

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: GUÍA PARA PROYECTOS DE TESIS FORESTALES Y AMBIENTALES

DOI: 10.35622/inudi.b.114

Ronald Révolo-Acevedo
Bimael Quispe-Reymundo
Frans Carhuamaca-Castro
Janette Jauregui-Ofracio
Víctor López-Gutierrez
Rodolfo Ribbeck-Hurtado

Metodología de la investigación: Guía para proyectos de tesis forestales y ambientales

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.114>

Ronald Révolo-Acevedo

<https://orcid.org/0000-0002-6159-1815>
rrevolo@uncp.edu.pe

Bimael Quispe-Reymundo

<https://orcid.org/0000-0003-0881-2698>
bjqrforesamb@gmail.com

Frans Carhuamaca-Castro

<https://orcid.org/0000-0003-4546-8566>
franscc@uncp.edu.pe

Janette Jauregui-Ofracio

<https://orcid.org/0000-0002-4513-7890>
janettejo@uncp.edu.pe

Víctor López-Gutierrez

<https://orcid.org/0000-0002-2286-0912>
vlopez@uncp.edu.pe

Rodolfo Ribbeck-Hurtado

<https://orcid.org/0000-0001-5317-2680>
rribbeck@uncp.edu.pe



Metodología de la investigación: Guía para proyectos de tesis forestales y ambientales

Autores:

Ronald Héctor Révolo Acevedo
Bimael Justo Quispe Reymundo
Frans Dennys Carhuamaca Castro
Janette Danizza Jauregui Ofracio
Víctor López Gutierrez
Rodolfo Ricardo Ribbeck Hurtado

Primera edición digital
Publicado en Puno, octubre del 2023

ISBN: 978-612-5130-05-1 (PDF)

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2023-09701

Registro de Proyecto Editorial: N° 32101012300505

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.114>

Categoría: Texto universitario

CONSEJO EDITORIAL

Director: Dra. Katia Perez Argollo

Editor Jefe: Lic. Sergio Antonio Flores Vargas

Editores:

Dra. Bethzabe Cotrado Mendoza / Dra. Manuela Daishy Casa Coila / Dr. Edgar Estanislao Mancha Pineda / Dra. Luz Wilfreda Cusi Zamata / MSc. Rebeca Alanoca Gutiérrez / Dr. Wilson Gregorio Sucari Turpo / Dra. Yolanda Lujano Ortega / Dra. Sheyla Lenna Cervantes Alagón / Dra. Dometila Mamani Jilaja / Dr. Peregrino Melinton Lopez Paz / Dra. Nina Eleonor Vizcarra Herles / Mg. Lourdes Antonieta López Cueva / Dr. Carlos Alfredo Castro Quispe / Dr. Edgar Darío Callohuanca Avalos / Dra. Diana Águeda Vargas Velásquez / MSc. Yésica Dominga Díaz Vilcanqui / Dra. Tania Carola Padilla Cáceres / Patty Samanta Aza Suaña / Lic. Leydi Gabriela Ramos Ramos.

Diseño de portada: Antonio Flores

Corrección de estilo: Leydi Ramos

Editorial: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C.

Urb. Ciudad Jardín Mz. B3 Lt. 2, Puno – Perú

RUC: 20608044818

Email : editorial@inudi.edu.pe / info@inudi.edu.pe

Teléfono: +51 973668341

Sitio web: <https://editorial.inudi.edu.pe>

Publicado en Perú / Posted in Peru



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.

Evaluación de contenido: Esta obra ha sido evaluada por pares doble ciego, aprobada por el Consejo Editorial del Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú y editada bajo procedimientos que garantizan su normalización.

Los autores son moral y legalmente responsables de la información expresada en este libro, así como del respeto a los derechos de autor; por lo tanto, no comprometen en ningún sentido a la editorial.

Declaración conflictos de interés:

Los autores de esta publicación declaran la inexistencia de conflictos de interés de cualquier índole con instituciones o asociaciones comerciales.

Financiamiento:

Publicación autofinanciada.

Información adicional:

Este libro es resultado de la motivación personal y producción propia de los autores.



Director Ejecutivo

Dr. Wilson Gregorio Sucari Turpo

Director Académico

Lic. Sergio Antonio Flores Vargas

Director de Investigación

Dr. Pedro Carlos Huayanca Medina

Director de Innovación y Transferencia Tecnológica

Ing. Erika Romero Santisteban

Revisores Pares Externos

Se encuentra en el siguiente enlace:

<https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/about/editorialTeam>



EDITORIAL INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INNOVACIÓN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA INUDI PERÚ S.A.C.

— INDEXADA EN DOAB, DIALNET, WORLDCAT, JISC, REDIB, SCILIT, OPENDOAR, SHERPA/ROMEO—
CÓD. DE SELLO EDITORIAL.: 978-612-48813

DECLARACIÓN JURADA

Nosotros, los abajo firmantes, en calidad de autores del libro titulado "**Metodología de la investigación: Guía para proyectos de tesis forestales y ambientales**", que será publicado en la Editorial Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, hacemos constar mediante la presente declaración jurada lo siguiente:

- Declaramos que el presente libro es fruto de nuestro trabajo original y creativo, fundamentado en la recopilación de fuentes verídicas para uso educativo.
- Afirmamos que todos los contenidos expresados en el libro son producto de nuestra autoría y se fundamentan en la experiencia de la docencia universitaria de nuestra competencia.
- Dejamos constancia que en la elaboración de este texto no hemos incurrido en plagio, sin copiar ni extraer contenidos que no son de nuestra autoría.
- Reconocemos que cualquier incumplimiento de estas declaraciones o de los principios éticos y académicos en la elaboración de este libro puede acarrear consecuencias legales y afectar nuestra reputación como investigadores.
- Nos comprometemos a asumir la responsabilidad de cualquier controversia que pudiera surgir relacionada con la originalidad del contenido presentado en este libro y a colaborar con el Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú para resolver cualquier inquietud al respecto.
- Autorizamos al Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú a publicar y distribuir el libro bajo los términos y condiciones que se acuerden, manteniendo siempre los créditos y reconocimientos a nuestra autoría.

Ronald Héctor Révalo Acevedo
DNI: 19915491

Bimael Justo Quispe Reymundo
DNI: 48535760

Frans Dennys Carhuamaca Castro
DNI: 40245005

Janette Danizza Jauregui Ofracio
DNI: 20082310

Víctor López Gutierrez
DNI: 19859662

Rodolfo Ricardo Ribbeck Hurtado
DNI: 20098945

EDITORIAL INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INNOVACIÓN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA INUDI PERÚ S.A.C.

— INDEXADA EN DOAB, DIALNET, WORLDCAT, JISC, REDIB, SCILIT, OPENDOAR, SHERPA/ROMEO—
CÓD. DE SELLO EDITORIAL.: 978-612-48813

CONSTANCIA

de revisión por el Comité de Ética

Yo, Lic. Leydi Gabriela Ramos Ramos en calidad de Presidente del Comité de Ética del Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, hago constar se ha evaluado el texto universitario "**Metodología de la investigación: Guía para proyectos de tesis forestales y ambientales**", con ISBN 978-612-5130-05-1 presentado por los autores Ronald Héctor Révolo Acevedo; Bimael Justo Quispe Reymundo; Frans Dennys Carhuamaca Castro; Janette Danizza Jauregui Ofracio; Víctor López Gutierrez; Rodolfo Ricardo Ribbeck Hurtado y ha determinado que dicho proceso cumple con los principios éticos y las normas establecidas para la categoría de textos universitarios.

Del mismo modo, el informe de similitud generado por el software Turnitin arrojó los siguientes resultados:

El porcentaje total de similitud del libro es de **19%** el cual está dentro de los límites establecidos por las políticas de originalidad de nuestra institución.

Se expide la presente para fines que los autores crean por conveniente.

Dado en Puno – Perú, 12/10/2023 16:00:27



Firmado digitalmente por RAMOS RAMOS
LEYDI GABRIELA FIR 70940654 hard
Fecha: 2023.10.12 16:15:52 -05'00'
Versión de Adobe Acrobat Reader:
2023.006.20320

Lic. LEYDI GABRIELA RAMOS RAMOS
Presidente del Comité de Ética

Contenido

SINOPSIS.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11

CAPÍTULO I

LA INVESTIGACIÓN

1.1 ¿Por qué hacer una tesis?.....	13
1.2 La investigación científica	13
1.3 Ideas generales sobre investigación científica	16
1.4 Paradigmas de la investigación científica	17
1.5 El conocimiento científico.....	18
1.5.1 Ciencia.....	19
1.5.1 Teoría.....	20
1.6 Método científico	20
1.6 Definición del tema de investigación.....	22

CAPÍTULO II

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Seleccionando la línea de investigación	26
2.2 Niveles de investigación.....	28
2.2.1 Nivel de investigación exploratorio	29
2.2.2 Nivel de investigación descriptivo	31
2.2.3 Nivel de investigación relacional.....	33
2.2.4 Nivel de investigación explicativo.....	35
2.2.5 Nivel de investigación predictiva	37
2.2.6 Nivel de investigación aplicada.....	39

CAPÍTULO III

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Investigación básica.....	42
3.2 Investigación aplicada.....	42
3.3 Planteamiento del problema	43
3.4 Formulación del problema	46

CAPÍTULO IV
MARCO TEÓRICO

4.1 Contexto del marco teórico	56
4.2 Definición del marco teórico	56
4.3 Funciones del marco teórico	57
4.4 Los antecedentes	60
4.5 Las bases teóricas	61
4.6 Definición de términos.....	63

CAPÍTULO V
LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Hipótesis	67
5.2 Hipótesis de investigación	68
5.3 Hipótesis de nula	69
5.4 Hipótesis alternativas.....	70
5.5 Hipótesis estadística	72

CAPÍTULO VI
OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

6.1 Definiendo la operacionalización de variables	75
6.2 Tipos de variables	75
6.3 Escala de valoración de las variables	77
6.4 Diseño de la operacionalización de las variables.....	80

CAPÍTULO VII
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

7.1 Enfoque del diseño de investigación	89
7.2 Tipos de diseños	90
7.2.1 Diseños de investigación (experimentales)	90
7.2.2 Diseños de investigación (no experimentales).....	91
7.3 Diseños experimentales puros	91
7.4 Diseños cuasiexperimental.....	98
7.5 Diseños pre experimental.....	103
7.6 Diseños no experimentales.....	108

CAPÍTULO VIII
POBLACIÓN Y MUESTRA

8.1 Población en la investigación científica	115
8.2 Muestra en la investigación científica.....	116
8.3 Muestreo en una investigación científica	119
8.3 Muestreo probabilístico	120
8.4 Muestreo no probabilístico.....	125

CAPÍTULO IX

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

9.1 La técnica e instrumento.....	132
9.2 Técnicas de procesamiento de datos.....	133
9.3 Fases de la técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	139
ANEXOS.....	145

SINOPSIS

El libro es una valiosa herramienta dirigida tanto a los estudiantes como a los académicos de la ingeniería forestal y ambiental, así como a aquellos interesados en realizar investigaciones en estas áreas. Esta obra proporciona una guía completa que abarca los aspectos esenciales para llevar a cabo proyectos exitosos. La obra ofrece una metodología práctica y accesible para la elaboración de proyectos de tesis en la carrera de ingeniería forestal y ambiental. Se proporciona una amplia gama de herramientas, métodos y consejos que guían al lector a lo largo de todas las etapas del proceso de investigación, desde la concepción inicial del proyecto hasta su presentación final. Estas etapas incluyen la definición del problema, la recopilación de información y el análisis numérico de los datos. El libro aborda una amplia gama de temas relevantes para la construcción de proyectos de investigación en la carrera profesional de ingeniería forestal, ambiental. Se cubren distintos aspectos, como la revisión bibliográfica, la formulación de hipótesis y objetivos, la selección de participantes, la elección de métodos para la recopilación de información, la selección de técnicas para el análisis de los datos y la redacción de los informes correspondientes. Además, el libro incluye ejemplos de proyectos de investigación en ciencias forestales y ambientales, así como una amplia selección de recursos útiles para el investigador, como bases de datos, herramientas de análisis estadístico y fuentes de financiación.

Palabras clave: ingeniería ambiental, ingeniería forestal, metodología de la investigación, tesis universitaria.

ABSTRACT

The book is a valuable tool aimed at both students and academics in the fields of forestry and environmental engineering, as well as those interested in conducting research in these areas. This work provides a comprehensive guide that covers the essential aspects for carrying out successful projects. The book offers a practical and accessible methodology for the development of thesis projects in the field of forestry and environmental engineering. It provides a wide range of tools, methods, and advice that guide the reader through all stages of the research process, from the initial conception of the project to its final presentation. These stages include defining the problem, gathering information, and numerically analyzing the data. The book addresses a wide range of topics relevant to the construction of research projects in the professional field of forestry and environmental engineering. Various aspects are covered, such as literature review, hypothesis and objective formulation, participant selection, methods for data collection, techniques for data analysis, and the writing of corresponding reports. In addition, the book includes examples of research projects in forestry and environmental sciences, as well as a wide selection of useful resources for researchers, such as databases, statistical analysis tools, and sources of funding.

Keywords: environmental engineering, forestry engineering, research methodology, university thesis.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la carrera profesional de ingeniería forestal y ambiental, la investigación desempeña un papel fundamental en el avance y desarrollo de estas disciplinas. La investigación requiere una sólida base de conocimientos para tomar decisiones fundamentadas y aplicar políticas y prácticas que fomenten la sustentabilidad de nuestros recursos naturales.

El propósito de este libro es proporcionar una guía práctica y valiosa metodología de investigación a estudiantes, investigadores y profesionales que se dedican a la ingeniería forestal y ambiental. En esta obra se tratan los aspectos clave relacionados con la investigación en este campo, desde la identificación y formulación del problema hasta la presentación y exposición de los hallazgos y conclusiones obtenidos.

En la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, la construcción de un proyecto de investigación sigue una metodología metódica y rigurosa que garantiza la recopilación, análisis e interpretación objetiva y confiable de datos. En este libro se proporcionan las herramientas y técnicas principales utilizadas en la investigación, abarcando la revisión bibliográfica, la selección de métodos y técnicas de demostración, la recolección de datos, su análisis y la presentación clara y comprensible de los resultados obtenidos.

En el ámbito de la ingeniería forestal, ambiental, se abordan los pasos fundamentales en la construcción de un proyecto de investigación. Además, se exploran aspectos cruciales como la ética en la investigación, la redacción de propuestas y los informes de investigación, así como la presentación de resultados. Este libro también incluye ejemplos y casos prácticos que ejemplifican la aplicación de las técnicas y herramientas presentadas, brindando así una visión más práctica y concreta de su utilización.

CAPÍTULO I

LA INVESTIGACIÓN

1.1 ¿Por qué hacer una tesis?

De acuerdo con los reglamentos de investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú, así como de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, se identifican varios requisitos para la realización de tesis en esta materia. A continuación, se destacan algunos de ellos:

1. Requisitos esenciales para obtener la titulación universitaria de licenciatura: En consonancia con la mayoría de las universidades, la elaboración de tesis es un requisito obligatorio para obtener el título en Ciencias Forestales y Ambientales. Las tesis constituyen una forma de evaluar el nivel de conocimientos y habilidades adquiridos por los estudiantes durante su formación académica.

2. Contribución al conocimiento: Las tesis en Ciencias Forestales y Ambientales representan una oportunidad para contribuir al conocimiento científico y brindar soluciones a los desafíos ambientales que enfrenta la sociedad. La investigación llevada a cabo en una tesis puede generar información valiosa y práctica, utilizada por los responsables de la toma de decisiones y la gestión ambiental.

1.2 La investigación científica

El término "investigar" tiene su origen en la palabra latina "vestigio", que significa el acto de seguir rastros o buscar pistas (Lakatos et al., 1978). Sus sinónimos abarcan examinar, sondear, emprender un camino indirecto en persecución, rastrear y realizar actividades para descubrir algo. A lo largo de muchos siglos, numerosas personas han creído en el desarrollo potencial de técnicas de exploración e invención. Sin embargo, tal capacidad aún no se ha hecho realidad (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991). De hecho, se podría argumentar que es poco probable que se logre a menos que se produzca una redefinición radical del concepto de "ciencia". El conocimiento científico, a diferencia de la sabiduría revelada, posee inherentemente una susceptibilidad al error, lo que significa que puede ser cuestionado en parte o en su totalidad (Schwarz & Sudman, 1996). Esta

falibilidad inherente sugiere que el establecimiento de reglas infalibles que conduzcan directamente a verdades indiscutibles es un empeño inalcanzable.

¿Es exacto afirmar que la investigación científica se caracteriza por la imprevisibilidad y un alto grado de incertidumbre, y que los científicos dependen de la intuición o la inspiración? Para Rodríguez Gómez et al. (1999) en realidad, no hay caminos predeterminados en el ámbito de la ciencia; el progreso de la investigación implica superar retos en el intrincado paisaje de la información objetiva, y los científicos consumados desarrollan sus propios enfoques únicos de exploración (Méndez Alvarez, 1998). Sin embargo, esta circunstancia no debe llevarnos a desesperar ante la perspectiva de identificar patrones y metodologías universalmente eficaces para plantear problemas y probar hipótesis (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000). Los científicos que persiguen la verdad no se atienen a normas estrictas; la ciencia carece de rutas predefinidas. Sin embargo, existe una especie de brújula que a menudo nos ayuda a calibrar si nos dirigimos en una dirección prometedora (Lakatos et al., 1978). Esta brújula es el método científico. Aunque no garantiza la adquisición automática de conocimientos, impide que nos perdamos en el aparente caos de los fenómenos al guiarnos sobre cómo evitar la formulación incorrecta de los problemas y cómo eludir las trampas de nuestros prejuicios profundamente arraigados (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991). La investigación científica implica una búsqueda decidida de conocimientos o soluciones a dilemas científicos, y el método científico sirve de marco orientador en este proceso, mientras que las técnicas proporcionan los detalles sobre cómo avanzar por este camino (Schwarz & Sudman, 1996).

La investigación influye positivamente en la mejora del proceso de aprendizaje al permitirnos establecer una conexión directa con la realidad, mejorando así nuestra comprensión de la misma (Botta, 2002). Despierta la creatividad intelectual y alimenta una creciente curiosidad por la resolución de problemas. Además, contribuye al desarrollo de la capacidad de lectura crítica (Aubrey et al.,

2000). Antes de entrar en consideraciones prácticas, es crucial recordar conceptos fundamentales, como la introducción.

A lo largo del siglo XX, la metodología de la investigación científica ha evolucionado y se ha solidificado (Jonker & Pennink, 2001). A diferencia de otros campos que experimentan cambios continuos, como la tecnología, la gestión, la economía y la medicina, la metodología de la investigación (que sirve de herramienta para generar conocimiento) permanece relativamente estable y estandarizada (Ostriker & Kuh, 2003). Se adhiere a criterios universalmente aceptados, facilitando el intercambio de conocimientos entre diversas disciplinas, contextos y regiones globales (Gómez Mendoza et al., 2010). Sirve como lenguaje común de la ciencia, fomentando el progreso en todos los ámbitos, facilitando la transferencia de tecnología, estableciendo consensos y promoviendo la colaboración interdisciplinar, todo lo cual es vital para avanzar en nuestra comprensión (Romero González, 2009).

La investigación científica, en virtud de sus características inherentes, representa el conocimiento con una utilidad práctica. Implica la aplicación de conocimientos especializados para generar ideas y construcciones novedosas, formular marcos teóricos y fomentar la innovación (Corbetta, 2007). En esencia, ofrece pruebas teóricas y empíricas destinadas a mejorar nuestra comprensión de la realidad y facilitar la identificación y resolución de retos específicos (Bell, 2005). Esta forma de investigación está estrechamente relacionada con el mundo tangible, el ámbito del conocimiento práctico y el entorno cultural, social y político en el que se desarrolla (Creemers et al., 2010). Se convierte en un manantial que fomenta una exploración intelectual valiosa e ilimitada. La difusión de esta investigación fomenta la colaboración entre científicos de diversas disciplinas, enriquece la enseñanza superior y orienta a influyentes agentes sociales (Dul & Hak, 2008).

1.3 Ideas generales sobre investigación científica

La investigación científica en el ámbito de las ciencias forestales y ambientales se fundamenta en un enfoque sistemático y riguroso para adquirir y aplicar conocimientos (Laake et al., 2007). Su principal propósito consiste en abordar los desafíos relacionados con el entorno forestal y ambiental mediante la generación de nuevos conocimientos, la validación de teorías existentes y la creación de enfoques innovadores (Rakover, 2007).

La investigación científica en las ciencias forestales y ambientales engloba varias etapas, que incluyen la identificación y formulación de problemas, una revisión exhaustiva de la literatura existente, la definición clara de objetivos de investigación, la selección apropiada de metodologías y técnicas para recopilar datos, análisis estadísticos y la interpretación de los resultados obtenidos (Somekh, 2006). Es crucial que los investigadores en estas disciplinas sigan principios éticos sólidos durante todas las fases de la investigación, incluyendo la gestión responsable de recursos naturales, la preservación del medio ambiente y el respeto a los derechos de las comunidades locales (Marczyk et al., 2005).

La colaboración interdisciplinaria desempeña un papel fundamental en la investigación científica en estas áreas, ya que los problemas ambientales y forestales son complejos y requieren un enfoque integrado que involucre diversas áreas de conocimiento (Pole, 2004), como la ecología, la biología, la gestión forestal, la hidrología, la silvicultura sostenible y el desarrollo sostenible. Los resultados de la investigación científica en ciencias forestales y ambientales buscan proporcionar información y apoyar la toma de decisiones en la gestión y conservación de recursos naturales, así como en la planificación y diseño de políticas y prácticas sostenibles (McKenzie et al., 2004).

1.4 Paradigmas de la investigación científica

En el campo de las ciencias ambientales y forestales, existen varios paradigmas de investigación científica que orientan la forma en que se abordan los problemas y se generan conocimientos. Algunos paradigmas son:

A. Paradigma positivista: Este paradigma se basa en la idea de que la realidad se puede estudiar de manera objetiva y cuantitativa. Se enfoca en la recopilación de datos observables y medibles, y busca establecer relaciones causales entre variables (Rodríguez Gómez et al., 1999). Se utiliza ampliamente en estudios de impacto ambiental, evaluación de riesgos y monitoreo de ecosistemas.

B. Paradigma interpretativo: Este paradigma se centra en comprender el significado y la interpretación que las personas dan a su entorno natural. Se considera que la realidad es construida socialmente y que los valores, las creencias y las percepciones influyen en la forma en que las personas interactúan con el medio ambiente (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000). Este enfoque es relevante en estudios de percepción ambiental, representaciones sociales y participación comunitaria en la gestión forestal.

C. Paradigma socioecológico: Este paradigma reconoce la interdependencia entre los sistemas sociales y ecológicos (Ketchen & Bergh, 2004). Se enfoca en comprender las dinámicas y las interacciones entre las personas y los ecosistemas, reconociendo que los cambios en uno de estos sistemas pueden tener impactos significativos en el otro. Se utiliza en estudios de gestión integrada de recursos naturales, gobernanza ambiental y adaptación al cambio climático.

D. Paradigma de la sostenibilidad: Este paradigma busca abordar los desafíos ambientales y forestales desde una perspectiva de largo plazo, asegurando la equidad intergeneracional y la conservación de los recursos naturales. Se enfoca en la búsqueda de soluciones que promuevan el

desarrollo sostenible, teniendo en cuenta aspectos ambientales, económicos y sociales. Este enfoque es relevante en estudios de planificación y manejo forestal sostenible, evaluación del ciclo de vida y políticas públicas ambientales.

1.5 El conocimiento científico

En los campos de las ciencias forestales y ambientales, la información empírica adquiere carácter científico cuando se obtiene a partir de observaciones del mundo real utilizando metodologías y herramientas precisas (Kumar Singh, 2004). Esta información pasa a formar parte de un marco que incluye conceptos, teorías y leyes. A diferencia del conocimiento empírico, la comprensión científica va más allá de las observaciones individuales porque puede hacer generalizaciones y predicciones (Aubrey et al., 2000). Además, el conocimiento científico se basa en la realidad y evita las explicaciones metafísicas, basándose en cambio en fuentes de información directas y fiables (Creemers et al., 2010).

Para adquirir conocimientos científicos en ciencias forestales y ambientales, hay que seguir varios pasos, como revisar la literatura científica existente, formular hipótesis y objetivos de investigación, realizar experimentos o estudios de campo, recopilar y analizar datos, e interpretar y compartir los resultados (Supo, 2015). Este conjunto de conocimientos desempeña un papel crucial en la toma de decisiones bien fundamentadas relacionadas con la planificación y la gestión forestal, la conservación de la biodiversidad, la restauración de los ecosistemas, la mitigación del cambio climático y la promoción de prácticas sostenibles.

En las ciencias forestales y ambientales, la creación de conocimientos científicos se beneficia enormemente de la colaboración interdisciplinar. La comprensión holística de los sistemas naturales requiere la integración de múltiples campos, como la biología, la ecología, la hidrología, la geografía, el desarrollo sostenible y la economía, entre otros (Martínez Ruiz, 2018). Además, el conocimiento científico en estos ámbitos debe guiarse por principios éticos (Munch & Angeles, 2019), que abarcan la preservación de la biodiversidad, la protección de los derechos de las comunidades locales y la promoción de prácticas sostenibles.

1.5.1 Ciencia

A lo largo de la historia, la ciencia ha experimentado cambios y ha estado estrechamente vinculada a las actividades de la sociedad (Yuni & Urbano, 2014). Sin embargo, ofrecer una definición definitiva de ciencia sigue siendo una tarea ardua, dada su compleja naturaleza y las diversas perspectivas que ha atraído a lo largo del tiempo (Ander-Egg, 2011). Albert Einstein compartió su perspectiva al respecto, afirmando que la ciencia sigue siendo objetiva en su esencia, pero se vuelve subjetiva e influida por factores psicológicos cuando se persigue como objetivo (Creemers et al., 2010). En consecuencia, la cuestión de la finalidad y el significado de la ciencia genera respuestas diversas de distintos grupos y a lo largo de diferentes épocas (Jonker & Pennink, 2001).

Es crucial reconocer que la ciencia no puede limitarse a una única definición, ya que representa un esfuerzo humano estrechamente relacionado con el curso único e insustituible de la evolución social (Bhushan Mishra & Alok, 2011). La ciencia encarna una mentalidad de observación y experimentación dentro de áreas específicas del conocimiento, sistemáticamente organizadas a través de metodologías particulares. Partiendo de un conjunto de conceptos o principios fundamentales, pretende alcanzar un conocimiento de aplicación universal (Betz, 2011).

Del mismo modo, la ciencia puede entenderse como un conjunto de conocimientos en constante expansión adquiridos mediante métodos cognitivos, expresados en conceptos precisos cuya exactitud se confirma y corrobora a través de la práctica social (Mouton & Marais, 2012). Dado que la ciencia permite a los individuos comprender la naturaleza en todos sus aspectos, resulta esencial algún tipo de categorización. Una de las distinciones más fundamentales es la que existe entre las ciencias empíricas y las ciencias formales (Kothari, 2016).

1.5.1 Teoría

En el contexto de las ciencias forestales y del ambiente, el término "teoría" se comprende como el resultado más refinado del conocimiento, una formulación general que engloba enunciados, hipótesis y leyes relacionadas con aspectos de la realidad (Camic et al., 2021). Las teorías no se refieren directamente a la realidad, ya que son construcciones simbólicas complejas, estructuras de conceptos interrelacionados (Kothari, 2016). En este sentido, el concepto de teoría difiere de la distinción teórico-práctico. Se ha afirmado acertadamente que, en el ámbito de la investigación, no hay nada más práctico que una buena teoría (Hernández et al., 2015).

1.6 Método científico

En el ámbito de las ciencias forestales y del ambiente, el método científico se enfoca en descubrir la verdad objetiva del mundo tal como es, sin prejuicios sobre cómo debería ser (Ketchen & Bergh, 2004). La realidad es el principal interés del método científico y se busca determinar en qué medida la teoría refleja dicha realidad. Para lograr esto, el investigador científico debe combinar la intuición creativa del artista, la rigurosidad lógica y coherencia del racionalista, y la utilización prudente de las autoridades en diferentes áreas del conocimiento (Jonker & Pennink, 2001). Todas estas características deben someterse al proceso sistemático de desentrañar la verdad, el cual implica observación, comprobación, organización, inferencia, predicción, comprobación nuevamente, reorganización y elaboración de teorías (Ostriker & Kuh, 2003).

En las ciencias forestales y ambientales, el método científico se basa en una serie de componentes esenciales para obtener un conocimiento riguroso y confiable. A continuación, se detallan los elementos más relevantes de este método en estas disciplinas.

Figura 1

Pasos del Método Científico



1. Observación: La observación es crucial para identificar y describir los fenómenos naturales y los problemas que se desean estudiar en las ciencias forestales y ambientales (Méndez Alvarez, 1998). Puede realizarse de manera directa, mediante la observación de ecosistemas y recursos naturales, o de manera indirecta, mediante la recopilación de información de fuentes secundarias (Rodríguez Gómez et al., 1999).

2. Formulación de hipótesis: A partir de la observación, se plantea una hipótesis como posible explicación del fenómeno observado. La hipótesis debe ser clara, precisa y falsa, es decir, debe poder someterse a pruebas empíricas (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000).

3. Diseño del experimento: El diseño del experimento es fundamental para verificar la hipótesis propuesta. Debe ser riguroso y cuidadosamente planificado para garantizar la obtención de datos confiables y precisos. Un diseño adecuado es esencial para realizar una prueba efectiva de la hipótesis (Botta, 2002).

4. Recopilación de datos: Para obtener información a través de experimentos u observaciones, es importante recopilar datos de manera rigurosa y sistemática. Se deben utilizar herramientas y técnicas apropiadas para abordar el problema y la hipótesis planteados. Esto es fundamental en cualquier investigación científica (Bell, 2005).

5. Análisis de datos: El análisis de datos es esencial para verificar la coherencia de la hipótesis con los datos obtenidos. Es necesario aplicar técnicas estadísticas y matemáticas apropiadas para el análisis, de modo que permitan tomar decisiones y obtener conclusiones precisas (Corbetta, 2007).

6. Conclusiones: A partir de la evaluación de la información recopilada, se pueden obtener conclusiones con respecto a la hipótesis planteada. Estas conclusiones deben ser coherentes con los datos y respaldadas por un análisis riguroso (Romero González, 2009).

7. Comunicación: Por último, es importante comunicar los hallazgos de la investigación tanto a la comunidad científica como al público en general. Esto permite que el conocimiento generado sea validado por otros científicos y que la sociedad en general pueda beneficiarse del conocimiento producido por la investigación científica (Bernal Torres, 2010).

1.6 Definición del tema de investigación

Los estudiantes a menudo se preguntan: ¿Cómo puedo encontrar un buen tema para mi investigación? Algunos tienen la ventaja de contar con trabajos previos de investigación, ideas que han estado incubando durante mucho tiempo y solo esperan la oportunidad de ser desarrolladas, o temas que exploraron en cursos anteriores y desean profundizar (Gómez Mendoza et al., 2010). En realidad, una recomendación práctica es centrarse en lo que ya se conoce. Hacer una lista de temas previamente abordados en trabajos o cursos puede revelar que se ha realizado una sólida revisión bibliográfica. Un estudiante bien organizado podría

utilizar los trabajos realizados en el contexto de cursos anteriores como punto de partida para su tesis (Achaerandio Zuazo, 2010).

Por otro lado, algunos estudiantes pueden encontrarse en una situación de indecisión. No obstante, es sabido que la creatividad a menudo surge después de una fase de incertidumbre o incluso caos (Ander-Egg, 2011). En tales momentos, es importante tener paciencia y no entrar en pánico, sino ocupar la mente con otras tareas. Es durante estos momentos de reposo mental, en medio de la confusión, cuando surgen las ideas. En ocasiones, los estudiantes encuentran su tema en un destello de inspiración repentina, donde todo se aclara y se ordena (Supo & Cavero, 2014).

Cada individuo puede encontrar un tema adecuado al reflexionar sobre su experiencia y su creatividad. Es esencial comprender que la tesis es una etapa dentro del proceso de formación en investigación (Yuni & Urbano, 2014). Aunque más compleja y profunda que una memoria, no representa la obra de toda una vida. Sin embargo, es crucial que el estudiante de pregrado vea su tesis como la culminación de su formación en investigación, lo que le permitirá desenvolverse como investigador de la mejor manera posible (Supo, 2015).

Independientemente del enfoque adoptado, todos los estudiantes pueden determinar un tema para sus propósitos. Cada persona tiene su propia perspectiva, sus intereses específicos y su conocimiento único (Fernández & Valle, 2016). Hablar con colegas y amigos, realizar sesiones de lluvia de ideas, consultar con profesores, revisar tesis y memorias publicadas, y conversar con estudiantes que han completado sus investigaciones son algunos de los recursos que pueden ayudar en este proceso (Parreño Urquizo, 2016).

No existe una fórmula mágica para encontrar un tema, pero existen métodos para apoyarse en este proceso. La clave está en confiar en los recursos disponibles, aprovechar la experiencia y conocimiento de otros, y explorar diversas fuentes de información y perspectivas (Otero & Gibert, 2016). A medida que se adquiere conocimiento sobre el tema y se examinan las obras de autores relevantes, se va refinando y estructurando el proyecto de tesis o memoria. Es un proceso de

depuración y precisión del pensamiento, donde se deben separar elementos de información que no han sido útiles para avanzar en la dirección deseada (Martínez Ruiz, 2018).

La definición del tema de investigación en el ámbito de las ciencias ambientales y forestales implica la identificación precisa y la delimitación clara de la problemática relacionada con el medio ambiente y los ecosistemas forestales que se investigará (Munch & Angeles, 2019). Este proceso permitirá establecer los objetivos y las hipótesis pertinentes para abordar dicha problemática. Es un paso fundamental en el proceso de investigación científica en estas disciplinas, ya que proporciona una base sólida para seleccionar y aplicar la metodología adecuada (Arispe Alburqueque et al., 2020). La elección de un tema de investigación relevante y significativo en el ámbito ambiental y forestal es crucial para garantizar la viabilidad y la validez de los resultados obtenidos en relación con la conservación, gestión y sostenibilidad de los recursos naturales y los ecosistemas (Arias Gonzáles & Covinos Gallardo, 2021).

CAPÍTULO II

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

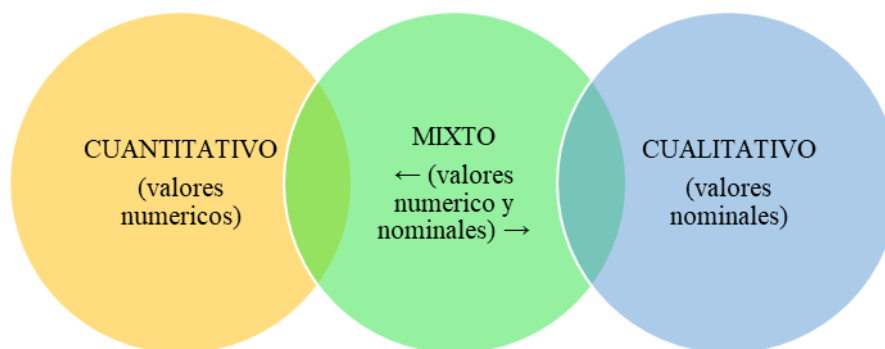
2.1 Seleccionando la línea de investigación

Una línea de investigación se refiere a un conjunto de temas y problemas de investigación que comparten una misma orientación conceptual, metodológica y temática (Arias González & Covinos Gallardo, 2021), y que se abordan de manera sistemática y rigurosa con el objetivo de producir conocimientos científicos nuevos y relevante (Barrero Ticona, 2022).

En otras palabras, una línea de investigación representa una orientación o enfoque particular de investigación dentro de un campo de conocimiento (Arispe Alburqueque et al., 2020), que se centra en enfocar la investigación en un conjunto particular de cuestiones o problemas específicos y que busca generar respuestas científicas a dichas preguntas usando técnicas y metodologías adecuadas para el propósito, se puede lograr el objetivo de la investigación (Munch & Angeles, 2019).

Figura 2

Enfoque de la investigación



En el ámbito de la ciencia forestal y ambiental, hay distintas ramas de estudio enfocadas en preservar y restaurar los ecosistemas naturales, la gestión sostenible de los bosques, la biodiversidad, la adaptación y mitigación del cambio climático, así como la producción y uso de fuentes de energía renovable. Además de estos temas, también se abordaron otros asuntos relevantes para la gestión y afectaron el medio ambiente y los recursos naturales.

Se presentan algunas líneas de investigación científica:

A. Gestión forestal sostenible: Esta disciplina explora las prácticas, técnicas y enfoques para gestionar los bosques con el fin de garantizar su viabilidad a largo plazo, conservando al mismo tiempo sus recursos. Abarca temas como la planificación de la gestión forestal, la preservación de la biodiversidad, la regeneración natural y la evaluación del impacto medioambiental.

B. Ecología forestal: Este campo de estudio se centra en la investigación de las interacciones entre los organismos y su entorno forestal, incluyendo la dinámica de los ecosistemas forestales, las relaciones entre plantas y animales, y la ecología de las comunidades forestales.

C. Restauración ecológica: Dentro de esta rama de la investigación, la atención se centra en el desarrollo de estrategias y metodologías para rehabilitar ecosistemas que se han visto afectados o alterados negativamente. Aborda áreas como la restauración de la diversidad biológica, el rejuvenecimiento de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y la evaluación de la eficacia de las técnicas de restauración.

D. Cambio climático y bosques: Este campo de estudio pretende comprender cómo afecta el cambio climático a los bosques y ecosistemas afines. Profundiza en aspectos como la dinámica del carbono en los bosques, la vulnerabilidad de las especies forestales al cambio climático y las estrategias de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en las zonas boscosas.

E. Gestión de los recursos naturales: Esta área de investigación gira en torno al análisis de políticas y enfoques destinados a promover una gestión responsable y sostenible de los recursos naturales, incluidos los bosques, las masas de agua y los suelos. Abarca cuestiones críticas como la gobernanza de los recursos naturales, la participación de la comunidad

en la gestión y la evaluación de las consecuencias de las políticas y estrategias de gestión de recursos.

Esquema de la línea de investigación



2.2 Niveles de investigación

Los niveles de investigación se refieren a los diferentes grados de profundidad y complejidad con los que se pueden abordar los temas y problemas de investigación (Martínez Ruiz, 2018), que tienen que ver con la gestión sostenible de los recursos naturales y la forma del medio ambiente son temas clave que se abordan en esta área de estudio.

Es importante destacar que estos niveles de investigación no son excluyentes, sino que pueden complementarse en una misma investigación (Otero & Gibert, 2016). Por ejemplo, un estudio puede comenzar con un nivel descriptivo para luego profundizar en un nivel correlacional y finalmente llegar a un nivel explicativo (Parreño Urquiza, 2016).

Figura 3

Niveles de la línea de investigación



2.2.1 Nivel de investigación exploratorio

Es, aquel que tiene como objetivo descubrir, explorar o familiarizarse con un fenómeno o problema poco conocido o poco estudiado (Fernández & Valle, 2016). En este nivel de investigación, se busca generar hipótesis, identificar variables relevantes y establecer las bases para futuras investigaciones más detalladas (Camic et al., 2021).

En la investigación exploratoria, se utiliza una variedad de métodos y técnicas para recopilar datos, tales como entrevistas, grupos focales, observaciones, encuestas y análisis documental, y no se puede expresar mediante modelos aditivos (Kothari, 2016). El énfasis está en obtener datos amplios y generales, más en establecer conclusiones definitivas o verificar hipótesis específicas (Hernández et al., 2015).

La investigación exploratoria es útil en situaciones en las que se tiene poca información sobre un tema y se necesita una comprensión básica del mismo (Mouton & Marais, 2012). Por ejemplo, la investigación exploratoria se puede utilizar para explorar las necesidades de un mercado, identificar los factores que contribuyen al éxito de una empresa o comprender los comportamientos y actitudes de un grupo particular de personas (Hernández et al., 2015).

El nivel de investigación exploratorio es un paso fundamental e imprescindible en el inicio del proceso de investigación, ya que permite investigar y descubrir un problema o fenómeno que no ha sido suficientemente estudiado (Mouton & Marais, 2012). La investigación exploratoria proporciona una base sólida para la investigación posterior y ayuda a identificar las preguntas y enfoques de investigación más apropiados para abordar el problema o fenómeno en cuestión (Betz, 2011).

Ejemplos de investigaciones exploratorias:

- A. Evaluación de la biodiversidad forestal:** Los investigadores realizan estudios de campo y análisis de datos para explorar la biodiversidad dentro de un ecosistema forestal particular. El estudio implica identificar

especies de plantas y animales, evaluar su distribución e investigar los factores que influyen en la diversidad de especies. El objetivo sería generar conocimientos preliminares sobre el estado de la biodiversidad, que puedan informar futuros esfuerzos de conservación y preguntas de investigación.

- B. Monitoreo de la calidad del agua en áreas urbanas:** Los estudiantes pueden realizar investigaciones exploratorias sobre la calidad del agua en entornos urbanos. Recolectan muestras de agua de diversas fuentes, como ríos, lagos y escorrentías de aguas pluviales, para analizar parámetros como el pH, la turbidez y los niveles de contaminantes. La investigación tendría como objetivo identificar fuentes de contaminación y comprender las complejas interacciones entre el desarrollo urbano y la calidad del agua, ayudando a guiar posibles estrategias de mitigación.
- C. Evaluación del impacto del cambio climático en los ecosistemas forestales:** Los investigadores utilizan modelos climáticos y datos históricos para explorar los posibles impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales. Esta investigación implica evaluar factores como los cambios en los patrones de temperatura, las precipitaciones y las tasas de secuestro de carbono. El objetivo será identificar áreas vulnerables y especies de árboles, anticipar los desafíos a la salud forestal y orientar las prácticas de gestión forestal para la adaptación.
- D. Exploración de soluciones innovadoras de infraestructura verde:** Los ingenieros ambientales participan en investigaciones exploratorias para investigar técnicas novedosas de infraestructura verde para abordar los desafíos ambientales urbanos. Esto podría incluir estudiar la viabilidad y eficacia de techos verdes, pavimentos permeables o humedales artificiales para gestionar las aguas pluviales, reducir los efectos de las islas de calor urbanas y mejorar la biodiversidad urbana. La investigación genera datos iniciales sobre el rendimiento y la sostenibilidad de estas soluciones, lo que ayuda a informar futuros proyectos de ingeniería y planificación urbana.

En todos estos casos, la investigación exploratoria tiene como objetivo explorar un fenómeno o problema poco conocido o poco estudiado y proporcionar una base sólida para investigaciones posteriores más detalladas (Bhushan Mishra & Alok, 2011).

Durante el proceso de análisis de datos de la investigación exploratoria, la estadística también puede ser valiosa para identificar patrones o tendencias que ayuden a los investigadores a comprender mejor el fenómeno o problema (Supo, 2015). Es importante tener en cuenta que, en este nivel, la estadística no se utiliza para probar hipótesis o establecer relaciones causales, ya que no existe una hipótesis clara sobre el fenómeno o problema (Yuni & Urbano, 2014).

2.2.2 Nivel de investigación descriptivo

El propósito del nivel de investigación descriptiva es llevar a cabo una descripción y análisis detallados, sistemáticos y precisos de las características de un fenómeno o problema en particular (Supo & Cavero, 2014). La investigación descriptiva es útil para establecer patrones y tendencias, identificar relaciones entre variables y proporcionar una comprensión más profunda del fenómeno o problema en cuestión (Ander-Egg, 2011).

Modelo aditivo de la investigación descriptiva	→	$Y_{i,j} \Rightarrow \mu + [X_1 + X_2 + \dots + X_n]_{i,j}$
---	---	---

Donde:

$Y_{i,j}$: variable dependiente

μ : variable interviniente

$X_{(1,2,\dots,n)i,j}$: variables independientes

En la investigación descriptiva, se utilizan diversos métodos y técnicas para recolectar datos, tales como encuestas, observaciones, análisis documental (Achaerandio Zuazo, 2010). El enfoque se centra en obtener y analizar tantos datos cuantitativos como cualitativos para describir y examinar las características del fenómeno o problema en cuestión (Gómez Mendoza et al., 2010). La investigación descriptiva resulta provechosa para reconocer las necesidades y expectativas de los consumidores, caracterizar un mercado o sector, evaluar el

impacto de un programa o política, y describir las relaciones y características de las variables en distintos contextos (Bernal Torres, 2010).

Ejemplos de investigaciones descriptivas:

A. Investigación sobre el nivel de contaminación en una ciudad: Esta investigación podría emplear análisis de calidad del aire, agua y suelo, así como encuestas dirigidas a la población para describir la naturaleza y magnitud de la contaminación presente en la ciudad. El objetivo podría ser buscar el propósito de detectar las causas de la contaminación y plantear alternativas para disminuir su repercusión en la salud pública y en el entorno natural.

B. Investigación sobre la biodiversidad en un área protegida: Esta investigación podría utilizar técnicas de fotografía, observación y análisis de datos para describir la variedad y cantidad de especies en el área protegida. El objetivo podría ser identificar las especies que requieren mayor protección y fomentar la diversidad biológica.

C. Investigación sobre el uso de energías renovables en una comunidad: Esta investigación podría utilizar encuestas, entrevistas y análisis de datos de consumo de energía para describir el uso de energías renovables en la comunidad. El objetivo podría ser identificar las barreras para la adopción de energías renovables y promover su uso para reducir la huella de carbono y el impacto ambiental.

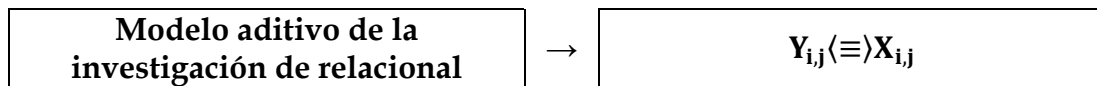
D. Investigación enfocaría en el impacto del cambio climático en un ecosistema marino: Para ello, se utilizarían medidas de temperatura, pH y salinidad, así como análisis de datos de poblaciones de especies. Se busca identificar principalmente aquellas especies que sean más susceptibles a los efectos del cambio climático y proponer estrategias para disminuir su impacto en el ecosistema.

En todos estos casos, el propósito de la investigación descriptiva es detallar y examinar de manera ordenada y exacta las propiedades de un fenómeno o

situación ambiental (Romero González, 2009). La investigación descriptiva permite una comprensión más detallada del fenómeno o problema y es beneficiosa para detectar y direcciones, y modelos también para establecer conexiones entre variables (Dul & Hak, 2008).

2.2.3 Nivel de investigación relacional

En el nivel correlacional, la finalidad es identificar la conexión o vínculo entre dos o más variables sin intervenir en ellas (Laake et al., 2007). Se emplea la evaluación de las variables y el análisis estadístico de los datos obtenidos para establecer la intensidad de la relación existente entre ellas (Rakover, 2007).



Donde:

$Y_{i,j}$: variable I

$X_{i,j}$: variable II

Se puede considerar al nivel correlacional como descriptivo-explicativo debido a que su objetivo es describir la relación entre las variables y explicar cómo una variable puede influir en la otra. Sin embargo, no se autoriza la identificación de una relación causal entre las variables, puesto que no se interviene en ellas (Somekh, 2006). Es fundamental en la planificación y diseño de un proyecto de investigación correlacional definir con precisión las variables que se van a estudiar, seleccionar una muestra representativa, elegir los instrumentos de medición adecuados y realizar un análisis estadístico apropiado para determinar el grado de relación entre las variables (Marczyk et al., 2005).

Ejemplos de investigaciones correlacionales:

A. La correlación entre la calidad del suelo y la diversidad de especies arbóreas en los bosques naturales: Este estudio pretende descubrir una relación entre la calidad del suelo y la diversidad de especies arbóreas en los bosques naturales. Esto puede lograrse evaluando factores como la textura del suelo, el contenido en nutrientes y la cantidad y variedad de

especies arbóreas presentes. Es posible emplear análisis estadísticos para determinar la presencia de una relación significativa entre estas variables.

B. La asociación entre la densidad de población humana y la deforestación: Esta investigación busca establecer una conexión entre la densidad de población humana y la deforestación en un área específica. Para ello, se examinan factores como el número de árboles talados y la densidad de población de la región. Se pueden obtener valiosos datos para comprender mejor la situación y formular estrategias de conservación y utilización sostenible de los recursos forestales. Se puede aplicar un análisis estadístico para determinar si existe una correlación significativa entre estas variables.

C. La correlación entre la biodiversidad y la práctica de la gestión forestal sostenible: Esta investigación pretende descubrir una relación entre la biodiversidad y la aplicación de prácticas de gestión forestal sostenible. Esto puede lograrse evaluando factores como la diversidad de especies de flora y fauna dentro del bosque y los métodos empleados en la gestión forestal. Se puede realizar un análisis estadístico para determinar si existe una relación significativa entre estas variables.

D. El objetivo de este estudio es establecer la asociación entre la temperatura y la distribución geográfica de las especies arbóreas en una región específica: Factores como la temperatura media anual y la presencia o ausencia de especies arbóreas específicas pueden examinarse para determinar si existe una correlación significativa entre ellos. Para ello, puede aplicarse un análisis estadístico adecuado.

Es importante destacar que estos son solo algunos otros ejemplos de investigaciones correlacionales en ciencias forestales y ambientales y que existen muchas variables y aspectos que se pueden estudiar a través de este nivel de investigación (McKenzie et al., 2004).

2.2.4 Nivel de investigación explicativo

En el nivel explicativo, el objetivo es determinar la relación de causa y efecto entre dos o más variables, es decir, se investiga cómo una variable influye en otra o en varias variables (Kumar Singh, 2004). Para lograrlo, es necesario manipular las variables independientes y controlar las variables intervinientes (Pole, 2004). En el nivel explicativo de investigación, se formula una hipótesis que postula una conexión de causa y efecto entre las variables. Para verificar o descartar dicha hipótesis, se realiza experimentación y medición de las variables. Además, se aplican técnicas estadísticas para examinar los datos y confirmar la relación causal entre las variables manipuladas (Ketchen & Bergh, 2004).

Modelo aditivo de la investigación explicativo	→	$Y_{i,j} = \beta_0 + \beta_1 * X_{1=i,j} + \beta_2 * X_{2=i,j} + \epsilon$
---	---	--

Donde:

- $Y_{i,j}$: variable dependiente
- $X_{1=i,j}$: variable independientes
- $X_{2=i,j}$: variable independientes
- ϵ : termino de error de la variable

Para planificar y diseñar un proyecto de investigación explicativo, se debe definir de forma clara las variables que se estudiarán, establecer una hipótesis de trabajo, seleccionar una muestra adecuada (Ketchen & Bergh, 2004), manipular las variables independientes y controlar las variables que pueden intervenir, además de realizar un análisis estadístico para determinar la relación de causalidad entre las variables (Ostriker & Kuh, 2003).

Ejemplos de investigaciones explicativas:

A. Efecto de la contaminación atmosférica en la sanidad de los árboles:

En esta investigación, se puede manipular la exposición de los árboles a diferentes niveles de atmosféricos y medir la respuesta de los árboles en términos de supervivencia, y sanidad. Se pueden controlar variables intervinientes, como la edad del árbol y la calidad del suelo, para determinar si una variable afecta a otra variable o variables de manera causal entre la contaminación atmosférica y la sanidad de los árboles.

B. Efecto de la temperatura en el desarrollo de las plantas: En esta investigación, se puede manipular la temperatura en un ambiente controlado y medir el crecimiento de las plantas bajo diferentes condiciones térmicas. Se pueden controlar variables intervinientes, como el tipo de planta y la calidad del suelo, para determinar si existe una relación causal entre la temperatura y el desarrollo de las plantas.

C. Efecto de la deforestación en la calidad del agua: En esta investigación, se puede manipular la tasa de deforestación en diferentes áreas medir la calidad del agua en los ríos y arroyos de una cuenca hidrográfica para evaluar la misma. Se pueden controlar variables intervinientes, como la topografía de la cuenca y la presencia de actividades humanas, para determinar si existe una relación de causalidad entre la deforestación y la calidad del agua.

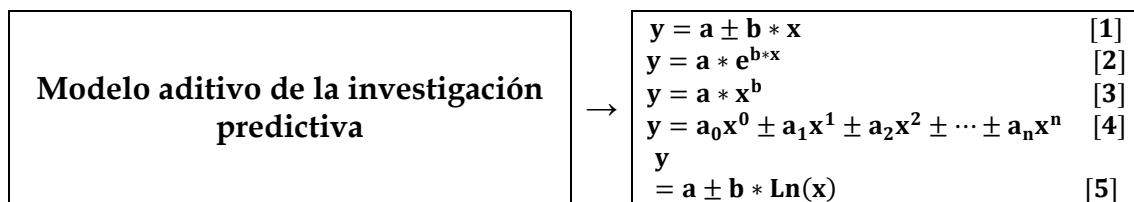
D. Efecto de la fertilización en el crecimiento de los árboles: Para ello, se pueden elegir dos grupos de árboles con características similares y dividirlos aleatoriamente en un grupo de control y un grupo experimental. El grupo de tratamiento recibe una fertilización particular, mientras que al grupo de comparación se le administra un placebo o no se le realiza ninguna intervención. Después, se puede medir el crecimiento de los árboles en ambos grupos durante un período determinado y verificar si hay alguna diferencia significativa entre ellos.

Es importante destacar que estos son solo algunos otros ejemplos de investigaciones explicativas en ciencias forestales y ambientales y que existen muchas variables y aspectos que se pueden estudiar a través de este nivel de investigación (Jonker & Pennink, 2001).

2.2.5 Nivel de investigación predictiva

La investigación predictiva en la ciencia, también conocido como nivel predictivo o nivel de predicción, se enfoca en desarrollar modelos matemáticos y estadísticos que pueden predecir y explicar el comportamiento de fenómenos y eventos futuros en base a datos y conocimientos previos (Aubrey et al., 2000).

En este nivel de investigación, se utilizan técnicas estadísticas y matemáticas avanzadas para analizar datos y hacer predicciones basadas en patrones y relaciones que se han identificado (Bernal Torres, 2010). El objetivo es identificar y analizar las variables que pueden afectar el resultado de un evento o fenómeno y crear un modelo que pueda predecir su comportamiento futuro en diferentes escenarios, la investigación predictiva puede emplear diversos modelos matemáticos (Romero González, 2009).



Donde:

y: variable dependiente

x: variable independiente

e: Leonhard Euler

a₀; a₁; a₂;...; a_n, b: coeficientes de determinación

Ln: Logaritmo neperiano

[1]. Regresión lineal

[2]. Regresión exponencial

[3]. Regresión potencial

[4]. Regresión polinómica

[5]. Regresión logarítmica

Este nivel de investigación es importante en muchas áreas de la ciencia, como la economía, la ingeniería, la meteorología, la biología, la medicina, entre otras (Corbetta, 2007). A través de la predicción, se pueden tomar decisiones más informadas y eficientes en diferentes contextos, como la gestión de los recursos naturales, la planificación urbana, la producción de cultivos, el control de enfermedades, entre otros (Bell, 2005).

Algunos ejemplos de investigación predictiva en la ciencia incluyen el análisis de datos climáticos para predecir la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, la modelización de epidemias para predecir la propagación de enfermedades, el análisis de datos económicos para predecir el comportamiento del mercado y la predicción del rendimiento de cultivos agrícolas en diferentes condiciones climáticas y de suelo.

Es importante destacar que el nivel de investigación predictiva no solo se enfoca en la predicción, sino también en la comprensión y explicación de los fenómenos estudiados, a través del análisis de patrones y relaciones (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000).

Ejemplos de investigaciones predictivos:

A. Modelos de crecimiento forestal: Se utilizan modelos matemáticos para prevenir el desarrollo de los árboles en diversos entornos ambientales, como el tipo de suelo, el suministro de agua y la intensidad de la luz solar. Estos modelos son útiles para que los encargados de la silvicultura tomen decisiones fundamentales sobre la gestión y el cuidado de los bosques.

B. Modelos de cambio climático: Los climas son empleados para pronosticar el impacto del cambio climático en los ecosistemas forestales y para entender los modelos de cómo estos podrían responder a estos cambios. Estos modelos proporcionan información valiosa a los científicos y gestores forestales para planear y diseñar estrategias de adaptación que reduzcan los efectos negativos del cambio climático.

C. Modelos de predicción de incendios forestales: Se utilizan modelos estadísticos y matemáticos para predecir la ocurrencia y el comportamiento de los bosques. Estos pueden ayudar a los bomberos forestales ya los gestores de incendios a tomar decisiones informadas sobre la prevención y la lucha contra los incendios forestales.

D. Modelos de predicción de la calidad del agua: Estos modelos se utilizan para pronosticar la calidad del agua en distintos sistemas hídricos y cómo los factores como la actividad humana, la contaminación y las condiciones climáticas pueden tener un impacto en ella. Estos modelos pueden proporcionar información relevante a los responsables de la gestión ambiental para tomar decisiones informadas y para mejorar la calidad del agua y reducir los efectos dañinos de la contaminación.

2.2.6 Nivel de investigación aplicada

Se enfoca en aplicar los resultados de la investigación básica y/o aplicados para resolver problemas prácticos en un contexto específico (Méndez Alvarez, 1998). Es decir, busca llevar a cabo los conocimientos generados por la investigación a la práctica y evaluar su eficacia en la resolución de problemas reales (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000).

En este nivel de investigación, se busca la implementación de soluciones concretas para problemas específicos. Por lo tanto, los estudios que se llevan a cabo en este nivel suelen ser más aplicados y orientados a la solución de problemas prácticos (Rodríguez Gómez et al., 1999).

Algunos ejemplos prácticos de investigación aplicada en ciencias forestales y ambientales podrían ser:

A. Desarrollo de prácticas silviculturales sostenibles: Se realizan investigaciones para desarrollar prácticas silviculturales sostenibles que permiten gestionar los bosques de manera sostenible y reducir los impactos negativos de la actividad humana.

B. Evaluación de tecnologías para el tratamiento de residuos forestales: Se investiga para evaluar tecnologías que tratan los residuos forestales de manera eficiente y sostenible, para reducir el impacto ambiental y aprovechar al máximo los recursos.

C. Estudios de impacto ambiental: Investigaciones con el objetivo de evaluar las consecuencias ambientales de diversas actividades humanas,

tales como la construcción de infraestructuras o la explotación de recursos naturales, y para elaborar estrategias de atenuación y manejo ambiental.

D. Desarrollo de políticas públicas ambientales: La investigación se enfoca en la elaboración de medidas y supervisión gubernamental relacionada con el medio ambiente, que fomentan la gestión sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente

E. Desarrollo de tecnologías de monitoreo ambiental: Una investigación con el propósito de desarrollar tecnologías que posibiliten la vigilancia de la calidad del aire y del agua, así como el estado de salud de los ecosistemas, y para hacer uso de los datos obtenidos en la gestión ambiental.

CAPÍTULO III

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Investigación básica

La investigación básica o pura es una modalidad de investigación científica que se enfoca en la generación de conocimiento teórico y fundamental, sin una aplicación directa o inmediata a problemas prácticos o tecnológicos (Botta, 2002). Esta investigación busca aumentar la comprensión de las leyes y principios fundamentales que rigen los fenómenos naturales, sociales o culturales, y no tiene necesariamente una aplicación práctica inmediata (Bell, 2005).

Algunos ejemplos de investigación básica o pura son:

- A. Un estudio sobre la estructura molecular del ADN y cómo se replican los cromosomas.
- B. Una investigación sobre las propiedades y comportamiento de los materiales a nivel atómico y molecular.
- C. Un estudio sobre la dinámica de la propagación de ondas gravitacionales en el espacio.
- D. Una investigación sobre las propiedades matemáticas de los números primos y su distribución.
- E. Un estudio sobre la evolución de las especies y la selección natural. Un autor reconocido que ha realizado investigación básica o pura es Albert Einstein, quien propuso la teoría de la relatividad y la famosa ecuación $E=mc^2$, entre otras contribuciones a la física teórica.

3.2 Investigación aplicada

La investigación aplicada es una modalidad de investigación científica que busca aplicar los conocimientos teóricos y fundamentales en la solución de problemas prácticos o tecnológicos en un contexto específico (Lakatos et al., 1978). Esta investigación se enfoca en la generación de soluciones prácticas para problemas reales y su implementación en el mundo real (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991). ejemplos de investigaciones aplicadas y los autores reconocidos asociados:

A. Rehabilitación de ecosistemas: Esta categoría de investigación se centra en la creación y evaluación de métodos para revitalizar ecosistemas que han sufrido daños o degradación, como la restauración de regiones deforestadas o la recuperación de humedales.

B. Gestión sostenible de los recursos forestales: Este campo de investigación se dedica al desarrollo y evaluación de enfoques de gestión forestal que logren un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad, la utilización sostenible de los recursos forestales y la generación de beneficios económicos para las comunidades locales.

C. Control de la calidad del aire y del agua: Esta área de investigación se concentra en la evaluación de la calidad del aire y del agua dentro de los ecosistemas forestales y en la formulación de estrategias para prevenir la contaminación y mejorar las condiciones medioambientales.

D. Cambio climático y adaptación: Esta rama de la investigación se centra en la comprensión del impacto del cambio climático en los ecosistemas forestales y en la elaboración de estrategias para adaptarse a estos cambios. Esto puede implicar la selección de especies resistentes al clima o la gestión de la vegetación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

E. Preservación de la biodiversidad: Este tipo de investigación se centra en la comprensión de los procesos que influyen en la diversidad biológica de los ecosistemas forestales y en la creación de estrategias para salvaguardar y preservar las especies amenazadas y sus hábitats.

3.3 Planteamiento del problema

La eficacia de la investigación científica depende en gran medida de la delimitación precisa de este aspecto (Schwarz & Sudman, 1996). Si las preguntas de investigación son demasiado amplias, los investigadores pueden verse abrumados por los datos y tener dificultades para llegar a conclusiones específicas. Por lo tanto, es primordial establecer con claridad la definición del

problema de investigación, ya que sirve de brújula para el estudio (Aubrey et al., 2000).

Un enunciado del problema bien construido debe abarcar varios elementos clave, como los antecedentes contextuales del problema, una articulación sucinta del problema en sí, la identificación de los elementos constitutivos del problema, la elucidación de las relaciones y la selección de estos elementos, la justificación y el fundamento para abordar el problema y la formulación del enunciado del problema (Jonker & Pennink, 2001). En opinión del autor, la descripción del problema se refiere al grado en que refleja la realidad del problema dentro de su contexto dado, teniendo en cuenta el grado de conocimiento disponible sobre esa realidad (Ostriker & Kuh, 2003). Al esbozar un problema, deben presentarse los antecedentes del estudio, las teorías que lo sustentan y los supuestos fundamentales en los que se basa el planteamiento del problema. Los elementos constitutivos del problema son las características esenciales de la situación problemática necesarias para construir el problema (Bernal Torres, 2010).

La formulación del planteamiento de un problema es un aspecto crítico de cualquier investigación, y su estructura puede variar en función del tipo de estudio de que se trate (Pole, 2004). A continuación, se ofrece un ejemplo de estructura para el planteamiento de un problema de investigación cuantitativa:

A. Aspectos generales: En esta etapa, se busca establecer una introducción amplia y general sobre el tema de investigación. Se pueden mencionar datos relevantes, estadísticas o hechos destacados relacionados con el problema a nivel global. Se busca contextualizar el tema y resaltar su importancia y actualidad.

B. Problemática a nivel mundial: En esta parte, se debe analizar y describir la problemática en el contexto global. Se pueden mencionar los desafíos, amenazas o impactos que afectan al objeto de estudio a nivel mundial, así como las tendencias o problemáticas comunes que se observan en diferentes regiones o países. Es importante respaldar estos puntos con datos y estudios reconocidos.

C. Problemática a nivel regional: Aquí se enfoca en la problemática específica de la región o área geográfica en la que se realizará la investigación. Se pueden identificar los factores o situaciones particulares que afectan al objeto de estudio en esa región, considerando aspectos como el clima, la geografía, la demografía, los recursos naturales, las actividades económicas, entre otros.

D. Problemática a nivel nacional: En este nivel, se analiza cómo se manifiesta la problemática en el país en el que se lleva a cabo la investigación. Se pueden explorar las políticas nacionales, las regulaciones, los marcos legales o las estrategias gubernamentales relacionadas con el objeto de estudio. Además, se pueden identificar los desafíos o las brechas existentes a nivel nacional.

E. Problemática a nivel local: Esta etapa se centra en la problemática específica del área o comunidad local en la que se desarrolla la investigación. Se analizan los factores sociales, económicos o ambientales que influyen en el objeto de estudio a nivel local. Se pueden considerar las prácticas locales, las necesidades o las particularidades del entorno.

F. Conceptualización del objeto de estudio: Finalmente, se debe conceptualizar y definir de manera clara y precisa el objeto de estudio de la investigación. Esto implica describir qué se investigará, cuáles son sus componentes, características o variables relevantes, y cómo se relaciona con la problemática abordada. Es importante establecer límites y alcances claros del objeto de estudio para evitar confusiones o desviaciones durante la investigación.

Figura 4

Estructura del planteamiento del problema



3.4 Formulación del problema

En la formulación del problema se indica que en la pregunta principal debe ser expresada de manera clara, sin generar confusiones (Kumar Singh, 2004), y puede iniciar con estructuras como: "¿Cuál es el impacto de...?", "¿Cuál es la relación entre...?", "¿Cómo se viene dando...?", "¿Qué efecto...?" "¿Cómo influye...?" Además, subraya que esta pregunta debe permitir la realización de un análisis empírico; en otras palabras, ser susceptible de ser examinada u observada en la práctica.

Tabla 1

Preguntas de investigación

Adverbio interrogativo	Variables	Población	Contexto
Cuál es el impacto Cuál es la relación Qué efecto Cómo se viene dando Cómo influye	O también llamadas categorías.	Las personas, objetos, eventos que se estudian.	El lugar o ubicación donde se recogen los datos.

Ejemplo:

Formulación del problema general

¿Cómo influye la variabilidad climática en el crecimiento radial de *P. tarapacana* y *P. rugulosa*, en la región Tacna?

Preguntas específicas o secundarias

Una adecuada formulación del problema bien elaborada debe tener distintos niveles, que incluyen tanto la pregunta principal como las interrogantes particulares que están diseñadas para explorar los aspectos específicos y así abordar el problema en su totalidad (McKenzie et al., 2004). Estas preguntas más detalladas, también denominadas sub-preguntas, arrojan luz sobre aspectos significativos en relación al enunciado del problema.

Ejemplos:

- a) ¿Cómo influye la temperatura y precipitación en el crecimiento radial de *P. tarapacana* y *P. rugulosa*, en la región Tacna?
- b) ¿Cómo influye la temperatura superficial del mar (TSM) en el crecimiento radial de *P. tarapacana* y *P. rugulosa*, en la región Tacna?
- c) ¿Cómo influye la Oscilación Antártica (AAO) en el crecimiento radial de *P. tarapacana* y *P. rugulosa*, en la región Tacna?

Importante:

- No hay una cantidad predeterminada de preguntas específicas; la clave es que le permitan abordar la pregunta general.
- Las preguntas específicas pueden comenzar con "¿Qué?", "¿Cuál?" o "¿Cómo?".
- Las preguntas pueden formularse en torno a variables, aspectos o incluso indicadores. Cuando se trata de dilucidar el alcance de la investigación, estas preguntas tienen su origen en el procedimiento experimental.

Objetivos de investigación

Los objetivos de una investigación científica son las metas o resultados específicos que el investigador se propone alcanzar mediante el estudio y la recopilación de datos (Marczyk et al., 2005). Estos objetivos proporcionan dirección y propósito a la investigación y sirven como guía para la planificación y ejecución del estudio. A continuación, una definición de lo que son los objetivos de investigación científica (Somekh, 2006).

Los objetivos de investigación científica son declaraciones claras y específicas que describen los resultados o metas específicas que un investigador busca lograr a través de un estudio (Rakover, 2007). Estas metas se derivan de la pregunta de investigación o del problema a resolver y guían el diseño, la ejecución y la evaluación del estudio. Los objetivos deben ser coherentes con la metodología y los recursos disponibles, y deben ser formulados de manera que sean medibles y observables. Son esenciales para establecer el propósito de la investigación y determinar su éxito al final del estudio (Laake et al., 2007).

Los objetivos de una investigación científica en el campo de las ciencias forestales y ambientales son las metas específicas que un investigador se propone lograr a través de su estudio (Dul & Hak, 2008). Estos objetivos están diseñados para abordar preguntas de investigación, resolver problemas o avanzar en el conocimiento en estas áreas. A continuación, se describe cómo definir los objetivos de investigación en las ciencias forestales y ambientales.

1. Identificación de la problemática o pregunta de investigación: Antes de definir los objetivos, es fundamental identificar claramente cuál es el problema o la pregunta que se pretende abordar con la investigación (Creemers et al., 2010). Esto puede estar relacionado con cuestiones de conservación forestal, gestión sostenible de recursos naturales, impacto ambiental, biodiversidad, cambio climático, entre otros.

2. Definición de objetivos generales: El primer paso es establecer los objetivos generales de la investigación. Estos son metas amplias que

describen el propósito general de la investigación y lo que se espera lograr en términos generales (Bhushan Mishra & Alok, 2011). Por ejemplo:

- "Evaluar el impacto de la tala selectiva en la biodiversidad de un bosque tropical."
- "Determinar los efectos del cambio climático en la dinámica de los ecosistemas forestales."

3. Desarrollo de objetivos específicos: A continuación, se deben descomponer los objetivos generales en objetivos específicos. Estos objetivos específicos deben ser más detallados y precisos, y deben responder a la pregunta "¿Qué se debe lograr para cumplir con el objetivo general?" (Betz, 2011). Por ejemplo:

- "Identificar y clasificar las especies de flora y fauna presentes en el área de estudio."
- "Medir los cambios en la composición y estructura del bosque antes y después de la tala selectiva."
- "Analizar las tendencias de temperatura y precipitación en la región durante las últimas décadas y relacionarlas con cambios en la vegetación."

4. Especificidad y claridad: Los objetivos específicos deben ser claros y específicos, de modo que indiquen de manera precisa qué se va a investigar, cómo se llevará a cabo y qué se espera medir o analizar. Deben ser formulados de manera que sean medibles y observables (Mouton & Marais, 2012).

5. Relevancia: Los objetivos deben estar relacionados directamente con la pregunta de investigación y el problema identificado. Deben ser relevantes para avanzar en el conocimiento científico o abordar un problema ambiental o forestal específico (Hernández et al., 2015).

6. Consistencia con la metodología: Los objetivos deben ser coherentes con la metodología de investigación que se planea utilizar. Deben ser

alcanzables con los recursos disponibles y el enfoque metodológico seleccionado (Kothari, 2016).

Dado que todo objetivo implica la acción que se desea alcanzar, es esencial recordar que al redactar los objetivos de la investigación se deben utilizar verbos en infinitivo. No es necesario incluir preámbulos al redactar los objetivos; de hecho, se recomienda expresarlos de manera directa (Camic et al., 2021). Por ejemplo, si uno de los objetivos es "evaluar el impacto de la tala selectiva en la biodiversidad del bosque", no es necesario añadir frases introductorias como "dado que la tala selectiva puede tener efectos significativos en la biodiversidad del bosque, en este estudio se propone evaluar...".

Otro aspecto fundamental al plantear los objetivos de la investigación es utilizar verbos que sean alcanzables o realizables durante el desarrollo de la investigación (Barrero Ticona, 2022).

Tabla 2

Verbos de la investigación

Determinar	Verificar	Definir
Identificar	Diseñar	Conocer
Evaluar	Elaborar	Estudiar
Describir	Proponer	Plantear
Formular	Analizar	Corroborar

Objetivos: General y específicos

En toda investigación es esencial definir dos niveles de objetivos: el objetivo general y los objetivos detallados o específicos.

El objetivo general debe encapsular la esencia del planteamiento del problema y el concepto expresado en el título del proyecto de investigación (Arias González & Covinos Gallardo, 2021).

Los objetivos detallados o específicos se derivan del objetivo general y deben diseñarse de forma que se ajusten a la consecución de éste. En términos más

sencillos, cada objetivo específico está diseñado para abordar una faceta concreta del objetivo general (Arispe Alburqueque et al., 2020).

En conjunto, estos objetivos específicos contribuyen a la consecución del objetivo general en su totalidad.

Qué técnicas se puede emplear para redactar los objetivos específicos de una investigación:

La redacción de objetivos específicos en una investigación es una parte fundamental del proceso de planificación. Estos objetivos deben ser claros, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo (Munch & Angeles, 2019). Aquí tienes algunas técnicas y consejos que te pueden ayudar a redactar objetivos específicos efectivos:

- 1. Específico:** Los objetivos deben ser claros y específicos, evitando ambigüedades o vaguedades. Deben responder a preguntas como qué, quién, cuándo, dónde y por qué. Un objetivo específico proporciona una dirección clara y precisa (Martínez Ruiz, 2018).
- 2. Medible:** Los objetivos deben ser cuantificables o, al menos, observables de alguna manera para que se puedan medir y evaluar su progreso y logro. Deben incluir indicadores tangibles que permitan determinar si se han alcanzado (Otero & Gibert, 2016).
- 3. Alcanzable:** Los objetivos deben ser realistas y alcanzables con los recursos y el tiempo disponibles. Deben ser desafiantes pero factibles de lograr. No deben ser ni demasiado fáciles ni imposibles (Parreño Urquizo, 2016).
- 4. Relevante:** Los objetivos deben estar directamente relacionados con el propósito general y el contexto de la tarea o proyecto. Deben ser pertinentes para avanzar en el logro de metas más amplias o estratégicas (Fernández & Valle, 2016).

5. Temporal: Los objetivos deben tener un marco temporal definido que indique cuándo se espera que se logren. Esto ayuda a establecer un sentido de urgencia y proporciona un horizonte de tiempo para la evaluación. Los plazos deben ser realistas y alcanzables (Supo, 2015).

Estos objetivos específicos representan los pasos concretos que se deben seguir para lograr el objetivo general.

Ejemplos:

TITULO: "PROCESO DE COAGULACIÓN PARA EL TRATEMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL HOSPITAL EL CARMEN EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO"

A. Objetivo general:

Evaluar la eficacia y viabilidad del proceso de coagulación como una técnica de tratamiento de aguas residuales en el Hospital EL Carmen en la Provincia de Huancayo.

B. Objetivos específicos:

- a) Identificar las características físicas y químicas de las aguas residuales generadas por el Hospital El Carmen en Huancayo, incluyendo niveles de contaminantes, pH, temperatura y caudal.
- b) Evaluar la eficacia de diferentes coagulantes químicos en la eliminación de contaminantes específicos presentes en las aguas residuales del hospital, tales como sólidos suspendidos, materia orgánica y metales pesados.
- c) Diseñar y configurar un sistema de coagulación óptimo, considerando la dosificación de coagulantes, tiempo de mezcla y floculación, para lograr la máxima remoción de contaminantes en las aguas residuales del Hospital El Carmen.

- d) Realizar pruebas piloto en el sistema de coagulación propuesto, monitoreando continuamente los parámetros de calidad del agua tratada y ajustando los parámetros operativos según sea necesario.
- e) Evaluar el costo del sistema de coagulación propuesto, incluyendo la adquisición de coagulantes, equipos, y costos de operación, y compararlo con los beneficios obtenidos en términos de mejora en la calidad del agua tratada.
- f) Establecer un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de coagulación, que asegure su funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo y garantice la sostenibilidad del tratamiento de aguas residuales en el Hospital El Carmen.

C. Justificación

La justificación en la investigación forestal y ambiental es esencial para comunicar las motivaciones detrás de la elección de un tema de estudio particular. Responde a preguntas fundamentales, como: ¿Por qué he optado por investigar este tema en particular? ¿Qué valor y contribución puede aportar mi investigación al campo? ¿Quiénes se beneficiarán directa o indirectamente de los resultados? Aunque en ocasiones la investigación puede surgir a partir de intereses personales o pasiones, es crucial que, a medida que avanza, se manejen los datos con objetividad y rigor científico, independientemente de que los resultados puedan contradecir las expectativas iniciales del investigador. Por lo tanto, es importante exponer de manera clara y convincente las razones que impulsaron la elección del tema de investigación. Además, este es el momento propicio para reflexionar sobre si el interés es genuino y lo suficientemente sólido como para profundizar en el tema seleccionado. Esta consideración es relevante, ya que a medida que avanza la investigación, cambiar de tema puede volverse más complicado.

Ejemplo:

Imaginemos que un investigador se propone estudiar el impacto de la deforestación en las poblaciones de especies en peligro de extinción en una región tropical. La justificación en este caso podría ser la siguiente:

"La elección de investigar el impacto de la deforestación en las poblaciones de especies en peligro de extinción en esta región tropical se basa en una profunda preocupación por la pérdida de biodiversidad y la degradación ambiental que hemos observado en los últimos años. La acelerada deforestación en esta área ha generado una alarma significativa tanto a nivel local como global. Al abordar este tema, esta investigación aspira a contribuir al conocimiento científico sobre los efectos reales de la deforestación en la fauna y flora, así como a identificar posibles medidas de conservación y restauración. Además, esta investigación podría beneficiar directamente a las comunidades locales al proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la gestión sostenible de recursos naturales y la preservación de la diversidad biológica. Además, se espera que estos hallazgos tengan un impacto positivo en la concienciación pública y las políticas ambientales, lo que podría resultar en una mejor protección de nuestro entorno natural y de las especies que lo habitan".

Este ejemplo ilustra cómo la justificación en el campo forestal y ambiental puede explicar las razones detrás de la elección de un tema de investigación, destacar su relevancia y el potencial impacto positivo en el medio ambiente y las comunidades locales.

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1 Contexto del marco teórico

En el desarrollo de estudios de pregrado y posgrado, es necesario realizar una revisión de fuentes para la elaboración de tesis e investigaciones. Sin embargo, debemos tener en claro que la revisión de fuentes es un elemento constitutivo de la tesis (Lakatos et al., 1978). ¿Cómo hacerlo? ¿Corresponde a los estudiantes realizar la búsqueda en internet, en la biblioteca y en bases de datos? Sí, ya que este es un punto crucial para construir una investigación con rigor científico y metodológico (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991). Se debe enfocar en el rigor metodológico, que incluye aspectos como la selección de la muestra, el diseño de instrumentos, la recolección y el análisis de datos.

En el marco teórico, se parte de un análisis epistemológico que establece la base de la argumentación y la raíz de la explicación teórica (Schwarz & Sudman, 1996). Esto permite una comprensión y análisis adecuados. La revisión de los documentos debe ser considerada como un trabajo erudito que amplía los horizontes en el enfoque teórico (Aubrey et al., 2000).

En el marco teórico es importante demostrar que estamos construyendo conocimiento en un área específica. En su elaboración o aplicación, varios autores han contribuido, y se busca avanzar en ese campo (Jonker & Pennink, 2001). Aquí se introduce un concepto, una teoría o una perspectiva, se destaca su importancia y se presentan o comentan uno o varios trabajos seminales o representativos de la perspectiva adoptada (Ostriker & Kuh, 2003). El enfoque principal es la reflexión teórica, que desempeña un papel central y promueve el avance del conocimiento. Esto se apoya en una discusión teórica profunda que cuestiona el significado de los resultados de la investigación empírica y sus interconexiones (Ketchen & Bergh, 2004).

4.2 Definición del marco teórico

El “Marco Teórico” es el ordenamiento lógico y secuencial de elementos teóricos que se derivan de fuentes bibliográficas relacionadas con el problema de investigación (Pole, 2004). Estos elementos teóricos sirven como base y fundamentos para proponer soluciones. En este contexto, el marco teórico

representa la fase del proceso de investigación en la cual se utiliza una teoría como modelo de la realidad que se está investigando (McKenzie et al., 2004).

Es importante tener en cuenta que la teoría no representa la realidad en sí, sino que describe la realidad mediante ideas y conceptos verbales, que son construcciones de nuestra mente. Por lo tanto, no constituye una representación exacta de la realidad misma (Kumar Singh, 2004). En la redacción, se busca mantener un equilibrio entre enunciados positivos y negativos. Es relevante destacar que comprender por qué algo no funciona también es de interés científico, ya que permite explorar las razones detrás de las situaciones tal como se presentan en la realidad (Marczyk et al., 2005).

4.3 Funciones del marco teórico

El marco teórico es una parte esencial de la investigación académica y proporciona un contexto conceptual y teórico que ayuda a comprender y analizar el problema de investigación (Somekh, 2006).

a) Ayuda a afinar el planteamiento del problema: El marco teórico proporciona una comprensión profunda del problema ambiental o forestal en estudio, lo que permite definir claramente el enfoque y los aspectos más relevantes del problema (Rakover, 2007). Por ejemplo, al investigar la degradación del suelo en un bosque, el marco teórico ayudará a identificar las variables clave, como la erosión, la biodiversidad y la calidad del suelo, para refinar el planteamiento del problema.

b) Guía e ilumina sobre cómo realizar la investigación: El marco teórico proporciona orientación sobre la metodología y las técnicas de investigación apropiadas para abordar el problema (Yuni & Urbano, 2014). Por ejemplo, si estamos investigando la migración de aves en un área forestal, el marco teórico nos guiará para seleccionar las herramientas de monitoreo adecuadas, como el uso de radares o anillamiento de aves.

c) Orienta sobre lo que queremos: El marco teórico ayuda a definir claramente los objetivos de la investigación y las preguntas específicas que se deben responder (Otero & Gibert, 2016). Por ejemplo, en un estudio sobre la gestión

sostenible de recursos hídricos en áreas forestales, el marco teórico orienta hacia la identificación de las prácticas de gestión y las cuestiones relacionadas con la conservación del agua que deben ser investigadas.

d) Evita cometer errores del pasado: Al revisar la literatura existente en el marco teórico, se pueden identificar errores o malas prácticas de investigaciones previas en el mismo campo, lo que permite evitar repetir esos errores (Martínez Ruiz, 2018). Por ejemplo, si se descubre que estudios anteriores sobre la conservación de una especie forestal omitieron considerar factores climáticos importantes, se puede evitar ese error en la investigación actual.

e) Amplía el horizonte del estudio: El marco teórico amplía la comprensión del tema al presentar una visión general de las teorías, conceptos y enfoques relacionados (Arispe Alburquerque et al., 2020). Por ejemplo, al investigar la gestión de áreas protegidas forestales, el marco teórico puede incluir una revisión de teorías sobre la conservación de la biodiversidad y la ecología de paisajes.

f) Encamina para centrarnos en el planteamiento y evitar desviaciones: El marco teórico ayuda a mantener el enfoque en el problema de investigación definido, evitando desviaciones y distracciones (Romero González, 2009). Por ejemplo, si se investiga la influencia del cambio climático en la regeneración forestal, el marco teórico ayudará a mantener el enfoque en los efectos climáticos relevantes y evitará investigar factores no relacionados.

g) Auxilia a justificar el estudio: El marco teórico proporciona una base sólida para justificar la importancia de la investigación, mostrando cómo se relaciona con el conocimiento existente y las necesidades prácticas (Aubrey et al., 2000). Por ejemplo, al investigar la restauración de humedales, el marco teórico justificará la importancia de conservar estos ecosistemas y restaurarlos para mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

h) Conduce a establecer afirmaciones para someter a prueba (hipótesis): El marco teórico sugiere hipótesis o afirmaciones basadas en la comprensión teórica del problema (McKenzie et al., 2004). Por ejemplo, si estamos investigando cómo

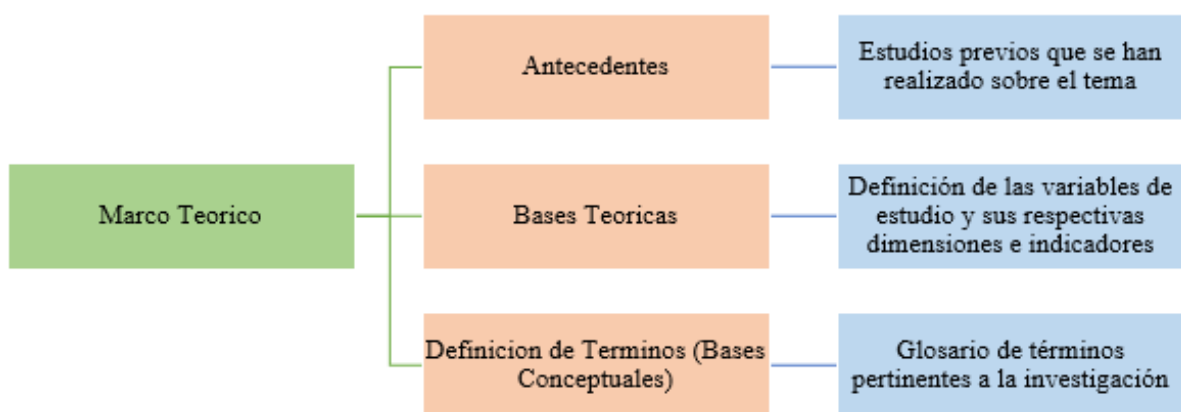
la calidad del suelo afecta el crecimiento de árboles en un bosque, el marco teórico podría llevar a plantear la hipótesis de que los niveles de nutrientes del suelo están positivamente relacionados con el crecimiento de los árboles.

i) Inspira nuevas líneas y áreas de investigación: El marco teórico puede sugerir nuevas líneas de investigación o áreas de estudio que se derivan de las lagunas identificadas en la literatura existente (Pole, 2004). Por ejemplo, al investigar la interacción entre incendios forestales y biodiversidad, el marco teórico podría inspirar la exploración de estrategias de restauración post incendio para promover la recuperación de la fauna afectada.

j) Provee de un marco de referencia para interpretar los resultados: Cuando se obtienen resultados, el marco teórico proporciona un contexto para interpretarlos y comprender su relevancia en el contexto más amplio de la investigación (Ketchen & Bergh, 2004). Por ejemplo, si un estudio encuentra una disminución en la diversidad de aves en un bosque después de la tala selectiva, el marco teórico ayudará a interpretar estos resultados en función de las teorías existentes sobre la respuesta de la fauna a la perturbación forestal.

Figura 5

Estructura del marco teórico



4.4 Los antecedentes

Los antecedentes de una investigación son una parte importante del marco teórico, ya que fundamentan el contexto para el estudio que se va a realizar y garantizar una base para la formulación del problema de investigación y los objetivos del estudio (Kumar Singh, 2004). Para redactar los antecedentes de una investigación, puedes seguir los siguientes pasos:

A. Identifica el tema de tu investigación: Antes de comenzar a redactar los antecedentes de tu investigación, debes tener claro el tema que vas a abordar. Asegúrese de que el tema sea relevante y actual, y que haya suficiente información disponible para llevar a cabo el estudio (Méndez Alvarez, 1998).

B. Revisa la literatura existente: Una vez que hayas identificado el tema de tu investigación, revisa la literatura existente para conocer lo que se ha investigado anteriormente sobre el tema. Consulta libros, artículos, revistas especializadas, tesis y cualquier otro material que pueda aportar información relevante (Creemers et al., 2010).

C. Selecciona las fuentes relevantes: Después de revisar la literatura existente, selecciona las fuentes que son relevantes para tu investigación. Es importante que te asegures de que estas fuentes sean confiables y estén actualizadas (Ostriker & Kuh, 2003).

D. Organiza la información: Organiza la información que ha recopilado de manera clara y coherente. Identifica las principales teorías, conceptos y hallazgos que se han encontrado en los estudios anteriores, y trata de establecer relaciones y conexiones entre ellos (Supo & Cavero, 2014).

E. Escribe los antecedentes: Finalmente, escribe los antecedentes de tu investigación. En esta sección debes detallar el entorno en el que tiene lugar el desarrollo de estudio, incluyendo la situación actual, los avances previos en la investigación y los vacíos en el conocimiento existente que tu estudio busca llenar. Asegúrese de explicar por qué su investigación es

importante y cómo contribuirá al avance del conocimiento en el campo (Martínez Ruiz, 2018).

Ejemplo:

Tabla 3

Marco de un antecedente

Autor, año,	Bashir y otros autores (et., al.) en el 2020
Lugar o ubicación de investigación,	Ciudad de Nueva York, EE. UU
Objetivo de la investigación,	Fue analizar la relación entre la pandemia de COVID-19 y diversos indicadores climáticos en Nueva York
Población o muestra de estudio	Los servicios de salud de la ciudad de Nueva York y del servicio meteorológico nacional de EE. UU.
Instrumentos utilizados	Prueba de correlación de rango de Spearman
Principales resultados	Revelaron que la temperatura promedio ($r=0.268$; $r=0.393$), la temperatura mínima ($r=0.335$; $r=0.326$) y la calidad del aire ($r=-0.684$; $r=-0.659$) mostraron asociaciones significativas con la pandemia de COVID-19 en Nueva York. Por otro lado, la humedad ($r=-0.111$; $r=-0.205$), velocidad del viento ($r=0.172$; $r=0.049$) y la precipitación ($r=-0.287$; $r=-0.153$) presentaron relaciones muy bajas o insignificantes.
Conclusiones vinculadas al objetivo	Indican que la temperatura promedio, la temperatura mínima y la calidad del aire son factores climáticos que están relacionados de manera significativa con la propagación y gravedad del COVID-19 en Nueva York.
Detallar el aporte de la investigación	Aporta evidencia importante sobre cómo ciertos indicadores climáticos pueden influir en la dinámica de la pandemia de COVID-19 en un entorno urbano específico como Nueva York. Estos hallazgos pueden ser valiosos para las autoridades de salud pública y la Organización Mundial de la Salud al diseñar estrategias de prevención y respuesta en áreas urbanas similares.

Recuerda que los antecedentes de una investigación deben ser claros y concisos, y estar respaldados por evidencia empírica y teórica. Además, es importante que use un lenguaje claro y preciso, y que evite el uso de jerga y tecnicismos que puedan dificultar la comprensión del lector (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000).

4.5 Las bases teóricas

Las bases teóricas en la investigación científica son el conjunto de teorías, conceptos y modelos que sirven como guía para el desarrollo de la investigación. estas bases teóricas se utilizan para abordar el problema de investigación, formular preguntas de investigación pertinentes y diseñar la metodología de la investigación (Supo & Cavero, 2014).

Las bases teóricas también se utilizan para contextualizar la investigación dentro del conocimiento previo existente en el área de estudio, lo que permite al investigador comprender mejor la relevancia y el valor de la investigación. Además, las bases teóricas pueden ayudar al investigador a identificar las lagunas o brechas en el conocimiento que se necesitan abordar en la investigación (Ander-Egg, 2011).

Los conceptos y teorías pueden ser utilizados como marco teórico en la investigación sobre el cambio climático y sus efectos en los ecosistemas. Además, estos pueden ser útiles para formular preguntas de investigación pertinentes, planificar la metodología de investigación y situar la investigación en el contexto del conocimiento previo en el campo de estudio (Romero González, 2009).

Estas bases teóricas cumplen varios propósitos cruciales:

- a) **Orientación del problema de investigación:** Ayudan a definir y enmarcar el problema de investigación, permitiendo al investigador comprender el contexto y la relevancia de la cuestión que se está estudiando (Camic et al., 2021).
- b) **Formulación de preguntas de investigación:** Facilitan la formulación de preguntas de investigación pertinentes y específicas, lo que es esencial para dirigir el enfoque de la investigación (Rakover, 2007).
- c) **Diseño metodológico:** Ayudan en la elección de las metodologías adecuadas para recopilar datos y obtener resultados significativos (Schwarz & Sudman, 1996).
- d) **Contextualización en el conocimiento previo:** Sitúan la investigación en el contexto del conocimiento existente en el área de estudio, lo que permite al investigador comprender cómo su trabajo se relaciona con investigaciones anteriores (Marczyk et al., 2005).
- e) **Identificación de lagunas en el conocimiento:** Ayudan al investigador a identificar las brechas o lagunas en el conocimiento actual que necesitan ser abordadas (Pole, 2004).

Ejemplo de fundamentos teóricos en investigación científica en el ámbito forestal y ambiental:

Supongamos que estás investigando el impacto de la deforestación en la biodiversidad de un bosque tropical. Aquí, algunas de las teorías y conceptos que podrían conformar los fundamentos teóricos incluyen:

A. Teoría de la biodiversidad: La teoría que postula que la diversidad de especies en un ecosistema contribuye a su estabilidad y resiliencia.

B. Teoría de la deforestación: La comprensión de cómo la eliminación de árboles y la alteración del hábitat afectan a las poblaciones de plantas y animales.

C. Concepto de corredores ecológicos: La idea de que la conectividad entre fragmentos de bosque puede ser esencial para el flujo genético y la supervivencia de las especies.

D. Teoría de la sucesión ecológica: La comprensión de cómo los ecosistemas se desarrollan y cambian con el tiempo después de la perturbación, como la deforestación.

E. Teoría de la resiliencia ecológica: La teoría que se enfoca en la capacidad de los ecosistemas para recuperarse de perturbaciones y mantener su función y biodiversidad.

Estos fundamentos teóricos guiarían la investigación al ayudar a definir la pregunta de investigación, seleccionar las variables relevantes, diseñar el muestreo y la recopilación de datos, y evaluar los resultados en el contexto de la literatura científica existente (Lakatos et al., 1978).

4.6 Definición de términos

La definición de términos en el marco teórico es una sección donde se explican los términos clave utilizados en la investigación. el objetivo de esta sección es definir los términos de una manera clara y concisa, para que el lector pueda entenderlos de manera adecuada y sin confusiones (Kothari, 2016). Los términos

que se definen en esta sección pueden ser términos técnicos, conceptos teóricos o palabras específicas utilizadas en el contexto de la investigación (Schwarz & Sudman, 1996). La definición de términos puede ser especialmente útil en áreas de investigación que implican la utilización de términos especializados, para garantizar que el lector tenga un conocimiento completo y preciso de los conceptos que se están investigando (Bhushan Mishra & Alok, 2011).

Aquí te presento algunos ejemplos de definición de términos en la investigación científica ambiental:

- **Contaminación del agua:** Exceso de compuestos químicos, materia orgánica o microorganismos en el agua más allá de los niveles permitidos, las consecuencias pueden ser perjudiciales para la calidad del agua y el bienestar humano (Fernández et al., 2020).
- **Cambio climático:** Una transformación duradera en las condiciones climáticas globales, atribuida en gran parte a la actividad humana, que se expresa a través del incremento de la temperatura, modificaciones en los patrones de precipitación y viento, incremento en el nivel del mar y otros efectos observables.
- **Sostenibilidad:** Se refiere a la capacidad de cumplir con las necesidades actuales de la sociedad sin poner en riesgo de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.
- **Biodiversidad:** La diversidad de seres vivos y hábitats presentes en el planeta, la cual provee múltiples beneficios a la sociedad, tales como la producción de alimentos, la limpieza del agua y aire, y la regulación del clima.
- **Huella ecológica:** Es la cantidad de recursos naturales y tierra que se requieren para mantener el nivel de vida de un individuo o una sociedad, abarcando aspectos como la energía, la alimentación, el transporte y otros.
- **Energía renovable:** fuentes de energía que se pueden regenerar de manera natural y que no se agotan, como la energía solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica.

- **Residuos sólidos:** materiales que se desechan después de su uso y que pueden incluir materiales orgánicos, inorgánicos, peligrosos o no peligrosos, como envases, papel, plásticos, metales y residuos de alimentos.
- **Ecología:** La disciplina científica que investiga las interacciones entre los seres vivos y su entorno, contemplando tanto los aspectos no vivos como el clima, como los aspectos vivos como las relaciones entre las especies.
- **Gestión ambiental:** Conjunto de medidas y estrategias que tienen como objetivo reducir los efectos perjudiciales que las acciones humanas pueden tener en el medio ambiente, al mismo tiempo que se promueve la sostenibilidad y los recursos naturales.

CAPÍTULO V

LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

5.1 Hipótesis

Una hipótesis es una proposición sustentada que se plantea como una posible explicación o solución a un problema o fenómeno observado. Es una suposición provisional que se formula con el propósito de ser comprobada o refutada a través de la investigación empírica (Camic et al., 2021). En el contexto científico, las hipótesis se utilizan para formular predicciones acerca de esperar lograr ciertos resultados específicos en un experimento o estudio, y para guiar la planificación del estudio y la obtención de información (Barrero Ticono, 2022).

Figura 6

Tipos de hipótesis



Estructura de las variables para la hipótesis

- **Variable 1** = variable dependiente (variable común, para correlación “y”)
- **Variable 2** = variable independiente (variable común, para correlación “x”).

Test de hipótesis

- **Ho: $r = 0$** → no existe relación (causa o efecto) estadística y significativa entre las variables x e y
- **∴ Ha: $r \neq 0$ ($r < 0$ o $r > 0$)** → si p-valor teórico < 0.05 se rechaza el Ho.; si existe relación estadística significativa entre las variables x e y.

5.2 Hipótesis de investigación

La suposición del estudio establece una conexión o vínculo entre dos o más variables que se pretenden estudiar en un proyecto de investigación (Arispe Alburqueque et al., 2020). Es una suposición que se formula como posible explicación de un fenómeno, problema o situación que se quiere investigar, y que se somete a prueba mediante la obtención y examen de información factual y comprobable (Kothari, 2016).

En otras palabras, la hipótesis de investigación es una tentativa sostenida que se utiliza para establecer una dirección clara en la investigación, orientando el proceso de recolección y análisis de datos para determinar si la hipótesis es verdadera o no (Hernández et al., 2015). Además, la hipótesis de investigación debe ser específica, clara, comprobable y estar fundamentada en la revisión bibliográfica y en la teoría relacionada con el tema de estudio (Arispe Alburqueque et al., 2020). Es una herramienta esencial para la investigación científica y ayuda a los investigadores a establecer un marco de referencia para su estudio y enfocarse en el propósito o meta del estudio (Munch & Angeles, 2019).

Ejemplos prácticos:

A. Hipótesis sobre la conexión entre la contaminación atmosférica y el bienestar físico: "Existe una relación significativa entre la exposición a la contaminación del aire y la tasa de enfermedades respiratorias en una población".

B. Hipótesis sobre la relación entre la deforestación y la biodiversidad: "La tasa de deforestación está correlacionada negativamente con la diversidad de especies en un ecosistema".

C. Hipótesis sobre la eficacia de una técnica de restauración de ecosistemas: "La técnica de plantación de árboles nativos es efectiva para restaurar la biodiversidad y la calidad del suelo en un área previamente degradada".

D. Hipótesis sobre la relación entre el cambio climático y la salud pública: "La incidencia de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores concluye como resultado del cambio climático debido a la ampliación de los rangos de distribución de los vectores".

E. Hipótesis sobre la relación entre la contaminación acústica y la fauna silvestre: "La exposición a niveles altos de contaminación acústica está relacionada con la disminución de la población de especies animales que depende del sonido para su comunicación y supervivencia".

Es importante tener en cuenta que las hipótesis de investigación en cuestiones ambientales deben apoyarse en evidencia científica sólida y ser verificables mediante la recopilación y análisis de datos (Martínez Ruiz, 2018).

5.3 Hipótesis de nula

La hipótesis nula se formula para ser refutada por la evidencia empírica. En la ciencia, la hipótesis nula se presenta como una alternativa a la hipótesis de investigación y sugiere que no existe una conexión relevante entre las variables que están siendo investigadas (Fernández & Valle, 2016).

La hipótesis alternativa (H1), que sugiere una relación significativa entre las variables en cuestión, se contrasta con la hipótesis nula (H0) (Kothari, 2016). El objetivo del proceso de investigación consiste en comprobar si la hipótesis nula es cierta o no, mediante el uso de datos empíricos y técnicas estadísticas (Mouton & Marais, 2012).

Algunos ejemplos prácticos:

A. La hipótesis nula referente a la relación entre la polución del aire y la salud plantea que no existe una disparidad significativa en la cantidad de afecciones respiratorias entre aquellos que residen en zonas con alta contaminación del aire y aquellos que habitan en áreas con baja contaminación del aire.

B. Hipótesis nula sobre la relación entre la deforestación y el cambio climático: "No hay relación significativa entre la tasa de deforestación y el aumento de la temperatura global".

C. Hipótesis nula sobre la eficacia de un programa de reciclaje: "No hay diferencia significativa en la cantidad de residuos sólidos generados por una comunidad antes y después de la implementación de un programa de reciclaje".

D. Hipótesis nula sobre la relación entre la exposición a pesticidas y la salud de los trabajadores agrícolas: "No hay diferencia significativa en la tasa de enfermedades relacionadas con la exposición a pesticidas entre los trabajadores agrícolas expuestos a altos niveles de pesticidas y los trabajadores expuestos a bajos niveles de pesticidas".

E. Hipótesis nula sobre la eficacia de una técnica de restauración de ecosistemas: "No hay diferencia significativa en la biodiversidad de un área restaurada y un área no restaurada".

Es importante destacar que la hipótesis nula se formula con el propósito de ser refutada a través de la recopilación y análisis de datos (Bhushan Mishra & Alok, 2011). Si los datos obtenidos indican que la hipótesis nula es incorrecta, se puede rechazar y aceptar la hipótesis alternativa (Parreño Urquizo, 2016).

5.4 Hipótesis alternativas

La hipótesis alternativa, también conocida como hipótesis experimental, se formula en base a la pregunta de investigación y se establece antes de realizar la investigación (Otero & Gibert, 2016). Por lo general, se trata de una declaración afirmativa que indica que hay una conexión relevante entre dos o más variables (Supo, 2015).

La hipótesis alternativa es sólida porque se examina con el fin de demostrar la presencia de una relación significativa entre las variables estudiadas (Supo & Cavero, 2014). En contraposición a la hipótesis nula, su aceptación o rechazo se

basa en los obtenidos mediante el análisis de datos empíricos y la aplicación de métodos estadísticos en la investigación (Yuni & Urbano, 2014).

Ejemplos de hipótesis alternativas:

A. La hipótesis alternativa en un estudio acerca de la calidad del aire en una ciudad: "Postula que hay una conexión importante entre el incremento de la emisión de gases tóxicos por parte de la industria y la disminución de la pureza del aire en la urbe".

B. Hipótesis alternativa para una investigación acerca de la efectividad de un plan de reciclaje: "El programa de reciclaje tiene un impacto positivo significativo en la reducción de residuos sólidos en la ciudad".

C. Hipótesis alternativa para una investigación sobre el efecto del cambio climático en los bosques: "El aumento de la temperatura y la disminución de las precipitaciones tienen un efecto significativo en la reducción de la biodiversidad y el aumento de la desertificación en los bosques".

D. Hipótesis alternativa para un estudio sobre la contaminación acústica en un área urbana: "El aumento del tráfico vehicular y la construcción de edificios en el área urbana tienen un efecto significativo en el aumento de la contaminación acústica y la disminución de la calidad de vida de los habitantes".

E. Hipótesis alternativa para un estudio sobre el impacto de la deforestación en la biodiversidad: "La deforestación tiene un efecto significativo en la reducción de la biodiversidad y la pérdida de especies endémicas en las zonas afectadas".

5.5 Hipótesis estadística

Se puede describir la hipótesis estadística como una sustentabilidad que se puede evaluar y comparar utilizando técnicas estadísticas. Es una suposición que se hace sobre la población de la cual se ha tomado una muestra de datos (Ander-Egg, 2011). La hipótesis estadística puede ser una hipótesis nula (H_0) o una hipótesis alternativa (H_1), y se utiliza para determinar si los resultados de la muestra son coherentes con la población en su totalidad (Achaerandio Zuazo, 2010).

La hipótesis estadística se construye a partir de la hipótesis de investigación, y se utiliza para establecer una regla de decisión en la toma de conclusiones en el análisis estadístico (Bernal Torres, 2010). Por lo general, se plantean dos hipótesis estadísticas excluyentes, una hipótesis nula (H_0) que indica que no existe disparidad o conexión relevante entre las variables, y una hipótesis alternativa (H_1) que establece que hay una relación o diferencia significativa entre las variables (Gómez Mendoza et al., 2010).

Ejemplos prácticos de hipótesis estadísticas:

A. Hipótesis nula: No hay diferencia significativa en la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) entre los vehículos eléctricos y los vehículos a gasolina.

Hipótesis alternativa: Existe una diferencia significativa en la cantidad de emisiones de CO_2 entre los vehículos eléctricos y los vehículos a gasolina.

B. Hipótesis nula: Se postula que no existe una relación estadísticamente significativa entre la polución del aire y la incidencia de asma en niños en una localidad específica.

Hipótesis alternativa: Existe una relación significativa entre la contaminación del aire y el número de casos de asma infantil en una ciudad determinada.

C. Hipótesis nula: "No hay una disparidad importante en la cantidad de agua polucionada en un río previa y posterior a la edificación de una planta de tratamiento de aguas residuales". Hipótesis alternativa: "Hay una diferencia significativa en la cantidad de agua contaminada en un río antes y después de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales"

D. Hipótesis nula: No hay disparidad relevante en la cantidad de residuos sólidos producida por un edificio antes y después de la implementación de un programa de reciclaje.

Hipótesis alternativa: Se presenta una disparidad relevante en la cantidad de desechos sólidos podría producirse por un edificio, previo y posterior a la ejecución de un plan de reciclaje.

CAPÍTULO VI

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

6.1 Definiendo la operacionalización de variables

La operacionalización de variables es el proceso de definir y medir variables de forma específica, concreta y mensurable para que puedan estudiarse eficazmente en un estudio de investigación (Méndez Alvarez, 1998). Implica tomar conceptos abstractos y convertirlos en algo que pueda observarse, medirse o manipularse en un contexto de investigación. Las definiciones operativas son cruciales para garantizar que la investigación sea clara, reproducible y válida (Lakatos et al., 1978).

Por ejemplo, si se quiere estudiar los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas, se deben definir las variables de manera operativa. La variable "contaminación del aire" puede ser operacionalizada midiendo la cantidad de partículas en suspensión en la atmósfera en una ubicación específica y en un momento determinado. La variable "salud" podría ser operacionalizada midiendo la tasa de enfermedades respiratorias en una población específica.

La operacionalización de variables es un paso importante en el proceso de investigación científica, ya que permite definir las variables de una manera clara y precisa, lo que a su vez permite medirlas de manera objetiva y confiable (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991).

6.2 Tipos de variables

Una variable de investigación es una característica o factor que puede variar y está sujeto a medición o manipulación en un estudio de investigación. Las variables se utilizan en investigación para comprender, describir o explicar fenómenos (Schwarz & Sudman, 1996). Las variables son un concepto fundamental en la investigación y se utilizan para diseñar experimentos, recopilar datos y extraer conclusiones sobre las relaciones entre distintos factores o características (Rodríguez Gómez et al., 1999). Los investigadores definen y miden cuidadosamente las variables para garantizar la validez y fiabilidad de sus conclusiones (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000). Existen tres tipos principales de variables de investigación (Rakover, 2007):

- **Variable independiente (IV):** Es la variable que el investigador manipula o controla en un experimento para observar su efecto sobre otra variable (Aubrey et al., 2000). Es la presunta causa o factor que se estudia para ver cómo influye en la variable dependiente (Jonker & Pennink, 2001). Por ejemplo, en un estudio que investiga el impacto de diferentes técnicas de estudio en las calificaciones de los exámenes, la variable independiente podría ser la técnica de estudio (por ejemplo: fichas, toma de apuntes o tutoriales en línea).
- **Variable dependiente (VD):** Es la variable que se observa, mide o registra para evaluar el impacto o resultado de los cambios en la variable independiente (Rodríguez Gómez et al., 1999). Es el presunto efecto o resultado que el investigador está interesado en estudiar (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000). En el ejemplo anterior, la variable dependiente serían las puntuaciones de los participantes en los exámenes.
- **Variable interviniente (variable mediadora VM):** Una variable interviniente, también conocida como variable mediadora, es una variable que se interpone entre las variables independiente y dependiente en una cadena causal (Rakover, 2007). Ayuda a explicar el proceso o mecanismo a través del cual la variable independiente afecta a la variable dependiente (Kumar Singh, 2004). Las variables intervinientes permiten comprender por qué o cómo influye la variable independiente en la variable dependiente (Jonker & Pennink, 2001). (Por ejemplo, en un estudio que examine la relación entre el ejercicio (variable independiente) y la mejora de la salud (variable dependiente), la forma física podría ser una variable interviniente. El ejercicio afecta a la forma física, que a su vez afecta a la salud. La forma física, en este caso, sirve como variable interviniente que ayuda a explicar la relación) (Bickel, 2009).

También puede haber otros tipos de variables en la investigación, como:

A. Variables de control: Son variables que se mantienen constantes o se controlan en un experimento para eliminar su posible influencia en la

variable dependiente. Ayudan a garantizar que cualquier efecto observado se deba a la variable independiente y no a otros factores externos (Botta, 2002).

B. Variables moderadoras: Son variables que pueden influir en la fuerza o la dirección de la relación entre las variables independiente y dependiente. Ayudan a los investigadores a comprender en qué condiciones o para quién un efecto es más o menos significativo (Bell, 2005).

C. Variables mediadoras: Son variables que explican el proceso o mecanismo a través del cual la variable independiente afecta a la variable dependiente. Ayudan a los investigadores a comprender los procesos subyacentes que intervienen en una relación (Corbetta, 2007).

6.3 Escala de valoración de las variables

En investigación, las variables pueden evaluarse utilizando diversas escalas o técnicas de medición, dependiendo de la naturaleza de la variable y de los objetivos de la investigación (Romero González, 2009). La elección de una determinada escala o método de evaluación depende de factores como el nivel de medición (nominal, ordinal, intervalo o razón), las características de la variable y la pregunta de investigación (Gómez Mendoza et al., 2010). La elección de la escala de evaluación de las variables debe ajustarse a los objetivos de la investigación y a la naturaleza de los datos (Ketchen & Bergh, 2004). Los investigadores suelen utilizar una combinación de estadísticas descriptivas, representaciones gráficas y estadísticas inferenciales para analizar e interpretar los datos recogidos a partir de estas escalas de evaluación (Pole, 2004). A continuación, se presentan algunas escalas comunes de evaluación de variables:

A. Escala nominal:

Las variables nominales son categóricas y representan categorías o grupos distintos sin orden ni clasificación inherentes (Marczyk et al., 2005). Algunos ejemplos son el sexo, la etnia o los tipos de fruta.

VARIABLE		ESCALA
Genero	→	Masculino
	→	Femenino
Condición socioeconómica	→	Alto
	→	Medio
	→	Bajo
Nivel de instrucción educativa	→	Primaria
	→	Secundaria
	→	Universidad

La evaluación suele implicar el recuento de la frecuencia o aparición de cada categoría. Puede utilizar porcentajes o frecuencias para describir la distribución de los datos nominales (Somekh, 2006).

B. Escala ordinal:

Las variables ordinales tienen categorías con un orden o clasificación significativa pero no tienen intervalos iguales entre ellas (Rakover, 2007). Algunos ejemplos son los niveles educativos (por ejemplo, bachillerato, licenciatura, máster) o las respuestas de la escala Likert (por ejemplo, muy en desacuerdo a muy de acuerdo) (Supo, 2015).

VARIABLE	ESCALA (BINARIO)	VALOR
Nivel de satisfacción de agua	Bien	1
	Malo	0
Gestión de residuos solidos	Adecuado	1
	No Adecuado	0

La evaluación suele implicar el cálculo de medidas de tendencia central (por ejemplo: mediana) y medidas de variabilidad (por ejemplo: rango intercuartílico). También se pueden utilizar distribuciones de frecuencia para resumir datos ordinales (Fernández & Valle, 2016).

C. Escala de intervalo:

Las variables de intervalo tienen categorías con un orden significativo e intervalos iguales entre ellas, pero carecen de un verdadero punto cero (Martínez Ruiz, 2018). Algunos ejemplos son las variables climáticas: Temperatura, precipitación; o los elementos de contaminación de aguas por metales pesados.

VARIABLE	ESCALA	EJEMPLO DE: VALOR
Temperatura	°C, °K, °F, etc	26.42°C
Contenido de plomo en el agua	PPM, PPB, etc	0.69 PPB

Nota. °C: Celsius, °K: Kelvin, °F: Fahrenheit; PPM: Partes Por Millón, PPB: Partes Por Billón.

La evaluación puede incluir medidas de tendencia central (por ejemplo, la media) y medidas de variabilidad (por ejemplo, la desviación típica). Se pueden realizar operaciones aritméticas como sumas y restas con datos de intervalo (Mouton & Marais, 2012).

D. Escala de razón:

Las variables de razón tienen categorías con un orden significativo, intervalos iguales y un punto cero verdadero. Algunos ejemplos son la edad, la altura, el peso y los ingresos (Creemers et al., 2010). La evaluación puede implicar una amplia gama de técnicas estadísticas, incluyendo medidas de tendencia central (por ejemplo, media, mediana) y medidas de variabilidad (por ejemplo: rango, desviación estándar). Se pueden realizar todas las operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación, división) con datos de razón (Pole, 2004).

E. Escala Likert:

Las escalas Likert se utilizan a menudo para medir actitudes, opiniones y niveles de acuerdo. Se pide a los encuestados que valoren su acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones (Hernández et al., 2015). La evaluación suele implicar el cálculo de la puntuación media, que representa la respuesta global al conjunto de afirmaciones. También se puede examinar la distribución de las respuestas, como el porcentaje de encuestados que están muy de acuerdo, de acuerdo, etc. (Kumar Singh, 2004).

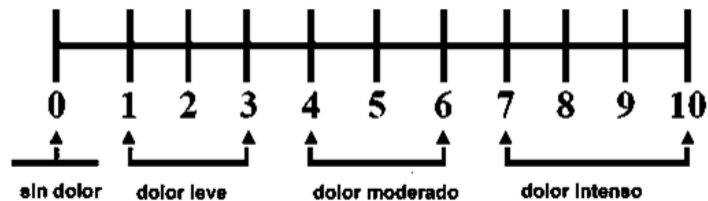
VARIABLE	ESCALA	EJEMPLO DE: VALOR
Gestión de los recursos hídricos	Muy adecuado Adecuado Ni opina Inadecuado Muy inadecuado	5 4 3 2 1
Gestión de los recursos agroecológico	Bueno Regular Malo	3 2 1

F. Escala visual analógica (EVA):

La EVA es una escala continua que se utiliza para evaluar experiencias subjetivas como el dolor o la satisfacción. Los encuestados marcan un punto en una línea para indicar la intensidad de su experiencia (Parreño Urquizo, 2016).

Figura 7

Escala visual analógica



La evaluación consiste en medir la distancia desde el punto de partida hasta el punto marcado en la línea. Esta medición proporciona una evaluación cuantitativa de la variable (Parreño Urquizo, 2016).

6.4 Diseño de la operacionalización de las variables

Operacionalizar variables implica definirlas y medirlas de forma específica y concreta. Para ilustrar el proceso de operacionalización, consideremos un estudio de investigación hipotético en el que desea investigar la variable "Satisfacción laboral" en una muestra de empleados (Gómez Mendoza et al., 2010).

Tabla 4

Cuadro de operacionalización de las variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO	FUENTE
Variable D	-	-	-	-	-
Variable I	-	-	-	-	-
Variable M	-	-	-	-	-

D: dependiente, I: independiente, M: medidora.

He aquí cómo podría operacionalizar estas variables, incluyendo sus dimensiones, indicadores, escala, instrumento y fuente de datos:

Ejemplo 1→Contexto: **Variable:** Satisfacción laboral

Dimensión: La satisfacción en el trabajo puede tener múltiples dimensiones, como la satisfacción con las tareas laborales, las relaciones con los compañeros, la remuneración y la satisfacción general en el trabajo. Centrémonos en la satisfacción laboral global.

Indicadores: Los indicadores son aspectos o preguntas específicos que representan la dimensión. En el caso de la satisfacción general en el trabajo, puede utilizar varios indicadores, como, por ejemplo:

"Estoy satisfecho con mi trabajo actual".

"Me siento motivado para venir a trabajar".

"Recomendaría mi lugar de trabajo a otras personas".

Escala: Puedes utilizar una escala Likert para medir cada indicador. Una escala Likert común va de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 o 3 (Totalmente de acuerdo), con opciones intermedias como Neutral o Indeciso. Los participantes puntuarían su acuerdo o desacuerdo con cada afirmación.

Instrumento: El instrumento se refiere a la encuesta o cuestionario específico utilizado para recopilar datos sobre la satisfacción laboral. Puede utilizar una encuesta de satisfacción laboral bien establecida, como el Índice Descriptivo del Puesto (IDT) o el Cuestionario de Satisfacción de Minnesota (MSQ). También puede crear su propia encuesta adaptada a sus objetivos de investigación.

Fuente: La fuente se refiere a la población o muestra de la que se recogen los datos. En este caso, la fuente sería el grupo de empleados que está estudiando. Puedes realizar encuestas o entrevistas a empleados de varias organizaciones o empresas concretas.

- **Variable:** Satisfacción laboral (global)
- **Dimensión:** Satisfacción general en el trabajo
- **Indicadores (Ejemplos de afirmaciones en escala Likert):**
 - "Estoy satisfecho con mi trabajo actual".
 - "Me siento motivado para venir a trabajar".
 - "Recomendaría mi lugar de trabajo a otras personas".
- **Escala:** Escala Likert (1 = Totalmente en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = Neutral, 4 = De acuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo).
- **Instrumento:** Cuestionario de satisfacción de Minnesota (MSQ)
- **Fuente:** Empleados de varias empresas del sector tecnológico

Tabla 5

Cuadro de operacionalización de las variables "Satisfacción Laboral"

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO	FUENTE
Satisfacción laboral	Satisfacción general en el trabajo	"Estoy satisfecho con mi trabajo actual".	1 = Totalmente en desacuerdo	Cuestionario de satisfacción de Minnesota (MSQ)	Empleados de varias empresas del sector tecnológico
		"Me siento motivado para venir a trabajar".	2 = En desacuerdo 3 = Neutral		
		"Recomendaría mi lugar de trabajo a otras personas".	4 = De acuerdo 5 = Totalmente de acuerdo		

Ejemplos 2→**Contexto:** **Variable:** Tasa de crecimiento del árbol.

Dimensión: La tasa de crecimiento del árbol puede considerarse en términos de crecimiento anual en altura, crecimiento anual en diámetro o incremento de biomasa. Para este ejemplo, vamos a centrarnos en el crecimiento anual en altura.

Indicadores: Los indicadores son aspectos o medidas específicas que representan la dimensión. En el caso del crecimiento anual en altura, podría utilizar indicadores como: "Incremento anual de la altura del árbol (en centímetros)" y "Cambio en la altura del árbol de un año a otro (en centímetros)"

Escala: La escala se refiere a la unidad de medida. En este caso, utilizaría una escala con centímetros como unidad de medida, ya que está midiendo el crecimiento de la altura del árbol.

Instrumento: El instrumento es la herramienta o método específico utilizado para medir la variable. En ingeniería forestal, para medir con precisión la altura de los árboles se pueden utilizar herramientas forestales tradicionales, como clinómetros o telémetros láser.

Fuente: La fuente se refiere a la población o muestra de la que se recogen los datos. En los estudios de ingeniería forestal, la fuente puede ser un bosque o una zona boscosa concreta. Se recogen datos sobre las tasas de crecimiento de los árboles de esa zona.

- **Variable:** Tasa de crecimiento del árbol (crecimiento anual en altura)
- **Dimensión:** Crecimiento anual en altura
- **Indicadores (Medida):**
 - "Incremento anual de la altura del árbol (en centímetros)"
 - "Cambio en la altura del árbol de un año a otro (en centímetros)"
- **Escala:** Centímetros
- **Instrumento:** Telémetro láser
- **Fuente:** Una zona forestal específica

Tabla 6

Cuadro de operacionalización de las variables "Tasa de crecimiento del árbol"

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO	FUENTE
Tasa de crecimiento del árbol	Crecimiento anual en altura	Incremento anual de la altura del árbol Cambio en la altura del árbol de un año a otro	Centímetros	Telémetro láser	Una zona forestal específica

Ejemplos 3→**Contexto:** Variable: Calidad del aire

Dimensión: La calidad del aire puede tener múltiples dimensiones, incluyendo aspectos como la contaminación atmosférica, la concentración de partículas y las emisiones de gases. Para este ejemplo, vamos a centrarnos en la contaminación atmosférica.

Indicadores: Los indicadores son mediciones o factores específicos que representan la dimensión de la contaminación atmosférica. Los indicadores de la contaminación atmosférica podrían incluir: "Concentración de PM_{2,5} (Partículas en suspensión ≤ 2,5 micrómetros) en microgramos por metro cúbico (µg/m³)", "Concentración de NO₂ (Dióxido de Nitrógeno) en partes por billón (PPB)" y "Número de días con Índice de Calidad del Aire (ICA) por encima de un umbral específico (por ejemplo, 100)".

Escala: La escala específica las unidades de medida para cada indicador. Para los indicadores de calidad del aire, puede utilizar unidades como µg/m³ para la concentración de partículas y ppb para las concentraciones de gases.

Instrumento: El instrumento se refiere a las herramientas o métodos específicos utilizados para medir los indicadores. En ingeniería medioambiental, los instrumentos podrían incluir monitores de calidad del aire, analizadores de gases y muestreadores de partículas.

Fuente: La fuente indica la ubicación o población de la que se recogen los datos. En un estudio de ingeniería medioambiental, la fuente podría ser una zona geográfica, ciudad o región específica en la que se recogen datos sobre la calidad del aire. Estos datos pueden proceder de organismos gubernamentales, instituciones de investigación o de sus propias mediciones.

- **Variable:** Calidad del aire (contaminación atmosférica)
- **Dimensión:** Contaminación atmosférica
- **Indicadores (Medida):**
 - "Concentración de PM_{2,5} (Partículas en suspensión $\leq 2,5$ micrómetros) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ "
 - "Concentración de NO₂ (Dióxido de nitrógeno) en PPB"
 - "Número de días con índice de calidad del aire (ICA) superior a 100"

- **Escala:**

PM_{2.5}: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos por metro cúbico)

NO₂: PPB (partes por billón)

ICA: escala categórica con umbrales (por ejemplo, por encima de 100)

- **Instrumento:**

Mediciones de PM_{2,5} y NO₂: Estaciones de control de la calidad del aire con sensores especializados

ICA: Cálculo basado en datos de concentración y categorías predefinidas

- **Fuente:**

Datos recogidos en las estaciones de control de la calidad del aire gestionadas por el gobierno en la zona de estudio.

Tabla 7

Cuadro de operacionalización de las variables "Calidad de aire"

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	INSTRUMENTO	FUENTE
Calidad del aire	Contaminación atmosférica	Concentración de PM2,5 (Partículas en suspensión \leq 2,5 micrómetros) en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM2.5: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (microgramos por metro cúbico)	Mediciones de PM2,5 y NO2: Estaciones de control de la calidad del aire con sensores especializados	Estaciones de control de la calidad del aire
		Concentración de NO2 (Dióxido de nitrógeno) en PPB	NO2: PPB (partes por billón)		
		Número de días con índice de calidad del aire (ICA) superior a 100	ICA: escala categórica con umbrales (por ejemplo, por encima de 100)		

Otros ejemplos prácticos de operacionalización de variable:

Se quiere estudiar el efecto de la contaminación del aire en la salud respiratoria de la población, se podría definir la variable "contaminación del aire" y "salud respiratoria" de la siguiente manera:

Variable: Contaminación del aire.

Operacionalización: Concentración de partículas PM2.5 en cantidad de microgramos por cada metro cúbico de aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Niveles:

- Bajo: 0 - 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Medio: 13 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Alto: 36 - 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Muy alto: > 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Variable: Salud respiratoria.

Operacionalización: Frecuencia de síntomas respiratorios reportados en la última semana.

Niveles:

- Ninguno: 0 síntomas
- Nivel: 1-2 síntomas
- Moderado: 3-4 síntomas
- Grave: 5 o más síntomas

Con la tabla de operacionalización, se podría medir la contaminación del aire a través de la concentración de partículas PM2.5 y la salud respiratoria a través de la frecuencia de síntomas respiratorios informados en la última semana, y se podría asignar cada medición a un nivel correspondiente.

CAPÍTULO VII

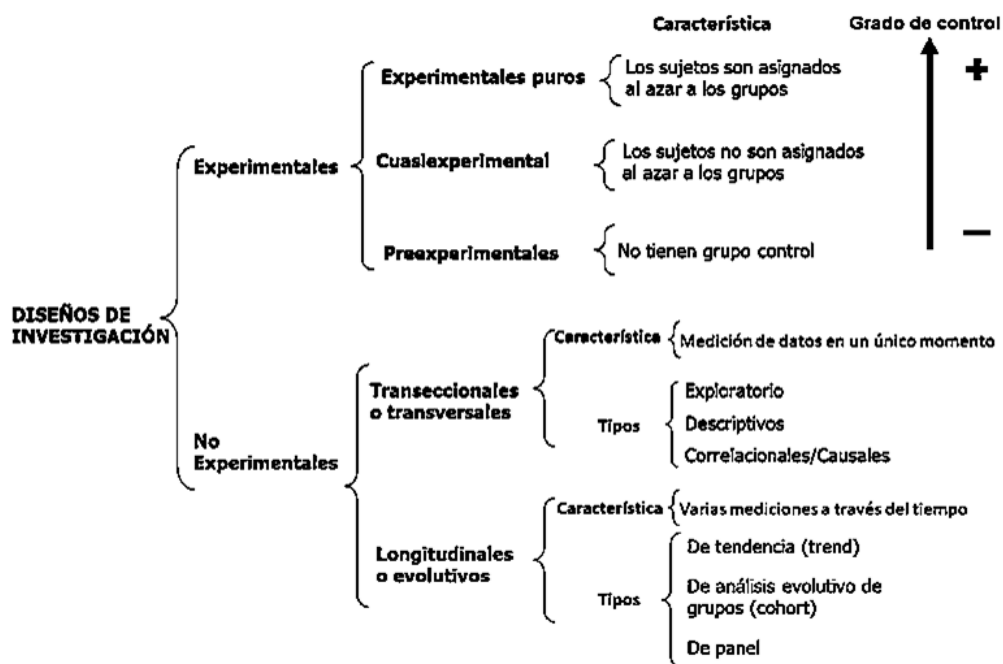
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

7.1 Enfoque del diseño de investigación

El diseño de la investigación es un plan o marco estructurado que describe el enfoque sistemático y lógico que adoptará un investigador para llevar a cabo un estudio de investigación (Arias González & Covinos Gallardo, 2021). Sirve de modelo para todo el proceso de investigación y orienta a los investigadores a la hora de tomar decisiones importantes sobre cómo recopilar, analizar e interpretar los datos (Martínez Ruiz, 2018). El diseño de la investigación abarca diversos elementos, como la estrategia general, los métodos, los procedimientos y las técnicas que se utilizarán para responder a las preguntas u objetivos de la investigación (Johnson & Kuby, 2008). El diseño de investigación que se elige varía según el tipo de pregunta que se quiere responder y las variables que se miden y cómo se miden (Triola, 2009).

Figura 8

Representación esquemática del diseño de investigación



7.2 Tipos de diseños

Los diseños de investigación en el campo de la metodología de la investigación pueden clasificarse a grandes rasgos en dos tipos principales: experimentales y no experimentales. Estos diseños difieren en su enfoque del estudio de las preguntas de investigación y su nivel de control sobre las variables (Marczyk et al., 2005).

7.2.1 Diseños de investigación (experimentales)

Los diseños de investigación experimental son conocidos por su riguroso control de las variables y consisten en modificar una o varias variables independientes para observar su impacto en una o varias variables dependientes. El objetivo principal de la investigación experimental es establecer la causalidad (Camic et al., 2021). Los aspectos clave de los diseños experimentales abarcan:

- **Manipulación de variables:** Los investigadores alteran deliberadamente las variables independientes para observar su influencia en las variables dependientes. Esta manipulación permite a los investigadores probar hipótesis y hacer inferencias causales (Jonker & Pennink, 2001).
- **Asignación aleatoria:** Normalmente, los participantes se asignan aleatoriamente a diferentes condiciones o grupos experimentales. Esta aleatorización ayuda a controlar los factores externos y garantiza que los grupos sean comparables al inicio del estudio (Somekh, 2006).
- **Grupo de control:** Los diseños experimentales suelen incorporar un grupo de control que no se somete al tratamiento o manipulación experimental. Este grupo sirve como punto de referencia para la comparación (Schwarz & Sudman, 1996).
- **Medición y recogida de datos:** Se emplean técnicas de medición y métodos de recogida de datos precisos para evaluar cómo influyen las variables independientes en las variables dependientes (Kothari, 2016).

7.2.2 Diseños de investigación (no experimentales)

Los diseños de investigación no experimental se caracterizan por la falta de manipulación de las variables independientes y un menor nivel de control sobre las variables en comparación con los diseños experimentales (Pole, 2004). En lugar de manipular las variables, la investigación no experimental se centra en observar y describir las relaciones o diferencias entre las variables tal y como se producen de forma natural (Schwarz & Sudman, 1996). Entre las características clave de los diseños no experimentales se incluyen:

- **Observación y descripción:** La investigación no experimental implica principalmente la observación y descripción de fenómenos sin intervención ni manipulación por parte del investigador (Dul & Hak, 2008).
- **Sin grupos de control:** Los diseños no experimentales no suelen incluir grupos de control, asignación aleatoria ni manipulación de variables independientes (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991).
- **Estudios correlacionales:** Muchos estudios no experimentales son correlacionales por naturaleza y examinan las relaciones entre variables sin afirmar causalidad (Laake et al., 2007).

7.3 Diseños experimentales puros

Los experimentos son aquellos en los que se varía una variable independiente de manera sistemática para examinar su efecto en una variable dependiente (Kothari, 2016). Estos diseños son considerados "puros" porque están diseñados para reducir al mínimo los efectos de otras variables que pueden interferir con los resultados del experimento (Somekh, 2006).

Existen varios tipos de diseños experimentales puros, entre los que se incluyen:

- A. **Diseño experimental de grupos paralelos:** en este diseño, los participantes son asignados aleatoriamente a dos o más grupos que reciben diferentes tratamientos o brotes (Campbell & Stanley, 1963). Los resultados de los

diferentes grupos se comparan para evaluar el efecto de la variable independiente (Cox & Reid, 2000).

$$X_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

- X_{ij} : observación de j-esima del tratamiento i-esimo
- μ : media general o global
- T_i : efecto del i-esimo tratamiento
- ε_{ij} : error aleatorio

Hipótesis estadística

Para un nivel de significancia $\alpha_{0.05}$

- **Ho:** $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$
- **Ha:** $\mu_i \neq \mu_j$ (al menos dos medias son diferentes)
- **Si $F_c > F_t$,** se rechaza la Ho; ó
- **Si p-valor (α) < 0.05** se rechaza la hipótesis Ho

En este diseño experimental de grupos paralelos, se utilizan cuatro grupos de sujetos que reciben diferentes tratamientos. El Grupo 1 recibe el tratamiento control, Tratamiento 1 y Tratamiento 2, mientras que el Grupo 2, 3 y 4 reciben los mismos tratamientos en el mismo orden (Campbell & Stanley, 1963).

Este diseño permite comparar el efecto de diferentes tratamientos sobre un grupo de sujetos, posiblemente la necesidad entre los grupos, ya que cada grupo recibe los mismos tratamientos en el mismo orden (Shadish et al., 2002). Además, se utiliza un grupo de control para evaluar el efecto de los tratamientos en relación con la ausencia de tratamiento (Cox & Reid, 2000).

Un ejemplo práctico de un diseño experimental de grupos paralelos en el ámbito de las ciencias ambientales:

Se desea estudiar los efectos de tres tipos de fertilizantes en el crecimiento de *Eucalyptus globulus* Labill. Queremos evaluar la eficacia de cada uno de los tres fertilizantes en comparación con un grupo control que no recibe ningún fertilizante. Para hacer esto, podemos dividir aleatoriamente a los participantes en cuatro grupos, cada uno con el mismo número de plantas, y asignar aleatoriamente un tratamiento diferente a cada grupo:

Tabla 8*Cuadro de diseño experimental de grupos paralelos*

Grupos	T 1	T 2	T 3
1	C	Fertilizante A	Dosis K
2	C	Fertilizante B	Dosis L
3	C	Fertilizante C	Dosis M
4	C	Fertilizante D	Dosis N

En este diseño experimental, el Grupo 1 recibe el tratamiento control, el Grupo 2 recibe el Fertilizante B, el Grupo 3 recibe el Fertilizante C, y el Grupo 4 recibe el Fertilizante D. Los tres grupos que reciben fertilizantes se comparan con el grupo control para evaluar su efecto sobre el crecimiento de las plantas de eucalipto, el modelo aditivo sería el siguiente:

$$G_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

- **G_{ij}**: observación de los Grupos G1-G4 grupo de los Tratamiento T1-T3
- **μ**: media de los tratamientos
- **T_i**: efecto de T1, T2 y T3
- **ε_{ij}**: error aleatorio

Hipótesis estadística

Para un nivel de significancia $\alpha_{0,05}$

- **H₀**: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$
- **H_a**: $\mu_i \neq \mu_j$ (al menos dos tratamientos son diferentes)
- Si **F_c > F_t**, se rechaza la H₀; ó
- Si **p-valor (α) < 0.05** se rechaza la hipótesis H₀

Se miden las variables de crecimiento, como altura y diámetro del tallo, en cada planta de maíz al final del experimento para evaluar la eficacia de cada fertilizante. Con este diseño experimental, podemos comparar el efecto de los diferentes tratamientos y determinar cuál de los tres fertilizantes es el más eficaz para el crecimiento de las plantas de eucalipto.

En un diseño experimental de grupos paralelos, se utilizan diferentes tipos de análisis estadísticos para comparar las diferencias entre los y los efectos de los tratamientos (Wu & Chen, 2006). A continuación, te mencionamos algunos de los

análisis estadísticos que, en este tipo de diseño, se pueden emplear diversas técnicas de análisis de datos:

1. El análisis de varianza (ANOVA) se emplea para verificar si existe una diferencia significativa entre los grupos en relación con la medida variable (Johnson & Kuby, 2008), tal como el crecimiento de las plantas en el ejemplo mencionado anteriormente.
2. El análisis de regresión es una técnica que se aplica para evaluar la relación entre una variable independiente y una variable dependiente en un estudio (Christensen, 1999). Por ejemplo, en el caso mencionado, se puede utilizar para determinar la relación entre el tipo de tratamiento y la altura de las plantas.
3. La prueba t de Student es una herramienta estadística que se emplea para contrastar las medias de dos grupos diferentes (Triola, 2009).
4. Prueba de chi-cuadrado: se utiliza para comparar las proporciones de dos o más grupos (Triola, 2009).
5. El análisis multivariado es una técnica utilizada para analizar múltiples variables simultáneamente y determinar si hay diferencias significativas entre grupos en relación con todas las variables medidas (Bickel, 2009).

Un diseño experimental de grupos paralelos, la estadística se emplea para examinar los datos recopilados y determinar si existen diferencias significativas entre los grupos, así como para evaluar los efectos de los tratamientos aplicados (Oehlert, 2010).

Diseño experimental de grupos cruzados: en este diseño, los participantes reciben diferentes tratamientos en diferentes momentos del experimento. Cada participante sirve como su propio control, lo que ayuda a reducir el efecto de las variables de confusión (Seltman, 2018).

Ejemplo de diseño experimental de grupos cruzados:

Tabla 9*Cuadro de diseño experimental de grupos cruzados*

Grupo	Río 1	Río 1	Río 2	Río 2
	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento A	Tratamiento B
1	A	B	B	A
2	B	A	A	B
3	B	A	A	B
4	A	B	B	A

Supongamos que queremos evaluar dos tratamientos diferentes (A y B) en la reducción de la contaminación de agua en dos ríos diferentes (Río 1 y Río 2). Además, queremos asegurarnos de que los resultados no estén influenciados por las diferencias entre los ríos.

$$G_{1-4} = \mu + T_{A-B} + \varepsilon_{A,B}$$

- **G₁₋₄**: Representa grupo observación de la combinación de los tratamientos. Cada sujeto o unidad experimental experimenta cada combinación de tratamientos.
- **μ**: La media global de todas las observaciones.
- **T_{A-B}**: El efecto de la combinación de tratamientos. Refleja la diferencia entre la media del tratamiento A o B combinación y la media general μ.
- **ε_{ij}**: El error aleatorio o residuo para el grupo observado en la combinación de tratamientos.

Hipótesis estadística

Para un nivel de significancia $\alpha_{0,05}$

- **H₀**: $\mu_A = \mu_B$
- **H_a**: $\mu_A \neq \mu_B$ (para al menos un par de combinaciones)
- Si $F_c > F_t$, se rechaza la H₀; ó
- Si **p-valor (α) < 0.05** se rechaza la hipótesis H₀

Para esto, podemos dividir aleatoriamente a los participantes en cuatro grupos y asignar cada tratamiento a cada grupo en diferentes secuencias:

En este diseño experimental, cada grupo recibe ambos tratamientos, pero en diferentes secuencias y en diferentes ríos. Esto nos permite comparar los efectos

de los tratamientos en cada río y evaluar si existen variaciones en la eficacia de los tratamientos en los diferentes ríos.

En un diseño experimental de grupos cruzados, se pueden utilizar varios tipos de análisis estadísticos para evaluar los efectos de los tratamientos y las posibles interacciones entre los tratamientos y los grupos (Seltman, 2018). A continuación, te mencionamos algunos análisis estadísticos:

1. **Análisis de varianza de medidas repetidas (ANOVA de repetidas):** se utiliza para determinar si hay efectos significativos de los tratamientos y las interacciones entre los tratamientos y los grupos (Seltman, 2018).
2. **Análisis de regresión mixta:** se utiliza para modelar los efectos de los tratamientos, los grupos y las interacciones entre ellos, así como para tener en cuenta las posibles correlaciones entre las medidas repetidas (Hilbe, 2016).
3. **Análisis de covarianza (ANOVA):** se utiliza para controlar los efectos de las covariables en la variable dependiente (Oehlert, 2010).
4. **Prueba t de Student emparejada:** se utiliza para comparar las medias de dos tratamientos dentro de cada grupo (Triola, 2009).
5. **Prueba de Wilcoxon:** se utiliza cuando los datos no cumplen con los supuestos de normalidad para comparar las medianas de dos tratamientos dentro de cada grupo (Shadish et al., 2002).

Los análisis estadísticos utilizados en un diseño experimental de grupos cruzados se centran en evaluar los efectos de los tratamientos y las interacciones entre los tratamientos y los grupos (Shadish et al., 2002). Además, se pueden utilizar para controlar los efectos de las covariables y para comparar las medias o medianas de los tratamientos dentro de cada grupo (Triola, 2009).

C. Diseño experimental de medidas repetidas: En este diseño, los participantes reciben el mismo tratamiento en diferentes momentos del experimento. Los resultados se comparan para evaluar el efecto de la variable independiente en diferentes momentos (Herzog et al., 2019).

Ejemplo de diseño experimental de medidas repetidas:

Por ejemplo, queremos evaluar la eficacia de tres procesos diferentes de tratamiento de aguas (Proceso A, Proceso B y Proceso C) en la eliminación de contaminantes de una fuente de agua contaminada a lo largo del tiempo.

Tabla 10

Cuadro de diseño experimental de medidas repetidas

Grupos	Tratamiento Proceso A	Tratamiento Proceso B	Tratamiento Proceso C
1	A	B	C
2	B	C	A
3	C	A	B

- 1. Diseño experimental:** Selección de sujetos/ unidades: Los investigadores eligen una muestra de agua específica de la fuente contaminada como unidad experimental. Recogen varias muestras de agua de la misma fuente para garantizar la coherencia del nivel inicial de contaminación.
- 2. Mediciones repetidas:** Cada muestra de agua se somete a tratamiento mediante los tres procesos secuencialmente. Esto significa que cada muestra de agua se somete al Proceso A, luego al Proceso B y, por último, al Proceso C. Este orden se mantiene para todas las muestras a fin de garantizar la coherencia.
- 3. Variable dependiente:** La variable dependiente es el nivel de contaminación que queda en cada muestra de agua después de cada proceso de tratamiento. Podría medirse en términos de concentración de contaminantes (por ejemplo, partes por millón).
- 4. Variable independiente:** La variable independiente es el proceso de tratamiento (Proceso A, Proceso B y Proceso C).

$$G_{1-3} = \mu + P_{A-C} + \varepsilon_{A,C}$$

- G_{1-3} : Representa grupo observación de la combinación de los procesos. Cada sujeto o unidad experimental experimenta cada combinación de tratamientos.
- μ : La media global de todas las observaciones.
- P_{A-C} : El efecto de la combinación del proceso. Refleja la diferencia entre la media de los procesos A, B y C combinación y la media general μ .
- ϵ_{ij} : El error aleatorio o residuo para el grupo observado en la combinación de procesos.

Hipótesis estadística

Para un nivel de significancia $\alpha_{0,05}$

- **Ho:** $\mu_A = \mu_B$
- **Ha:** $\mu_A \neq \mu_B$ (para al menos un par de combinaciones)
- Si $F_c > F_t$, se rechaza la Ho; ó
- Si **p-valor (α) < 0.05** se rechaza la hipótesis Ho

Los diseños experimentales puros están diseñados para maximizar la validez interna al reducir al mínimo los efectos de las variables de confusión y aumentar la precisión y confiabilidad de los resultados (Oehlert, 2010).

7.4 Diseños cuasiexperimental

Un diseño cuasiexperimental es un enfoque de investigación que presenta ciertas similitudes con los diseños experimentales, pero que no cumple todos los requisitos previos para ser clasificado como un auténtico diseño experimental (Wu & Chen, 2006).

En un diseño cuasiexperimental, se realizan ajustes deliberados en una variable independiente para medir su impacto en la variable dependiente, y se observa el efecto resultante en la variable dependiente (McKenzie et al., 2004). Sin embargo, no se emplea la asignación aleatoria para asignar aleatoriamente a los participantes a los grupos experimental y de control. En su lugar, los participantes se eligen de forma no aleatoria y se asignan a los grupos de

tratamiento o control en función de alguna otra variable pertinente (Shadish et al., 2002).

Algunos ejemplos de diseños cuasi experimentales incluyen:

A. Diseño de series de tiempo interrumpidas

En este diseño, se miden las respuestas de los participantes en varios puntos en el tiempo antes y después de la introducción de una intervención (Shadish et al., 2002). No se utiliza una estimación aleatoria de los individuos asignados a los grupos de intervención y los grupos de control, sino que se utiliza una población única o grupo para observar los efectos de la intervención (Campbell & Stanley, 1963).

Ejemplos de diseños de series de tiempo interrumpidas en temas ambientales:

- 1. Evaluación del impacto de una política de conservación de la biodiversidad:** Una serie de tiempo puede ser interrumpida cuando se implementa una política de conservación de la biodiversidad, como la creación de un área protegida. Por ejemplo, si se crea un parque nacional, se puede interrumpir una serie de tiempo sobre la diversidad de especies animales y vegetales en el área para evaluar si la nueva política ha tenido algún impacto.
- 2. Análisis de la calidad del agua:** Una serie de tiempo puede ser interrumpida cuando hay un cambio en el tratamiento o en la gestión del agua. Por ejemplo, si se implementa un nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales, se puede interrumpir una serie de tiempo sobre la calidad del agua de un río cercano para evaluar si el nuevo sistema ha tenido algún impacto.
- 3. Estudio del impacto del cambio climático:** Una serie de tiempo puede ser interrumpida cuando ocurre un evento climático extremo, como un huracán o una sequía. Por ejemplo, si un huracán causa daños significativos en un área, se puede interrumpir una

serie de tiempo sobre la temperatura o la humedad del área para evaluar si el evento climático ha tenido algún impacto a largo plazo.

- 4. Evaluación del impacto de una política de energía renovable:** Una serie de tiempo puede ser interrumpida cuando se implementa una política de energía renovable, como un programa de incentivos para la instalación de paneles solares. Por ejemplo, si se implementa un programa de incentivos para la instalación de paneles solares, se puede interrumpir una serie de tiempo sobre el consumo de energía eléctrica para evaluar si la nueva política ha tenido algún impacto en la demanda en el consumo de energía y emisiones de gases que causan el efecto invernadero.

Es importante recordar que, al diseñar una serie de tiempo interrumpida en temas ambientales, es necesario tener en cuenta factores como el tipo de variable ambiental que se está midiendo, la duración de la interrupción, el tamaño de la muestra y se busca garantizar la fiabilidad y utilidad de los resultados a través de la calidad de los datos.

B. Diseño de grupos no equivalentes

En este diseño, la decoración de los participantes a los grupos de tratamiento y control no es al azar, sino que se basa en alguna variable relevante (Marczyk et al., 2005). Por ejemplo, se puede seleccionar un grupo de estudiantes de un programa específico y asignarlos al grupo de tratamiento, mientras que otro grupo de estudiantes de un programa diferente se asigna al grupo de control (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991).

Ejemplos prácticos de diseño de grupos no equivalentes en temas ambientales:

- 1. Se trata de evaluar los efectos y consecuencias que puede tener un proyecto de construcción en su entorno, ya sea en términos sociales, económicos o ambientales:** Un diseño de grupos no equivalentes podría utilizarse para analizar el efecto del proyecto

en el medio ambiente de construcción, como una carretera o una represa. En este caso, un grupo de observación podría estar formado por comunidades cercanas al proyecto, mientras que otro grupo de control podría estar formado por comunidades similares que no están siendo afectados por el proyecto. Se podría realizar una evaluación del proyecto para determinar cómo afecta a la calidad del aire y del agua, a la biodiversidad la salud humana.

2. **Evaluación del impacto de un programa de reforestación:** Un diseño de grupos no equivalentes podría ser utilizado para evaluar el impacto ambiental de un programa de reforestación. En este caso, un grupo de observación podría estar formado por comunidades que están participando en el programa de reforestación, mientras que otro grupo de control podría estar formado por comunidades similares que no están participando en el programa. Se podría evaluar el impacto del programa en la calidad del aire, en la biodiversidad y en la calidad de vida de las comunidades.
3. **Evaluación del impacto de una política de transporte sostenible:** Un diseño de grupos no equivalentes podría ser utilizado para evaluar el impacto ambiental de una política de transporte sostenible, como un programa de incentivos para el uso de bicicletas o transporte público. En este caso, un grupo de observación podría estar formado por comunidades que están participando en el programa, mientras que otro grupo de control podría estar formado por comunidades similares que no están participando en el programa. Se podría evaluar el impacto del programa en la calidad del aire, en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la salud humana.

Es importante recordar que, al diseñar grupos no equivalentes en temas ambientales, es necesario tener en cuenta factores como la selección adecuada de los grupos de observación y control, la medición adecuada de las variables

ambientales y la consideración de otros factores que pueden influir en los resultados, como las condiciones meteorológicas y la actividad industrial en la zona.

C. Diseño de comparación de múltiples grupos

En este diseño, se utilizan tres o más grupos para evaluar el efecto de una intervención (Schwarz & Sudman, 1996). En uno de los grupos se implementa la intervención mientras que los demás grupos se utilizan como grupos de control (Pole, 2004).

Ejemplos prácticos de Diseño de comparación de múltiples grupos en temas ambientales:

1. Evaluación del impacto de diferentes tipos de energía renovable:

En este diseño, se seleccionarían tres o más grupos de áreas geográficas para comparar el impacto de diferentes tipos de energía renovable reducir la emisión de gases de efecto invernadero. Los grupos podrían ser áreas con instalaciones de energía eólica, energía solar, hidroeléctrica, geotérmica, etc. Después de un período de tiempo determinado, se medirían las emisiones de gases de efecto invernadero en cada grupo para evaluar la eficiencia relativa de cada tipo de energía renovable.

2. Estudio que busca evaluar la calidad del aire en diversas áreas urbanas:

En este diseño, se seleccionarían tres o más zonas urbanas para comparar la calidad del aire. Los grupos podrían ser zonas urbanas con diferentes niveles de tráfico, población, industria, etc. Después de un período de tiempo determinado, se medirían los niveles de contaminación en cada zona urbana para medir la calidad del aire en cada zona urbana de manera comparativa.

3. Evaluación de la eficacia de diferentes prácticas de agricultura sostenible:

En este diseño, se seleccionarían tres o más grupos de agricultores para comparar la eficacia de diferentes prácticas de agricultura sostenible en la mejora de la calidad del suelo y la

reducción de la contaminación del agua. Los grupos podrían ser agricultores que practican la rotación de cultivos, la agricultura de conservación, la agricultura de precisión, etc. Después de un período de tiempo determinado, se medirían la calidad del suelo y la contaminación del agua en cada grupo para evaluar la eficacia relativa a cada práctica de agricultura sostenible.

Es importante recordar que, al diseñar comparaciones de múltiples grupos en temas ambientales, es necesario tener en cuenta factores como la selección de los grupos, la duración del estudio y la precisión de la información recolectada para garantizar que los resultados obtenidos sean confiables y relevantes. Además, es importante considerar los factores de confusión que pueden influir en los resultados, como las posibles condiciones climáticas y el comportamiento humano.

Los diseños cuasi experimentales son una herramienta útil en la investigación cuando no es posible o ético utilizar una probabilidad aleatoria de las personas expuestas a los grupos experimentales y de control (Bhushan Mishra & Alok, 2011), pero deben ser utilizados con precaución debido a las limitaciones en la validez interna de los resultados (Ostriker & Kuh, 2003).

7.5 Diseños pre experimental

Un diseño pre experimental es un tipo de diseño de investigación que se utiliza para evaluar el efecto de una intervención o tratamiento (Mouton & Marais, 2012), pero que carece de algunos o varios de los elementos clave de un diseño experimental, como la probabilidad aleatoria del traslado de los sujetos a los grupos que reciben tratamiento ya los grupos de control (Aubrey et al., 2000).

En este tipo de diseño, los investigadores no pueden controlar todos los factores que tienen el potencial de influir en los resultados del estudio, lo que puede limitar la solidez o robustez de los resultados obtenidos dentro del estudio (Creemers et al., 2010). Sin embargo, los diseños pre experimentales pueden ser

útiles cuando no es posible realizar un diseño experimental completo debido a limitaciones de tiempo, recursos o éticas (McKenzie et al., 2004).

El diseño pre experimental incluye:

A. Diseño de investigación que implica a un único grupo de participantes en el que se les administra una prueba antes y después de la intervención

En este diseño, se mide la medida de la variable que está siendo estudiada, tomada en dos momentos diferentes: antes y después de la intervención en un solo grupo de participantes (Marczyk et al., 2005). La falta de un grupo de control puede limitar la validez interna de los resultados, dado que las modificaciones observadas en la variable que está siendo estudiada podrían ser atribuibles a otros factores además de la intervención (Mouton & Marais, 2012).

Ejemplos prácticos de diseño de un solo grupo en temas ambientales:

1. **Evaluación del impacto de un plan de enseñanza enfocado en temas relacionados con el medio ambiente en la sensibilidad o conocimiento sobre temas relacionados con el medio ambiente:** En este diseño, se mediría la conciencia ambiental de un grupo de personas antes y después de la participación en un programa de educación ambiental. Por ejemplo, se podría utilizar un cuestionario para medir el conocimiento de los participantes sobre temas ambientales y su actitud hacia el medio ambiente antes y después del programa.
2. **Análisis del grado de efectividad o desempeño de un plan o programa de reducción de residuos en la cantidad de residuos generados:** En este diseño, se mediría la cantidad de desperdicios producidos por un grupo de personas antes y después de la participación en un programa de reducción de residuos. Por ejemplo, se podría pesar la cantidad de desperdicios producidos por cada individuo, tanto antes como después de la implementación del

programa para determinar si el programa fue efectivo en la reducción de residuos.

3. **Análisis de los efectos o consecuencias de un proyecto de restauración de un hábitat natural en la biodiversidad:** En este diseño, se mediría la diversidad de las especies de animales y plantas presentes en un ecosistema natural, tanto antes como después de un proyecto de recuperación ambiental. Por ejemplo, se podrían realizar censos de especies animales y vegetales en el hábitat antes y después del proyecto para determinar si hubo un aumento en la biodiversidad después de la restauración.
4. **Análisis del grado de efectividad o desempeño de un plan o programa enfocado en la conservación del agua en el consumo de agua:** En este diseño, se mediría el consumo de agua por un grupo de personas antes y después de la participación en un programa de conservación de agua. Por ejemplo, se podría medir la cantidad de agua utilizada por cada persona en su hogar antes y después del programa para determinar si el plan fue mejorado ser eficaz en disminuir o efectivamente del consumo de agua.

Es importante recordar que al diseñar un solo grupo pre-test/post-test en temas ambientales, es necesario tener en cuenta factores como la selección del grupo, la duración del estudio, la calidad de los datos y los posibles factores de confusión (Bhushan Mishra & Alok, 2011). Además, es importante utilizar métodos estadísticos apropiados para analizar los datos y determinar si hubo una variación relevante y estadísticamente significativa entre los hallazgos previos y posteriores a la implementación del programa o proyecto (Schwarz & Sudman, 1996).

B. Diseño de grupo estático

En este diseño, se comparan dos grupos de participantes que difieren en una variable relevante, como la edad o el género (McKenzie et al., 2004). Un grupo recibe la intervención y el otro grupo no recibe ningún tratamiento. La falta

de estimación aleatoria a los grupos puede limitar la validez interna de los resultados (Creemers et al., 2010).

Ejemplos prácticos de Diseño de un solo grupo en temas ambientales:

- 1. Evaluación del impacto de la contaminación acústica en la salud:** En este diseño, se mediría la exposición a ruido en un área urbana y se correlacionaría con los efectos en la salud, como la calidad del sueño, la presión arterial y la salud mental. Los datos se recolectarían en un solo grupo de personas que viven en el área urbana en cuestión.
- 2. Evaluación de la calidad del agua de un río:** En este diseño, se medirían los niveles de contaminantes, como los metales pesados, los nitratos y los pesticidas en un río. Los datos se recolectarían en un solo grupo de personas que utilizan el río para fines recreativos o como fuente de agua potable.
- 3. Evaluación del impacto de la iluminación artificial en la fauna local:** En este diseño, se mediría el efecto de la iluminación artificial en el comportamiento y la reproducción de animales en una zona urbana. Los datos se recolectarían en un solo grupo de animales que viven en la zona.

Es importante tener en cuenta que, en un diseño de un solo grupo, no hay un grupo de control para comparar, lo que hace que sea más difícil evaluar la causalidad (Aubrey et al., 2000). Por lo tanto, es importante recopilar datos precisos y tener en cuenta los factores de confusión que pueden afectar los resultados. Además, los resultados pueden ser limitados en términos de generalización a otras poblaciones o áreas geográficas (Mouton & Marais, 2012).

C. Diseño de series de tiempo

En este diseño, se miden los cambios en la variable dependiente a lo largo del tiempo antes y después de la intervención (Ostriker & Kuh, 2003). Este diseño puede ser útil para evaluar los efectos de una intervención a largo plazo, pero

la falta de un grupo de control puede limitar la validez interna de los resultados (Bhushan Mishra & Alok, 2011).

Ejemplos prácticos de diseño de series de tiempo en temas ambientales:

- 1. Evaluación del cambio climático en una región:** En este diseño, se medirían las temperaturas promedio y las precipitaciones en un lapso temporal específico en una determinada zona o región, como los últimos 50 años. Los datos se recopilarían en intervalos regulares, como anualmente o trimestralmente, y se analizarían para detectar tendencias y cambios significativos en el clima de la región.
- 2. Análisis de la pureza o limpieza del aire en una urbe:** En este diseño, se medirían las cantidades de sustancias contaminantes presentes en el aire, tales como óxidos de nitrógeno y de azufre, así como partículas pequeñas, en una ciudad durante un período de tiempo determinado, como los últimos 10 años. Los datos se recopilarían en intervalos regulares, como diario o semanalmente, y se analizarían para detectar tendencias y cambios significativos en la calidad del aire de la ciudad.
- 3. Análisis crítico y detallado de la situación o condición actual del impacto de un programa de conservación de especies en peligro de extinción:** En este diseño, se mediría la población de una especie en peligro de extinción durante un período de tiempo determinado, como los últimos 20 años. Los datos se recopilarían en intervalos regulares, como anualmente o cada cinco años, y se analizarían para detectar tendencias y cambios significativos en la población de la especie.

Es importante tener en cuenta que, en un diseño de serie de tiempo, es necesario controlar los factores de confusión que pueden influir en los resultados, como las variaciones estacionales y las tendencias a largo plazo (Pole, 2004). Además, es importante asegurarse de que los datos se recolecten de manera consistente y que se utilicen métodos de análisis estadísticos adecuados para detectar cambios significativos en los resultados a lo largo del tiempo (Schwarz & Sudman, 1996).

Los diseños pre experimentales pueden ser útiles en ciertas situaciones, pero deben ser interpretados con precaución debido a las limitaciones en la validez interna de los resultados (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991).

7.6 Diseños no experimentales

Las metodologías de investigación que no implican la manipulación de variables independientes y la observación de sus efectos en una variable dependiente son un tipo de metodología de investigación que se utilizan cuando no es posible o práctico manipular una variable independiente de forma controlada (Creemers et al., 2010). En los diseños no experimentales, se observan los fenómenos tal como ocurren naturalmente, y se miden las variables de interés sin intervenir en ellas (Kumar Singh, 2004). Aunque los diseños no experimentales tienen algunas limitaciones en la validez interna de los resultados, pueden ser útiles para explorar relaciones entre variables y para generar hipótesis que pueden ser probadas en diseños experimentales posteriores (Bhushan Mishra & Alok, 2011).

Algunos ejemplos de diseños no experimentales incluyen:

A. Diseño descriptivo

En este diseño, se observan y registran las características y comportamientos de un grupo de personas o fenómenos sin manipular ninguna variable (Laake et al., 2007). Por ejemplo, se puede realizar una encuesta para recopilar información sobre las actitudes y comportamientos ambiental de un grupo de personas.

Ejemplos prácticos de diseño descriptivo en temas ambientales:

- 1. Evaluación de la biodiversidad de un ecosistema:** En este diseño, se medirían la variedad y la abundancia de especies en un ecosistema, como un bosque o una reserva natural. Los datos se recolectarían mediante observación directa y técnicas de muestreo, como trampas de captura y liberación, y se analizarían para describir la composición de especies del ecosistema.

2. **Evaluación de la calidad del suelo en un área agrícola:** En este diseño, se medirían las características del suelo, como la textura, el pH y los nutrientes, en una granja. Los datos se recolectarían mediante la recolección de especímenes de tierra para su análisis o estudio y se analizarían para describir la calidad del suelo en términos de su capacidad para sostener la producción de cultivos.
3. **Evaluación de la contaminación de un cuerpo de agua:** En este diseño, se medirían los niveles de contaminantes en un cuerpo de agua, como un río o un lago. Los datos se recolectarían mediante la recolección de especímenes de líquido para su análisis o estudio y se analizarían para describir la contaminación del cuerpo de agua en términos de su calidad.
4. **Caracterización de la calidad del agua de un lago:** En este diseño, se medirían diferentes parámetros que caracterizan la calidad del agua, como la temperatura, el pH, los niveles de nutrientes y la turbidez. Los datos se recolectarían en diferentes puntos del lago y se describirían los patrones de variación en estos parámetros.
5. **Evaluación de la cantidad y distribución de residuos en una playa:** En este diseño, se realizará una inspección visual de la playa y se medirá la cantidad de residuos presentes, como plásticos, vidrio y materiales orgánicos. Los datos se registrarían en una lista y se describiría la distribución de los residuos en la playa.

Es importante tener en cuenta que, en un diseño descriptivo, el objetivo principal es describir las características de una población o fenómeno, en lugar de evaluar la causalidad o la relación entre variables (Kothari, 2016). Por lo tanto, es importante que los datos se recolecten de manera representativa y que se utilicen métodos de análisis adecuados para describir con precisión las características del fenómeno en cuestión (Marczyk et al., 2005).

B. Diseño correlacional

En este diseño, se miden dos o más variables para determinar si están relacionadas (estadísticamente) entre sí (Bhushan Mishra & Alok, 2011).

Ejemplos prácticos de diseño correlacional en temas ambientales:

1. **Relación entre la temperatura del agua y la distribución de especies en un río:** En este diseño, se mediría la temperatura del agua y se identificarían las especies presentes en diferentes puntos del río. Los datos se correlacionarían para determinar si existe una relación entre la temperatura del agua y la distribución de especies.
2. **Relación entre la concentración de nutrientes y la cantidad de algas en un lago:** En este diseño, se mediría la concentración de nutrientes, como el fósforo y el nitrógeno, y se mediría la cantidad de algas presentes en diferentes puntos del lago. Los datos se correlacionarían para determinar si existe una relación entre la concentración de nutrientes y la cantidad de algas presentes.
3. **Relación entre la calidad del aire y la salud de la población en una ciudad:** En este diseño, se medirían los niveles de contaminantes del aire, como el dióxido de nitrógeno y las partículas finas, y se recopilarían datos de salud de la población, como los casos de enfermedades respiratorias. Los datos se correlacionarían para determinar si existe una relación entre la calidad del aire y la salud de la población.

Es importante tener en cuenta que, en un diseño correlacional, el objetivo principal es determinar si existe una relación entre dos variables (Campbell & Stanley, 1963). Este tipo de diseño no permite establecer relaciones causales, sino solamente correlaciones. Además, es importante controlar otros factores que pueden influir en la relación observada para poder establecer la fuerza de la coincidencia y determinar si es significativo o no (Shadish et al., 2002).

C. Diseño longitudinal

En este diseño, se siguen a los mismos participantes a lo largo del tiempo para evaluar los cambios en las variables de interés (Herzog et al., 2019).

Ejemplos prácticos de diseño longitudinal en temas ambientales:

1. **Monitoreo del número de individuos de una especie en situación de riesgo de desaparecer:** En este diseño, se realizarían mediciones anuales de la población de una especie en peligro de extinción en su hábitat natural. Los datos se recolectarían a lo largo de varios años para analizar la tendencia de la población a lo largo del tiempo y evaluar el éxito de las medidas de conservación.
2. **Evaluación del impacto de la contaminación en un río:** En este diseño, se medirían periódicamente las concentraciones de contaminantes en el agua de un río, así como la pureza o nivel de contaminación del líquido, así como la medida de material sólido que contiene, y la distribución de las especies acuáticas. Los datos se recolectarían a lo largo de varios años para evaluar las consecuencias a largo plazo que la contaminación ha tenido sobre el río y para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación.
3. **Evaluación del efecto del cambio climático en la vegetación de una zona geográfica:** En este diseño, se medirían periódicamente la temperatura, la humedad y las precipitaciones en una zona geográfica, así como el crecimiento y la distribución de la vegetación. Los datos se recolectarían a lo largo de varios años para analizar el impacto a largo plazo de los efectos del cambio climático en la flora y para determinar la eficacia de las medidas implementadas para adaptarse a estos efectos.

Es importante tener en cuenta que, en un diseño longitudinal, se recolectan datos a lo largo del tiempo y se analizan los cambios en las variables a lo largo de ese tiempo (Camic et al., 2021). Este tipo de diseño permite evaluar las tendencias y cambios a largo plazo, pero requiere una

inversión significativa de tiempo y recursos para realizar el monitoreo durante varios años o décadas (Kothari, 2016). Además, es importante gestionar los elementos que pueden afectar a las variables en cuestión para poder establecer relaciones causales (Hernández et al., 2015).

Los diseños no experimentales son útiles cuando no es posible o práctico manipular una variable independiente de forma controlada, pero deben ser interpretados con precaución debido a las limitaciones en la validez interna de los resultados (Schwarz & Sudman, 1996).

D. Diseños transversales

Los métodos transversales que no implican una manipulación experimental son un tipo de diseño de investigación en el que se recopilan datos de una muestra de participantes en un solo momento en el tiempo (Betz, 2011). En este tipo de diseño, se registran las variables de interés en una instancia única, sin realizar seguimiento a los participantes a lo largo del tiempo (Dul & Hak, 2008).

Los diseños no experimentales transversales pueden ser útiles para explorar relaciones entre variables y para hacer comparaciones entre diferentes grupos de participantes (Rakover, 2007). Sin embargo, este tipo de diseño tiene algunas limitaciones importantes, como la incapacidad de evaluar los cambios en las variables de interés a lo largo del tiempo y la posibilidad de que los resultados estén influenciados por factores externos que no se miden (Laake et al., 2007).

Ejemplos prácticos de diseño no experimental transversal en temas ambientales:

- 1. Análisis de los niveles de contaminación del aire en una zona urbana:** En este diseño, se medirían la medición de la presencia de sustancias contaminantes en el aire, incluyendo el dióxido de nitrógeno y las partículas finas, en diferentes puntos de una ciudad.

Los datos se recolectarían en un momento determinado para evaluar la calidad del aire en esa ciudad.

2. **Identificación de especies en un bosque:** En este diseño, se identificarían se trata de medir la presencia de distintas especies de plantas y animales en un bosque en un instante específico. Los datos se recolectarían para evaluar la biodiversidad del bosque y para compararla con otros bosques en diferentes regiones.
3. **Evaluación del uso de recursos naturales en una comunidad:** En este diseño, se realizarían encuestas a los habitantes de una comunidad para evaluar su uso de los recursos naturales, como el agua y la energía. Los datos se recolectarían en un momento determinado para evaluar los patrones de uso de los recursos y para identificar posibles oportunidades de mejora en la administración de los recursos de la naturaleza.

Es importante tener en cuenta que, en un diseño no experimental transversal, los datos se recolectan en un momento determinado y se analizan los patrones presentes en ese momento (Marczyk et al., 2005). Este tipo de diseño permite evaluar la situación actual, pero no permite establecer relaciones causales entre variables (McKenzie et al., 2004). Además, es importante controlar otros factores que pueden influir en las variables medidas para poder establecer la validez de los resultados obtenidos (Kumar Singh, 2004).

CAPÍTULO VIII

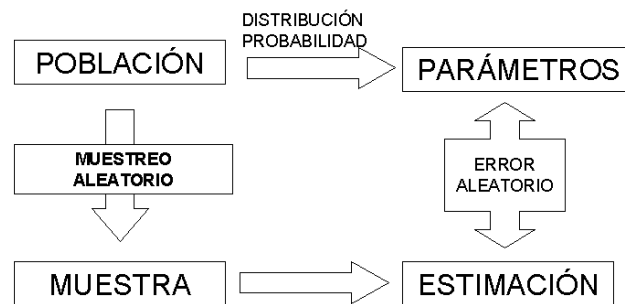
POBLACIÓN Y MUESTRA

8.1 Población en la investigación científica

En la investigación científica, una población es el grupo total de personas, objetos, eventos o medidas que comparten una o más características y que son relevantes para el análisis o la investigación (McKenzie et al., 2004).

Figura 9

Representación esquemática de la población



Es importante definir claramente la población de estudio para asegurar que los resultados sean aplicables a ese grupo en particular (Jonker & Pennink, 2001). La selección de una muestra representativa de la población puede ser un paso crítico en la investigación científica para obtener resultados precisos y confiables (Marczyk et al., 2005).

Ejemplos de población:

1. **Población de árboles en un bosque:** Los árboles son un componente clave de los ecosistemas forestales y su población puede ser estudiada para evaluar la salud del bosque y su capacidad para proporcionar hábitats para otras especies animales.
2. **El conjunto de personas que residen en las mediaciones de una fuente de contaminación:** En este ejemplo, la población se refiere a las personas que viven cerca de una fuente de contaminación ambiental, como una planta de procesamiento de petróleo o una fábrica. El estudio de esta población puede ayudar a evaluar los impactos de la contaminación en la salud y el bienestar de las personas.

3. Población de áreas protegidas: La población podría ser todas las áreas protegidas en un país determinado, como parques nacionales, reservas naturales y santuarios de vida silvestre.

4. Población de residuos: La población podría ser todos los residuos generados en una ciudad o región determinada, como desechos sólidos, aguas residuales y emisiones gaseosas.

5. Población de productores y consumidores de alimentos orgánicos: La población podría ser todos los productores y consumidores de alimentos orgánicos en un país o región determinada.

6. Población de empresas con certificación ambiental: La población podría ser todas las empresas que han obtenido una certificación ambiental en un país o región determinada.

La determinación de la población estará condicionada por el propósito particular del análisis y la interrogante de investigación que se pretende contestar (Kothari, 2016).

8.2 Muestra en la investigación científica

En la investigación científica, una muestra se refiere a un subconjunto seleccionado de la población de estudio (Laake et al., 2007). Se utiliza una muestra para realizar inferencias sobre la población completa, la cual es un grupo representativo de la población. La selección de la muestra debe ser cuidadosa y debe garantizar que las características importantes de la población se representen adecuadamente (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991).

La selección de una muestra adecuada es un paso crítico en la investigación científica, ya que una muestra no representativa puede dar lugar a resultados inexactos e imprecisos (Dul & Hak, 2008). Es importante que la muestra sea seleccionada de manera aleatoria o probabilística para minimizar la posibilidad de sesgo y garantizar que los resultados obtenidos sean generalizables a la población completa (Schwarz & Sudman, 1996).

El número de individuos incluidos en la muestra varía según diversos factores, como la variabilidad de los datos, la precisión deseada y el nivel de confianza necesario para realizar inferencias (Bhushan Mishra & Alok, 2011). En general, una muestra más grande proporciona una mejor precisión y confianza en los resultados (Ander-Egg, 2011). La muestra es una parte seleccionada de la población que se utiliza para obtener información sobre la población completa de manera eficiente y precisa (Martínez Ruiz, 2018).

Se requieren varios factores para calcular la fórmula del tamaño de muestra en una investigación, incluyendo el tamaño de la población, la necesidad de los datos, y el nivel de confianza y precisión necesarios (Supo & Cavero, 2014). A continuación, se presenta la fórmula básica para calcular el tamaño de muestra:

$$n = \frac{[z^2 * p * q]}{e^2}$$

Donde:

- **n=** es el tamaño de muestra requerido
- **z =** Es el valor z para el nivel de confianza deseado (por ejemplo, 1.96 para un nivel de confianza del 95%)
- **p=** es la proporción estimada de la población que tiene una característica particular
- **q=** es la proporción complementaria a p (es decir, 1-p)
- **e=** es el margen de error máximo permitido (como fracción decimal)

Es importante tener en cuenta que esta fórmula es solo una guía general y que otros factores pueden influir una vez que se han considerado los factores relevantes, se procede al cálculo del tamaño de muestra necesario para la investigación óptimo para un estudio determinado (Ander-Egg, 2011). Además, se deben seguir prácticas rigurosas de selección de muestra y cálculo de tamaño de muestra para garantizar que los resultados sean precisos y confiables (Arispe Alburquerque et al., 2020).

Ejemplo

Supongamos que se desea llevar a cabo una investigación con el fin de determinar la proporción de viviendas que practican el reciclaje de sus residuos sólidos en una comunidad. El objetivo es lograr una confianza del 95% en los resultados y un margen de error del 4% en la estimación. Para lograrlo, se tiene en cuenta que la comunidad cuenta con un total de 5.000 hogares en su población.

La fórmula de muestra a utilizar es:

$$n = \frac{[z^2 * p * q]}{e^2}$$

Donde z es el valor z para un nivel de confianza del 95%, que en este caso es 1.96 (obtenido de una tabla de distribución normal estándar); p es la proporción estimada de la población que se cree que tiene la característica de interés (en este caso, la proporción de hogares que reciclan sus residuos sólidos); q es la proporción complementaria a p (es decir, 1-p); y e es el margen de error deseado como fracción decimal (en este caso, 0.04) (Corbetta, 2007). Supongamos que se estima que el 60% de los hogares en la comunidad reciclan sus residuos sólidos ($p = 0.6$) y que la proporción complementaria es $q = 1 - p = 0.4$. La fórmula se convierte en:

$$n = \frac{[1.96^2 * 0.6 * 0.4]}{0.04^2}$$

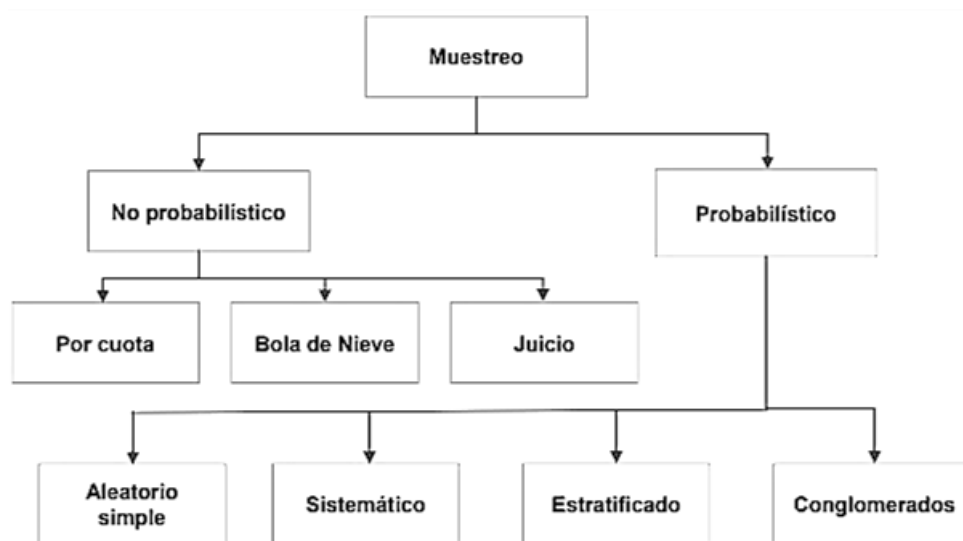
De acuerdo a los criterios de nivel de confianza y margen de error que se quieren alcanzar, se requiere la participación de al menos 346 hogares en el estudio. Por lo tanto, se podría seleccionar una muestra aleatoria de 346 hogares de la población total de 5,000 hogares para llevar a cabo el estudio y obtener una estimación de la proporción de hogares que practican el reciclaje de sus residuos sólidos, con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 4%.

8.3 Muestreo en una investigación científica

El muestreo en una investigación científica se refiere al proceso de seleccionar una muestra representativa de una población con el fin de obtener información sobre ella (Arispe Alburqueque et al., 2020). La muestra se selecciona de manera aleatoria y debe ser representativa de la población para poder hacer inferencias precisas sobre la misma (Ostriker & Kuh, 2003).

Figura 10

Representación esquemática de la muestra



El objetivo del proceso de prueba es obtener una muestra que sea representativa y de un tamaño adecuado para que los resultados obtenidos puedan ser generalizados a la población completa (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991). Es crucial tener en cuenta tanto el tamaño de la muestra como la técnica de selección para obtener una investigación precisa, ya que estos factores pueden afectar considerablemente los resultados y la exactitud de las conclusiones derivadas de ellos (Corbetta, 2007).

Tabla 11

Cuadro de tipos de muestreo

	Tamaño de muestra para estimar una proporción	Tamaño de muestra para estimar una media
Muestreo aleatorio simple	$\frac{z^2 * p[1 - p]}{e^2}$	$\frac{z^2 * \sigma^2}{e^2}$
Muestreo estadístico estratificado proporcional	$\frac{z^2 * \sum_{h=1}^k w_h * p_h * [1 - p_h]}{e^2}$	$\frac{z^2 * \sum_{h=1}^L w_h * \sigma_h^2}{e^2}$
Muestreo estratificado optimo	$\frac{z^2 * [\sum_{h=1}^L w_h * \sqrt{p_h * [1 - p_h]}]^2}{e^2}$	$\frac{z^2 * [\sum_{h=1}^L w_h * \sigma_h^2]}{e^2}$

El muestreo en una investigación científica es un proceso fundamental para obtener información precisa y representativa de una población y una herramienta fundamental para tomar decisiones informadas basadas en datos es el tamaño de muestra (Bell, 2005).

8.3 Muestreo probabilístico

El muestreo probabilístico es una técnica de selección de muestra en la cual cada elemento de la población tiene una probabilidad conocida y no nula de ser seleccionado para formar parte de la muestra (Gómez Mendoza et al., 2010). Esto implica que la selección de cada elemento de la muestra se realiza de manera aleatoria y que cada uno tiene las mismas posibilidades de ser escogido (Ketchen & Bergh, 2004).

El objetivo del muestreo probabilista es garantizar que la muestra sea un reflejo adecuado de la población en estudio y que se pueda hacer inferencias precisas sobre ella (Yuni & Urbano, 2014). Este tipo de muestreo es considerado el método más riguroso y confiable para seleccionar una muestra, ya que minimiza el sesgo y maximiza la precisión de los resultados (Kumar Singh, 2004).

Algunas técnicas de prueba que siguen un enfoque probabilístico son las pruebas ocasionales simples, las pruebas estratificadas y las pruebas por conglomerados (Mouton & Marais, 2012). La utilización de estas técnicas garantiza que todos los elementos de la población tengan igual probabilidad de ser seleccionados, lo que

reduce la posibilidad de que algunos elementos estén sobre o sub-representados en la muestra (Bernal Torres, 2010).

$$n = \frac{N * Z^2 * p * (1 - p)}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * (1 - p) * p}$$

Donde:

- **N:** población total
- **Z:** nivel de confianza = 95% = 1.96
- **e:** margen de error 5% = 0.05
- **p:** estimación de la proporción 90% = 0.9
- **n:** muestra

El muestreo probabilístico es un proceso sistemático y preciso para la selección de una muestra que represente adecuadamente a una población, y es un componente fundamental en la investigación científica (Munch & Angeles, 2019).

Algunos ejemplos:

A. El muestreo aleatorio simple

Cada elemento de la población tiene una probabilidad idéntica de ser elegido para formar parte de la muestra (Aubrey et al., 2000).

Ejemplos prácticos:

1. **Muestreo de suelo para evaluar la contaminación:** Se puede utilizar el muestreo ocasional simple para recoger muestras de suelo en una zona contaminada y determinar el nivel de contaminación en esa área. Se pueden recolectar muestras de manera aleatoria y representativa para obtener una idea general de la contaminación en la zona.
2. **Muestreo de agua para evaluar la calidad:** Se puede utilizar el muestreo esporádico simple para recolectar muestras de agua en un cuerpo de agua, como un lago o un río, y evaluar la calidad del agua. Al recolectar muestras de manera aleatoria y representativa,

se puede obtener una idea general del estado de la calidad del agua en la totalidad de la región.

3. **Muestreo de la biodiversidad en un ecosistema:** Se puede utilizar el muestreo esporádico simple para recolectar muestras de diferentes partes de un ecosistema y evaluar la biodiversidad en esa zona. Mediante la obtención de muestras de manera aleatoria y representativa, se puede obtener una visión general de la diversidad de especies existentes en el ecosistema.
4. **Muestreo de la población de animales:** El muestreo aleatorio simple se puede emplear para realizar censos de población de animales, como aves o mamíferos, en un área determinada. Mediante la recolección de muestras de forma aleatoria y representativa, es factible obtener una visión general de la población de animales en esa área.
5. **Muestreo de la vegetación para evaluar la calidad del suelo:** Se puede utilizar el muestreo aleatorio simple para recolectar muestras de diferentes áreas de un campo o un bosque y evaluar la calidad del suelo. Al recolectar muestras de manera aleatoria y representativa, se puede obtener una idea general de la salud del suelo en toda la zona.

B. Muestreo estratificado

Este enfoque implica la división de la población en estratos o grupos uniformes, y la selección de una muestra de cada uno de ellos (Betz, 2011).

Ejemplos prácticos de muestreo estratificado en temas ambientales:

1. **Evaluación de la calidad del aire:** En un estudio para evaluar la calidad del aire en una ciudad, se puede dividir la ciudad en diferentes estratos, como áreas residenciales, industriales y comerciales. Luego, se puede utilizar el sondeo estratificado para recolectar muestras de aire en cada estrato proporcional a su

tamaño y realizar una evaluación de la calidad del aire en cada región.

2. **Estudio de la biodiversidad:** En un estudio para evaluar la biodiversidad de un área protegida, se pueden dividir diferentes hábitats (por ejemplo, bosques, humedales, cuerpos de agua) en diferentes estratos. Luego, se puede utilizar el muestreo estratificado para recolectar muestras de especies en cada estrato proporcional a su tamaño y evaluar la biodiversidad en cada hábitat.
3. **Estudio sobre la calidad del agua:** En un estudio para evaluar la calidad del agua en un lago o río, se pueden dividir diferentes zonas del cuerpo de agua en diferentes estratos, como la orilla, el centro y las zonas de corriente. Luego, se puede utilizar el sondeo estratificado para recolectar muestras de agua en cada estrato proporcional a su tamaño y evaluar la calidad del agua en cada zona.
4. **Evaluación del impacto ambiental:** En un estudio para medir los efectos que un proyecto de construcción puede tener en el medio ambiente, se pueden dividir diferentes áreas afectadas por el proyecto en diferentes estratos, como áreas forestales, áreas de cultivo y áreas urbanas. Luego, se puede utilizar el sondeo estratificado para recolectar muestras de diferentes parámetros ambientales en cada estrato proporcional a su tamaño y evaluar el impacto del proyecto en cada zona.
5. **Un estudio sobre la condición de salud de los arrecifes de coral:** En un estudio para evaluar la salud de los arrecifes de coral, se pueden dividir diferentes áreas del arrecife en diferentes estratos, como la parte superficial y la parte profunda. Luego, se puede utilizar el muestreo estratificado para recolectar muestras de

diferentes especies de coral y evaluar la salud del arrecife en cada estrato.

C. Muestreo por conglomerados

Se puede referir a un enfoque de prueba en el cual se divide la población en grupos homogéneos y se conoce como demostrado por conglomerados o grupos más grandes, donde se eligen algunos de ellos de manera aleatoria (Creemers et al., 2010). Posteriormente, se selecciona una muestra aleatoria de cada conglomerado seleccionado (Achaerandio Zuazo, 2010).

Ejemplos prácticos de muestreo conglomerado en temas ambientales:

- 1. Evaluación de la calidad del suelo:** Para analizar la calidad del suelo en un estudio específico en una región geográfica grande, se pueden dividir diferentes áreas en diferentes conglomerados, como diferentes cuencas hidrográficas o diferentes tipos de suelo. Luego, se puede utilizar el muestreo conglomerado para seleccionar aleatoriamente algunos conglomerados y recolectar muestras de suelo de cada uno de ellos para su análisis.
- 2. Evaluación de la calidad del agua en un río:** En un para evaluar la calidad del agua en un río largo, se pueden estudiar diferentes tramos del río en diferentes conglomerados. Luego, se puede utilizar el muestreo conglomerado para seleccionar aleatoriamente algunos conglomerados y recolectar muestras de agua de cada uno de ellos para su análisis.
- 3. Evaluación de la biodiversidad:** En un estudio para evaluar la biodiversidad en una gran región geográfica, se pueden dividir diferentes áreas en diferentes conglomerados, como diferentes tipos de bosques o diferentes tipos de hábitats acuáticos. Luego, se puede utilizar el muestreo conglomerado para seleccionar aleatoriamente algunos conglomerados y recolectar muestras de especies de cada uno de ellos para su análisis.

4. **Análisis de la pureza del aire o examen de la contaminación atmosférica:** En una investigación utilizada para valorar la pureza del aire en una gran ciudad, se pueden dividir diferentes barrios en diferentes conglomerados. Luego, se puede utilizar el muestreo conglomerado para seleccionar aleatoriamente algunos conglomerados y recolectar muestras de aire de cada uno de ellos para su análisis.
5. **Análisis de los efectos ambientales:** En un estudio para analizar las implicaciones ambientales de una construcción, se pueden dividir diferentes áreas afectadas por el proyecto en diferentes conglomerados, como diferentes distritos urbanos. Luego, se puede utilizar el muestreo conglomerado para seleccionar aleatoriamente algunos conglomerados y recolectar muestras de diferentes parámetros ambientales de cada uno de ellos para determinar los efectos del proyecto.

Los métodos de muestreo probabilístico aseguran que cada individuo de la población tenga una posibilidad igual de ser seleccionado para la muestra (Parreño Urquiza, 2016), lo que posibilita obtener resultados precisos y representativos de la población en cuestión (McKenzie et al., 2004).

8.4 Muestreo no probabilístico

El muestreo no probabilístico consiste en elegir una muestra de la población sin utilizar métodos de selección aleatoria, lo que implica que cada elemento no tiene una probabilidad conocida y mayor a cero de ser seleccionado en la muestra (Achaerandio Zuazo, 2010).

$$n = \frac{[z^2 * p * q]}{e^2}$$

Donde:

- n = es el tamaño de muestra requerido
- z = Es el valor z para el nivel de confianza deseado
- p = es la proporción estimada de la población que tiene una característica particular
- q = es la proporción complementaria a p (es decir, $1-p$)
- e = es el margen de error máximo permitido

A diferencia del muestreo probabilista, el muestreo no probabilista no garantiza que la muestra sea representativa de la población, ya que algunos elementos pueden estar sobrerrepresentados o sub-representados (Jonker & Pennink, 2001). Por lo tanto, los resultados obtenidos mediante una muestra no probabilística no son aplicables a la población completa, y se restringen a los elementos seleccionados (Romero González, 2009).

Algunos ejemplos de técnicas de muestra no probabilista son la muestra por conveniente, la muestra de juicio y la muestra de cuota (Hurtado de Barrera & Barrera Morales, 2000). Estos métodos son utilizados en situaciones en las que el investigador no tiene acceso a una lista completa de la población o en las que no se dispone del tiempo o los recursos necesarios para realizar una prueba probabilista (Arias Gonzáles & Covinos Gallardo, 2021).

A. Muestreo por conveniencia

Los métodos de muestreo no probabilístico, como el muestreo por conveniente, el muestreo de juicio y el muestreo de cuota, son ejemplos de técnicas de selección de muestra en las que no se utiliza una selección aleatoria y en las que no todos los elementos de la población tienen una probabilidad conocida y mayor a cero de ser elegidos (Laake et al., 2007). Estos enfoques se aplican en situaciones en las que el investigador no tiene acceso a una lista completa de la población o en las que no hay tiempo suficiente o recursos para llevar a cabo un probado probabilístico. En otras palabras, los participantes son seleccionados porque simplemente están disponibles y pueden participar en la investigación (Supo & Cavero, 2014).

En la investigación científica, la muestra por conveniencia se utiliza con frecuencia en situaciones en las que la población de interés es difícil de alcanzar o cuando no hay información disponible sobre ella (Ostriker & Kuh, 2003). Este tipo de muestra puede ser útil para recopilar datos preliminares o para explorar un tema de investigación en una etapa temprana, pero no se considera un método riguroso para obtener una muestra representativa de la población (Rodríguez Gómez et al., 1999).

Ejemplos prácticos de muestreo por conveniencia:

- 1. Monitoreo de la calidad del aire:** El investigador puede optar por seleccionar lugares para instalar dispositivos específicos de monitoreo de calidad del aire, extremadamente en factores como la accesibilidad del sitio y la disponibilidad de energía eléctrica.
- 2. Encuestas a la población local:** En una investigación sobre la percepción de los residentes locales sobre la calidad del agua, el investigador puede elegir entrevistar a aquellos que viven cerca de las fuentes de agua disponibles para ellos y que están disponibles para responder a la encuesta.
- 3. Muestreo de suelos para evaluación de la calidad del suelo:** En una investigación sobre la calidad del suelo en una región, el investigador puede recoger muestras de suelo en lugares que sean accesibles y fáciles de alcanzar para el equipo de investigación.
- 4. Monitoreo de la fauna:** En un estudio sobre la presencia y distribución de especies animales en un área, el investigador puede elegir realizar los muestreos en áreas donde las especies son más fáciles de encontrar, como en áreas donde se sabe que los animales se congregan o en áreas donde los investigadores tienen acceso más fácil.

Es fundamental considerar que la muestra por conveniencia puede generar sesgos y no reflejar adecuadamente la población, debido a que los elementos de la población no son seleccionados de forma aleatoria

(Aubrey et al., 2000). Por lo tanto, se debe utilizar este tipo de muestra con precaución y solamente cuando no es factible aplicar técnicas de muestra probabilísticas (Ander-Egg, 2011).

B. Muestreo de juicio

El muestreo de juicio es una técnica no probabilística en la que el investigador utiliza su criterio y experiencia para seleccionar los elementos que considera más apropiados para representar la población de estudio, sin seguir un proceso de selección al azar (Creemers et al., 2010).

En la investigación científica, el examen de juicio puede ser útil cuando se tiene una población pequeña o cuando se busca una muestra específica que represente las características clave de la población de interés (Martínez Ruiz, 2018). Por ejemplo, si se está realizando un estudio sobre la calidad del agua en una región específica, el investigador podría utilizar el análisis de juicio para seleccionar una muestra que incluya los cuerpos de agua más representativos de la zona, extendido en su conocimiento previo de la región.

Ejemplos prácticos muestreo de juicio:

- 1. Selección de expertos:** En una investigación sobre la calidad del aire, el investigador puede seleccionar un grupo de expertos en calidad del aire para recopilar información y opiniones sobre el tema.
- 2. Evaluación de la calidad del agua:** En una investigación sobre la calidad del agua, el investigador puede seleccionar una muestra de cuerpos de agua basada en su conocimiento y experiencia en el área, eligiendo aquellos cuerpos de agua que son más propensos a tener problemas de calidad de agua.
- 3. Evaluación de la biodiversidad:** En un estudio sobre la biodiversidad en un área, el investigador puede utilizar su conocimiento de la fauna y la flora en la región para seleccionar los

sitios de captura que son más propensos a tener una alta diversidad.

- 4. Evaluación de la contaminación acústica:** En una investigación sobre la contaminación acústica, el investigador puede seleccionar los lugares donde se realizarán las mediciones de ruido en función de su experiencia y conocimiento del área, eligiendo los lugares que son más probables a tener niveles altos de ruido.

C. Muestreo de cuota

El muestreo de cuota es una técnica documental no probabilístico en la que se seleccionan elementos de la muestra con el fin de representar proporcionalmente ciertas características de la población de interés (Bhushan Mishra & Alok, 2011). En este tipo de prueba, se fundamentan las cuotas para cada una de las características que se desean incluir en la muestra y se seleccionan los elementos que cumplen con esas cuotas (Botta, 2002).

En la investigación científica, el muestreo de cuotas puede resultar beneficioso en la investigación científica cuando se busca obtener una muestra que refleja la diversidad de una población heterogénea (Fernández & Valle, 2016). Si se desea estudiar la percepción de los habitantes de una ciudad sobre el medio ambiente, por ejemplo, se puede establecer una cuota para cada grupo de edad y género para garantizar que la muestra sea representativa de la población en cuestión (Ketchen & Bergh, 2004).

Ejemplos prácticos de muestreo de cuota:

- 1. Encuestas sobre la opinión pública:** En una encuesta que busca medir la opinión pública en temas ambientales, el investigador puede establecer contribuciones basadas en características demográficas como la edad, el género y la ubicación geográfica,

para garantizar que la muestra sea representativa de la población de interés.

2. **Estudio de la biodiversidad:** En una investigación acerca de la biodiversidad en un área, se puede utilizar el registro de cuotas para seleccionar especies animales y vegetales que sean representativas de la diversidad presente en esa región. De esta manera, se puede obtener una muestra adecuada para analizar la biodiversidad de la zona.
3. **Evaluación de la contaminación del aire:** En un estudio sobre la contaminación del aire en una ciudad, el investigador puede establecer cuotas para seleccionar zonas con diferentes niveles de contaminación, con el fin de representar adecuadamente la contaminación en la calidad del aire.
4. **Evaluación de la calidad del agua:** En un estudio sobre la calidad del agua en un río, el investigador puede establecer cuotas para seleccionar puntos de evidencia en función de la ubicación geográfica, las fuentes de contaminación y los usos del agua en la región.

CAPÍTULO IX

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

9.1 La técnica e instrumento

Las técnicas e instrumentos de recopilación de datos en la investigación científica son herramientas y métodos que se utilizan para obtener información sobre un fenómeno o problema de investigación (Creemers et al., 2010). Las técnicas e instrumentos de recopilación de datos pueden variar según el tipo de estudio y los objetivos de la investigación, y pueden ser cualitativos o cuantitativos (Jonker & Pennink, 2001).

Existen diversas técnicas de recopilación de datos cuantitativos, entre ellas se encuentran la encuesta, el experimento y la observación sistemática. La encuesta consiste en la aplicación de una serie de preguntas a una muestra representativa de la población de estudio (Creemers et al., 2010). El experimento implica manipular una o más variables independientes para observar el efecto en una variable dependiente. La observación sistemática implica registrar el comportamiento de las personas o eventos en un contexto controlado (Marczyk et al., 2005).

- 1. Encuestas y cuestionarios:** Se pueden utilizar encuestas y cuestionarios para recopilar información sobre las actitudes, percepciones y comportamientos de las personas en relación al medio ambiente (Creemers et al., 2010). Por ejemplo, se pueden realizar encuestas sobre el uso de energías renovables, la disposición adecuada de residuos o la conciencia ambiental de una comunidad.
- 2. Observación:** Se puede utilizar la observación para recopilar datos sobre el comportamiento humano y los efectos ambientales que lo rodean (Rakover, 2007). Por ejemplo, se pueden observar los patrones de consumo de agua en un área urbana o las emisiones de gases contaminantes de una industria.
- 3. Entrevistas:** Se pueden emplear las entrevistas como una técnica para obtener información detallada acerca de un tema específico (Mouton & Marais, 2012). Por ejemplo, es posible entrevistar a expertos en gestión y

desarrollo sostenible para conocer su opinión respecto a las políticas y prácticas ambientales.

4. **Análisis de documentos:** El análisis de documentos se puede utilizar para recopilar información sobre políticas y normas ambientales, informes de sostenibilidad empresarial, informes de evaluación de impacto ambiental, entre otros.
5. **Mediciones de campo:** Se pueden utilizar medir de campo para recopilar datos sobre la calidad del agua, la calidad del aire, el nivel de ruido y otros indicadores ambientales.
6. **Sensores y tecnologías de monitoreo:** Se pueden utilizar sensores y tecnologías de monitoreo para recopilar datos en tiempo real sobre el medio ambiente. Por ejemplo, se pueden utilizar sensores de calidad del aire para monitorear la contaminación en una ciudad.

La selección de las técnicas e instrumentos de recopilación de datos utilizados en la gestión ambiental y el desarrollo sostenible depende del objetivo de la investigación y de los recursos disponibles para llevarla a cabo (Kumar Singh, 2004).

Las técnicas y herramientas de recolección de datos son fundamentales en la investigación científica para recopilar información precisa y confiable sobre el fenómeno o problema de investigación (Ketchen & Bergh, 2004). La elección de las técnicas y herramientas apropiadas resulta del tipo de estudio y los objetivos de investigación específicos (Méndez Alvarez, 1998).

9.2 Técnicas de procesamiento de datos

Son conocidas como los procedimientos y métodos empleados para convertir datos en bruto en información relevante y útil que puede ser analizada y utilizada para tomar decisiones (Ostriker & Kuh, 2003). Estas técnicas implican la organización, limpieza, transformación, análisis y presentación de los datos recopilados para que puedan ser utilizados en la toma de decisiones informadas (Barrero Ticona, 2022).

Las técnicas de procesamiento de datos incluyen, entre otras:

1. **Codificación:** Codificar los datos para poder clasificarlos y categorizarlos (Fernández & Valle, 2016).
2. **Validación:** La verificación de la precisión y consistencia de los datos (Botta, 2002).
3. **Edición:** Se puede decir que las técnicas de procesamiento de datos incluyen la detección y corrección de errores, así como la eliminación de datos incompletos o irrelevantes para obtener información útil y significativa para el análisis y la toma de decisiones (Ketchen & Bergh, 2004).
4. **Transformación:** La conversión de los datos en una forma que sea más útil para su análisis, como la normalización de los datos (Jonker & Pennink, 2001).
5. **Análisis estadístico:** La aplicación de métodos estadísticos para describir y resumir los datos (Shadish et al., 2002).
6. **Visualización de datos:** La representación gráfica de los datos para comunicar de manera efectiva la información (Hernández et al., 2015).
7. **Minería de datos:** Se pueden utilizar algoritmos y técnicas de aprendizaje para descubrir patrones y relaciones automáticas en grandes conjuntos de datos (Shadish et al., 2002).

Las técnicas de procesamiento de datos son una parte importante del proceso de investigación científica (Schwarz & Sudman, 1996), ya que permiten transformar datos brutos en información útil y significativa que puede utilizarse para tomar decisiones informadas y apoyar conclusiones basadas en evidencia (Mouton & Marais, 2012).

9.3 Fases de la técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recogida de datos son métodos y herramientas utilizados por los investigadores para recabar información o datos de individuos, sujetos o fuentes con el fin de llevar a cabo investigaciones o estudios (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991). La elección de las técnicas e instrumentos de recogida de datos depende de los objetivos de la investigación, el tipo de datos necesarios, la población estudiada y los recursos disponibles (Betz, 2011).

El proceso de recogida de datos puede dividirse en cuatro fases principales: la fase previa al trabajo de campo, la fase de campo, la fase de gabinete y la fase estadística (Bhushan Mishra & Alok, 2011). Cada fase implica técnicas e instrumentos específicos adaptados a las tareas y objetivos de esa fase (Creemers et al., 2010). He aquí un resumen de las técnicas e instrumentos de cada fase:

Fase previa al trabajo de campo (Fase de Pre-campo):

- **Revisión de la literatura:** Realice una revisión exhaustiva de la bibliografía y la investigación existentes para comprender el contexto y los conocimientos existentes relacionados con su tema de investigación (Dul & Hak, 2008).
- **Consulta a expertos:** Solicite la opinión y orientación de expertos en la materia para perfeccionar el diseño de la investigación y el plan de recopilación de datos (Munch & Angeles, 2019).
- **Diseño del cuestionario/encuesta:** Elabore cuestionarios o instrumentos de encuesta que se ajusten a los objetivos de su investigación. Considere el uso de software de encuestas para el diseño del cuestionario (Rakover, 2007).
- **Pruebas piloto:** Lleve a cabo un estudio piloto con un grupo pequeño para probar y perfeccionar los instrumentos de recopilación de datos en cuanto a claridad y fiabilidad (Martínez Ruiz, 2018).

- **Metodología de muestreo:** Determine el método de muestreo adecuado (por ejemplo, muestreo aleatorio, muestreo estratificado) y los cálculos del tamaño de la muestra (Laake et al., 2007).

Fase de campo:

- **Encuestas/cuestionarios:** Administrar encuestas o cuestionarios a los encuestados, ya sea en persona (entrevistas cara a cara), por teléfono, en línea o mediante formularios enviados por correo (Somekh, 2006).
- **Observaciones:** Utilizar técnicas e instrumentos de observación como listas de comprobación, notas de campo y equipos de grabación para recopilar datos sobre comportamientos, eventos o fenómenos observados (Fernández & Valle, 2016).
- **Experimentos:** Realizar experimentos y utilizar equipos de laboratorio, instrumentos y herramientas de aleatorización para manipular y medir variables (Shadish et al., 2002).
- **Entrevistas:** Realizar entrevistas estructuradas o semiestructuradas utilizando guías de entrevista y equipos de grabación (Supo, 2015).
- **Grupos de discusión:** Dirigir debates de grupos focales utilizando guías de moderación y equipos de grabación para recopilar datos cualitativos (McKenzie et al., 2004).
- **Registro de datos:** Utilizar diarios o registros digitales para recopilar datos de forma continua o periódica durante un periodo determinado (Yuni & Urbano, 2014).

Fase de gabinete

- **Introducción de datos:** Transferir los datos recopilados de formularios en papel, grabaciones o notas a formatos digitales utilizando software de introducción de datos o herramientas de hoja de cálculo (Ketchen & Bergh, 2004).

- **Limpieza de datos:** Revisar y limpiar los datos para corregir errores, incoherencias y valores omitidos (Supo & Cavero, 2014).
- **Codificación y categorización:** Para el análisis de contenido, utilizar hojas de codificación o software de análisis de texto para codificar y categorizar los datos textuales, visuales o de audio (Pole, 2004).
- **Gestión de bases de datos:** Organizar y gestionar los datos en una base de datos para su almacenamiento y recuperación eficaces (Ander-Egg, 2011).
- **Verificación de datos:** Comprobar dos veces las entradas de datos y los cálculos para garantizar su exactitud (Jonker & Pennink, 2001).

Fase estadística

- **Software estadístico:** Utilizar paquetes de software estadístico como SPSS, R, SAS o STATA para analizar datos cuantitativos (Hernández et al., 2015).
- **Herramientas de visualización de datos:** Crear gráficos, diagramas y representaciones visuales de datos utilizando herramientas como Excel, Tableau o bibliotecas de visualización de datos en R y Python (Hilbe, 2016).
- **Análisis descriptivo:** Realizar análisis estadísticos descriptivos para resumir y describir las características de los datos (Schwarz & Sudman, 1996).
- **Análisis inferencial:** Utilizar técnicas estadísticas inferenciales (por ejemplo, análisis de regresión, pruebas de hipótesis) para sacar conclusiones y hacer inferencias basadas en los datos (Ander-Egg, 2011).
- **Elaboración de informes:** Preparar informes de investigación, manuscritos o presentaciones para comunicar los hallazgos, incluyendo tablas, figuras y resultados estadísticos (Bruhn Jensen & Jankowski, 1991).

- **Revisión inter pares:** Someter los resultados de la investigación a una revisión inter pares para validar la metodología y los resultados del estudio (Achaerandio Zuazo, 2010).

BIBLIOGRAFÍA

- Achaerandio Zuazo, L. (2010). Iniciación a la práctica de la investigación. *Universidad Rafael Landívar*, 7(1), 256.
- Ander-Egg, E. (2011). *Aprender a Investigar: Nociones básicas para la investigación social*. Editorial Brujas. <https://cutt.ly/4wmXWQyq>
- Arias González, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Enfoques Consulting EIRL. <https://cutt.ly/mwmXWHkP>
- Arispe Alburqueque, C. M., Yangali Vicente, J. S., Guerrero Bejarano, M. A., Lozada de Bonilla, O. R., Acuña Gamboa, L. A., & Arellano Sacramento, C. (2020). *La investigación científica: Una aproximación para los estudios de posgrado*. G. (UIDE) <https://cutt.ly/JwmXW77R>
- Aubrey, C., David, T., Godfrey, R., & Thompson, L. (2000). Early Childhood Educational Research - Issues in methodology and ethics. *Journal of Educational Psychology*, 29 (8).
- Barrero Ticona, J. E. (2022). *Apuntes sobre la metodología de la investigación científica*. Colecciones Culturales Editores Impresores (CCEI).
- Bell, J. (2005). *Cómo hacer tu primer trabajo de investigación. Guía para investigadores en educación y ciencias sociales*. Editorial Gedisa.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Prentice Hall. <https://cutt.ly/1wmXC8vY>
- Betz, F. (2011). *Managing Science: Methodology and Organization of Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7488-4>
- Bhushan Mishra, S., & Alok, S. (2011). *Handbook of Research Methodology: A Compendium for Scholars & Researchers*. Educreation Publishing.

- Bickel, R. (2009). Multilevel Analysis for Applied: Research-It's Just Regression! *Drug and Alcohol Review*, 28, 87-94. https://doi.org/10.1111/j.1465-3362.2008.00013_5.x
- Botta, M. (2002). *Tesis monografías e informes nuevas formas y técnicas de investigación y redacción*. Editorial Biblos. <https://cutt.ly/ewmX1SW5>
- Bruhn Jensen, K., & W. Jankowski, N. (1991). A Handbook of Qualitative Methodologies for Mass Communication Research. *Humanities, Reference & Information Science, Social Sciences*, 1(1), 287. <https://doi.org/10.4324/9780203409800>
- Camic, P. M., Rhodes, J. E., & Yardley, L. (2021). *Qualitative research in psychology: Expanding perspectives in methodology and design (2nd ed.)*. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000252-000>
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and Quasi-Experiment al Designs for Research*. Houghton Mifflin Company. <https://cutt.ly/FwmX2uZM>
- Christensen, R. (1999). *Log-Linear Models and Logistic Regression*. Springer.
- Corbetta, P. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social*. Mc Graw Hill Education. <https://cutt.ly/owmCKWJY>
- Cox, D. R., & Reid, N. (2000). *The Theory of the Design of Experiments*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781420035834>
- Creemers, B. P. M., Kyriakides, L., & Sammons, P. (2010). *Methodological Advances in Educational Effectiveness Research: Quantitative Methodology Series*. Routledge.
- Dul, J., & Hak, T. (2008). Case Study Methodology in Business Research. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6 (August). Butterworth-Heinemann.
- Fernández, M., & Valle, J. (2016). *Cómo iniciarse en la investigación académica. Una guía práctica*. Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Gómez Mendoza, M. Á., Deslauriers, J.-P., & Alzate Piedrahita, M. V. (2010). *Cómo hacer tesis de maestría y doctorado: Investigación, escritura y publicación*. ECOE Ediciones. <https://cutt.ly/RwmCZ4Qp>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2015). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Herzog, M. H., Francis, G., & Clarke, A. (2019). *Understanding Statistics and Experimental Design: How to Not Lie with Statistics*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03499-3>
- Hilbe, J. M. (2016). *Practical Guide to Logistic Regression*. Taylor & Francis Group.
- Hurtado de Barrera, J., & Barrera Morales, M. F. (2000). *Metodología de Investigación Holística*. Fundación SYPAL. <https://cutt.ly/jwmCVeh1>
- Johnson, R., & Kuby, P. (2008). *Estadística elemental: Lo esencial*. CENGAGE Learning.
- Jonker, J., & Pennink, B. (2001). *The Essence of Research Methodology: A Concise Guide for Master and PhD Students in Management Science*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-71659-4>
- Ketchen, D. J., & Bergh, D. D. (2004). *Research Methodology in Strategy and Management*. Emerald Publishing.
- Kothari, C. R. (2016). *Research Methodology: Methods & Techniques*. New Age International Publishers.
- Kumar Singh, Y. (2004). *Fundamental of Research Methodology and Statistics*. New Age International (P) Limited, Publishers.
- Laake, P., Breien Benestad, H., & Reino Olsen, B. (2007). *Research Methodology in the Medical and Biological Sciences*. Elsevier, Academic Press.

- Lakatos, I., Worrall, J., & Currie, G. (1978). *The methodology of scientific research programmes*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511621123>
- Marczyk, G., DeMatteo, D., & Festinger, D. (2005). Essentials of Research Design and Methodology. *Endocrinology*, 69(4), 673–682. <https://doi.org/10.1210/endo-69-4-673>
- Martínez Ruiz, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Cengage. <https://cutt.ly/OwmC9jmx>
- McKenzie, G., Powell, J., & Usher, R. (2004). *Understanding Social Research: Perspectives on Methodology and Practice*. The Falmer Press.
- Méndez Alvarez, C. E. (1998). *Metodología guía para elaborar diseños de investigación en Ciencias Económicas, Contables y Administrativas*. McGraw-Hill Companies. <https://cutt.ly/qwmC9XKa>
- Mouton, J., & Marais, H. (2012). Basic Concepts in the methodology of the social sciences. HSRC Publishers. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-098319-6.00001-7>
- Munch, L., & Angeles, E. (2019). *Métodos y Técnicas de Investigación*. Editorial Trillas S.A. de C.V.
- Oehlert, G. W. (2010). A First Course in Design and Analysis of Experiments. *The American Statistician*, 57(1), 66-67. <https://doi.org/10.1198/tas.2003.s210>
- Ostriker, J. P., & Kuh, C. V. (2003). *Assessing research–doctorate programs: A methodology study*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/10859>
- Otero, E., & Gibert, J. (2016). *Diccionario de epistemología*. RIL editores - UDD. <https://cutt.ly/9wmXJobK>
- Parreño Urquizo, A. (2016). *Metodología de investigación en salud*. ESPOCH. <https://cutt.ly/pwmXHoFV>

- Pole, C. J. (2004). Seeing is Believing? Approaches to Visual Research (Studies in Qualitative Methodology). Emerald Group Publishing Limited, Bingley, pp. 23-39. [https://doi.org/10.1016/S1042-3192\(04\)07003-X](https://doi.org/10.1016/S1042-3192(04)07003-X)
- Rakover, S. S. (2007). *To Understand a Cat: Methodology and philosophy*. John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/aicr.70>
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J., & García Jiménez, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe.
- Romero González, Z. (2009). *Manual de investigación para principiantes: Guía para la elaboración de trabajos de investigación formativa*. Universidad Libre Sede Cartagena. <https://cutt.ly/YwmXDo2a>
- Schwarz, N., & Sudman, S. (1996). Answering Questions: Methodology for Determining Cognitive and Communicative Processes in Survey Research. *Journal of Marketing Research*, 33(2). <https://doi.org/10.2307/3152152>
- Seltman, H. J. (2018). *Experimental Design and Analysis*. Carnegie Mellon University. <https://www.stat.cmu.edu/~hseltman/309/Book/Book.pdf>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental design for causal inference*. The University of Chicago Press. <https://doi.org/10.1086/345281>
- Somekh, B. (2006). Action Research: A Methodology for Change and Development. *Doing Qualitative Research in Educational Settings*, 1(1), 241.
- Supo C., F., & Caveró A., H. N. (2014). *Fundamentos Teóricos y Procedimentales de la Investigación Científica en Ciencias Sociales: Como diseñar y formular tesis de maestría y doctorado*. Felipe Supo (Ed.). <https://cutt.ly/BwmXPh1y>
- Supo, J. (2015). *Cómo empezar una tesis: Tu proyecto de investigación en un solo día*. Bioestadístico Empresa Educativa E.I.R.L.
- Triola, M. F. (2009). *Estadística*. Pearson Education.

- Wu, C., & Chen, J. (2006). Sampling and Experimental Design. In Statistical Society of Canada (Ed.), *Department of Statistics and Actuarial Science University of Waterloo*. Statistical Society of Canada. <https://sas.uwaterloo.ca/~jhchen/stat332/total.pdf>
- Yuni, J. A., & Urbano, C. A. (2014). *Técnicas para Investigar: Recursos Metodológicos para la Preparación de Proyectos de Investigación*. Editorial Brujas.

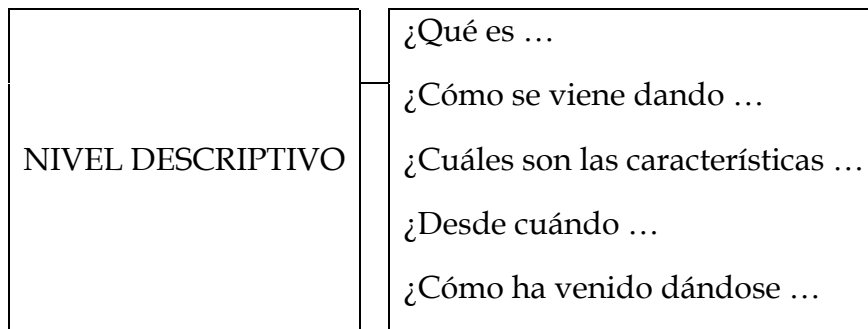
ANEXOS

Anexo 1. Ejemplo didáctico de proyecto de tesis

NIVEL DESCRIPTIVO

Línea de investigación	Población
Planificación ambiental urbana	Subcuenca del rio Shullcas Región Junín

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



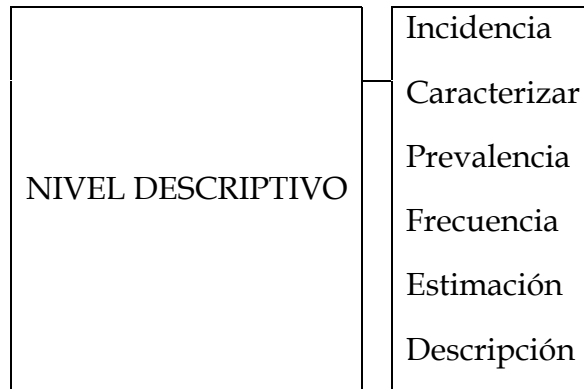
1. Pregunta clave
2. Variable
3. Muestra/Población
4. Ámbito organizacional (accesible), geográfico (objetivo)

¿Cuáles son las características ⁽¹⁾ Planificación ambiental urbana ⁽²⁾ sub cuenca del rio Shullcas ⁽³⁾ región Junín ⁽⁴⁾?

Formulación del problema general

¿Cómo se viene dando la planificación ambiental urbana en la sub cuenca del rio Shullcas región Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

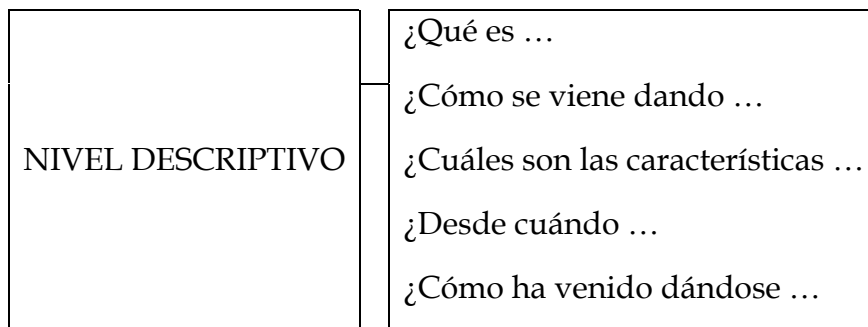
Describir la planificación ambiental urbana en la sub cuenca del rio Shullcas región Junín

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

PLANIFICACIÓN AMBIENTAL URBANA EN LA SUB CUENCA DEL RIO
SHULLCAS REGIÓN JUNÍN

Línea de investigación	Población
Auditoría Ambiental	Humedal de Mayopampa del Distrito de Viques Región Junín

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



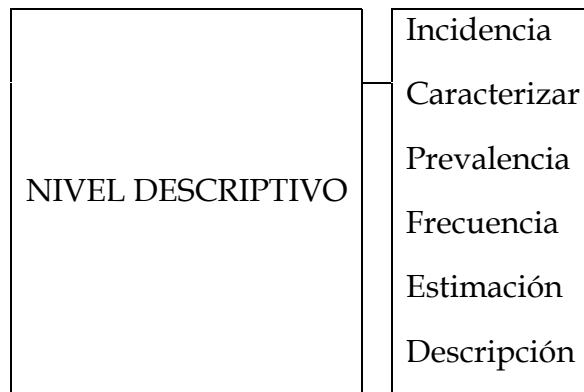
1. Pregunta clave
2. Variable
3. Muestra/Población
4. Ámbito organizacional (accesible), geográfico (objetivo)

¿Cómo se viene dando ⁽¹⁾ Auditoría Ambiental ⁽²⁾ humedal de Mayopampa ⁽³⁾ Distrito de Viques Región Junín ⁽⁴⁾?

Formulación del problema general

¿Cómo se viene dando la Auditoría Ambiental en el humedal de Mayopampa Distrito de Viques Región Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

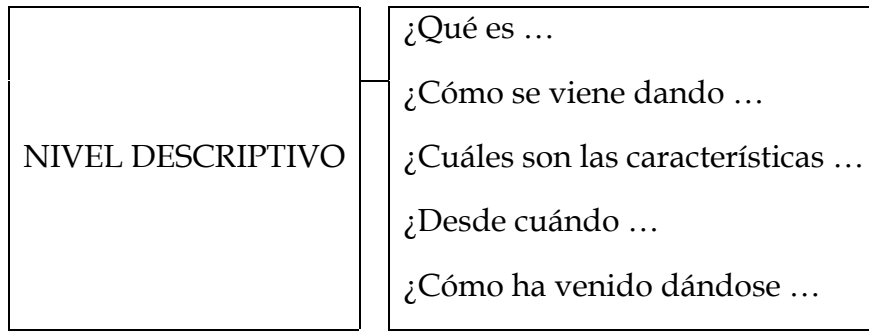
Describir la auditoría ambiental del humedal Mayopampa Distrito de Viques Región Junín.

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

AUDITORÍA AMBIENTAL DEL HUMEDAL DE MAYOPAMPA DISTRITO DE VIQUES REGIÓN JUNÍN

Línea de investigación	Población
Tecnología para el desarrollo sostenible	Subcuenca del rio Shullcas Región Junín

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



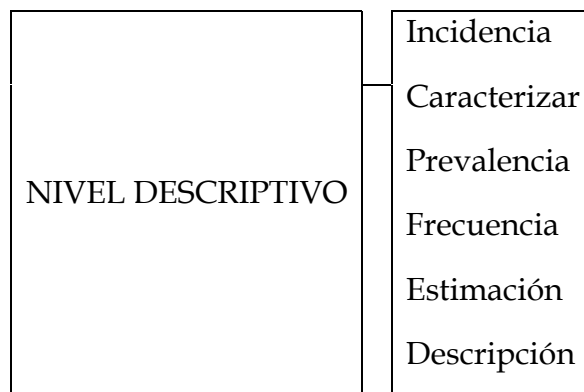
1. Pregunta clave
2. Variable
3. Muestra/Población
4. Ámbito organizacional (accesible), geográfico (objetivo)

¿Cuáles son las características ⁽¹⁾ Tecnología para el desarrollo sostenible ⁽²⁾ sub cuenca del rio Shullcas ⁽³⁾ región Junín ⁽⁴⁾?

Formulación del problema general

¿Cuáles son las características de las tecnologías para el desarrollo sostenible en la sub cuenca del rio Shullcas región Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

Caracterizar las tecnologías para el desarrollo sostenible en la sub cuenca del rio Shullcas región Junín.

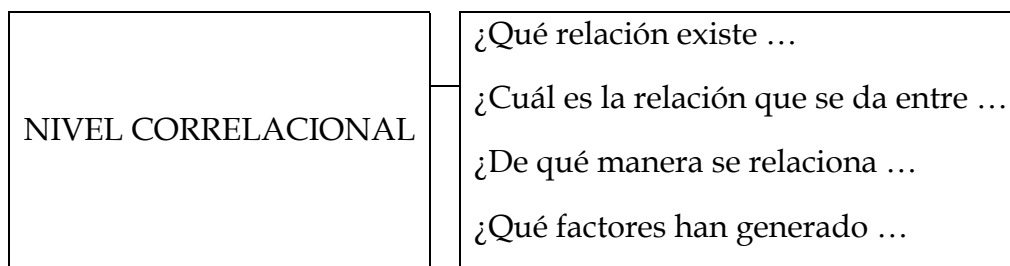
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN LA SUB
CUENCA DEL RIO SHULLCAS REGIÓN JUNÍN

NIVEL CORRELACIONAL

Línea de investigación	Población
Potencialidad de tierras y calidad de sitio	Comunidad Campesina del distrito de san José de Quero - Concepción

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



1. Pregunta clave

2. Variable 1

3. Enlace o relacionante

4. Variable 2

5. Muestra/Población

6. Ámbito organizacional (accesible)

7. Ámbito geográfico (objetivo)

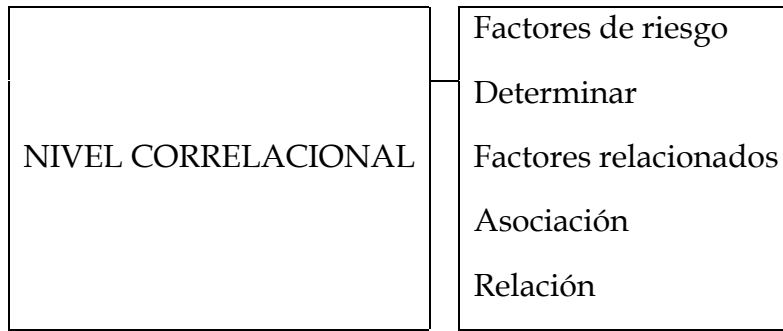
¿Qué relación existe ⁽¹⁾ Potencialidad de tierras ⁽²⁾ y ⁽³⁾ calidad de sitio ⁽⁴⁾
Comunidad

¿Campesina ⁽⁵⁾ san José de Quero ⁽⁶⁾ Concepción ⁽⁷⁾?

Formulación del problema general

¿Qué relación existe entre la potencialidad de tierras y calidad de sitio en la
Comunidad Campesina san José de Quero Concepción?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

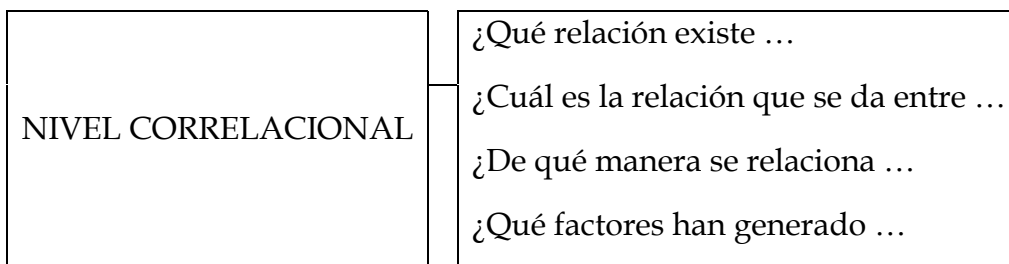
Determinar la relación entre la potencialidad de tierras y calidad de sitio en la Comunidad Campesina san José de Quero Concepción.

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

POTENCIALIDAD DE TIERRAS Y CALIDAD DE SITIO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN JOSÉ DE QUERO CONCEPCIÓN

Línea de investigación	Población
Actitudes y sostenibilidad ambiental	Habitantes del distrito de Pilcomayo - Junín

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



1. Pregunta clave
2. Variable 1
3. Enlace o relacionante
4. Variable 2

5. Muestra/Población

6. Ámbito organizacional (accesible)

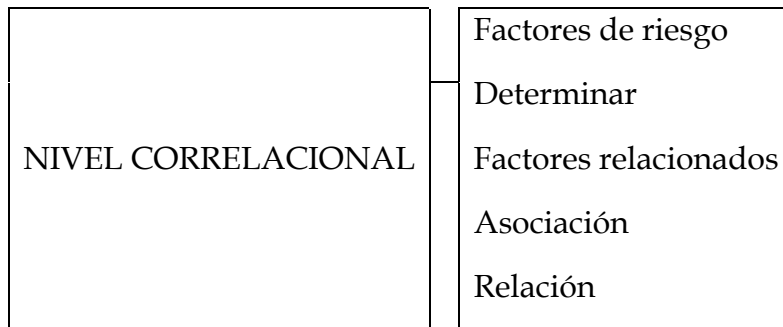
7. Ámbito geográfico (objetivo)

¿Qué relación existe entre ⁽¹⁾ Actitudes ⁽²⁾ y ⁽³⁾ sostenibilidad ambiental ⁽⁴⁾ en los habitantes ⁽⁵⁾ distrito de Pilcomayo ⁽⁶⁾ Provincia de Huancayo Región Junín ⁽⁷⁾?

Formulación del problema general

¿Qué relación existe entre las actitudes y sostenibilidad ambiental en los habitantes distrito de Pilcomayo Provincia de Huancayo Región Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

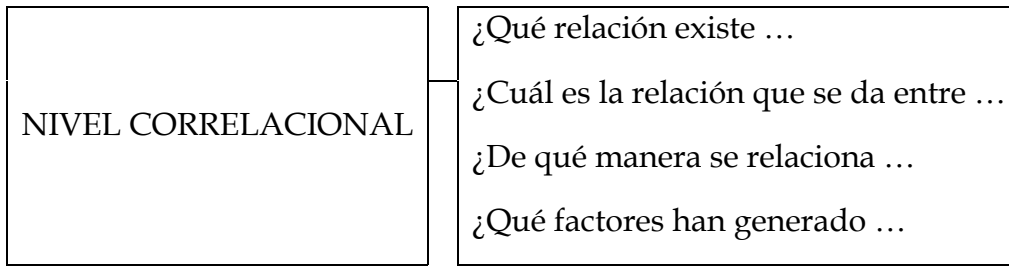
Determinar la relación existe entre las actitudes y sostenibilidad ambiental en los habitantes distrito de Pilcomayo Provincia de Huancayo Región Junín

TÍTULO DE LA INVESTIGACION

ACTITUDES Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LOS HABITANTES
DISTRITO DE PILCOMAYO PROVINCIA DE HUANCAYO REGIÓN JUNÍN

Línea de investigación	Población
Informalidad urbana y condición socioeconómica ambiental	Población del distrito metropolitano de chilca

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



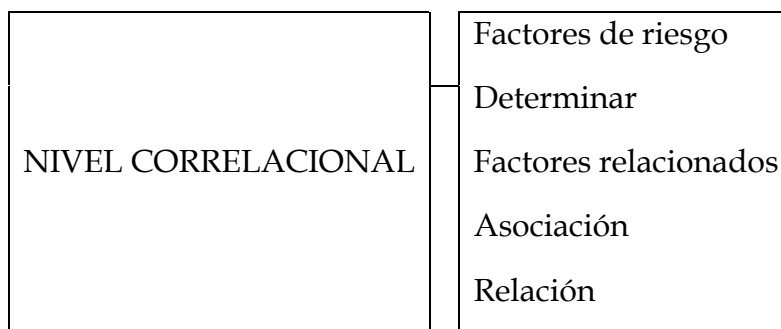
1. Pregunta clave
2. Variable 1
3. Enlace o relacionante
4. Variable 2
5. Muestra/Población
6. Ámbito organizacional (accesible)
7. Ámbito geográfico (objetivo)

¿Cuál es la relación entre ⁽¹⁾ informalidad urbana ⁽²⁾ y ⁽³⁾ condición socio económico ambiental ⁽⁴⁾ de la población ⁽⁵⁾ del distrito metropolitano de Chilca ⁽⁶⁾ Provincia de Huancayo Región Junín ⁽⁷⁾?

Formulación del problema general

¿Cuál es la relación entre la informalidad urbana y condición socio económico ambiental de la población del distrito metropolitano de Chilca Provincia de Huancayo Región Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

Determinar la relación informalidad urbana y condición socio económico ambiental de la población del distrito metropolitano de Chilca Provincia de Huancayo Región Junín.

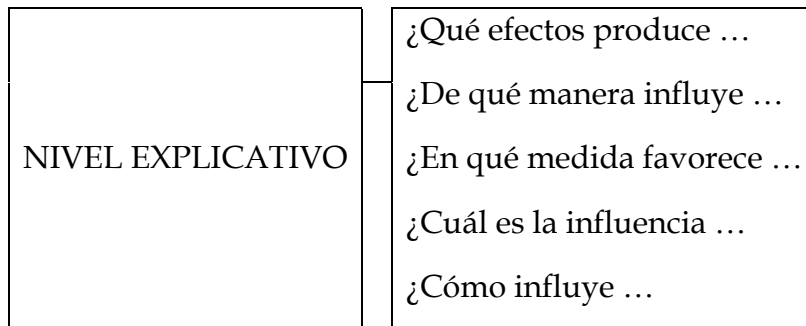
TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

INFORMALIDAD URBANA Y CONDICIÓN SOCIO ECONÓMICO
AMBIENTAL DE LA POBLACIÓN DEL DISTRITO METROPOLITANO DE
CHILCA PROVINCIA DE HUANCAYO REGIÓN JUNÍN

NIVEL EXPLICATIVO

Línea de investigación	Población
Concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos y potencial de crecimiento radical	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill, Bosque Porvenir Huancayo Junín

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



1. Pregunta clave
2. Variable Independiente
3. Enlace o relacionante
4. Variable Dependiente
5. Muestra/Población
6. Ámbito organizacional (accesible)

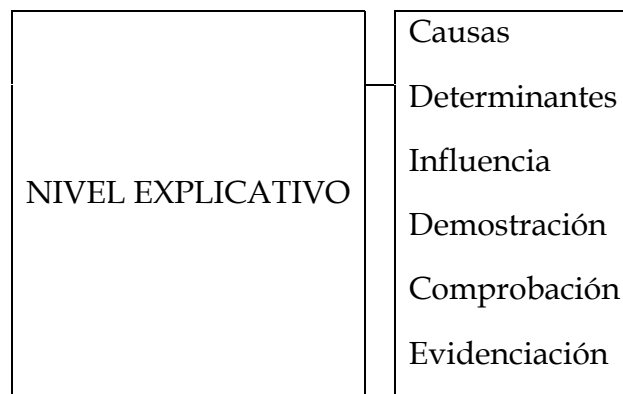
7. Ámbito geográfico (objetivo)

¿Cuál es la influencia ⁽¹⁾ concentración de nitrógeno ⁽²⁾ sobre ⁽³⁾ atributos morfológicos y potencial de crecimiento radical ⁽⁴⁾ en *Eucalyptus globulus Labill*, Bosque Porvenir ⁽⁵⁾ Huancayo ⁽⁶⁾ Junín ⁽⁷⁾?

Formulación del problema general

¿Cuál es la influencia de la concentración de nitrógeno sobre los atributos morfológicos y potencial del crecimiento radical en *Eucalyptus globulus Labill*, Bosque Porvenir Huancayo Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

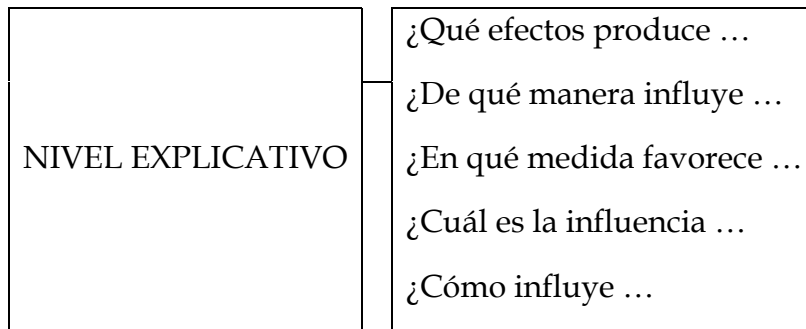
Determinar la influencia de la concentración de nitrógeno sobre los atributos morfológicos y potencial del crecimiento radical en *Eucalyptus globulus Labill*, Bosque Porvenir Huancayo Junín.

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO SOBRE LOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS Y POTENCIAL DEL CRECIMIENTO RADICAL EN *Eucalyptus Globulus Labill*, BOSQUE PORVENIR HUANCAYO JUNÍN

Línea de investigación	Población
Desglaciación del nevado Huaytapallana sobre el rendimiento hídrico	Subcuenca rio Shullcas Provincia de Huancayo Región Junín

¿Cómo operativizar la formulación de los problemas de investigación?



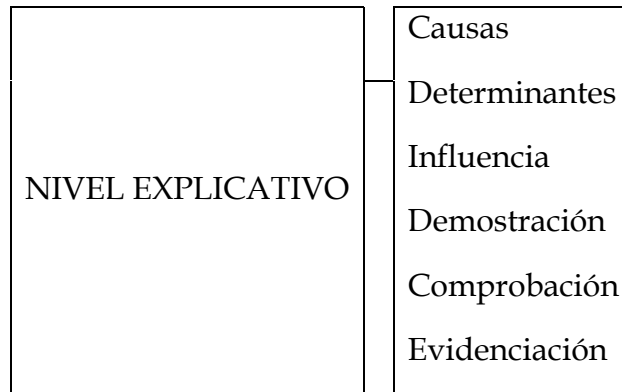
1. Pregunta clave
2. Variable Independiente
3. Enlace o relacionante
4. Variable Dependiente
5. Muestra/Población
6. Ámbito organizacional (accesible)
7. Ámbito geográfico (objetivo)

¿Cuál es el efecto ⁽¹⁾ desglaciación del nevado Huaytapallana ⁽²⁾ sobre ⁽³⁾ el rendimiento hídrico ⁽⁴⁾ en la sub cuenca rio Shullcas ⁽⁵⁾ Provincia de Huancayo ⁽⁶⁾ Región Junín ⁽⁷⁾?

Formulación del problema general

¿Cuál es el efecto desglaciación del nevado Huaytapallana sobre el rendimiento hídrico en la sub cuenca rio Shullcas Provincia de Huancayo Región Junín?

¿Cómo operativizar los objetivos de la investigación?



Objetivo General

Determinar el efecto desglaciación del nevado Huaytapallana sobre el rendimiento hídrico en la sub cuenca rio Shullcas Provincia de Huancayo Región Junín

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

DESGLACIACIÓN DEL NEVADO HUAYTAPALLANA SOBRE EL RENDIMIENTO HÍDRICO EN LA SUB CUENCA RÍO SHULLCAS PROVINCIA DE HUANCAYO REGIÓN JUNÍN

NIVEL DESCRIPTIVO

Modelo aditivo de la investigación descriptiva

→

$$Y_{ij} \Rightarrow \mu + [X_1 + X_2 + \dots + X_n]_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : variable dependiente

μ : variable interviniente

$X_{(1,2,\dots,n)ij}$: variables independientes

EJEMPLO

Consideremos un escenario hipotético en el que desea describir el secuestro total de carbono (C) en un ecosistema forestal a lo largo del tiempo. Cree que el secuestro total de carbono se puede dividir en varios componentes:

- **Crecimiento Natural (G):** Este componente representa el secuestro de carbono que ocurre como resultado del crecimiento natural del bosque y los procesos ecológicos.
- **Cambios inducidos por el hombre (H):** Son variaciones en el secuestro de carbono debido a actividades humanas como la reforestación, la deforestación o los cambios en el uso de la tierra.
- **Variabilidad climática (CV):** este componente representa el impacto de la variabilidad climática, incluidos factores como la temperatura, las precipitaciones y los niveles de CO₂, en el secuestro de carbono.
- **Interacciones bióticas (BI):** las interacciones bióticas entre especies del ecosistema, como la competencia, la depredación y la simbiosis, pueden afectar el secuestro de carbono.

El secuestro total de carbono (C) se puede representar utilizando el modelo aditivo como:

$$C=G+H+CV+BI$$

En este modelo:

G puede estimarse basándose en datos históricos sobre las tasas de crecimiento de los bosques naturales y el secuestro de carbono en ecosistemas no perturbados.

H se puede estimar analizando datos sobre las actividades humanas y su impacto en el almacenamiento y las emisiones de carbono.

CV puede estimarse utilizando datos y modelos climáticos que vinculen las variables climáticas con las tasas de secuestro de carbono.

BI puede estimarse estudiando las interacciones ecológicas y sus efectos sobre el secuestro de carbono.

NIVEL DE REGRESIÓN

Modelo aditivo de la investigación explicativo



$$Y_{i,j} = \beta_0 + \beta_1 * X_{1=i,j} + \beta_2 * X_{2=i,j} + \epsilon$$

Donde:

$Y_{i,j}$: variable dependiente

$X_{1=i,j}$: variable independientes

$X_{2=i,j}$: variable independientes

ϵ : termino de error de la variable

EJEMPLO

Supongamos que quiere explicar los factores que influyen en el crecimiento de los árboles de un ecosistema forestal. Su hipótesis es que tanto la temperatura como las precipitaciones contribuyen al crecimiento de los árboles, pero quiere cuantificar sus efectos individuales. Su modelo explicativo podría expresarse de la siguiente manera:

$$G = \beta_0 + \beta_1 * T + \beta_2 * P + \epsilon$$

En este modelo explicativo:

- G representa el crecimiento de los árboles, que se quiere explicar.
- T y P son variables independientes (temperatura y precipitación).
- β_0 , β_1 , β_2 son coeficientes que representan la fuerza y la dirección de las relaciones entre la temperatura, la precipitación y el crecimiento de los árboles.
- ϵ representa el término de error, que da cuenta de la variabilidad no explicada en el crecimiento de los árboles.

Para desarrollar este modelo explicativo, normalmente se utilizarían técnicas estadísticas como la regresión lineal múltiple. Los coeficientes β_1 y β_2 proporcionarían información sobre las contribuciones individuales de la temperatura y la precipitación al crecimiento de los árboles.

Interpretación:

- Un valor β_1 positivo indicaría que un aumento de la temperatura está asociado a un aumento del crecimiento arbóreo, manteniéndose todo lo demás constante.
- Un valor β_2 positivo indicaría que una mayor precipitación está asociada a un mayor crecimiento arbóreo, en igualdad de condiciones.

NIVEL PREDICTIVO

<p style="text-align: center;">Modelo aditivo de la investigación predictiva</p>	→	$y = a \pm b \cdot x \quad [1]$ $y = a \cdot e^{b \cdot x} \quad [2]$ $y = a \cdot x^b \quad [3]$ $y = a_0x^0 \pm a_1x^1 \pm a_2x^2 \pm \dots \pm a_nx^n \quad [4]$ $y = a \pm b \cdot \text{Ln}(x) \quad [5]$
---	---	--

Donde:

y: variable dependiente

x: variable independiente

e: Leonhard Euler

a₀; a₁; a₂;...; a_n, b: coeficientes de determinación

Ln: Logaritmo neperiano

[1]. Regresión lineal

[2]. Regresión exponencial

[3]. Regresión potencial

[4]. Regresión polinómica

[5]. Regresión logarítmica

EJEMPLO

Supongamos que desea modelizar la dispersión de contaminantes atmosféricos procedentes de fuentes industriales para evaluar el Impacto de la Calidad del Aire (ICA) de las zonas circundantes. Consideremos un escenario en el que se le encarga modelizar la dispersión de un contaminante concreto a lo largo del tiempo. Supongamos que se ha recogido datos sobre la concentración de un contaminante (en microgramos por metro cúbico, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Mc)) a diferentes distancias (en metros (m)) de una fuente de contaminación en varios intervalos de tiempo (en horas (h)).:

$$\text{ICA} = \beta_0 + \beta_1 * \text{Mc} + \beta_2 * \text{m} + \beta_3 * \text{h} + \epsilon$$

- ICA representa la dispersión de los contaminantes atmosféricos (ICA).
- Mc, m y h son variables independientes (microorganismo por metro cubico, distancia, horas).
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ son coeficientes que representan la fuerza y la dirección de las relaciones entre las variables independientes y la dispersión de los contaminantes (ICA).
- ϵ representa el término de error, que explica la variabilidad no explicada de la dispersión de los contaminantes (ICA).

Si se desea pronosticar la contaminación atmosférica (ICA), empleando una sola variable independiente el modelo sería el siguientes (modelo exponencial):

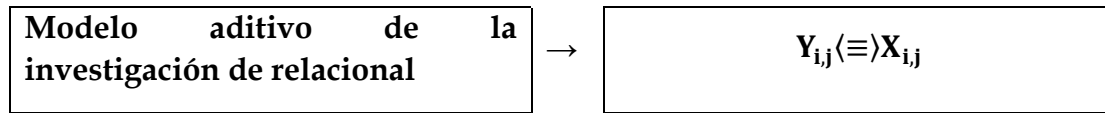
$$\text{ICA} = a. e^{b * \text{Mc}}$$

Donde:

- ICA representa la dispersión de los contaminantes atmosféricos (ICA)
- e: Leonhard Euler

- **a, b:** coeficientes de determinación
- **Mc:** variable independiente (microorganismo $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

NIVEL CORRELACIONAL



Donde:

$Y_{i,j}$: variable I

$X_{i,j}$: variable II

EJEMPLO

Consideremos un estudio correlacional que tiene como objetivo explorar la relación entre el crecimiento de los árboles (G) y una variable ambiental como el pH del suelo (SPH) en un ecosistema forestal. Quiere determinar si existe una asociación estadística entre estas dos variables. Su modelo podría expresarse como:

$$G = a + b \cdot \text{SPH} + \epsilon$$

En este modelo:

- **G** representa el crecimiento de los árboles, que puede medirse como un incremento anual en el diámetro, la altura o la biomasa del árbol.
- **SPH** representa el pH del suelo, que mide la acidez o alcalinidad del suelo.
- **a** es la intercepción, que representa el crecimiento esperado de los árboles cuando el pH del suelo es cero (lo que puede no tener significado ecológico).
- **b** es el coeficiente de pendiente, que representa la fuerza y dirección de la relación entre el crecimiento de los árboles y el pH del suelo.
- **ϵ** representa el término de error, capturando la variabilidad en el crecimiento de los árboles que no puede explicarse por el pH del suelo.

Para analizar este modelo, normalmente se utilizarían técnicas estadísticas como la regresión lineal, el coeficiente de relación de Karl Pearson o Charles Spearman. El análisis de regresión le proporcionará estimaciones para la intersección (a) y la pendiente (b), así como medidas de la fuerza y la importancia de la relación (por ejemplo, R cuadrado y valores p). Y el coeficiente de relación ayuda a medir la fuerza entre ambas variables:

El modelo matemático para el nivel o grado de correlación (Karl Pearson) es el siguiente:

$$\rho_{[X;Y]} = \frac{\sum_{i=1}^{N-K} [X_i - \bar{X}] * [Y_i - \bar{Y}]}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N-K} [X_i - \bar{X}]^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^{N-K} [Y_i - \bar{Y}]^2}}$$

Donde:

- **N:** todos los valores numéricos de información o como se indica en el ejemplo
- **Xi:** valores numéricos de la variable (crecimiento de los árboles)
- **Yi:** valores numéricos de la variable (pH del suelo)

INTERPRETACIÓN

Alcance de la variedad del coeficiente de conexión

- **$1 \geq r > 0$:** conexión positiva
- **$-1 \leq r < 0$:** conexión negativa
- **$R \approx 0$:** no hay conexión entre el crecimiento de los árboles y el pH del suelo.

Si (para el modelo de regresión)

- **b** es significativamente diferente de cero y positivo, sugiere una correlación positiva entre el crecimiento de los árboles y el pH del suelo,

lo que significa que a medida que aumenta el pH del suelo, el crecimiento de los árboles tiende a aumentar.

- **b** es significativamente diferente de cero y negativo, indica una correlación negativa, lo que significa que a medida que aumenta el pH del suelo, el crecimiento de los árboles tiende a disminuir.
- **b** no es significativamente diferente de cero, es posible que no haya una correlación estadísticamente significativa entre las dos variables.

Este libro se terminó de publicar en la editorial

**Instituto Universitario
de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú**



ISBN: 978-612-5130-05-1

