ser medida a nivel nominal y ordinal

Dentro de las pruebas estadísticas no paramétricas más utilizadas están:

- La ji cuadrada o X^2
- Los coeficientes de correlación de Spearman y Kendall
- La prueba de U Mann Whitney
- La prueba de la mediana

A continuación, en la tabla 5.8, se ofrece una información ampliada acerca de las pruebas más utilizadas en ciencias pecuarias y su utilidad.

Tabla 5.8. Pruebas más utilizadas en ciencias pecuarias y su utilidad

Prueba	Uso	Tipo de hipótesis para la cual es útil	Variables involucradas y su nivel de medición	Interpretación
r de Pearson	Correlacionar dos variables	«A mayor X, mayor Y» o «A menor X, menor Y».	Dos (2). Ambas medibles por nivel de intervalo o de razón.	El coeficiente oscila entre -1 y $+1$, el signo indica el sentido de la correlación. Entre más se acerque a 0 la correlación será menor. La significancia debe ser menor a 0,05.
Prueba t	Evaluar la diferencia significativa entre las medias de dos grupos.	«El grupo X diferirá del grupo Y» (de manera estadísticamente significativa entre sus medias).	Dos (2). La primera variable que provoca la diferencia de grupo es dicotómica y puede ser nominal, ordinal o de intervalo, pero reducida a dos categorías. La variable en que se contrastan las medias es de intervalos o razón.	Un valor t para dos grupos debe tener un mínimo de 95 % de probabilidad de diferencia significativa (0,05). Se utiliza para comparar resultados de una preprueba con los resultados de una posprueba, o para comparar prepruebas y pospruebas en dos grupos diferentes.

Prueba	Uso	Tipo de hipótesis para la cual es útil	Variables involucradas y su nivel de medición	Interpretación
Análisis de varianza unidireccional.	Evaluar la diferencia significativa entre las medias de tres o más grupos.	«El grupo X diferirá del grupo Y y Z» (de manera estadísticamente significativa entre sus medias).	Dos (2). La variable que provoca la diferencia es categórica y con nivel de medición nominal. La variable en que se contrastan las medias es de medición por intervalo o razón.	La varianza es una medida de variabilidad o dispersión alrededor de la media. Se obtiene un valor F o razón F que, para que sea significativo al 0,05 %, debe ser igual o menor al de la tabla correspondiente. Indica que hay más variación intergrupo que intragrupo.
Coefficiente de correlación de Spearman y de Kendall (son diferentes, pero hacen algo similar)	Correlacionar dos variables categóricas	«A mayor X, mayor Y» o «A menor X, menor Y».	Dos. Ambas medidas en un nivel de medición nominal u ordinal.	El coeficiente oscila entre -1 y +1, el signo indica el sentido de la correlación. Entre más se acerque a 0 la correlación es menor. La significancia debe ser menor a 0,05.
Chi-cuadrada	Evaluar la correlación entre dos variables categóricas.	«Habrà diferencias en X al variar Y».	Dos. Medidas en un nivel de medición nominal, ordinal, intervalos o razón, pero reducidas a categorías.	Un valor de X^2 y su significancia debe probar que los valores observados puedan ser diferentes que los valores esperados en más del 95 % (0,05)

Prueba	Uso	Tipo de hipótesis para la cual es útil	Variables involucradas y su nivel de medición	Interpretación
U Mann Whitney	Evaluar la diferencia entre dos o más grupos en función de sus medias.	«El grupo X diferirá del grupo Y y Z» (de manera estadísticamente significativa entre sus medias).	La variable independiente es nominal y la dependiente es de intervalo o razón.	El valor de U se compara con el valor crítico y si es igual o mayor, la diferencia es estadísticamente significativa. Debe trabajarse con un nivel de probabilidad del 95 %.
Prueba de la mediana	Evaluar la diferencia entre dos o más grupos sobre la base de la mediana.	«El grupo X diferirá del grupo Y y Z» (de manera estadísticamente significativa entre sus medianas).	La variable independiente es nominal y la dependiente es de intervalo o razón.	Se compara la diferencia entre medianas con un valor crítico. Si es igual o mayor, la diferencia será estadísticamente significativa. Debe trabajarse con un nivel de probabilidad del 95 %.

Las pruebas anteriores suponen la evaluación de una variable (entre dos o más grupos) o la evaluación de la relación entre dos variables. Por lo tanto, en estos casos se habla de análisis univariado o divariado.

Sin embargo, cuando se trata de relacionar varias variables independientes con una dependiente, se utiliza un análisis multivariado. Es un análisis más complejo que requiere del uso de computadoras; y, entre las pruebas más conocidas para realizarlo están la regresión múltiple, el análisis lineal de patrones y el análisis multivariado de varianza (MANOVA). Todos suponen que la variable dependiente tenga medición de intervalo o razón.

CAPÍTULO VI.- LA CONFIABILIDAD DE UNA PRUEBA O INSTRUMENTO

6.1. ENFOQUES ACERCA DE LA NOCIÓN DE CONFIABILIDAD

Manterola, Grande, Otzen, García, Salazar y Quiroz [35] utilizan algunos términos asociados a la confiabilidad, tales como seguridad, consistencia, repetibilidad, confianza.

A continuación, se pueden considerar diversos enfoques a fin de precisar la noción de confiabilidad:

1. Los resultados obtenidos con un instrumento de medición en una determinada ocasión, bajo ciertas condiciones, deben ser *reproducibles*. Se espera que sean similares si se vuelve a medir el mismo rango en condiciones idénticas. Este aspecto de la exactitud de un instrumento de medida es su *confiabilidad*. De este modo, la confiabilidad es la exactitud de la medición, independientemente de que uno esté realmente midiendo lo que ha querido medir.
2. Otro camino para valorar la confiabilidad es investigar qué cantidad de error existe en un instrumento; en otras palabras, la confiabilidad puede definirse como la ausencia relativa de *errores de medición* en un instrumento.
3. Cabe destacar además que el procedimiento estadístico por el cual se establece la confiabilidad es el método de correlación, el cual puede ser definido como el grado de relación o concomitancia⁽³²⁾ entre dos o más variables, cuyo promedio se denomina *coeficiente de confiabilidad*; que, al ser interpretado, nos dará una pauta del grado de confianza que se va a tener en la prueba estadística.

(32) **Concomitancia:** relación de afinidad o punto en común; es la coincidencia deliberada o casual de dos o más factores en la consecución de un efecto; circunstancia donde dos cosas o elementos se unen y producen el mismo efecto, o sencillamente que ambas se desarrollan en el mismo sentido.

4. Por último, está probado que la confiabilidad de los puntajes de un *test* es una función del número de ítems que componen el *test*. A medida que agreguemos más ítems a la técnica, gradualmente nos iremos acercando al puntaje verdadero.

6.2. DEFINICIÓN ESTADÍSTICA DE CONFIABILIDAD

Según Reild-Martínez [24], la confiabilidad de una prueba o instrumento se refiere a «la consistencia de las calificaciones obtenidas por los mismos individuos en diferentes ocasiones o con diferentes conjuntos de reactivos equivalentes». Este concepto se fundamenta en la noción de *varianza*, la cual es una medida de variabilidad que sintetiza el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las diferencias individuales.

La teoría de la confiabilidad se basa en una suposición presentada por Spearman⁽³³⁾ en 1910: el puntaje obtenido por un individuo puede considerarse que está formado por dos componentes: *un puntaje verdadero* (porción constante) y *un puntaje error* (error típico de medida, que representa el grado o magnitud de la sensibilidad a las influencias). Esta descomposición nos lleva a plantear a la confiabilidad como la proporción entre la varianza verdadera y la varianza total.

Ejemplo: ¿cuál es la confiabilidad de un test cuando la proporción de la varianza total compuesta de varianza verdadera es 0,80?

Sabemos que hablar de una correlación perfecta y positiva significa tener un valor = 1. Entonces:

- Varianza total = 1
- Varianza verdadera = 0,80
- Varianza de error = 0,20

(33) **Charles Edward Spearman** (1863-1945): fue un notable psicólogo inglés, que se distinguió por la teoría de la inteligencia y las aptitudes humanas; además, realizó importantes aportes a la psicología y a la estadística, desarrollando el análisis factorial.

Si el coeficiente de varianza verdadera es 0,80, vamos a decir que existe un 80 % de estabilidad, equivalencia o consistencia interna (según el método utilizado) en las puntuaciones de los sujetos. Con lo cual el 20 % restante representa el puntaje error o varianza de error.

6.3. ERRORES DE MEDIDA

El término hace alusión a los errores producidos por diversos factores que dan como resultado que los grupos de puntajes de los sujetos difieran entre una administración y otra, entre las formas paralelas o entre las mitades de la misma técnica. Es decir, cualquier condición que no es afín al propósito de la evaluación representa una varianza de error.

Algunas de las fuentes de error conocidas son las siguientes:

- ***El examinador***

El aplicador del test o encuesta sin duda desempeña un papel decisivo en los errores de medida que pueden producirse durante la aplicación.

En años recientes, dos aspectos han llamado poderosamente la atención: el papel del aplicador del test en diferentes tipos de encuestas, y el importante efecto que tiene la inevitable interacción entre los encuestadores y los encuestados sobre la ejecución y el comportamiento de los individuos examinados.

La persona que evalúa (decidiendo si una respuesta es correcta o errónea) desempeña un papel importante en la producción de errores de medida. Si definimos la objetividad como el acuerdo entre diferentes jueces, la carencia de objetividad en la calificación producirá una varianza de error [24].

- ***Situación de prueba***

Otros factores de la aplicación de la prueba que pueden afectar los puntajes son:

- El lugar en que se lleva a cabo el examen

- El grado de las perturbaciones exteriores (iluminaciones, ruidos molestos)
- Interacción de las personas que están conjuntamente
- Etcétera

Un aspecto importante también es la entrega de las instrucciones a los individuos encuestados. Si la formulación de los ítems, las respuestas posibles, los requisitos de las respuestas, etc. son ambiguos, existe la posibilidad de que los individuos no interpreten los ítems de la misma manera de una ocasión a otra. Alguna varianza de error puede entonces ser causada por falta de claridad de las instrucciones.

• *Adivinación*

En los métodos llamados de elección múltiple, las respuestas se presentan en forma de opciones, una de las cuales es correcta. Si un individuo encuestado es incapaz de resolver un ítem, puede adivinar: hará una adivinación correcta con cierta probabilidad para cada ítem, y, para un test con un número dado de ítems, dará un número de respuestas correctas adivinando (sin conocer la solución). Debido a estas adivinaciones obtendrá, por lo tanto, «unos» (en la matriz de puntajes) donde debería tener «ceros». Este efecto es un error de medida puro.

6.4. MÉTODOS PARA OBTENER LA CONFIABILIDAD

Entre los métodos para obtener la confiabilidad citaremos los siguientes:

1. **Test-retest:** consiste en realizar una segunda administración de la misma técnica a los mismos sujetos, habiendo transcurrido un cierto tiempo de intervalo prudencial (se sugiere no más de un mes en niños y seis meses en adultos). Estas dos administraciones conforman dos conjuntos de puntajes independientes que serán correlacionados entre sí, esperando que exista un mínimo de error entre los dos grupos. Llamaremos a ello coeficiente de estabilidad temporal.
2. **Formas paralelas o alternativas:** en este método, se preparan dos formas similares del instrumento, se las administra y se calcula la correlación en-

tre los puntajes obtenidos por las mismas personas al responder a las dos formas. Debe prestarse especial cuidado al equilibrio y equivalencia entre estas dos formas, por ejemplo, en relación al nivel de complejidad del contenido, cantidad de ítems y consignas. El coeficiente de confiabilidad obtenido es llamado comúnmente coeficiente de equivalencia.

3. **División en mitades:** se procede a dividir la técnica psicométrica en mitades comparables (en este caso solo se requiere una sesión para la administración). Este tipo de coeficiente de confiabilidad se denomina a veces indicador de la consistencia interna de la técnica.

Aquí también se debe revisar bien la forma de realizar la división para tener equidad en los elementos. Generalmente se separan los ítems pares e impares, pero esto solo es posible si todos los ítems tienen el mismo nivel de dificultad.

En la tabla 6.1 se exponen los métodos de confiabilidad y tipos de varianza.

Tabla 6.1. Métodos de confiabilidad y tipos de varianza

Método de confiabilidad	Varianza verdadera	Varianza de error
Test-retest	Estabilidad temporal	Muestreo del tiempo
Formas paralelas (forma inmediata)	Equivalencia	Muestreo del contenido
Formas paralelas (con intervalo de tiempo)	Equivalencia	Muestreo del tiempo y del contenido

6.5. LA CONFIABILIDAD EN LOS TEST PROYECTIVOS

Anzieu⁽³⁴⁾ utiliza el concepto de *fidelidad* para hablar de la confiabilidad de los test proyectivos y remarca además la diferencia que existe en cuanto al uso de los

(34) **Didier Anzieu** (1923-1999): destacado psicólogo, filósofo y psicoanalista francés, notoriamente conocido por sus estudios sobre el autoanálisis de Freud y la dinámica de grupos.

métodos tradicionales para la confiabilidad. Mientras las técnicas psicométricas utilizan test-retest, formas paralelas o división en mitades, para un test proyectivo, la fidelidad se reconoce por el acuerdo entre diferentes jueces que elaboran e interpretan los mismos protocolos trabajando en forma independiente.

Esta forma de trabajo requiere fundamentalmente dos condiciones muy importantes: la participación de examinadores competentes (con experiencia y sentido clínico) y el apoyo en condiciones de objetividad.

El autor cita además dos formas o métodos: interpretación ciega y el apareamiento.

En síntesis, en las técnicas proyectivas, no hay un cálculo de correlación y el evaluador va a formar parte de la porción constante, mientras que el error, por ejemplo, estaría del lado de la subjetividad no controlada.

Se debe elaborar un sistema de clasificación con categorías mutuamente excluyentes, donde esté presente la producción del sujeto. Ejemplo de ello es el H.T.P., donde tenemos los gráficos del sujeto y una serie de indicadores tales como tamaño, trazo, emplazamiento, presión, etc.

6.6. ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis multivariado tiene la propiedad de poder enfrentar diferentes variables o factores independientes juntos (asociados o no a covariables) con una o más variables dependientes. Existen varios tipos de métodos multivariados. Vamos a describir sintéticamente el fundamento de los más utilizados.

- **Regresión lineal múltiple:** el fundamento es el de la regresión lineal simple, pero la diferencia es que se estudia la relación entre dos o más variables independientes con una o más variables dependientes; hallándose el R^2 que las asocia, estableciéndose así un modelo predictivo lineal.
- **Regresión logística:** la R logística posee una fórmula logarítmica que calcula la relación entre una o más variables independientes con una variable dependiente categórica dicotómica, como p. ej., la evolución. Se utiliza

mucho para investigar variables predictivas de un evento determinado en la población y para la confección de modelos de *scores* de probabilidad.

- **Análisis discriminante:** discrimina la pertenencia a diferentes grupos dentro de una muestra, asignándole diferentes pesos a cada variable independiente analizada y estableciendo su relación con una variable dependiente categórica nominal u ordinal generalmente.
- **Análisis multivariado de varianza (MANOVA):** utiliza la metodología del ANOVA con modificaciones que le permiten analizar el efecto producido por varios factores independientes.

CAPÍTULO VII.- LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

7.1. BREVE INTRODUCCIÓN A LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

7.1.1. Generalidades

En un experimento, se intenta identificar o situar la variabilidad del material experimental producto de los tratamientos aplicados. Para esto existen varios métodos estadísticos que permiten el análisis de datos, provenientes, p. ej., de dos muestras o dos tratamientos. Así tenemos la prueba t de Student, la misma que permite determinar si la raza A rinde estadísticamente más que la raza B, o si las vacas Jersey producen más que las vacas Holstein en un mismo clima, etc.

Sin embargo, raras veces el trabajo del investigador se limita a estudiar dos tratamientos simultáneos. Con el objeto de ganar tiempo, esfuerzo y para aumentar la precisión del experimento, generalmente se estudian varios factores a la vez, incluyendo algunos niveles dentro de cada factor (más de dos tratamientos simultáneamente).

Una vez completada la toma de datos dentro de un experimento, el investigador puede observar las medias de tratamientos y pensar que el A es superior al B. Supongamos, p. ej., que, de un ensayo de aplicación de cal a parcelas de alfalfa para alimentación de ganado lechero, se ha observado que el testigo rindió ocho toneladas de forraje; con dos toneladas de cal, se cosecharon doce toneladas de forraje; y con cuatro toneladas de cal, el rendimiento fue de catorce toneladas de forraje. Sería posible determinar, por simple observación de estos valores, la respuesta a las siguientes interrogantes: ¿existen diferencias significativas entre tratamientos?; ¿existen diferencias en rendimiento que justifiquen económicamente aplicar dos o cuatro toneladas de cal por hectárea? Obviamente, la respuesta es negativa. Debemos recurrir al análisis estadístico de los datos, para que, de acuerdo con sus resultados, establecer si debemos aceptar o rechazar la hipótesis nula: «No existen diferencias entre tratamientos». Por otro lado, debe medirse un de-

terminado número de variables teniendo en cuenta dos puntos de vista: sobre la base del rendimiento o productividad, y el análisis económico o de rentabilidad. Estos dos, en sí, permiten ranquear, mediante una separación de medias, los tratamientos para escoger y recomendar el más adecuado.

La prueba inicial será determinar si en verdad, producto de la aplicación de los tratamientos, existe o no diferencia en las unidades experimentales. Este análisis estadístico es lo que se llama análisis de varianza ADEVA⁽³⁵⁾, que fue introducido por Ronald Fisher⁽³⁶⁾. El mismo se basa en un procedimiento aritmético que consiste en desdoblarse una suma de cuadrados totales (variación total) en fuentes de variación reconocidas, incluyendo aquella que no se ha podido medir (proveniente de la variabilidad inherente al material experimental o de la falta de homogeneidad del ambiente en el que se realizó el experimento), fuente de variación a la que se conoce como residuo, resto o error experimental. «Si la(s) variable(s) explicativa(s) son categóricas en vez de continuas, entonces nos enfrentamos a un caso típico de análisis de la varianza o ANOVA (ADEVA en español)» [36].

En un diseño de bloques completos al azar, la fuente de variación total se desdobla en aquella proveniente de la agrupación de los tratamientos en bloques o repeticiones, la causada por los tratamientos y la inherente al material experimental; así como la originada por el ambiente heterogéneo en que se llevó a cabo el ensayo. Como se anotó, a esta fuente no controlable, se le conoce como error experimental.

El ADEVA es utilizado en todos los campos de investigación, cuando los datos son medidos cuantitativamente; es decir, cuando las observaciones se hallan en forma de números. Su uso ha significado una gran expansión para el diseño experimental y, como veremos adelante, cada diseño tiene su propio ADEVA.

(35) **ADEVA (ANOVA)**: colección de modelos estadísticos (sus procedimientos asociados), donde, la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas. Tiene gran aplicación y uso en el análisis y diseño de experimentos: para conocer el efecto de tratamientos en la variabilidad de la variable respuesta.

(36) **Ronald Aylmer Fisher** (1890-1962): eminente bioestadístico inglés, que a partir de 1919 desarrollaría el análisis de la varianza. Se le reconoce especialmente por el gran aporte que hizo con la aplicación del cálculo estadístico a la investigación experimental.

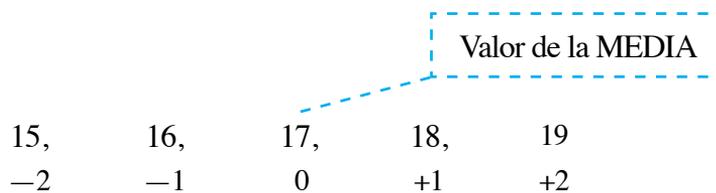
Las suposiciones básicas del ADEVA, a partir del cual se efectuarán las pruebas de significación, son:

- Los efectos de tratamientos y ambientales son aditivos.
- El error experimental constituye un elemento al azar, normal e independiente distribuido, con media cero y varianza común.

7.1.2. Los grados de libertad (G.L.)

Es igual al número de comparaciones independientes menos uno (número de restricciones impuestas, que puede hacerse en un grupo de datos). Por ejemplo, si suponemos que el rendimiento de cinco variedades de alfalfa (muestra) es de 15, 16, 17, 18 y 19, la media es 17. Las desviaciones de los números con respecto a su media (que deben sumar cero), serían entonces según se muestra en la figura 7.1.

Figura 7.1. Valor de la media



Es decir que, en esta muestra formada por cinco datos, uno queda fijo (la restricción viene dada por $\bar{x} = 17$), porque \bar{x} ha sido usada como el origen para las desviaciones. Entonces quedan cuatro valores (cuatro grados de libertad), que pueden ser comparados en forma independiente con la media.

O sea que, en general, el número de grados de libertad de una muestra de datos está dado por $(n - 1)$: el total de observaciones menos uno. La varianza de la muestra puede ser calculada según la expresión 7.1.

$$s^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1} = \frac{\text{Suma.de.Cuadrados.Corregidos}}{n - 1} \quad (7.1)$$

La varianza, o cuadrado medio, es el cociente que resulta de dividir la suma de cuadrados (S.C.) para el número de grados de libertad. Dentro del ADEVA y para obtener el valor de Fcal (Fisher calculado, que denota la significación entre tratamientos), se divide el cuadrado medio (C.M.) de tratamientos para el cuadrado medio del error.

Al comparar el valor de F calculado con el valor de F tabular, para el número de grados de libertad de tratamientos y del error, podemos establecer si existe significación o no. Habrá significación o diferencia estadística significativa en caso de que el valor de F calculado sea mayor que el tabular, al nivel de significación escogido (generalmente del 5 % y del 1 %).

Cuando el valor de F calculado es mayor que el de F tabular, podemos rechazar la hipótesis nula de que no existen diferencias entre tratamientos y aceptamos la hipótesis alternativa. En este último caso, el siguiente paso sería efectuar las comparaciones entre medias de tratamientos, a fin de conocer cuáles de ellos son superiores.

Existen dos formas de determinar o analizar la variabilidad de los tratamientos en el ADEVA para la toma de decisiones:

- Mediante el estudio de Fisher calculado, relacionándolo con el Fisher tabular como se explicó anteriormente, que, en resumen, cita lo siguiente:
 - Si $F_{cal} > F_{tab \alpha 0,05}$ y $< F_{tab \alpha 0,01}$ la respuesta es significativa y se la representa con un solo asterisco (*).
 - Si $F_{cal} > F_{tab \alpha 0,05}$ y $> F_{tab \alpha 0,01}$ la respuesta es altamente significativa y se la representa con dos asteriscos (**)
 - Si $F_{cal} < F_{tab \alpha 0,05}$ la respuesta no es significativa y se la representa con las letras «ns» (no significativo).
- Mediante el estudio de la probabilidad calculada en el ADEVA.
 - Si la probabilidad calculada tiene un valor $< 0,05$ y $> 0,01$ la respuesta estadística es significativa y se la representa con un solo asterisco (*).

- Si la probabilidad calculada tiene un valor $< 0,05$ y $< 0,01$ la respuesta estadística es altamente significativa y se la representa con dos asteriscos (**).
- Si la probabilidad calculada tiene un valor $> 0,01$ y $> 0,05$ la respuesta estadística no es significativa y se la representa con las letras «ns» (no significativo).

El análisis de varianza, como se dijo anteriormente, fue desarrollado y ampliamente introducido en la práctica de las investigaciones biológicas, agronómicas y pecuarias a partir de los trabajos del científico inglés Fisher, quien descubrió la «Ley de Distribución de la relación de los cuadrados medios» (varianzas o dispersiones).

El análisis de varianza o «dispersión», como también se lo puede llamar, se utiliza regularmente para la planificación del experimento y procesamiento estadístico de los resultados (datos) obtenidos en ensayos y/o experimentos.

Este análisis, de manera general, consiste en el procesamiento de grupos de datos pertenecientes a varias muestras (comúnmente conocidas como tratamientos), que componen un complejo estadístico único, reducido en forma de tabla estadística. La estructura del complejo y su análisis consiguiente se determina por el diseño y método experimental.

La esencia del análisis de varianza lo constituye el desdoblamiento de la *suma total de los cuadrados* de las desviaciones y de la *suma total de los grados de libertad* en sus componentes, que corresponden a la estructura del ensayo y/o experimento. Sobre la base de este desdoblamiento, se valora la significación estadística (probabilidad de acierto y error) de la acción (efecto), interacción (interfecto) de los factores experimentados, o estudiados, haciendo uso del criterio F (introducido por Fisher). Este tiene su origen en la siguiente relación 7.2:

$$F = \frac{\text{Cuadrado Medio o estimación de la varianza entre muestras (tratamientos)}}{\text{Cuadrado Medio o estimación de la varianza entro de las muestras (tratamientos)}} \quad (7.2)$$

Veremos más adelante el caso más simple del análisis de varianza, aplicable al diseño completo al azar o randomizado, en el que se estudia el efecto de un solo factor aplicado a varias muestras provenientes de una misma población.

7.1.3. Desdoblamiento de la suma de los cuadrados en variabilidad entre muestras y dentro de las muestras

El análisis de varianza de resultados de experimentos, en los que se ha estudiado el efecto de un solo factor sobre algunas muestras independientes (tratamientos), consiste en medir la variabilidad total del atributo estudiado en el complejo estadístico. Esta es medida por la suma total de los cuadrados, la misma que, a su vez, es desdoblada en dos componentes, en el caso más simple:

- Variabilidad entre las muestras (tratamientos), conocida como *suma de los cuadrados de los tratamientos*: $SC_{\text{Tratamientos}}$
- Variabilidad dentro de las muestras (tratamientos), conocida como *suma de los cuadrados del error y/o residuo*, toda vez que es producida por el error experimental: SC_{Error} y/o SC_{Residuo} .

Como ya dijimos antes, este desdoblamiento se aplica generalmente para el tratamiento estadístico de experimentos con diseño completo al azar, donde la variabilidad total del atributo estudiado (peso, altura, rendimiento, etc.) puede expresarse por la ecuación siguiente:

$$SC_{\text{Totales}} = SC_{\text{Tratamientos}} + SC_{\text{Error}} \quad (7.3)$$

La varianza entre las muestras ($SC_{\text{Tratamientos}}$) refleja aquella parte de la dispersión total que corresponde al efecto directo del factor estudiado en el ensayo y/o experimento, mientras que *la varianza dentro de las muestras* es producto la varianza casual o al azar del atributo, no relacionado con el factor estudiado. En otras palabras: la varianza dentro de las muestras está vinculada con el *error experimental*, con el efecto (acción e interacción) de factores casuales o eventuales, directamente no controlados en el experimento.

La suma total de *grados de libertad* en el caso más sencillo (diseño completo al azar) se desdobra en dos componentes:

- Los grados de libertad para los tratamientos, es decir para la variabilidad entre las muestras:

$GL_{\text{Tratamientos}} = (t - 1)$, donde «t» es el número de tratamientos (muestras) en el experimento

- Los grados de libertad para la variabilidad casual, es decir, dentro de las muestras

$GL_{\text{Error}} = (N - 1) = (t - 1) + (N - t)$; donde «N» es el número total de observaciones.

7.1.4. Modelo matemático para un diseño completamente al azar

Una observación (dato) X_{ij} , para un diseño completamente al azar, está formada por los siguientes componentes:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (7.4)$$

donde:

μ = la media general

τ_i = efecto proveniente de los tratamientos

ϵ_{ij} = error experimental para cada observación (dato)

Para una observación simple, sus componentes serían:

$$X_i = \mu + \epsilon_i \quad (7.5)$$

Observaciones:

El análisis de varianza permite utilizar un error generalizado de los promedios de cada tratamiento, que se basa en una mayor cantidad de observaciones. Por tanto se constituye en una fuente confiable de valorización estadística de los

efectos de los tratamientos entre sí. Las *comparaciones pareadas*, que se fundamentan en la obtención de errores individuales promedios para cada tratamiento comparados entre sí por el criterio t Student, son menos confiables.

El análisis de varianza permite valorizar estadísticamente el efecto de uno o varios factores, tratar datos de experimentos simples y complejos. Evita cálculos largos y tediosos.

Entre los principales diseños experimentales que existen para determinar la variabilidad de un determinado material experimental por el efecto de los tratamientos aplicados; y dentro del área agropecuaria están:

- Diseño completamente al azar.
- Diseño de bloques completos al azar.
- Diseño de Cuadrado Latino.

Desde el punto de vista de los factores que se deben estudiar, iniciaremos nuestro recorrido con el modelo de los monofactoriales, y posteriormente de las factoriales (dos o más factores de estudio), donde se complican aún más el cálculo; por lo tanto, se requiere de la utilización de paquetes estadísticos computacionales.

7.2. EXPERIMENTOS MONOFACTORIALES

7.2.1. Análisis de varianza para datos en un diseño completamente al azar (DCA)

El diseño completamente al azar (DCA) es el diseño más simple y se le usa cuando las unidades experimentales son homogéneas (cuando la variación entre ellas es muy pequeña). Tal es el caso de experimentos de laboratorio, cámaras de crecimiento e invernaderos, en los que las condiciones ambientales son controladas. Esta es una prueba con un solo criterio de clasificación equivalente a la prueba no pareada de t Student.

Entre las principales ventajas podríamos indicar:

- Es fácil de planear.
- Es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones: el límite está dado por el número de macetas, unidades experimentales, invernaderos.
- No es necesario que el número de tratamientos sea igual al número de repeticiones.
- No se calcula parcelas perdidas en invernaderos.

Por no tener muchas restricciones, aumenta el número de grados de libertad para el error.

Entre las desventajas más notables se encuentran:

- No es eficiente con material heterogéneo.
- Puesto que no existen restricciones en cuanto a la randomización, el error experimental incluye la variación total entre las unidades experimentales, excepto aquella debida a los tratamientos. Es deseable agrupar las unidades experimentales, de tal modo que la variación entre estas, dentro de cada grupo, sea menor que la variación entre unidades experimentales en diferentes grupos. Esta condición se cumple en el diseño de bloques completos al azar y cuadrado latino.

El modelo matemático para estos cálculos se muestra en la ecuación 7.6.

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} \quad (7.6)$$

donde:

μ = la media general

τ_i = efecto proveniente de los tratamientos

ϵ_{ij} = error experimental para cada observación (dato)

7.2.2. Diseño completamente al azar con desigual repetición

A veces se da el caso de que, por insuficiencia de material para todos los tratamientos o porque se han perdido unidades experimentales para ciertos tratamientos, no se dispone de igual número de observaciones por cada caso. Esta es una de las ventajas del DCA, donde se pueden analizar los datos directamente sin tener que calcular parcelas perdidas.

El siguiente ejemplo ilustrará el método de cálculo, según [37].

Ejercicio 1:

Tema: «Estudio comparativo de cuatro sistemas de manejo para incentivar a la producción de leche en vacas Holstein»

Variable: rendimiento según las tasas promedio de la raza (%)

1. Los resultados experimentales se presentan en la tabla 7.1.

Tabla 7.1. Repeticiones y tratamientos

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T1	T2	T3	T4
I	45	35	34	41
II	46	33	34	41
III	49	-	35	44
IV	44	-	34	43
V	-	-	33	41
VI	-	-	-	42
VII	-	-	-	44
VIII	-	-	-	41
IX	-	-	-	41
Observaciones	4	2	5	9
Suma Trat ($\sum X_i$)	184	68	170	378
Media Trat (\bar{X}_i)	46	34	34	42
$\sum X_i$	800	$n = 20$	$\bar{X} = \frac{800}{200}$	40

$$FC = \frac{(\sum X_i)^2}{n} = \frac{(800)^2}{20} = 32\,000$$

$$SC_{\text{Totales}} = \sum X^2 - FC = (45^2 + 46^2 + 49^2 + \dots + 41^2) - 32\,000 = 464$$

$$SC_{\text{Tratamiento}} = \frac{\sum \tau_i^2}{n} - FC$$

$$SC_{\text{Tratamiento}} = \left[\frac{(184)^2}{4} + \frac{(68)^2}{2} + \frac{(170)^2}{5} + \frac{(378)^2}{9} \right] - 32\,000 = 432$$

$$SC_{\text{Error}} = SC_{\text{Totales}} - SC_{\text{Tratamientos}}$$

$$SC_{\text{Error}} = 464 - 432 = 32$$

2. ADEVA

En la tabla 7.2, se presenta el análisis de varianza o ADEVA (ANOVA).

Tabla 7.3. Análisis de varianza o ADEVA

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher tabular	
					0,05	0,01
Total	464,00	19				
Tratamientos	432,00	3	144,00	72,00**	3,24	0,29
Residuo (error)	32,00	16	2,00			

$$C. V. = \frac{\sqrt{\text{Cuad. Med. Error}}}{\text{Media. Gener.}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{200}}{40} = 3,53 \%$$

3. Interpretación del ADEVA

La respuesta de los cuatro sistemas de manejo para la producción de leche en hembras bovinas Holstein Friesian presentó diferencias estadísticas altamente significativas.

Ensayo:

El rendimiento (ganancia diaria de peso, en gramos) de pollos broiler frente a cinco tipos de racionamiento para controlar el síndrome de ascítis⁽³⁷⁾ en la Sierra, en la etapa inicial, se distribuye de la siguiente manera.

Tabla 7.4. Repeticiones y tratamientos

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	T1	T2	T3	T4	T5
I	9	9	16	11	13
II	13	16	17	10	19
III	8	11	21	15	24
IV	12	13	14	11	28
V	10	15	22	8	25
VI	15	12	18	9	16

Calcule el ADEVA, C.V. e interprete los resultados.

(37) **Ascítis**: tumefacción abdominal: acumulación anormal de líquido en el abdomen.

7.2.3. Diseño Completamente al azar con igual repetición

Ejercicio 2:

Tema: «Comparación productiva de cuatro dietas alimenticias respecto a un testigo, en la alimentación de codornices»

Variable: producción (huevos / año)

1. Resultados experimentales obtenidos.

Tabla 7.6. Resultados experimentales

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Suma Trat (ΣX_i)	Media Trat (\bar{X}_i)
	I	II	III	IV		
Control	454,00	470,00	430,00	500,00	1 854,00	463,50
T1	502,00	550,00	490,00	507,00	2 049,00	512,25
T2	601,00	670,00	550,00	607,00	2 428,00	607,00
T3	407,00	412,00	475,00	402,00	1 696,00	424,00
T4	418,00	470,00	460,00	412,00	1 760,00	440,00
					9 787,00	489,35
					ΣX_i	\bar{X}

$$FC = \frac{(\Sigma X_i)^2}{n(t \cdot r)} = \frac{(9.787,00)^2}{(5 \cdot 4)} = 4\,789\,268,45$$

$$SC_{\text{Totales}} = \Sigma X_{..}^2 - FC = (454^2 + 502^2 + 601^2 + \dots + 412^2) - 4\,789\,268,45$$

$$SC_{\text{Totales}} = 4\,894\,209,00 - 4\,789\,268,45 = 104\,940,55$$

$$SC_{\text{Tratamiento}} = \frac{\Sigma \tau_i^2}{n} - FC$$

$$SC_{\text{Tratamiento}} = \left[\frac{(463,50)^2 + (512,25)^2 + (607,00)^2 + (424,00)^2 + (440,00)^2}{4} \right] - 4\,789\,268,45$$

$$SC_{Tratamiento} = \left[\frac{19\,504\,917,00}{4} \right] - 4\,789\,268,45 = 86\,960,80$$

$$SC_{Error} = SC_{Totales} - SC_{Tratamientos}$$

$$SC_{Error} = 104\,940,55 - 86\,960,80 = 17\,979,75$$

2. ADEVA

En la tabla 7.7 se muestra una tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos.

Tabla 7.7. Tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher tabular	
					0,05	0,01
Total	104 940,55	19				
Tratamientos	86 960,80	4	21 740,20	18,14**	3,06	4,89
Error	17 979,75	15	1 198,65			

$$C. V. = \frac{\sqrt{Cuad.Med.Error}}{Media.Gener.} \cdot 100 = \frac{\sqrt{1.198,65}}{489,35} = 7,08 \%$$

3. Interpretación del ADEVA

Las cuatro dietas que se aplicaron en codornices resultaron con diferencias altamente significativas en la producción anual de huevos.

7.2.4. Análisis de varianza para datos en un diseño de bloques completamente al azar (BCA)

En la mayoría de los experimentos de campo y de otro tipo, es difícil obtener uniformidad dentro de las unidades experimentales. Así, por ser universal la heterogeneidad del suelo, es necesario restringir la variabilidad del mismo agrupando los tratamientos en bloques o repeticiones.

Cuando se experimenta con animales, aquellos de una misma edad, sexo y peso darán respuestas uniformes, en contraste con animales de características diversas.

El diseño de bloques completos al azar (BCA) es probablemente el más aplicado en experimentación por las ventajas que ofrece.

El objetivo de este tipo de diseño es reunir o agrupar las unidades experimentales, a las que se aplicarán los tratamientos, de acuerdo a niveles de variación de una sola fuente de variabilidad; por ejemplo, solo fertilidad, solo pendiente, solo humedad, solamente peso de animales, número de partos, etc.; y se dispone en cada grupo de un número de unidades igual al número de tratamientos que va a estudiarse, por lo que se afirma que bloques y tratamientos son ortogonales.

De aquí se desprende que el bloque esté formado por el conjunto de unidades experimentales que responden a un mismo nivel de variación, y por lo tanto forma un conjunto relativamente homogéneo.

También se puede afirmar que la variabilidad entre unidades experimentales de diferentes bloques será mayor que entre unidades dentro del mismo bloque. En consecuencia, las diferencias que se encuentren entre unidades serán por efecto de los tratamientos, y la diferencia que no se deba a esta causa será removida por el diseño, ya que forma parte del error experimental.

El diseño exige que, durante la ejecución del experimento, las unidades dentro de cada bloque sean tratadas en igual forma. Los cambios que eventualmente se requieran, deben realizarse en un nuevo bloque, evitando que:

- Un bloque sea tratado con distintas técnicas
- Tratado por distintos operarios

- Que, en el caso de cultivos, sean cosechados en distintos días
- O que se lleven los registros en distintos días

En los experimentos de campo, las repeticiones o bloques se distribuyen en forma compacta, generalmente.

La mayoría de los investigadores recomiendan un número de no más de quince a veinte tratamientos cuando se emplea una distribución de unidades experimentales en bloques completos al azar. Cuando la cantidad de tratamientos es mayor a ocho o diez, es conveniente que en cada bloque se disponga de dos o más parcelas para el testigo o estándar, lo que permite significativamente aumentar la precisión de las comparaciones entre los tratamientos y los testigos.

Las ventajas de distribuir las unidades experimentales en bloques completos al azar son las siguientes:

- Al responder las unidades experimentales en cada bloque a un nivel diferente de una fuente de variabilidad, se elimina de la variabilidad total (que de otra manera enmascararía el efecto de los tratamientos). Por ello es más efectivo este diseño que el diseño completamente al azar, siempre y cuando existan diferencias reales entre bloques.
- Se pueden tener más repeticiones para aquellos tratamientos en que se tenga o desee mayor interés, sin que ello signifique contrariar el principio del diseño. En este caso, la denominación bloque deja de ser sinónimo de repetición para esos tratamientos.
- Cuando se han perdido parcelas, animales o datos de unidades experimentales, se pueden hallar valores promedios que los sustituyan. Cuando el número de parcelas perdidas es muy elevado, los cálculos de análisis de variancia deben realizarse por la técnica del diseño completamente al azar.

Este tipo de análisis tiene también algunas desventajas, como las que se comentan a continuación:

- No es apropiado para un número elevado de tratamientos, debido a que aumenta el tamaño del bloque, y consecuentemente se acrecentará la heterogeneidad.

- No es recomendable cuando hay alta variabilidad del material experimental, en cuyo caso habrá que recurrir a otro tipo de distribución de los tratamientos, como el diseño de bloques incompletos.
- Si los niveles de la fuente de variación (que sirvieron para el establecimiento de los bloques) no causan un efecto diferente sobre los resultados del experimento, no se obtiene ganancia en la precisión respecto al diseño completo al azar, y existen, por el contrario, pérdidas debido a la disminución del número de grados de libertad para el error.

En el caso de interacción de los efectos de los tratamientos con los niveles de variabilidad de los bloques, la interacción en el análisis de varianza se incluye en el error experimental e incrementa su valor.

Modelo matemático

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (7.7)$$

donde:

μ = la media general

τ_i = efecto proveniente de los tratamientos

β_j = efecto proveniente de los bloques o repeticiones

ϵ_{ij} = error experimental para cada observación (dato)

Ejercicio 3:

Tema: «Comparación de dos sistemas de producción de pollos de engorde»

Variable: conversión alimenticia etapa total (0-49 días)

1. Los resultados experimentales se muestran en la tabla 7.8.

Tabla 7.8. Resultados de las corridas experimentales

Repeticiones	Tratamientos		Suma repeticiones
	Jaula	Piso	
I	1,74	1,99	3,73
II	1,71	1,89	3,60
III	1,85	1,86	3,71
IV	1,89	1,84	3,73
V	1,75	1,91	3,66
VI	1,77	1,79	3,56
VII	1,73	1,89	3,62
VIII	1,71	1,81	3,52
IX	1,87	1,87	3,74
X	1,84	1,79	3,63
Suma _{Tratamiento}	17,86	18,64	
Media _{Tratamiento}	1,79	1,86	
	SUMA TOTAL $\sum X_i$		36,50
	MEDIA GENERAL \bar{X}		1,83

$$FC = \frac{(\sum X_i)^2}{n(t \cdot r)} = \frac{(36,50)^2}{(2 \cdot 10)} = 66,61$$

$$SC_{\text{Totales}} = \sum X_i^2 - FC = (1,74^2 + 1,71^2 + 1,85^2 + \dots + 1,79^2) - 66,61$$

$$SC_{\text{Totales}} = 66,72 - 66,61 = 0,1075$$

$$SC_{\text{Tratamiento}} = \frac{\sum \tau_i^2}{n} - FC$$

$$SC_{\text{Tratamiento}} = \left[\frac{(17,86)^2 + (18,64)^2}{10} \right] - 66,61$$

$$SC_{Tratamiento} = \left[\frac{666,43}{10} \right] - 66,61 = 0,0304$$

$$SC_{Bloques} = \frac{(\sum \beta_i)^2}{t} - FC$$

$$SC_{Bloques} = \frac{(3,73^2 + 3,60^2 + 3,71^2 + \dots + 3,63^2)}{2} - 66,61$$

$$SC_{Bloques} = \frac{133,28}{2} - 66,61 = 0,0267$$

$$SC \text{ Error} = SC \text{ Totales} - SC \text{ Tratamientos} - SC \text{ Bloques}$$

$$SC \text{ Error} = 0,1075 - 0,0304 - 0,0267 = 0,0504$$

2. ADEVA

En la tabla 7.9, se muestra una tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos.

Tabla 7.9. Tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher tabular	
					0,05	0,01
Total	0,1075	19				
Tratamientos	0,0304	1	0,0304	5,43*	5,12	10,56
Bloques	0,0267	9	0,0030	0,53		
Error	0,0504	9	0,0056			

$$C. V. = \frac{\sqrt{Cuad.Med.Error}}{Media.Gener.} \cdot 100 = \frac{\sqrt{0,0056}}{1,83} = 4,09 \%$$

3. Interpretación del ADEVA

Los dos sistemas de crianza de pollos broiler presentaron diferencias estadísticas significativas en la conversión de alimento en la etapa total de crianza.

7.2.5. Análisis de varianza para datos en un diseño cuadrado latino (DCL)

Este tipo de diseño generalmente se utiliza en experimentos donde se requieren corregir dos fuentes de variabilidad en diferente sentido; esto ocurre en ensayos agrícolas de campo. La distribución de los tratamientos es ortogonal, es decir, balanceado en dos direcciones mutuamente perpendiculares; la restricción para controlar la variabilidad está en dos direcciones: filas o hileras y columnas. Esto permite eliminar, de la variación total de la propiedad resultante debido al efecto de los tratamientos, la variación producto de la heterogeneidad por columnas e hileras.

Se lo utiliza cuando el gradiente del suelo va en dos direcciones; se arreglan los tratamientos en bloques en doble sentido, para que cada tratamiento aparezca una sola vez en cada fila y cada columna. El análisis de los datos puede remover el error: la variabilidad debida a diferencias entre filas y comunas.

Puede usarse en ganadería, comercialización, industria, agronomía, etc. Es importante que exista el mismo número de tratamientos, filas y columnas.

Es adecuado cuando el número de tratamientos va de cuatro a doce: 4x4, 5x5, ...12x12. Cuando se usan cuadrados pequeños, existe la desventaja de disponer de pocos grados de libertad para el error; la alternativa sería usar más de un cuadrado.

Para cuatro tratamientos, el arreglo podría ser como se muestra en la figura 7.2 (n x n):

Figura 7.2. Arreglo para cuatro tratamientos

A	D	B	C
D	C	A	B
C	B	D	A
B	A	C	D

n

Modelo matemático

$$X_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \zeta_k + \epsilon_{ijk} \quad (7.8)$$

donde:

μ = la media general

τ_i = efecto proveniente de los tratamientos

β_j = efecto proveniente de las filas o hileras

ζ = efecto proveniente de las columnas

ϵ_{ijk} = error experimental para cada observación (dato)

Ejercicio 4.

Tema: «Estudio de diferentes sistemas de fertilización en pasto “elefante” (*Pennisetum purpureum Schum*) para alimentación de ganado de carne».

Variable: rendimiento (toneladas de forraje verde/ha/corte)

Ver resultados experimentales en la tabla 7.10.

Tabla 7.10. Resultados experimentales

HILERAS	COLUMNAS					Suma hileras	Suma tratam	Media tratam
	1	2	3	4	5			
1	35,3 D	31,1 C	32,6 A	33,4 B	33,8 E	166,2	163,5 A	32,70 A
2	40,8 B	33,7 A	39,3 E	37,7 C	37,3 D	188,8	162,2 B	32,44 B
3	35,8 E	27,7 B	37,2 D	31,8 A	35,8 C	168,3	173,7 C	34,74 C
4	34,2 A	35,3 D	36,9 C	40,0 E	33,9 B	180,3	178,8 D	35,76 D
5	32,2 C	33,7 E	26,4 B	33,7 D	31,2 A	157,2	182,6 E	36,52 E
SUMA	178,3	161,5	172,4	176,6	172,0		860,8	34,43
							Total	Media G.

$$FC = \frac{(\sum X_i)^2}{n(t \cdot r)} = \frac{(860,8)^2}{(5 \cdot 5)} = 29\ 639,07$$

$$SC_{Totales} = \sum X_{..}^2 - FC = (35,3^2 + 40,8^2 + 35,8^2 + \dots + 31,2^2) - 29\ 639,07$$

$$SC_{Totales} = 29\ 922,28 - 29\ 639,07 = 283,21$$

$$SC_{Tratamiento} = \frac{\sum \tau_i^2}{n} - FC$$

$$SC_{Tratamiento} = \left[\frac{(163,50)^2 + (162,20)^2 + (173,70)^2 + (178,80)^2 + (182,60)^2}{5} \right] - 29\ 639,07$$

$$SC_{Tratamiento} = \left[\frac{148\ 524,98}{5} \right] - 29\ 639,07 = 65,93$$

$$SC_{hileras} = \frac{(\sum \beta_i)^2}{t} - FC$$

$$SC_{Hileras} = \frac{(166,20^2 + 188,80^2 + 168,30^2 + 180,30^2 + 157,20^2)}{5} - 29\ 639,07$$

$$SC_{Hileras} = \frac{148.366,46}{5} - 29\ 639,07 = 34,23$$

$$SC_{\text{Error}} = SC_{\text{Totales}} - SC_{\text{Tratamientos}} - SC_{\text{Hileras}} - SC_{\text{Columnas}}$$

$$SC_{\text{Error}} = 0,1075 - 0,0304 - 0,0267 = 0504$$

2. ADEVA

En la tabla 7.12, se muestra un resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos.

Tabla 7.12. Tabla resumen de la descomposición de la variabilidad de los datos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fisher calculado	Fisher tabular	
					0,05	0,01
Total	283,21	24				
Tratamientos	65,93	4	16,48	3,32*	3,26	5,41
Hileras	123,47	4	30,87	6,22		
Columnas	34,23	4	8,56	1,72		
Error	59,58	12	4,97			

$$C. V. = \frac{\sqrt{\text{Cuad. Med. Error}}}{\text{Media. Gener.}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{4,97}}{34,43} = 6,47 \%$$

3. Interpretación del ADEVA

Las diferentes fertilizaciones en el pasto elefante presentaron diferencias significativas en el rendimiento de forraje verde por hectárea y por corte.

7.3. TRANSFORMACIONES: PRUEBAS DE TUKEY, SCHAFFE Y OTROS CÁLCULOS

7.3.1. Transformaciones

Una de las suposiciones básicas para el uso del error combinado en el ADEVA es que los errores de las variables son independientes y normalmente distribuidos con la misma varianza.

Hay ocasiones en que esto no sucede. En Entomología (ciencia que estudia los insectos y otros artrópodos), p. ej., las parcelas tratadas con insecticidas van a presentar un amplio rango en la cantidad de insectos o en cuanto al daño producido por ellos. En este caso, las suposiciones de independencia y normalidad no se cumplen. Para poder usar el ADEVA, hay que transformar los datos, en cuyo caso, la prueba de F es mucho más sensitiva para detectar diferencias reales entre tratamientos. En todo caso, se trata de controlar la heterogeneidad del error, llamada heterocedasticidad⁽³⁸⁾.

En los ejemplos mencionados, existe dependencia entre medias de tratamientos y sus varianzas (distribución de Poisson). Al transformar los datos, se puede contar con poblaciones homogéneas.

Cuando el análisis estadístico de los datos originales da un coeficiente de variación muy alto o si se aprecia que los datos tienen un rango amplio, es conveniente graficarlos dentro de ejes de coordenadas a fin de tratar de establecer a qué tipo de distribución se ajustan mejor. Si queda descartada la distribución normal, y parece más bien que se trata de una distribución binomial o de Poisson, es conveniente usar los tres tipos de transformaciones que se mencionan a continuación para bajar el coeficiente de variación en el ADEVA.

(38) **Heterocedasticidad:** cuando los errores no son constantes en toda la muestra: cuando la varianza de los errores no permanece constante en todas las observaciones realizadas.

7.3.1.1. Transformación a raíz cuadrada

Cuando los datos son números enteros pequeños, como el conteo de número de insectos o huevos de insectos en un área dada, siguen generalmente la distribución de Poisson, en cuyo caso se los debe transformar.

El procedimiento para hacerlo consiste en extraer la raíz cuadrada de cada observación antes de proceder con el ADEVA. Para valores muy pequeños, se codifica, añadiendo a cada observación 0,5, en cuyo caso la raíz cuadrada queda como $\sqrt{(X+0,5)}$.

Se recomienda este tipo de transformación cuando las observaciones están expresadas como porcentajes, y estos van de cero a veinte o de ochenta a cien. Si el rango de observaciones va de treinta a setenta, generalmente no es necesario transformar los datos.

7.3.1.2. Transformación logarítmica

Los efectos multiplicativos en la escala original se convierten en aditivos en la escala logarítmica. Para cantidades cero, se añade uno a cada observación y, en lugar de $\log. X$, se toma el $\log. (X + 1)$.

Cuando las varianzas son proporcionales al cuadrado de las medias, la transformación logarítmica iguala las varianzas. Se usa este tipo de transformación cuando las observaciones son números positivos que tienen un rango amplio.

7.3.1.3. Transformación arcoseno

Aplicable para la distribución binomial, en la que los datos están expresados como fracciones o porcentajes, en especial cuando estos presentan un rango am-

plio. Después del ADEVA, se deben interpretar y comparar los datos transformados, pero no se pueden reconvertir a las unidades originales.

En una publicación en la que se muestran los resultados de un ensayo, se deben presentar los datos originales explicando que, para su análisis, han sido transformados. Pueden también presentarse los datos transformados, con la desviación típica de los mismos.

La varianza de los resultados observados está dada por \sqrt{Npq} , o lo que es igual, $\sqrt{(p(1-p)N)}$. La transformación de arcoseno de las proporciones observadas presenta una varianza aproximadamente constante, a menos que $Np < 0,8$; o que $N(1 - p) < 0,8$. La transformación puede obtenerse usando la tabla de funciones de una proporción p para los valores X y N . Los valores tabulares están en radianes (1 radián = $180^\circ/3,1416$: unidad de medida de ángulos), y la varianza de

las medias transformadas es aproximadamente $\frac{1}{\left(n + \frac{1}{2}\right)}$.

La fórmula para la transformación es:

$$\varphi = \text{arco-seno} \sqrt{\frac{X}{N+1}} + \text{arco-seno} \sqrt{\frac{(X+1)}{N+1}}$$

o más usualmente, $\varphi = \text{arco-seno} \sqrt{X}$ (de acuerdo con la tabla respectiva).

En este caso, las observaciones transformadas resultan aproximadamente normales.

7.3.2. Cálculo de parcelas perdidas

Dentro del proceso de experimentación, pueden presentarse problemas con el material experimental debido a la pérdida de una o más unidades experimentales (pérdida de parcelas agrícolas o muerte de animales sin causa del tratamiento aplicado). Se puede recuperar estadísticamente esta parcela perdida y encontrar datos posibles para aplicar normalmente un ADEVA.

En el diseño de bloques completamente al azar, puede darse el caso de que un ataque de pájaros o insectos haya destruido la parcela completa, o que, en el ensayo de animales, uno de ellos se perdió por ataque de algún microorganismo extraño al experimento. Se estimará entonces el valor faltante antes de proceder con el ADEVA. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$X = \frac{rB + tT - G}{(r-1)(t-1)} \quad (7,9)$$

donde:

X = parcela perdida

r = número de repeticiones

B = total del bloque donde se perdió la parcela

t = número de tratamientos

T = total de la hilera en la que se perdió la parcela

G = gran total general

Una vez estimado el valor perdido, se llena la celda respectiva con ese valor y se procede al cálculo del ADEVA en forma normal.

En el caso del diseño cuadrado latino, la fórmula para la estimación de las parcelas perdidas es:

$$X = \frac{r(F+C+T)-2G}{(r-1)(r-2)} \quad (7,10)$$

donde:

F = total de la fila donde se perdió la parcela

C = total de la columna donde se perdió la parcela

T = suma total de tratamientos

7.3.3. Pruebas para la comparación de tratamientos

Como se explicó anteriormente, el ADEVA expresa el grado de variabilidad estadística de los tratamientos. No obstante, en esta variabilidad encontrada no se categoriza o ranquea a cada uno de los tratamientos individualmente; por lo tanto, conviene analizar los resultados mediante otra prueba conocida como separación de medias o significación.

El t Student puede determinar la variabilidad de dos medias. No obstante, cuando se cuenta con más de dos (varios tratamientos), no existe tal posibilidad o es muy tediosa. Hay varios procedimientos para comparar tratamientos, los mismos que difieren según el grado de estrictez. Comúnmente se utilizan las siguientes pruebas:

- Diferencia mínima significativa (DMS)
- Rango múltiple de Duncan
- Prueba de Tukey
- Prueba de Scheffé

La primera (DMS) no es muy utilizada. Es de muy fácil cálculo y simple utilización, pero no es muy confiable, aunque, en comparaciones de cada una de las medias con el testigo, los resultados son satisfactorios.

7.3.3.1. Rango múltiple de Duncan (RMD)

Esta prueba no requiere que el valor del F_{cal} sea significativo. Es más estricta que la prueba del DMS y permite comparar todas las medias entre sí, sin restricciones. No requiere, como la DMS o t Student, previamente la prueba de Fisher.

El procedimiento es sencillo:

- Se debe encontrar el valor del error del experimento con la expresión:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s_{ERROR}^2}{r}} \quad (7,11)$$

donde:

s_{ERROR}^2 = el cuadrado medio del error experimental

r = el número de repeticiones

Observaciones:

- Se ordenan la media ascendentemente de menor a mayor.
- Observamos el valor (tabla de Duncan), el valor t_p , utilizando los grados de libertad del error y el número de medias consideradas (tratamientos).
- Encontramos el límite de significancia (RMD), multiplicando el valor tabular con $S_{\bar{x}}$.
- Realizamos la respectiva comparación, restando el límite de significancia de la media (iniciando en la media mayor), y codificando con letras (a, b, c...) desde el límite derecho.
- La media codificada con la letra a, se supone que es el mejor tratamiento estadísticamente, puesto que lleva el más alto valor (excepto en la conversión alimenticia); si existen dos medias con la misma letra, los tratamientos son idénticos estadísticamente.

Ejercicio 5:

Con los datos del ejercicio 2, se pretende separar las medias de los tratamientos usando el rango múltiple de Duncan.

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s_{ERROR}^2}{r}} = S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1\ 198,65}{4}} \pm 17,31$$

Finalmente, en la tabla 7.13, se recogen los valores obtenidos para $S_{\bar{x}}$, para los tratamientos y control.

Tabla 7.13. Representación de las medias para los diferentes tratamientos

Tratamientos	T3	T4	Control	T1	T2
Medias	424,00 c	440,00 c	463,50 bc	512,25 b	607,00 a
Ti ($\alpha 0.05$)		3,01	3,16	3,25	3,36
$S_{\bar{x}}$		17,31	17,31	17,31	17,31
LS (RMD)		52,1031	54,6996	56,2575	58,1616

Interpretación

De acuerdo a Duncan ($\alpha 0,05$), para la separación de medias, el mejor tratamiento para la alimentación de codornices resultó la dieta 2 (T2), puesto que se obtuvieron 607 huevos en promedio por año. Seguidamente se ubicaron los animales que fueron alimentados con la dieta 1 (T1), debido a que lograron producir 512,25 huevos. Este último tratamiento superó estadísticamente al resto excepto al control (463,50 huevos /año).

7.3.3.2. Prueba de Tukey

Es un poco similar a la DMS en cuanto se refiere a que es necesario un solo valor para determinar la significación de las diferencias, pero en cambio es más estricta que el DMS y Duncan, ya que la unidad considerada es el experimento mismo.

La prueba consiste en calcular un valor D, que es el producto de $S_{\bar{x}}$ y un factor Q tomado de la tabla de puntos de porcentaje de rangos del error y del número de tratamientos involucrados.

$$D = Q_{(g,\text{del.Error})} \cdot S_{\bar{x}} \tag{7.12}$$

Ejercicio 6:

Con los datos del ejercicio 3, separar las medias de los tratamientos usando la prueba de Tukey ($\alpha 0,05$).

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2_{ERROR}}{r}} = S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{0,0056}{10}} \pm 0,02366$$

En la tabla 7.14, se exponen los valores calculados. Diferencia entre las medias de eficiencia alimenticia con crianza en jaula y en el piso.

Tabla 7.14. Valores calculados. Diferencia entre las medias de eficiencia alimenticia con crianza en jaula y en el piso

Tratamientos	Jaula	Piso
Medias	1,79 b	1,86 a
Ti ($\alpha 0.05$)		3,20
$S_{\bar{x}}$		0,02366
LS (RMD)		0,07

Interpretación

Según Tukey ($\alpha 0,05$) para la separación de medias, el mejor sistema para la cría de broiler es el de jaula, puesto que la eficiencia alimenticia es mejor (1,79) respecto al piso (1,86).

7.3.3.3. Prueba de Scheffe

Es más estricta que todas las anteriores. Se utilizan los valores de la tabla Fisher (la misma usada para determinar la significancia o no entre tratamientos dentro del ADEVA). El valor S calculado se compara con los promedios de los tratamientos.

$$S = (F_o) \cdot (S_{\bar{d}}) \tag{7.13}$$

$$F_o = \sqrt{(F(t-1))} \tag{7.14}$$

donde:

F = valor tabular (Fisher) de acuerdo al número de grados de libertad del error y al nivel de significación escogido

(t-1) = número de tratamientos - 1

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2_{ERROR}}{r}}$$

S^2_{ERROR} = suma de cuadrados del error experimental

R = número de repeticiones

Ejercicio 7:

Con los datos del ejercicio 4, separar las medias de los tratamientos usando la prueba de Scheffe ($\alpha 0,05$).

$$S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s^2_{ERROR}}{r}} = S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (4,97)}{5}} = 1,41$$

$$F_o = \sqrt{F(t - 1)} = F_o = \sqrt{3,26 \cdot (5 - 1)} = 3,611$$

Tabla 7.15. Resultados de los cálculos obtenidos

Tratamientos	B	A	C	D	E
Medias	162,20 d	163,50 d	173,70 c	178,80 ab	182,60 a
Fo		3,611	3,611	3,611	3,611
S _d		1,41	1,41	1,41	1,41
S		5,09	5,09	5,09	5,09

Interpretación

La prueba de Scheffe ($\alpha 0,05$) para la separación de medias determinó que el mejor tratamiento para el rendimiento de pasto elefante fue el tipo de fertilización E, puesto que obtuvo un rendimiento de 182,60 ton F.V./ha/corte (toneladas de forraje verde por hectárea y por corte), y superó a los demás, excepto al tratamiento D = 178,80 ton F.V./ha/corte.

7.4. EXPERIMENTOS FACTORIALES 0

El análisis de varianza que estudia el efecto de dos o más factores se realiza en dos etapas:

1.^a etapa: determinación de la suma de cuadrados total de la propiedad bajo estudio y su desdoblamiento en suma de cuadrados por tratamiento y el residuo.

2.^a etapa: la suma de los cuadrados por tratamientos se desdobra en dos componentes, que corresponden a las siguientes fuentes de variación:

- De los efectos principales de los factores estudiados;
- De los efectos producto de la combinación de los factores.

En un experimento bifactorial, la suma de los cuadrados de los tratamientos se desdoblará según la expresión (7.15).

$$SC_{\text{Tratamientos}} = SC_A + AS_B + SC_{AB} \quad (7.15)$$

Mientras que, para un experimento trifactorial el desdoblamiento sería según se expresa en el modelo matemático (7.16).

$$SC_{\text{Tratamientos}} = SC_A + AS_B + AS_C + SC_{AB} + SC_{AC} + SC_{BC} + SC_{ABC} \quad (7.16)$$

Pero, a más factores que estudiar dentro de un mismo experimento, el arreglo estadístico se va complicando. Por lo tanto, no es recomendable utilizar más de tres factores de estudio. Lo normal en experimentación animal, p. ej., son los estudios bifactoriales. Así se estudia el efecto de un desparasitante, dieta alimenticia, etc., en animales de dos sexos; o, el efecto sobre el rendimiento de un sistema de manejo en varias razas o líneas genéticas.

Los arreglos se realizan igualmente cuidando que el número de repeticiones sea por lo menos de cuatro; es decir, si se tiene un arreglo 3 x 2 x 4, significa que se estudian dos factores: el primero podrían ser tres fertilizantes aplicados en dos tipos de alfalfa (segundo factor) y con cuatro repeticiones cada uno. En este caso, se tendrían veinticuatro parcelas o unidades experimentales.

El cálculo a mano de estos diseños es muy tedioso y largo, por lo que se recomienda el uso del computador. En el presente trabajo, se conocerán elementos básicos para el análisis de datos de investigación a través del uso de paquetes estadísticos computacionales. Para tal efecto es importante conocer los diferentes modelos lineales aditivos o matemáticos, utilizados, por ejemplo, en diseños bifactoriales:

7.4.1. Modelos matemáticos en diseños bifactoriales

7.4.1.1. Diseño completamente al azar

$$X_{ij} = \mu + \tau_{ia} + \tau_{ib} + \tau_{i(a \cdot b)} + \epsilon_{ij} \quad (7.17)$$

A continuación, queda expresado más claramente, dándole nombre a las variables de la ecuación anterior:

Respuesta de una variable cualquiera	=	Media general	+	Efecto del factor A	+	Efecto del factor B	+	Efecto de la interacción A · B	+	Efecto del error experimental
---	---	---------------	---	---------------------	---	---------------------	---	--------------------------------	---	-------------------------------

7.4.1.2. Diseño de bloques completamente al azar

$$X_{ij} = \mu + \tau_{ia} + \tau_{ib} + \tau_{i(a \cdot b)} + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (7.18)$$

A continuación, queda expresado más claramente, dándole nombre a las variables de la ecuación 7.18:

Respuesta de una variable cualquiera	=	Media general	+	Efecto del factor A	+	Efecto del factor B	+	Efecto de la interacción A · B	+	Efecto de los bloques	+	Efecto del error experimental
---	---	---------------	---	---------------------	---	---------------------	---	--------------------------------	---	-----------------------	---	-------------------------------

7.5. USO DE PAQUETES ESTADÍSTICOS COMPUTACIONALES MÁS COMUNES EN CIENCIAS PECUARIAS

Los paquetes estadísticos computacionales son desarrollados para acelerar el proceso de obtención de datos experimentales. Entre los más usados en ciencias pecuarias, se encuentran:

- Statistical Analysis System (SAS)
- MSTAT-C o Michigan
- IBM SPSS
- Infostat
- Minitab

CAPÍTULO VIII. ASPECTOS ÉTICOS Y JURÍDICOS QUE RIGEN PARA LA EXPERIMENTACIÓN ANIMAL

Yo siento los sufrimientos de los animales tan intensamente que nunca me he dedicado a la caza o al deporte del tiro. El alarido de una alondra me llegaría al alma, pero cuando hemos de investigar los misterios de la vida o conseguir nuevas verdades, la soberanía del propósito se antepone.

LUIS PASTEUR

Mucho se ha analizado sobre la ética en el manejo de datos, procesos e investigaciones biológicas. La necesidad de solucionar la seguridad alimentaria o la falta de alimentos en una población creciente hace que los investigadores de los centros especializados o las instituciones de educación superior en el mundo presenten propuestas que logran alcanzar resultados satisfactorios para ponerlas inmediatamente en práctica. Una de las controversias más grandes se encuentra asociada a los trabajos genéticos con plantas y animales, práctica que se ha llevado a cabo a lo largo de la historia para elevar la productividad. Por ejemplo, en el caso del recurso suelo, se busca que se produzca más por unidad de superficie. En el caso de los animales, se ha buscado reducir considerablemente el período de «saca». Un ejemplo clásico es el pollo broiler que está listo para su comercialización apenas a las seis o siete semanas. Otra arista del problema es el porcentaje relativamente alto de productos agrícolas y sus derivados que son considerados transgénicos y que comúnmente aparecen en la canasta básica de los ciudadanos, sin contar previamente con estudios contundentes que demuestren su seguridad alimentaria para su comercialización.

Esta carrera para dar alternativas y tratar de solucionar la hambruna en el mundo genera muchos debates científicos sobre permitir el uso de estrategias y técnicas no convencionales para la producción agropecuaria de los agroecosistemas. Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la unidad experimental o unidad observacional que se utiliza en la investigación biológica está constituida por los animales y las plantas, es decir, seres vivos.

En la actualidad, en el caso específico de los animales, se desarrolla un agresivo debate para salvaguardar sus derechos [38]. Importantes cruzadas de instituciones animalistas quieren imponer la extinción de su uso para fines investigativos. El querer terminar los bioterios⁽³⁹⁾ e instalaciones académicas establece una dicotomía. Si bien poseen un sentido piadoso, no menos cierto es que la existencia de estos centros de investigación ha producido y produce fármacos de gran ayuda en la elevación de la esperanza de vida de la humanidad, la cual se ha visto incrementada sustancialmente de un promedio de treinta y dos años en el año de 1900 hasta aproximadamente los setenta y dos años en 2019. Esto se debió fundamentalmente a la generación de vacunas y drogas que se han puesto a servicio de la humanidad, pero con un costo: la vida de los animales de laboratorio. Todo gracias a estos animales usados en las investigaciones. Entonces, vale la pena reflexionar y decir: «¿Dónde terminan los derechos de unos, inician el de los otros?».

Para contestar esta interrogante es menester indicar que la existencia del ser humano, con buena expectativa y calidad de vida, está supeditada grandemente hoy a los avances de la ciencia y tecnología, los cuales posibilitan y facilitan su permanencia de generación en generación. Con este fin, los gobiernos han desarrollado protocolos, leyes y procedimientos que permiten una coexistencia armónica, y el uso de técnicas para producir ciencia. El método científico en las investigaciones se aviene perfectamente a estos fines, ya que en el mismo, si bien se utilizan unidades experimentales biológicas para las pruebas de hipótesis, el tratamiento que se les da a estos animales es piadoso y racional. El objetivo es mejorar la calidad de vida de una población humana, garantizar su alimentación y seguridad.

La universidad, por su parte, debe responder al encargo que la sociedad le ha dado en la formación de talentos con sensibilidad social y amigables con la naturaleza. Estos deben encontrar técnicas nuevas de optimización de los sistemas de producción que garanticen la necesaria sustentabilidad de los recursos, lo cual solo es posible haciendo un uso consecuente de las investigaciones. Dicho esto,

(39) **Bioterios:** unidad destinada a la cría, alojamiento, manejo y control de animales de laboratorio, mismos que se utilizan fundamentalmente con fines experimentales; aunque también tienen sus usos en la enseñanza y/o pruebas de control.

los investigadores debemos aplicar normas y procedimientos que están estipulados en los mandatos de entidades como la OMS, acuerdos internacionales, la carta magna, leyes orgánicas y reglamentos internos que admitan usar el método científico en la investigación ética.

Definición de bioética

El estudio metódico y ordenado de la conducta humana sobre los diversos campos conocidos en las ciencias biológicas, que se usan en la salud humana para que esta conducta sea llevada y analizada con el ejercicio de principios y valores morales, se lo conoce como bioética según las publicaciones editadas en 1978: *Enciclopedia de la Bioética del Instituto Joseph i Rose Kennedy* y *Principles of Bio-medical Ethics*, Oxford University Press [39].

Fritz Jahr (1895-1953) es llamado el «padre de la bioética». Usó por vez primera este término en una publicación que data del 1927, en la revista alemana de ciencias naturales *Kosmos* [40]. Ha sido acuñado en el área de la investigación para la salud, aunque realmente muy pocos conocemos su significado como «ética de la vida», concepción relacionada con la moral de la sociedad, el comportamiento que debe observarse en las ciencias y el ejercicio del derecho y la salud, no solamente de los seres humanos, sino también de los animales y vegetales, proveedores del necesario alimento, con la ayuda de las técnicas producidas en los centros de educación. La formación profesional, entonces, debe enfocarse en estos importantes conceptos y ponerlos en la *praxis* del ejercicio profesional, de forma tal que se establezcan cambios actitudinales que permitan el desarrollo de una cultura bioética en nuestro devenir diario.

Esta disciplina es relativamente nueva. Surgió a mediados del siglo XX, como respuesta al creciente desarrollo técnico científico y de las investigaciones. Sus grandes principios son: la autonomía responsable, la beneficencia, la no maleficencia y la justicia.

De acuerdo con los mandatos nacionales, las instituciones de educación debemos establecer esta filosofía en la formación integral de los alumnos, con el establecimiento de comités de bioética que controlen y evalúen estos principios, sobre todo en la investigación biológica.

Mandatos jurídicos para la investigación ética universitaria

La Constitución de la República del Ecuador, artículo 71, nos indica que la naturaleza tiene su derecho para que la sociedad pueda establecer acciones conducidas a su mantenimiento y regeneración, en todos los ciclos vitales y procesos evolutivos. Dentro de un contexto jurídico, manda a que toda persona o ciudadano, comunidad o nacionalidad, podrá exigir a su autoridad competente el cumplimiento tácito de estos derechos, que están establecidos en los principios de la carta magna; haciendo entender además que la naturaleza obtiene derechos mas no obligaciones.

Por otra parte, en el artículo 83 del mencionado cuerpo legal, se dispone que los ecuatorianos tenemos la responsabilidad de respetar y preservar un ambiente sano, así como utilizar los recursos naturales en forma racional, responsable con sustentabilidad y sostenibilidad; procurando además el altruismo ecológico, mismo que, según el informe Brundtland de 1987, genera la filosofía de que: «La tierra no es una herencia que recibiremos de nuestros padres, sino en préstamo de nuestros hijos». Con esta consideración, el Estado es el único responsable para que las nacionalidades, pueblos y comunidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos (artículo 281 de la Constitución de la República del Ecuador). En el logro de estos objetivos, la investigación juega un papel crucial para la producción de alimentos mediante el uso de los recursos naturales con conciencia y técnicas amigables al medio ambiente.

Además, el Estado es el único responsable para asegurar el desarrollo de la investigación científica y la innovación tecnológica apropiada para garantizar la soberanía alimentaria de un país. Pero, para lograr este mandato, indudablemente se requiere el uso de seres vivos (animales y plantas en nuestro caso), que son convertidos en unidades de experimentación o unidades observacionales. Por esta razón, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario reglamenta la utilización de animales para actividades de investigación, educación, recreación y culturales. Cabe destacar que el Código Sanitario para los Animales Terrestres establecido por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) reconoce la función esencial del uso de animales vivos en la educación, y como parte fundamental dentro de la investigación. En este contexto, nuestras instituciones de educación superior, así como los centros de investigación, tomarán como base los lineamientos internacionales en materia del bienestar animal.

Tal y como se apuntó anteriormente, siempre existirá polémica en la aplicación de estos preceptos. Por un lado, está la misión de las instituciones de investigación y de educación superior de responder al imperativo de la alimentación y el bienestar de una sociedad con crecimiento exponencial; y por otro, la existencia de grupos humanos que abogan por el derecho a la protección de la vida de animales y plantas. Estos constituyen los únicos recursos experimentales que poseemos para innovar y probar técnicas que maximicen la producción en suelos que cada vez se tornan más pobres desde el punto de vista nutricional.

En la experimentación animal, existen algunos mandatos adicionales como el contemplado en el artículo 244 del Reglamento General de la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria [41], que establece la regulación del uso de animales en actividades de investigación educación, recreación. Este se encuentra en sinergia⁽⁴⁰⁾ con el artículo 247 que expresa la disposición de que las instituciones de educación superior, así como las empresas que utilicen animales para fines educativos o de investigación, deberán estructurar un comité de ética bajo los lineamientos y requisitos establecidos por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario . A la vez, determina que deberán contar con la aprobación previa del proyecto de investigación por parte del mencionado comité para iniciar sus protocolos de investigación y/o educación con animales.

En la Declaración de Helsinki, adoptada inicialmente en 1964 (*World Medical Association Declaration of Helsinki*) [42], la comunidad científica médica demostró que fue posible la autorregulación del control ético en la investigación con seres humanos. Aunque fue un código ajeno a la profesión que sirvió para juzgar a criminales, ha evolucionado con grandes aportes de la asociación médica mundial. En sus principios básicos se menciona que:

La investigación médica en seres humanos debe conformarse con los principios establecidos y aceptados dentro de una bibliografía científica con fuentes de información pertinentes que incluya experimentos de laboratorios donde se utilicen animales si la situación lo amerita protegiendo el entorno de aquellos que fueron utilizados para este tipo de experimentos y no desecharlos sin ningún tipo de piedad.

(40) **Sinergia:** acción de varias sustancias que conjuntamente logran un incremento en la respuesta. Entiéndase también como la acción conjunta de varios órganos, o entes, en la realización de una función.

Este principio ha servido para poder encontrar un punto de equilibrio en la generación de tecnologías bioquímicas que pretenden encontrar un buen vivir en los ciudadanos, haciendo que su expectativa de vida se incremente; aunque para ello es imprescindible el uso de especies animales. Incluso luego las mismas deben continuar su desarrollo en seres humanos antes de que la sociedad pueda hacer uso de esos productos (fármacos, vacunas, etc.).

Ya en nuestro entorno inmediato en la experimentación agropecuaria, como requisito para la graduación de pregrado en carreras como Zootecnia y Veterinaria, los alumnos deben presentar su proyecto de integración curricular que tiene como parte principal un experimento, muchas veces con unidades experimentales animales. Para el efecto, la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria (artículo 48) habla del bienestar animal. Se observan los estándares establecidos en la ley dentro de los instrumentos internacionales. Se debe tener en cuenta además la explotación productiva y pecuaria e industrial destinada al consumo humano a escala nacional, regional y mundial. La disposición indica que el o los animales deben ser cuidados y tratados dentro de lo que exige el cuerpo legal, para no caer en un descuido mal intencionado que conllevaría al infractor a ser sancionado como lo estipula el COIP.

Estas regulaciones, si bien es cierto que conducen a desarrollar la conciencia ética en los educados, limitan el uso de unidades observacionales que, de acuerdo a los objetivos de un experimento, deban pasar por toda la dinámica hasta que puedan ser faenados; o que, por el objetivo planteado, convenga llegar hasta su muerte. Por ejemplo, cuando investigamos un producto alimenticio nuevo que pueda generar un aporte significativo en el pienso alimenticio con buena proteína, debemos otorgar al animal desde dosis bajas hasta aquellas que puedan resultar tóxicas, para comprender su fisiología y establecer un rango de uso y recomendarlo eficientemente.

Si bien es cierto que las universidades y centros especializados de investigación, como el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), se han preocupado de no caer en desobediencias de mandatos, los políticos deben jugar un papel fundamental para que continúen generándose acciones que faciliten la investigación y el cuidado de los recursos del medio ambiente. Así, Carina Vance Mafla, exministra de Salud Pública del Ecuador (2012), en su momento, solicitó el apoyo institucional para elaborar y validar la propuesta de «Regulación de conformación de comités de ética en investigación animal», con el fin de

acoplarlo dentro de la normativa interna de Agrocalidad, con la participación de universidades e investigadores reconocidos. La razón ética, en su etapa inicial, se basa en la investigación con seres humanos, e implica realizar preclínicos donde se ejecuta la investigación en animales. La propuesta está en estudio desde el año 2015, sin contar con un resultado efectivo hasta la presente fecha. Con este antecedente, existe una resolución que, en términos generales, estipula los siguientes aspectos:

- Establecer la reglamentación para conformar, aprobar y dar el seguimiento a los comités de ética establecidos en las instituciones y que usen animales como unidades de experimentación. Estos comités solo pueden aprobar estudios o proyectos donde se usen animales solo con fines investigativos o educativos, previo al registro de los bioterios.

La propuesta se basa exclusivamente en el uso de bioterios que potencialmente se dirigirían a la carrera de Veterinaria. Sin embargo, en la investigación animal zootécnica, los protocolos se ubican en el campo o, en el mejor de los casos, dentro de galpones de crianza. En este caso, nuestra unidad experimental puede ser el animal, un grupo de animales, parte de un animal vivo, una fosa dentro de un galpón, una jaula metabólica; es decir, una infinidad de recursos en función del objetivo o problema que se busca resolver.

Además, es conocido que, en pruebas de digestibilidad, a algunos animales se les adaptan fistulas digestivas, por donde se les extraen muestras de alimento predigerido de sus estómagos; lo cual permite analizar su eficiencia alimenticia, con vistas a lograr un mejor aprovechamiento del bolo alimenticio por parte de animal. Ello permite mejorar su conversión alimenticia, traduciéndose en una mayor productividad y consecuente rentabilidad. Esta acción es vetada por los grupos animalistas.

- Establecer las líneas para planificar y gestionar adecuadamente el uso de animales en procesos investigativos y educativos que aseguren su bienestar, un manejo adecuado, e incluso la supervisión de su uso racional y ético.

Si se realiza un análisis de este particular, es muy difícil de aplicar, puesto que, en la realidad universitaria, la carrera de Zootecnia usa grupos de animales con estrategias conducidas a mejorar la conversión de alimentos, prevención de enfermedades que puedan mermar la productividad, etc. en las diferentes loca-

lidades de las tres regiones del país, lugares que son poco accesibles y donde se estudian sus potencialidades para, en un futuro mediato, ejercer un programa de producción en esas mismas condiciones particulares. El documento estipula que un *comité de ética* debería estar conformado por un cuerpo multidisciplinario y permanecer indefinidamente en esas unidades experimentales. Esto es realmente impracticable. Tal vez en los bioterios sí es factible, por tratarse de un centro estable, pero en nuestro caso, no podemos centralizarlo en un solo sitio.

- El ámbito de aplicación para el comité de ética nos indica que será en toda persona natural o jurídica que realice investigación científica, donde se incluye la prevención de enfermedades, anomalías, diagnóstico oportuno tanto en el hombre como en los animales.
- Se menciona además a la fabricación de productos farmacéuticos, alimenticios y otras sustancias o productos veterinarios que se les suministre junto a las pruebas para verificar su calidad, eficiencia y seguridad.

Si estos comités deben desarrollar estos mandatos, el tiempo para iniciar un trabajo de campo experimental va sufrir un gran retraso. Por eso planteamos que es impracticable para la investigación, especialmente de pregrado, ya que un alumno, según la nueva disposición gubernamental para los rediseños curriculares de todas las carreras, establece un tiempo de apenas dieciséis semanas para que, en su último PAO (Período Académico Ordinario), pueda graduarse con un trabajo de titulación culminado.

- El comité debe permitirse la valoración, detección, regulación o modificación de las condiciones fisiológicas en el hombre o animales.
- Debe procurar la protección del medio ambiente, en interés de la salud o del bienestar del hombre o animales y finalmente la educación relacionada con las ciencias veterinarias y afines dentro de sus áreas.

Como podemos advertir, aún hay mucho donde trabajar en estos mandatos. Aunque son de aplicación inmediata, no están escritos en piedra y entendemos que deben ser perfectibles en función de la dinámica e historia que maneje cada institución de educación superior.

En Ecuador, existe la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario [43], que en su Resolución XX [44], manda establecer los reglamentos para la conformación, aprobación y el consecuente registro de los comités de ética

que regularían la investigación en animales. Se establece que debe existir un comité de ética para la investigación animal, encargado de la evaluación de la ética y validez científica. Este debe aplicar protocolos dentro de las investigaciones que sean generadas en la educación, cuando fuera solicitado de manera formal, para garantizar un trato adecuado hacia los animales según la normativa (artículo 4).

Como requisitos para la aprobación de estos comités, en el artículo 5, se indica que se solicita, al director ejecutivo de la agencia, el registro y aprobación del comité de ética institucional firmado por su máximo representante (en nuestro caso, el rector); se adjunta el reglamento sobre su organización y funcionamiento considerando representatividad y ética; para garantizar el criterio científico e imparcialidad en sus decisiones, hay que indicar los procedimientos de cada protocolo de investigación en donde se utilicen animales. Asimismo, el protocolo para evaluar la viabilidad del uso de animales con fines educativos, el listado de integrantes con sus hojas de vida, y un cronograma anual de las capacitaciones que se realicen a sus miembros, así como el personal designado para su funcionamiento. Estos comités, que supervisan la investigación con animales y que se vinculan a la educación superior, pueden ser públicos, privados o interinstitucionales, y deben estar integrados por cinco a once miembros (incluyen médicos veterinarios, zootecnistas e investigadores) en función de aplicar los protocolos éticos y científicos; además, deben conformarse con un ciudadano de la sociedad civil sin relación con la institución solicitante (artículo 6).

La norma legal de la mencionada agencia, en su capítulo V, detalla los procedimientos para registrar los bioterios usados para la investigación animal, entendiéndose que son unidades donde se alojan los animales utilizados con fines experimentales, de enseñanza o pruebas de control. Esta constituye un área fundamental del centro de investigación. También se definen las obligaciones de las empresas fabricantes y formuladoras de biológicos y/o vacunas de uso animal. Entre ellas están la realización de un registro de la operación y cumplimiento, y el uso solo de registros legalizados por la agencia y el registro de las demás instalaciones de fabricación separadas del bioterio. Se consideran suspendidos aquellos que no cuenten con un registro actualizado y legalizado (artículo 28).

Este Comité Consultivo de Bienestar Animal de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario será el ente asesor de los lineamientos generales para

la temática relacionada al mejoramiento de animales con fines de investigación. Para tal efecto, se coordinará y solicitará la colaboración y asesoría de profesionales especialistas dentro de esa área. Por su parte, la Agencia realizará, de manera aleatoria, el seguimiento y evaluación del cumplimiento de los parámetros establecidos en la presente normativa.

Dados estos análisis anteriores, tipificados en la Ley, entendemos que los animales son usados en su mayoría dentro de la experimentación científica para prevenir, diagnosticar, y curar enfermedades en animales, así como también del hombre; aunque no existe una norma que cubra a la actividad experimental donde se utilizan animales en procesos de pruebas, correspondientes a las áreas zootécnicas (de nutrición y alimentación animal), con el uso de balanceados, piensos, aditivos, pastizales.

Boada Saña, Colom Comí y Castello Echeverría [45] apuntan que, si la experimentación animal se define como una actividad que tiene como misión evidenciar o aclarar fenómenos biológicos sobre especies de animales determinados, no obstante, también es toda acción de carácter científico o experimental que pueda llegar a suponer un ataque al estado de bienestar del animal, susceptible de causarle dolor, sufrimiento, angustia o agravio. Por su parte Concepción-Alfonso, De la Peña-Pino y García-Capote [46] nos indican que el proceso de experimentación con animales ha generado un amplio avance de la ciencia, permitiendo encontrar acciones tendientes a mejorar el bienestar de las personas y de los animales. Por esta razón, el uso de estas especies despierta gran interés en muchas personas o instituciones, las cuales buscan evitar o reducir cualquier sufrimiento que los experimentos provoquen en los animales. Esto ha conducido a instituir varias regulaciones legales.

Dentro de los procedimientos investigativos donde se emplean animales, León-Correa [47], relaciona los siguientes:

- Los que permiten profundizar en el conocimiento científico
- Los encargados del estudio de enfermedades y concepción de nuevas drogas.
- Las pruebas referidas a la seguridad de productos químicos
- Los protocolos de pruebas de nuevos cosméticos

Estos últimos han disminuido considerablemente el uso de animales (son acciones suntuarias⁽⁴¹⁾ que no representan necesariamente un buen vivir). Según León-Correa y Escarate-Cortes [48], los mismos se reemplazan por estudios in vitro como lo demuestra su propia publicidad.

Entre los animales mayormente utilizados en la investigación biomédica se encuentran ratas, chimpancés, víboras, pollos, cobayos, murciélagos, ovejas, cerdos, palomas, hámsteres, gatos, perros, lechuzas y animales de granja en general. De ellos, lo más cuestionado es el uso de primates, debido a su cercanía en la escala filogenética⁽⁴²⁾ con el hombre; ya que estos especímenes son capaces de mostrar comportamientos que previamente se pensaba eran exclusivos de los seres humanos, como la acción de aprender y adquirir un lenguaje, usar herramientas y expresar sentimientos, entre otros [48].

Dentro de la ética de la experimentación animal, hay diferentes puntos de vista, pero no podemos dejar de tener aquiescencia⁽⁴³⁾ frente a los grandes logros obtenidos en la ciencia, en la docencia, en la producción pecuaria. Son innegables en la medicina y farmacología; prueba de ello son las decenas de vacunas y miles de fármacos que solo han sido posibles gracias a la experimentación con animales. De igual manera se da en el caso de los concentrados alimenticios para ganado. Pero, como todo debe estar perfectamente regulado y fiscalizado, las industrias farmacéuticas, de alimentos, centros de producción masiva de animales destinados al consumo humano, etc. deben cumplir con los protocolos de forma efectiva, y aplicar consecuentemente los principios que establece la constitución y otras normas legales, como no causar daños severos, sufrimientos, dolor o la muerte de estos animales, lo cual se lograría solo y solo si se aplica formalmente un verdadero código de ética.

La ética, como se indicó anteriormente, se entiende como aquella disciplina filosófica que estudia el bien y el mal, sus relaciones con la moral, y el comportamiento humano en una comunidad. En la investigación, los animales constituyen algo trascendental, debido a que nosotros, como seres humanos, tenemos la capacidad de minimizar o eliminar cualquier dolor a través de estos procedimientos.

(41) **Suntuarias:** que es en extremo lujoso, pomposo. Según la RAE, es lo perteneciente o relativo al lujo.

(42) **Filogenética:** rama de la biología evolutiva encargada de estudiar en los organismos vivos la relación ancestro-descendiente, con base a diversos caracteres homólogos, tanto morfológicos como moleculares, teniendo en cuenta diferentes niveles taxonómicos.

(43) **Aquiescencia:** beneplácito, asentimiento, aprobación, conformidad.

Según Drane-James [49], la ética: «Se pregunta acerca de lo bueno y lo malo, lo correcto y lo incorrecto. Es una disciplina compuesta de principios morales, normas y procedimientos para el análisis de los hechos y teorías sobre el significado y el propósito de la vida».

Para Álvarez-Viera [50] y Fajardo-Fajardo [51], la bioética se encuentra asociada a los problemas relacionados con valores, conductas y principios que surgen en todas las profesiones de la salud, y son aplicados a las investigaciones biomédicas. Abordan cuestiones sociales, relativas a la salud pública, como organización, financiamiento y prestación de servicios, y amplía su marco hasta la experimentación animal y los problemas del medio ambiente.

Esta limitante que tenemos en la producción animal llega de la biomedicina, pero es solo una punta del ovillo, pues basta con observar una gran parte de los productos que los ciudadanos del mundo consumimos, obtenidos gracias a la dinámica de los agroecosistemas con componentes agrícolas, pecuarios, agroindustriales y ecológicos, mismos que, en equilibrio, pueden generar rentabilidad y sostenerse en el tiempo. Todos ellos dependen de la experimentación con seres vivos, durante la cual se miden variables respuesta de su comportamiento y limitaciones.

De acuerdo a Gago-Díaz y Gutiérrez-Rabadán [52], en el instante en el que se habla de experimentación animal, se deben formular ciertas interrogantes como: ¿se debe aprobar la validez del uso de estos animales en actividades científicas?; ¿resulta ético el sacrificio de los mismos para estas labores? Esto indicaría analizar si los animales están en condiciones de ser manipulados en forma adecuada y si quienes están al frente de estos laboratorios biológicos cuentan con la capacidad de realizar tales acciones con la debida responsabilidad. En la actualidad, los países desarrollados han realizado muchas manifestaciones para frenar el uso indiscriminado de especies en estado de extinción, tanto a escala nacional como internacional, para hallar soluciones que no violenten el derecho al desarrollo de la medicina y de la investigación. Dentro de los principios éticos que aseguren el bienestar de los animales existe una gran diversidad de los mismos utilizados para estos fines; por ejemplo, de acuerdo con Concepción-Alfonso, De la Peña Pino y García-Capote [46], podemos citar:

- La posibilidad de contar con el mínimo de manipulaciones del animal e intervenciones en su entorno, para evitarles perturbación o reacciones de alerta o refugio.

- Ofrecer a estos especímenes un entorno confortable y protegido de agentes físicos, químicos y biológicos.
- Garantizar su seguridad en el confinamiento, para evitar fugas o escapes, penetración de otros animales o la exposición a daños, ya que ciertas especies, como la tilapia, puede convertirse en depredadora en ambientes naturales.
- Las áreas de alojamiento necesitan especificidad para los propósitos experimentales.
- Lograr los objetivos establecidos en los experimentos, ensayos o validaciones.

Dentro del campo de la experimentación con animales, nos preguntamos si existen estadísticas claras sobre la utilización de este tipo de investigaciones. Realmente no es muy nítida la información al respecto, pues solo países como Reino Unido, Alemania y Estados Unidos publican cifras oficiales. Se estima que existen unos ciento cincuenta millones de animales en los laboratorios a escala mundial. Leyton [53] nos ilustra con algunos estimados anuales: Estados Unidos utiliza de veinte a veinticinco millones de animales, Europa trece millones y Reino Unido alrededor de tres millones. No obstante, existen diferentes criterios para el establecimiento de estas cifras, pues si bien la legislación del Reino Unido contempla a los peces y anfibios, por el contrario, la de Estados Unidos excluye a las aves, ratas y ratones, peces y reptiles (que representan más del 90 % de los animales usados en los laboratorios norteamericanos).

En nuestro país, la realidad no es muy favorable, pues no contamos con leyes que impulsen la investigación científica, pues no existe un avance en materia de medicina, investigación, docencia, y peor aún en los experimentos zootécnicos.

Algunos gobiernos autónomos descentralizados (GAD) están intentando implementar proyectos de ordenanza para la protección de animales domésticos en algunas ciudades, tal es el caso de Ambato, en la provincia de Tungurahua, y del cantón Cuenca de Azuay; mientras que, en el resto de las localidades, no se avizora un panorama alentador; aunque, estos mandatos hacen referencia especialmente a los animales domésticos (la dinámica se centra en animales de compañía como perros y gatos en general).

A escala nacional, además existen: la Ley de Sanidad Animal, la Ley de Mataderos, y la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria que aún no entran en ple-

na vigencia. Actualmente, también se presenta un mandato jurídico adicional en la Asamblea Nacional como proyecto de Ley Orgánica de Bienestar Animal (LOBA). Aspiramos a que, en un futuro mediano, en las instituciones de educación superior, podamos contar con reglas claras que faciliten la experimentación animal conducidas a bienestar de las sociedades.

En nuestra legislación, se contemplan leyes que protegen a los animales destinados a la investigación y formación educativa; sin embargo, no son aplicadas en toda su amplitud. Existen muchos vacíos legales que impiden una aplicación total y clara. Solo dependemos de las actitudes positivas de nuestros legisladores para que los mismos dicten políticas públicas de práctica aplicación; especialmente en el sector educativo donde la ética y el interés de brindar ciencia y tecnología en la enseñanza-investigación penden de un fino cordón y una frontera muy vulnerable. Las legislaciones están direccionadas más bien a encontrar daños colaterales en especies de animales domésticos. Incluso hay especímenes que, sin ser necesariamente de interés zootécnico, pueden representar un buen paquete tecnológico (salido de la experimentación) y constituirse en una muy buena alternativa. Por ejemplo, la crianza de guatusas, capibaras, saínos, tapir o vaca de monte, cuyes silvestres, aves silvestres, apangaras, caracoles endémicos, etc.

Según la COSCE [54], otra de las indiscutibles y grandes ventajas que tiene la experimentación es el uso de los animales para la detención de enfermedades en los humanos. Sin embargo, recordemos que este desempeño investigativo solo tuvo sus avances en el siglo XX y el papel fundamental de los animales en la investigación biomédica en el XXI. De hecho, la biología de los animales ha sido primogénitamente estudiada y analizada en las disecciones que se efectúan para establecer una anatomía comparada entre ellos (monogástricos y poligástricos por ejemplo) con los aspectos fisiológicos de los humanos. Este componente científico está tan avanzado hoy por hoy que incluso se tienen referencias acerca de la posibilidad de utilizar animales omnívoros⁽⁴⁴⁾, como el cerdo, para hacer trasplantes de órganos en seres humanos. Lo que otrora fueron enfermedades letales, hoy, gracias a la ciencia, se convierten en crónicas y llevaderas. Entonces las investigaciones y la farmacología juegan un papel sinérgico fundamental en

(44) **Animal omnívoro:** se caracteriza por ser un comedor oportunista y generalista, que se alimenta tanto de animales como de plantas, p. ej., el cerdo.

el mejoramiento de la calidad de vida. Aunque nuevamente las instituciones que protegen el derecho de los animales manifiestan su descontento en manifestaciones a escala mundial. Pero se puede hacer la siguiente reflexión: ¿el derecho a la vida del ser humano es más imperativo al derecho de los animales que son criados y faenados para establecer la supervivencia del hombre en la Tierra?

A continuación, se detallan ciertos beneficios que ha traído consigo la experimentación animal. En el documento de la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), sobre el uso de animales para investigación científica [54], se mencionan algunos ejemplos de investigación con animales:

- Cualquier conocimiento biológico que se obtenga en animales puede ser aplicado en los seres humanos debido a que todos tienen antepasados en común. Lógicamente, existen diferencias, pero estas dan resultados positivos sobre determinadas enfermedades y sus tratamientos. Es el caso del ratón cuando sufre distrofia muscular y tiene menos pérdida muscular que los humanos (por diferentes situaciones), pero también puede producir y obtener tratamiento para esta enfermedad.
- El tratamiento con vitaminas y hormonas tienen una función básicamente similar en mamíferos y en humanos, como es la insulina del cerdo o de la vaca, la tirotrópina de la vaca, la calcitonina del salmón, etc.
- Muchos medicamentos de uso veterinario, como analgésicos, son muy parecidos a los que utilizamos los humanos.
- Similares o iguales enfermedades que aparecen en ser el humano han sido encontradas también en los animales. Ejemplos hay varios, como el cáncer, la insuficiencia cardíaca, el asma, la rabia o la malaria, que pueden ser tratados igual que en los seres humanos.
- En el siglo XX (12 de diciembre de 1921), se produjo un gran descubrimiento protagonizado por los científicos Banting y Best: descubrieron la insulina, que luego aportaría enormemente a los diabéticos que, en ese entonces, fallecían muy jóvenes.
- Otro de los descubrimientos más sorprendentes fue el sida, a través de estudios e investigaciones en los animales. En este caso, a través de pruebas y diagnósticos, se logró identificar el virus, lo que permitió la aparición de los antirretrovirales que han prolongado la vida de millones de personas; y

la capacidad de sobrevivencia supera las expectativas de vida que diagnosticaban los médicos.

- Descubrimiento de la causa principal del cáncer cervical en las mujeres, el virus del llamado papiloma humano (VPH). Fue diagnosticado en conejos, perros y otros animales. Esto ha permitido detectar el desarrollo de los papilomas o el cáncer, así como prevenirlo mediante de la inmunización.
- Entre otros de tantos acontecimientos, tenemos la «tecnología de modificación» genética que se ha aplicado recientemente en ratones. Ella permite revelar mecanismos para detectar el avance de la leucemia; identificar una enzima clave responsable de la destrucción del tejido pulmonar en pacientes con tuberculosis; revelar que mutaciones en un solo gen pueden conducir al autismo; y, finalmente, plantear un tratamiento de un tipo de diabetes usando anticuerpos que impiden que el sistema inmune ataque a las células productoras de insulina.

Martínez-Molina, Alonso-Villavicencio, Heredia-Ruiz, García Cruz, Sánchez Álvarez, Castro-Gutiérrez y Chaviano-Álvarez [55], finalmente, hacen hincapié en que es un reducido grupo de personas el que rechaza los experimentos e investigaciones y duda de la ética profesional de los investigadores porque se utilizan animales con procedimientos no muy de acuerdo con la legislación. Aunque existe la conciencia en cuando a la necesidad de la «investigación científica agropecuaria», aun así surge un problema moral y ético, ya que, para realizar estos tipos de experimentos o ensayos clínicos, necesariamente los animales son sacrificados la mayoría de las veces, dando como resultado «que la crueldad deliberada es inaceptable». Por esta razón, existe una encrucijada entre si es permitido o no desde el punto ético. De hecho, en los trabajos zootécnicos, una de las variables respuesta importantes, para establecer el rendimiento productivo y económico, exige que los animales se faenen en distintos ciclos fisiológicos, como crecimiento, engorde y posengorde, con el fin de comparar la calidad alimenticia de los tejidos y órganos, el rendimiento a la canal, etc. En una aplicación taxativa⁽⁴⁵⁾ de la actual ley, estas acciones no podrían realizarse, y, consecuentemente, estaríamos destinados a depender de la incipiente productividad de los sistemas, que en un futuro me-

(45) **Taxativa:** término que indica que no se admite discusión alguna, o que descarta cualquier posibilidad de réplica.

diato no alcanzaría para alimentar debidamente a la humanidad, y la hambruna seguiría su infausta tarea, extinguir al ser humano.

Comités éticos en la experimentación animal

Dentro de la experimentación animal, no podemos ignorar las reflexiones hechas por los científicos e investigadores sobre las controversias éticas en el uso de biológicos y seres vivientes. Sin embargo, la realidad vivida en los agroecosistemas de producción agropecuaria es otra. Gracias a esta dinámica, se han logrado grandes descubrimientos en el campo de la medicina, de la alimentación, del desarrollo humanístico social con el uso de técnicas de producción masiva de alimentos agropecuarios, prácticamente en minifundios. Estudios realizados por la FAO determinan que más del 90 % de los alimentos que están presentes en los grandes centros poblados son producto de la dinamización productiva en sistemas de pequeña escala, mucho menores a 10 ha, e incluso concentrados la mayoría en 2 y 3 ha. Este hecho nos lleva al análisis sobre el rol que debe jugar la universidad, transfiriendo sus innovaciones a estos sitios para maximizar su productividad con técnicas compatibles y preservación de sus recursos.

Por lo tanto, se dice que la ciencia no solo depende de sus resultados, sino también de acciones llevadas a cabo por personas con conocimientos y responsabilidades académicas, éticas y comportamientos humanísticos loables. Es aquí cuando la ciencia nos plantea constantemente el uso de la ética, en particular cuando dichas investigaciones requieren de seres vivos para su ejecución. Entonces, nos encontramos con la bioética, que definitivamente tiene que ver con la responsabilidad individual y el despliegue de una cultura para practicarla en cualquier acción del protocolo o método de investigación científica, aun sabiendo que estos estudios requieran cierta autonomía según las circunstancias (a tenor con uno de los cuatro principios de la bioética), según refieren Sanz-Polo y Díaz Alatríste: «Beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía».

Los Comités Éticos de Experimentación Animal ya se encuentran en estos laboratorios, universidades, centros de investigación, etc. Tendrán que valorar todos y cada uno de los procedimientos aplicados, y cumplir con todas las exigencias en la aplicación de tratamientos o técnicas; observando posibles afectaciones como el tipo de severidad, escalas de invasividad, etc., ajustándose en todo momento a la legislación existente y minimizando la afectación [47].

El campo de la experimentación biomédica se ha extendido en gran medida por la posibilidad de estudios a nivel molecular mediante técnicas *in vitro*. Esto ha proporcionado el avance de la biotecnología, de la ingeniería genética y de la terapia genética que, a la vez, se traducen en un espacio prometedor y se convierten en una base científica para la potencial cura de enfermedades mortales como el sida, cáncer, lupus, diabetes, etc. Incluso se habla de análisis en los ordenamientos en las cadenas de ADN que permitan alterar los genes considerados adversos para el comportamiento humano, como es el caso de las sociopatías, esquizofrenia y otras. Sin embargo, una vez más, meditamos: ¿qué tan ético es alterar estas condiciones humanas? Es que, de pronto, ¿jugamos a ser Dios? Sin dudas, son tareas muy difíciles para los comités de ética en los centros de estudios superiores.

Estas instituciones no deben descuidar la expresión de «sufrimiento inútil» que enarbolan los grupos opositores sobre estos tipos de experimentos, relacionado con la filosofía basada en un instinto torturador y en un aprovechamiento ineficaz de los recursos animales. Existen así muchas corrientes que defienden a los animales experimentales, ya sean estos perros, gatos, etc.; otras que se oponen a la crianza y uso de gallos de riña, corridas taurinas, etc.; aunque puede existir alguna tolerancia para animales como los ratones o ranas, que no despiertan compasión. Estos ejemplos nos dicen qué tan compleja es la mente humana, misma que genera una respuesta u otra según la ternura que despierte el animal muerto.

Por otra parte, claros estamos de la existencia humana codiciosa, que, abusando de los vacíos legales y cobijada muchas veces en la necesidad de generar empleos, usan y abusan de los recursos. Tal es el caso, p. ej., de las flotas pesqueras chinas que devastan la flora marina; o la muerte anual de unas cien mil crías de foca para comercializar su piel, práctica que despertó mucha indignación. Se escudan en la realidad de los centenares de millones de pollos que mueren cada año para la alimentación humana, es decir, buscan encontrar excusas para sus propias matanzas. Tarea muy difícil para los comités de ética.

Para que el investigador realice un procedimiento adecuado dentro de su investigación científica, debemos basarnos en los principios básicos de ética y moral, con una reflexión de acuerdo con su profesión, como es: ¿qué derechos tiene el ser humano para utilizar los animales para experimentar?, ¿en qué forma deben llevarse a cabo estos protocolos?, ¿qué actitudes tienen y qué responsabilidades comparten? Con estas reflexiones, entendemos que, sin los animales, no habiéramos existido; el ser humano se hubiera extinguido. Este panorama es multifa-

cético. Presenta cinco campos principales de aplicación: la nutrición; el esfuerzo y el transporte; el mantenimiento de la temperatura; el conocimiento y ciencias básicas; y el campo de las ciencias de la salud.

En nuestro caso, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con medio siglo de existencia, ha profesionalizado infinidad de ciudadanos que están conduciendo los destinos de la sociedad ecuatoriana. Su formación integral correspondió en gran parte a la investigación, aportes que han servido para el desarrollo de la industria, prestación de servicios, salud y la producción agropecuaria. Estas acciones que no se hubieran logrado sin la aplicación del método científico.

BIBLIOGRAFÍA***

- [1] Hernández-Sampier, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P., *Metodología de la investigación*, 5.ª ed. Ciudad de México: Mc Graw Hill, 2010.
- [2] Nieto-Súa, L., Gómez-Velasco, N. y Eslava, S. «Significado psicológico del concepto investigación en investigadores», *Perspectiva Psicológica*, vol. 12, n.º 1, pp. 109-121, 2016.
- [3] J. Pacheco De La Cruz, *Metodología de investigación aplicada a la función*. Lima: EMP, 2018.
- [4] J. Best-W., *Cómo investigar en educación*. Madrid: Morata, 1967.
- [5] Navarro-Ojeda, M., Barraqueta-Rojas, G. , Pérez-Pupo, R., Pérez-Guerrero, J., Moreno-Andrade, G y Navarro-Pupo, E., «Metodología de la Investigación Científica: Soporte y Guía en todo Proyecto de Investigación», en V Congreso Internacional de Ingeniería –SECTEI 2018. ESPOCH, Riobamba, Ecuador.
- [6] M. Blablock-H., *Construcción de teorías en ciencias sociales: de la formulaciones verbales a las matemáticas*. México: Trillas, 1980.
- [7] Navarro-Ojeda, M., Navarro-Santana, M., Hidalgo-Almeida, L. Ureta-Valdez, E. y Beltrán Del Hierro, D., «The methodology of scientific esearch: tool and science in the development and execution of a research project», en IV Congreso de Ciencia, Tecnología, Emprendimiento e Innovación 2017 , Riobamba, Ecuador.
- [8] APA, *Guía normas APA*, 7.a ed. APA. American Psychological Association. Publication manual of the American Psychological Association (7th ed.). 2020. <https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- [9] M. Navarro-Santan, M. Navarro-Ojeda, «¿Cuáles son los cuatro momentos esenciales a tener en cuenta en toda investigación científica?», *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 18, n.º 4, pp. 79-81, 2009.

- [10] W. Escalante-Alcócer, *Procedimiento Referencial de Investigación*. Arequipa: (U. A. Posgrado, Ed.), 2016.
- [11] A. Ramírez-González, *Metodología de la investigación científica. Enfoque teórico y epistemológico. Enfoque práctico: cómo formular proyectos de investigación y trabajos de grado. Estadísticas de análisis*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, sf.
- [12] Salinas-Meruane, P. y Cárdenas-Castro, M. Salinas-Meruane, *Métodos de Investigación Social*, vol. I. 52.a ed. Quito: “Quipus”, CIESPAL, 2009, p. 555.
- [13] Navarro-Ojeda, M. y Pérez-Pupo, R. «Interrelación dialéctica entre: situación problémica, problema real, problema científico, objeto y campo, en el diseño de una investigación: Una reflexión necesaria. Riobamba, Ecuador», en VII Congreso SECTEI 2017. ESPOCH, Riobamba, Ecuador, 2017.
- [14] J. Velarde-L., *Dialéctica y Lógica*. Oviedo: Universidad de Oviedo, sf.
- [15] G. Lu, *Métodos y técnicas de investigación para las ciencias sociales*.
- [16] Gortari, Eli de, *Principios de lógica*, Coleccion 70, 3.^a ed. Ciudad de México: Grijalbo, 1971.
- [17] Campbell, D. y Stanley, C., *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu, 1966.
- [18] A. Pérez-Acosta, «Maestro de psicólogos experimentales», *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 29, n.º 2, pp. 371-374, 1997.
- [19] García-Pérez, J., Frías-Navarro, D. y Llobell-Pascual, J. «Potencia estadística del diseño de Solomon», *Psicothema*, vol. 11, n.º 2, pp. 431-436, 1999.
- [20] P. Cotero (15 julio 2016), «Diseños de investigación en psicología. Diseños preexperimentales» [en línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/disenosdeinvestigacionpsic/https-sites-google-com-site-disenosdeinvestigacionpsic>.
- [21] R. Hernández-Sampier, «Recolección de datos cuantitativos», *Metodología de la Investigación*. Ciudad México: McGraw Hill, 2014, cap. 9, pp. 197-268.
- [22] ARR (2021), «El portal de la Tesis. Universidad de la Colima [en línea]. Disponible en: https://recursos.ucol.mx/tesis/disenos_experimental.php

- [23] Centre Londres 94 (2 nov 2010), *Curso de Psiquiatría. Metodología de la investigación*, mailxmail.com.
- [24] L. Reild-Martínez, *Investigación y métodos en las Ciencias Sociales*, México: Amapsi, 10 enero 2020.
- [25] H. Nagel, *La ciencia y el sentido común: en la estructura de la ciencia*. Barcelona: Paidós, 2006, pp. 17-33.
- [26] Carmines, E., Richard, A. y Zeller, A. Reliability and Validity Assessment. [ed.] A a Sage University. The International Professional Publishers. Series/ Number 07-017. California. EE.UU. : Series: Quantitative Applications in the Social Science, 1979.
- [27] Belcaicedo, R. (8 feb. 2016), «SaberMetodología» [en línea]. Disponible en: <https://sabermetodologia.wordpress.com/2016/02/08/medicion-confiabilidad-y-validez/>.
- [28] Earl-Babbie, *Fundamentos de la investigación social*. México D. F.: Intemational Thomson Editores, 2000.
- [29] (ago. 2019), «Matemática fácil» [en línea]. Disponible en: <https://epamatematicas.blogspot.com/2019/08/relacion-entre-la-media-la-mediana-y-la.html>.
- [30] F. Medina, «Tamaño óptimo de muestra en encuestas de propósitos múltiples», en CEPAL. *Comisión Económica para América Latina. 1.º Taller regional. Planificación y desarrollo de encuestas de hogares para la medición de las condiciones de vida*, Aguascalientes. México, 6 julio 1998.
- [31] L. Kish, *Survey Samplig*. Michigan: John Wiley & Sons, Inc., 1965.
- [32] W. G. Cochran, *Sampling Technics*. Michigan: John Wiley & Sons, Inc., 1953.
- [33] Schettini, P. y Cortazzo, I., *Análisis de datos cualitativos en la investigación social. Procedimientos y herramientas para la interpretación de información cualitativa*, La Plata: Facultad de Trabajo Social. Edulup: Editorlal de la Universidad de La Plata, 2015
- [34] Sáenz-López, C. y Tamez-González, G., *Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a la investigación en ciencias sociales*. Ciudad de México: Tirant Humanidades, 2014.

- [35] Manterola, C., Grande, L., Otzen, T., García, N., Salazar, P. y Quiroz, G., «Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica», *Revista Chilena de Infectología*, vol. 35, n.º 6, 20 noviembre 2018.
- [36] L. Cayola, *Modelos lineales: Regresión, ANOVA y ANCOVA* (versión 1.5). Madrid: Universidad Rey Juan Carlos, 2004.
- [37] Latorre-Beltrán, A., Rincón-Igea, A y Arnal-Agustín, J., *Bases metodológicas de investigación educativa*. Barcelona: Experiencia, 2005.
- [38] Caballero de la Calle, J. . *La Experimentación Animal en la Investigación. Apuntes de la Ciencia*. s.l., Ecuador: Boletín científico de la gerencia informativo de la ciudad real, 30 abril 2014.
- [39] Beauchamp, T. y Childress, J., *Principles of Biomedical Ethics*. Nueva York: Oxford University Press, 1978.
- [40] H. Martin-Sass, «El pensamiento bioético de Fritz Jahr 1927-1934. Fritz Jahr (1895-1953), Padre de la Bioética», *International Journal on Subjectivity, Politics and the Arts*, vol. 6, n.º 2, pp. 20-33, abril 2011.
- [41] Decreto Ejecutivo 919, *Reglamento General de la Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria*, Registro Oficial Suplemento 91 de 29-nov.-2019.
- [42] *World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical principles for medical research involving human subjects*, Adopted by the 18th WMA General Assembly Helsinki, Finland, June 1964. Amended 1975, 1983, 1989, 1996, 2000.
- [43] AGROCALIDAD (2021), «Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario» [en línea]. Disponible en: <https://www.gob.ec/arcfz>.
- [44] Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario, Resolución XX, Quito. Ecuador, 2020.
- [45] Boada-Saña, M., Colom-Comí, A. & Castello-Echeverría, N., «La Experimentación Animal», 2021.
- [46] Concepción-Alfonso, A., De la Peña-Pino, R. & García-Capote, J., «Acercamiento al accionar ético-moral del científico que trabaja con animales de experimentación», *Acta Bioethica*, vol. 13, n.º 1, p. 13, jun. 2007.

- [47] K. Sánchez-Álvarez, «Redacción de una normativa de ética y bienestar en investigación con animales». Cuenca, 2017.
- [48] León-Correa, F. y Escárdate-Cortés, P, «La experimentación animal y la salud. Nuestros deberes éticos con los demás seres vivos», *Bioética Latinoamericana*, vol. 3, n.o 1, 2009.
- [49] F. Drane-James, «La ética como carácter en la investigación médica», *Acta Bioethica*, vol. 10, n.º 1, pp. 17-25, 2004.
- [50] P. Alvarez-Viera, «Ética e investigación», *Boletín Redipe*, vol. 7, n.o 2, pp. 122-149, 23 febrero 2018.
- [51] M. Fajardo-Fajardo, «La Ética de Immanuel Kant», *Revista Internacional de Filosofía Teórica y Práctica*, vol. 1, n.º 1, pp. 127-138, enero-junio 2021.
- [52] Gago-Díaz, M. y Gutiérrez-Rabadán, C., «Experimentación animal: Problemática y legislación», 2011.
- [53] F. Feyton, «Problemas bioéticos de la experimentación con animales no-humanos», *DA. Derecho Animal. Forum of Animal Law Studies*, [en línea], vol. 1, n.o 3, pp. 1-15, 2010.
- [54] COSCE: Confederación de Sociedades Científicas de España (2021), «Presentación – Animales en Experimentación Científica» [en línea]. Disponible en: <https://cosce.org/presentacion/>.
- [55] Martínez-Molina, J., Alonso-Villavicencio, G., Heredia-Ruiz, D., García Cruz, M., Sánchez Álvarez, C., Castro-Gutiérrez, M. y Chaviano-Álvarez. L., «Bioética en la experimentación animal», *REDVET. Rev. Electrónica Veterinaria*, vol. 16, n.o 2, pp. 1-19, 2015.
- [56] M. Navarro-Ojeda, *Metodología de la investigación científica: Una reflexión necesaria. Enfoque desde el campo de las ingenierías*, Holguín, Cuba: Mc Graw Hill (Manuscrito en elaboración)., 2021

Los procesos de investigación han sido definidos en la formación integral y una de las herramientas principales es el uso del método científico para solucionar los problemas que suelen presentarse en los agroecosistemas que, en nuestro caso (Sierra ecuatoriana), son minifundios que requieren de estrategias o el desarrollo de tecnologías conducidas a la maximización productiva con acciones amigables con el medio ambiente, y así promover el altruismo ecológico, al equilibrar los tres ejes del desarrollo sustentable: social, económico y ecológico. En el presente trabajo, se aspira a abordar los protocolos que se exigen para resolver problemas en el área agropecuaria, desde la definición del problema, establecimiento y prueba de las hipótesis de trabajo, análisis y manejo de datos de las variables respuesta, interpretación de los resultados, hasta recomendar las respectivas mejoras que puedan ser de aplicación mediata en los sistemas de producción agropecuarios. Todo sin descuidar los valores éticos que nuestros investigadores deben desarrollar sobre la base de las normativas que se exigen a escala mundial y nacional para el uso de los organismos vivos en las pruebas experimentales.

Marcelo Eduardo Moscoso Gómez (1967) es ingeniero zootecnista y máster en Ciencias mención Agricultura Sustentable en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Es Doctor en Ciencias (Ph.D.) de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Perú. Fue docente principal de la Universidad Estatal de Bolívar. Es docente titular en la ESPOCH. Fue director de la carrera de Zootecnia y subdecano de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Maria del Carmen Moreno Albuja (1967) es abogada y magíster en Derecho Constitucional. Desde el 2018 hasta la actualidad es docente en la Facultad de Administración de Empresas de la ESPOCH. Ha publicado 9 artículos científicos y colaborado en un proyecto de Investigación.

Nathaly Kassandra Moscoso Moreno (1996) es licenciada en Ciencias de la Salud en Laboratorio Clínico e Histopatológico y magíster en Criminalística y Ciencias Forenses. Es técnico docente de la Facultad de la Salud Humana en la Universidad Nacional de Loja.

Jorky Roosevelt Armijos Tituana (1972) es doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia y magíster en Producción Animal en El Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables y candidato a doctor en Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria la Molina - Perú. Es Docente de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Loja. Es decano de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.

ISBN: 978-9942-42-267-5

