



INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLÓGICO PELILEO

# FUNDAMENTOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL

---



*Mg. Oscar Gabriel Toapanta.*



# FUNDAMENTOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL

## Directorio editorial institucional

Dr. Rodrigo Mena Mg. Rector  
Mg. Sandra Cando Coordinadora Institucional  
Mg. Oscar Toapanta Coordinador de I+D+i  
Ing. Johanna Iza Líder de Publicaciones

## Diseño y diagramación

Mg. Belén Chávez  
Mg. Santiago Mayorga

## Revisión técnica de pares académicos

Mvz. Fredy Córdova  
IST PELILEO  
Correo: [fcordovaregion3@gmail.com](mailto:fcordovaregion3@gmail.com)

Dr. Myriam Carrera  
IST PELILEO  
Correo: [mcarreraestrategiahh@gmail.com](mailto:mcarreraestrategiahh@gmail.com)

ISBN: 978-9942-686-31-2  
DOI: <https://doi.org/10.59602/re.79>

Primera edición  
Agosto 2024  
<https://istp.edu.ec>

*Usted es libre de compartir, copiar la presente guía en cualquier medio o formato, citando la fuente, bajo los siguientes términos: Debe dar crédito de manera adecuada, bajo normas APA vigentes, fecha, página/s. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma arbitraria sin hacer uso de fines de lucro o propósitos comerciales; debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar restricciones digitales que limiten legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.*

Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



# AUTOR



*Mg. Oscar Toapanta.*

**DOCENTE**

Oscar Gabriel Toapanta Cunalata recibió su Ingeniería en Mecánica en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (2009), una maestría en Diseño Mecánico en la Universidad Técnica de Ambato (2020), está cursando una maestría en Matemática Aplicada en la Universidad Nacional de Chimborazo y un doctorado en Ciencias e Ingeniería Estadística. Se desempeñó como Docente en Matemática (2010 - 2012), como Ingeniero de Operaciones en la empresa de Servicios Petroleros Sertecpet (2012 - 2016), pasó al Instituto Superior Benjamín Araujo como Docente Investigador. Después continuo como Docente Investigador en el Instituto Superior Tecnológico Pelileo hasta la actualidad. Su trabajo en el campo ha resultado en numerosas publicaciones como artículos científicos, libros, presentaciones, conferencias y cursos en el área de Ingeniería Mecánica, Aplicaciones Matemáticas, Estadísticas y Educación. Sus intereses de investigación incluyen modelamiento, características mecánicas; soldadura; simulación computacional, tribología, mecánica de fluidos, estructuras mecánicas, métodos de enseñanza, pedagogía, modelamiento matemático y estadístico.



# PRÓLOGO

El diseño experimental es una de las piedras angulares de la investigación científica, especialmente en disciplinas donde el control y la precisión son esenciales para la obtención de resultados confiables. Este libro, Fundamentos de Diseño Experimental, nace de la necesidad de proporcionar una guía clara y accesible para quienes se inician en el fascinante mundo de la experimentación científica, así como para aquellos investigadores que buscan perfeccionar sus habilidades en la planificación y ejecución de experimentos.

El avance de la ciencia depende en gran medida de la capacidad para diseñar experimentos que no solo respondan a preguntas específicas, sino que también minimicen los sesgos y maximicen la validez de las conclusiones obtenidas. Sin embargo, el diseño experimental puede parecer una tarea intimidante debido a la complejidad de los factores involucrados, desde la selección de muestras hasta el análisis de los datos. Este libro tiene como objetivo desmitificar el proceso, ofreciendo herramientas prácticas y conceptos fundamentales que faciliten la creación de experimentos bien estructurados y eficaces.

La obra está dirigida a un público diverso, que incluye estudiantes, investigadores en formación, y profesionales que aplican el método científico en su práctica diaria. Los capítulos están organizados de manera progresiva, comenzando con una introducción a los principios básicos del diseño experimental y avanzando hacia temas más complejos como el control de variables, la aleatorización, y el análisis de varianza.

Además, se incluyen ejemplos y estudios de caso de diferentes campos de la ciencia para ilustrar cómo se aplican estos principios en la práctica real. A lo largo de la elaboración de este libro, he contado con el apoyo y la colaboración de colegas, expertos y estudiantes, a quienes agradezco profundamente por sus valiosas contribuciones. Su retroalimentación y experiencia han sido fundamentales para enriquecer el contenido y asegurar que este libro sea una herramienta útil y relevante para la comunidad científica.

Es mi esperanza que el libro Fundamentos de Diseño Experimental no solo brinde los conocimientos necesarios para llevar a cabo experimentos rigurosos, sino que también inspire a los lectores a abordar sus investigaciones con creatividad y pensamiento crítico. Invito a los lectores a explorar los capítulos que siguen con un espíritu de curiosidad y rigor, y a utilizar este recurso para avanzar en sus propias investigaciones, contribuyendo así al progreso del conocimiento científico.



**INSTITUTO SUPERIOR  
TECNOLÓGICO PELILEO**

# **Fundamentos de Diseño Experimental**

---

Mg. Oscar Gabriel Toapanta



# CONTENIDOS

## 01

### CAPÍTULO UNO

#### GENERALIDADES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Introducción, Definiciones  
Principios básicos del ADE.  
Variables, tipos y operacionalización información  
Matriz de Combinación  
Diagrama de Proceso  
Selección del diseño experimental  
Fases de una experimentación  
Ejercicios de Aplicación

## 02

### CAPÍTULO DOS

#### DISEÑOS DE EXPERIMENTOS CON DOS MUESTRAS

Decisiones y criterios de aceptación para Hipótesis Estadísticas  
Prueba Normal aplicada a una muestra  
Prueba T Student aplicada a una muestra  
T-test para dos muestras dependientes o agrupados.  
Ejemplos, formulas, ejercicios de aplicación  
T-test para dos muestras independientes o no agrupados.  
Aplicación de Hipótesis con dos muestras con herramientas informáticas.

## 03

### CAPÍTULO TRES

#### ANÁLISIS DE VARIANZA CON ORDENACIÓN UNILATERAL

Tipos de Análisis de varianza  
Condiciones para un Análisis de varianza  
Anova de una solo vía  
Pruebas de Significancia – Prueba de Tukey  
Aplicación de Anova con herramientas informáticas.

**BIBLIOGRAFÍA**  
**ANEXOS**



# 01

## GENERALIDADES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

---

# CAPÍTULO UNO

## GENERALIDADES DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS



### Introducción

El diseño de experimentos se destaca como un enfoque metodológico de gran relevancia en diferentes campos como las ciencias naturales, sociales, aplicadas como la Producción Animal y Floricultura. Su propósito es la exploración y el entendimiento de las conexiones causa-efecto, al mismo tiempo que se emplea para valorar cómo las variables independientes influyen en las variables dependientes. Su distintiva característica radica en su capacidad singular para establecer relaciones de causalidad, una destreza que lo diferencia de otros enfoques de investigación.

Formular hipótesis y posteriormente someterlas a comprobación constituye el proceso general en una investigación científica. La validación de estas hipótesis

implica la recopilación de observaciones, es decir, la obtención de datos. El diseño experimental, en su esencia, se encarga de definir el patrón de las observaciones que serán recopiladas. En otras palabras, es el diseño experimental el que especifica cuáles observaciones se tomarán y la manera en que serán recolectadas para luego ser analizadas e interpretadas.

La planificación de experimentos se convierte en una necesidad ineludible. Cuando no se establece un adecuado diseño de experimentos, no se tiene un buen control del proceso y análisis de las variables de estudio. Sin una planificación adecuada, al analizar la información, es factible incurrir en múltiples errores desde la perspectiva estadística y metodológica investigativa.

## El Diseño Experimental a Través del Tiempo

La historia del diseño experimental se halla intrínsecamente ligada al progreso de la ciencia en su conjunto. Aunque sus raíces tienen sus orígenes en figuras como Sir Francis Bacon, quien, en el siglo XVII, subrayaba la importancia de la observación empírica y la meticulosa recopilación de datos, su verdadera evolución cobró impulso desde el siglo XIX mediante la utilización de la estadística.

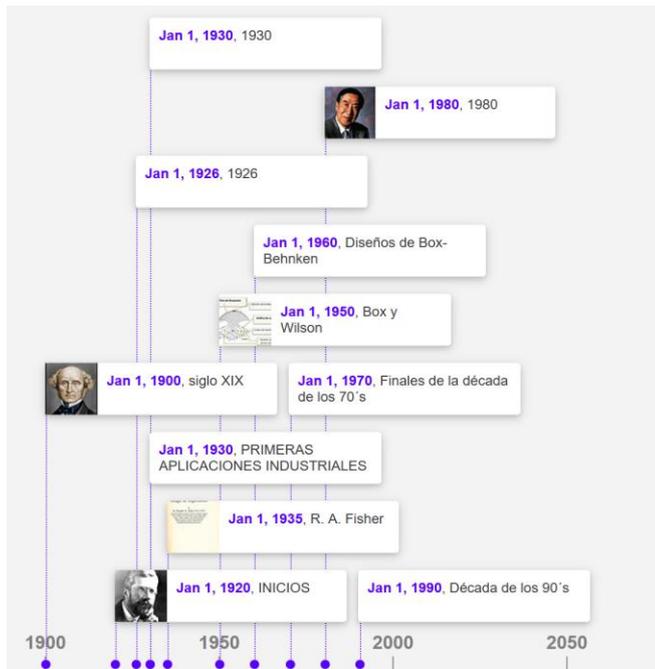


Figura 1. Historia del Diseño Experimental

Fuente: <https://www.timetoast.com/timelines/disenos-experimentales>

Destacados científicos, entre los que figuran Sir Francis Galton y Adolphe Quetelet, se encargaron de concebir herramientas estadísticas que posibilitaron la minuciosa descripción y el análisis riguroso de datos experimentales, allanando el camino hacia un diseño experimental de mayor precisión y poder explicativo. Es así que se tiene:

Ronald Fisher introdujo el concepto en su obra "The Design of Experiments" en 1935, dejando una influencia duradera en la investigación

agrícola al proporcionar metodologías para la evaluación de resultados experimentales con muestras de tamaño reducido.

George E. P. Box, en 1951, desempeñó un papel crucial al desarrollar enfoques para la industria química que revolucionaron las estrategias de experimentación secuencial. En esa época, su aplicación se limitaba en gran medida a áreas de investigación y desarrollo, principalmente debido a la falta de recursos informáticos.

No obstante, en la década de 1980, se da la aplicación de la estadística para mejorar el control de procesos industriales de Japón, impulsado por figuras como Deming e Ishikawa, impulsó la difusión y aplicación de la estadística en el ámbito de la calidad. Un nombre destacado, Taguchi, ejerció un impacto significativo en el mundo occidental con sus innovadores conceptos de diseño robusto.

Los Fundamentos del Diseño Experimental Moderno, se tiene en el siglo XX donde se marcó un hito significativo con la irrupción de Sir Ronald A. Fisher, un destacado estadístico británico como uno de los progenitores del diseño experimental. Sus contribuciones establecieron los cimientos de la estadística moderna y aportaron conceptos esenciales como la varianza y el desarrollo del diseño de bloques aleatorios. Estos conceptos se erigen como instrumentos esenciales que permiten mitigar la influencia de variables no deseadas en el contexto de experimentos. Llevando aún más allá sus logros previos, Fisher también presentó la noción del diseño factorial, una metodología que posibilitaba la investigación concurrente de numerosas variables independientes, lo cual generó oportunidades para la exploración de las relaciones causa-efecto. Con el paso de las últimas décadas, este enfoque ha seguido

evolucionando de manera constante, impulsado por avances tecnológicos y el refinamiento de técnicas de análisis estadístico cada vez más sofisticadas.

El diseño de experimentos es importante en la investigación científica, brindando la estructura esencial para la evaluación de teorías, la resolución de desafíos y la optimización de procesos en diversos campos. La continua innovación tecnológica y estadística ha ampliado aún más su relevancia, posibilitando la programación y realización de experimentos de mayor complejidad y la obtención de resultados más meticulosos y certeros.

El diseño experimental no solo se destaca como una metodología crucial en la investigación, sino también como un testigo inmutable en el progreso de la ciencia. Su habilidad para revelar las conexiones causa-efecto lo posiciona como un compañero

indispensable en la exploración del conocimiento en todas sus manifestaciones y dimensiones.

### ¿Cuál es la naturaleza del Diseño de Experimentos?

Un experimento es una evaluación planificada en la que se implementan ajustes para el controlar las variables en una investigación. El diseño experimental o "Design of Experiments" (DOE) en inglés, implica determinar qué pruebas se deben llevar a cabo y de qué manera, con el fin de obtener datos que, al ser sometidos a análisis estadísticos, ofrezcan pruebas objetivas para responder a hipótesis establecidas. De esta forma, se pueden aclarar aspectos inciertos en un proceso y resolver problemas. EL diseño de Experimentos se realiza mediante un conjunto de elementos estadísticos que se relacionan mediante la planificación, desarrollo y comprensión de experimentos



Figura 2. Ejemplos de Diseño Experimental

Fuente: <https://www.bing.com/images/create>

## Diferencias entre un diseño experimental y no experimental

La distinción clave entre un diseño experimental y uno no experimental se encuentra en la metodología empleada para

abordar la investigación y la obtención de datos, a continuación, se tiene algunas diferencias.

<b>Diseño Experimental</b>	<b>Diseño No Experimental</b>
Manipulación de Variables: En los diseños experimentales, se tiene una manipulación deliberada de las varias variables independientes para observar su impacto en una o más variables dependientes. Esta manipulación es esencial para determinar el efecto entre estas.	Observación sin Manipulación: En los diseños no experimentales, no se efectúa una manipulación deliberada de variables independientes. En su lugar, se observan y registran variables que ya se encuentran establecidas.
Control Riguroso: Estos experimentos se desarrollan en condiciones altamente controladas, donde se procura mantener constantes todas las variables, excepto las que se están manipulando. Este enfoque ayuda a minimizar sesgos y garantiza la validez interna del estudio.	Menos Control: En los estudios no experimentales no existe un control específico en las variables, es decir ocurren de forma natural.
Aleatorización: La aleatorización es utilizada para asignar aleatoriamente participantes o unidades experimentales a diferentes grupos de tratamiento, reduciendo así el riesgo de sesgos sistemáticos.	Enfoque en la Correlación: En lugar de buscar relaciones causales, los estudios no experimentales se centran en la correlación, es decir, en la relación entre variables, sin afirmar que una causa la otra.
Mayor Causalidad: Los diseños experimentales son particularmente idóneos para establecer relaciones de causalidad, ya que permiten identificar si los cambios en las variables independientes tienen un efecto directo sobre las variables dependientes.	Causalidad Menos Concluyente: Aunque se pueden identificar relaciones entre variables, los estudios no experimentales no pueden establecer claramente la relación entre las variables, ya que no hay una manipulación directa.

Tabla 1. Diferencias del Diseño Experimental y No Experimental

## Motivos para llevar a cabo un experimento

Existen diversas motivaciones para llevar a cabo un experimento en una investigación científica en diferentes áreas. Algunas de los propósitos más habituales para realizar experimentos incluyen:

- **Establecer una relación entre las variables:** Los experimentos posibilitan la exploración y el establecimiento de que efecto e impacto se tiene al manipular una variable.
- **Validar las hipótesis de manera rigurosa:** Los experimentos proporcionan un enfoque metódico para verificar o refutar hipótesis científicas al comparar los resultados experimentales con predicciones teóricas, lo que permite evaluar la solidez de una hipótesis.
- **Optimizar y mejorar procesos:** En campos como la industria y la ingeniería, los experimentos se emplean para perfeccionar procesos y sistemas, buscando mejoras en eficiencia, calidad y rendimiento a través de la experimentación.
- **Control de variables:** Los experimentos permiten controlar y manipular variables, eliminando sesgos y comprendiendo relaciones con precisión.
- **Validación de teorías y modelos:** Los experimentos se utilizan para poner a prueba teorías y modelos en diversas disciplinas.
- **Descubrimiento de nuevos fenómenos:** Los experimentos ocasionalmente conducen al descubrimiento de fenómenos inesperados o no previstos por la teoría, abriendo nuevas áreas de investigación.
- **Mejora en la toma de decisiones:** Los experimentos suministran datos empíricos que respaldan las decisiones en diversos contextos, como en la medicina, agropecuaria, industrial, etc.
- **Evaluación de tratamientos médicos:** En medicina, los ensayos clínicos son vitales en el proceso de evaluación de tratamientos, terapias y medicamentos que garanticen una buena seguridad de su utilización.
- **Aseguramiento de calidad en la industria:** Los experimentos son esenciales en la industria para garantizar un adecuado control en la obtención de productos y mejorar los procesos mediante la detección de defectos.
- **Apoyo al aprendizaje y la enseñanza:** En entornos educativos, los experimentos son una herramienta efectiva para aprender y enseñar conceptos científicos y técnicos, proporcionando una comprensión práctica de principios teóricos.

## Conceptos aplicados en el Diseño de Experimentos

El diseño de experimentos DOE tiene un enfoque investigativo aplicado en diversas disciplinas que tienen como objetivo la comprensión y análisis de los factores de estudio en el aspecto científico. Para tener un conocimiento profundo de esta disciplina, es esencial familiarizarse con ciertas definiciones básicas que son fundamentales en cualquier estudio experimental. A continuación, se tiene algunas de ellas:

- **Experimento:** Un ensayo u observación particular realizado con el propósito de confirmar o refutar algo que está en duda, y que se realiza bajo condiciones específicas establecidas por el investigador.
- **Diseño:** se refiere a la planificación de los pasos para realizar una investigación con buenos resultados y abordar las interrogantes originadas a partir de las hipótesis. Este proceso representa la estrategia más efectiva para alcanzar una solución adecuada al problema planteado.
- **Factor:** Es la variable independiente, a la cual se puede modificar o controlar en un experimento. Puede existir más de un factor.
- **Efecto:** Corresponde a la variable dependiente, la cual se puede observar o medir según el tipo de investigación. También representa el resultado anticipado o cambio que se espera al manipular los factores.
- **Grupo Experimental:** Constituye el conjunto de participantes o elementos de estudio de la investigación, como pueden ser animales y plantas en el sector agropecuario.
- **Grupo de Control:** También compuesto por participantes o unidades de estudio, este grupo no se ve afectado por la variable independiente. Sirve como referencia para determinar si los efectos observados en el grupo experimental se deben verdaderamente a la variable independiente y no a otras influencias.
- **Tratamiento:** Son las diferentes combinaciones que se pueden generar entre los factores y sus niveles, en concordancia con el objetivo de la investigación.
- **Aleatorización:** Es el procedimiento de asignar de manera aleatoria a los participantes o unidades de estudio previamente antes de realizar la experimentación. Esta práctica contribuye a eliminar sesgos y asegura que los grupos sean comparables en términos de características iniciales.
- **Replicación:** La acción de repetir un experimento con el propósito de corroborar la coherencia de los resultados. La replicación resulta esencial para confirmar la validez de los hallazgos.
- **Validación Interna:** Se refiere a la capacidad de un diseño experimental para establecer relaciones causa-efecto sin interferencias externas o variables de confusión. Se consigue mediante un control exhaustivo de variables y la incorporación de grupos de control.
- **Validación Externa:** Implica la inferencia de los resultados de un experimento para comparar con otros resultados o situaciones fuera del entorno de control. Incluye la evaluación de si los hallazgos son aplicables en contextos más amplios, es decir que se puedan generalizar.
- **Hipótesis:** En un experimento es necesario comprobar las suposiciones establecidas inicialmente, las cuales tiene como elementos las variables, la unidad experimental y un elemento de relación. Siempre debe existir una hipótesis base conocida como nula y representada como  $H_0$ , que indica que no hay una influencia de un factor en el efecto, y lo contrario se da en la hipótesis alternativa representada como  $H_a$ .
- **El error aleatorio:** Es la variación pequeña y no predecible que se detecta en un experimento y no se puede atribuir a los factores que se están investigando. Estas variaciones pueden surgir de otros

factores no considerados o de pequeños errores en la ejecución del experimento. En pocas palabras, se trata de la "variabilidad no comprendida" en los resultados.

- **El error experimental:** Son las diferencias que se observan entre las mediciones de unidades experimentales que han sido tratadas de la misma manera. En un experimento, no todas las unidades se comportan exactamente de la misma manera debido a pequeñas variaciones impredecibles.
- **Un factor controlable:** Es una variable que el investigador puede intencionalmente cambiar, regular o manipular durante el experimento. Esto implica que el investigador tiene la capacidad de influir en este factor y modificar sus valores para establecer la afectación en la variable de respuesta. Los factores controlables son fundamentales en la preparación y ejecución de experimentos, ya que posibilitan el estudio de su efecto en el fenómeno en cuestión y la evaluación de su impacto de forma metódica.
- **Un factor no controlable:** Es cuando el investigador no puede modificar o manejar a voluntad durante el experimento una variable. En contraste con los factores controlables, los factores no controlables están más allá del alcance del investigador y no pueden ser ajustados dentro del entorno experimental. Estos factores pueden generar variabilidad no deseada en los resultados del experimento y generalmente se consideran como fuentes de error. Por lo tanto, en el diseño experimental, se procura minimizar o

gestionar en la medida de lo posible los efectos de los factores no controlables para lograr resultados confiables y válidos.

- **Factor de estudio:** Es una variable o situación específica que el investigador escoge y modifica con el propósito de examinar cómo afecta a la variable de interés, también conocida como variable dependiente. Los factores de estudio constituyen las variables independientes seleccionadas intencionalmente para evaluar su influencia en el fenómeno en cuestión. Estos factores pueden comprender tratamientos, condiciones, niveles o cualquier otro elemento que el investigador desee investigar como parte del experimento.
- **Los niveles de un factor:** Representan las diversas situaciones o valores que dicho factor puede asumir durante el curso de un experimento. De forma sencilla, es la clasificación o grupos que se puede dar al factor de análisis. Definir niveles permite al investigador explorar cómo cambia la variable dependiente en respuesta a las distintas condiciones relacionadas con el factor. Por ejemplo, si el factor a analizar es la temperatura, los niveles podrían consistir en valores específicos de temperatura, como frío, moderado y cálido. La manipulación de los niveles del factor tiene como objetivo comprender que efecto se logra en las variables de dependientes y, en última instancia, determinar el impacto en el fenómeno que se está estudiando. La naturaleza de los niveles puede ser cuantitativa o cualitativa, dependiendo de las características del factor y el diseño del experimento.

## Efectos Principales e Interacciones

Existen efectos principales y por interacción que se detallan a continuación:

### Efectos Principales:

- Los efectos principales se refieren a los efectos individuales de cada factor de estudio en la variable dependiente. Cada factor tiene su propio efecto principal, lo que revela cómo la variable dependiente cambia cuando ese factor se modifica, manteniendo los demás factores constantes.

- En experimentos con múltiples factores, es posible identificar y comprender los efectos principales de cada factor, lo que permite evaluar su influencia en el fenómeno investigado.

### Efectos por Interacciones:

- Las interacciones se tiene cuando se combina los factores de estudio en todas las formas posibles. En otras palabras, los factores interactúan entre sí y pueden generar un efecto conjunto en la variable dependiente que ayuda a realizar un análisis de mejor forma según sea el tipo de investigación.

- Las interacciones pueden tomar dos formas: interacciones aditivas, donde los efectos se suman, y no aditivas, donde los efectos combinados son distintos de la suma de los efectos principales.

**Ejemplo 1:** En un experimento que tiene 4 factores X; Y, Z y W habría

N	Efectos	Símbolos.
1.	4 efectos principales	X; Y; Z y W por separado
2.	6 factores dobles	XY; XZ; XW; YZ; YW y ZW
3.	4 factores triples	XYZ; YZW; ZWX y WXY
4	1 factor cuádruple	XYZW

### Ejemplo 2

En un estudio enfocado en la nutrición de cerdos, se explora el impacto de dos factores: el tipo de alimento (ya sea dieta A o dieta B) y el nivel de actividad física (alto o bajo) para establecer en el incremento del peso de cerdos de una raza X. Para este contexto, los efectos principales se refieren a lo siguiente:

#### Efectos Principales del ejemplo 2

- Efecto principal de la Dieta: Este factor busca revelar cómo la elección entre dieta A o B influye en el incremento del peso de cerdos de una raza X manera individual.

- Efecto principal del Nivel de Actividad: En este caso, el objetivo es entender cómo el nivel de actividad física, ya sea alto o bajo, afecta el incremento del peso de cerdos de una raza X de forma independiente a la dieta.

#### Efectos de Interacción del ejemplo 2

En este mismo estudio que involucra a cerdos, una interacción se manifiesta cuando el aumento de peso no se ve influenciado solamente por los efectos principales. Por ejemplo, si se nota que la dieta A tiene un impacto significativamente mayor el incremento del peso de cerdos de una raza X con alta actividad física en comparación con los que tienen baja actividad, esto indicaría la existencia de una interacción entre el tipo de dieta y el nivel de actividad.

### Ejemplo 3

En una investigación que aborda el crecimiento de plantas de tomate, se analiza cómo afecta la luminosidad (alta o baja intensidad) y el tipo de suelo (suelo A o suelo B) en la altura de las plantas. Los efectos principales se definen de la siguiente manera:

### Efectos Principales del ejemplo 3

- Efecto principal de la Luz: Su propósito es determinar cómo la intensidad de la luz, ya sea alta o baja, influye en la altura de las plantas por sí misma.
- Efecto principal del Tipo de Suelo: Aquí, el enfoque es descubrir cómo la elección entre el suelo A o B afecta al crecimiento de las plantas.

### Efectos de Interacción del ejemplo 3

En el contexto de este estudio relacionado con tomates, se podría identificar una interacción si se observa que la intensidad de la luz afecta de manera diferente en el

crecimiento de las plantas al utilizar los diferentes tipos de suelo. Por ejemplo, si se constata que las plantas en el suelo A responden de manera más positiva a la alta intensidad de luz en comparación con las del suelo B, lo cual explicaría que existe una interacción entre las dos variables mencionadas.

En ambos escenarios, la comprensión de los efectos tanto principales como de interacción, es fundamental para apreciar cómo múltiples factores influyen en las respuestas de los animales o cultivos en la Producción Animal y Floricultura.

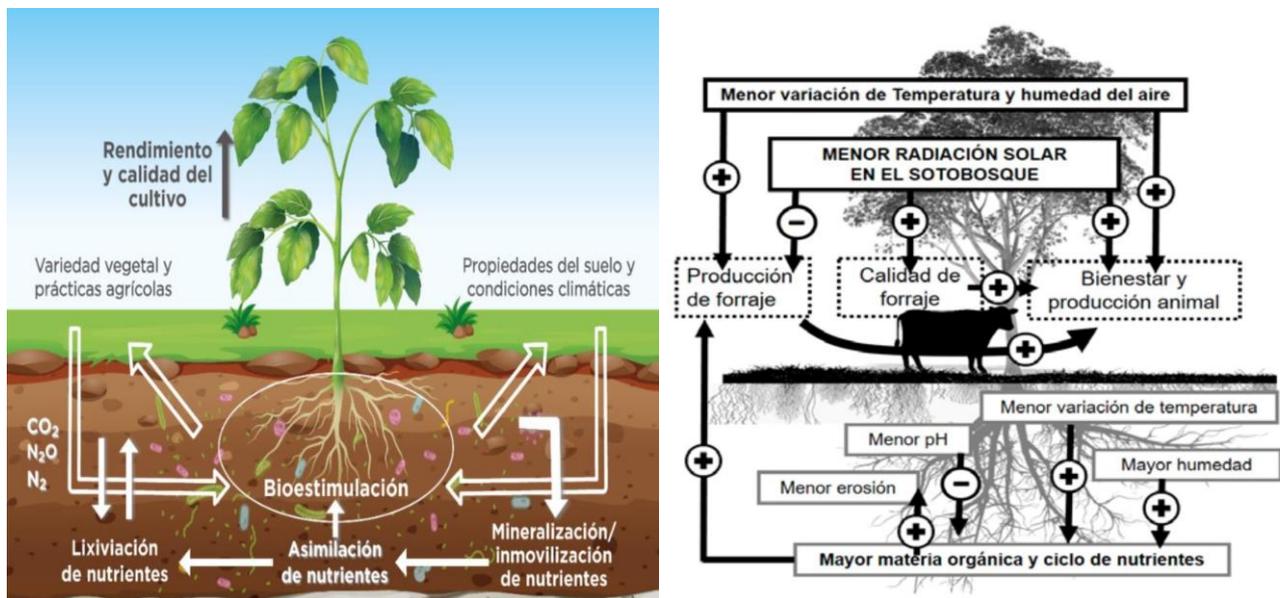


Figura 3. Esquemas de interacción de variables. Izquierda: En un proceso pecuario. Fuente: (Fedrigo et al., 2018). Derecha: En un proceso agronómico. Fuente: (Cárdenas et al., 2021).

## Principios básicos del ADE

Los fundamentos esenciales del Análisis y Diseño Experimental (ADE) son:

- **Aleatorización:** es asignar previamente de forma alterna a los participantes o elementos experimentales a diferentes grupos de tratamiento, para ayuda a eliminar sesgos y garantiza que los grupos sean comparables en términos de características iniciales.
- **Replicación:** La repetición del experimento en múltiples ocasiones aumenta la fiabilidad de los resultados. La replicación es fundamental para corroborar la validez de los hallazgos.
- **Bloqueo:** Consiste en organizar las unidades experimentales en grupos homogéneos antes de asignar tratamientos. Esta práctica garantiza que cualquier variabilidad adicional o influencia debida a ciertas características de las unidades experimentales se distribuya de manera justa entre los grupos de tratamiento. El bloqueo fortalece la validez y la confiabilidad de un diseño experimental al reducir el impacto de variables no controlables y mejorar la precisión de las conclusiones.

### Objetivos del ADE

El Análisis y Diseño Experimental (ADE) persigue diversos objetivos esenciales que buscan establecer un marco metodológico sólido para el desarrollo de una investigación. Los objetivos primordiales del ADE son:

- Identificar Relaciones Causa-Efecto:

En la búsqueda de comprender fenómenos, el ADE emplea la manipulación controlada de variables para revelar conexiones causales entre factores independientes y dependientes. Este proceso sistemático permite establecer relaciones fundamentales en el ámbito estudiado.

- Validar o Contradecir Hipótesis Científicas:

A través de la implementación de experimentos controlados, el ADE se convierte en una herramienta esencial para poner a prueba y confirmar, o desafiar, las hipótesis científicas. La comparación entre resultados experimentales y expectativas teóricas proporciona una evaluación crítica de la validez de las hipótesis formuladas.

- Optimizar y Mejorar Procesos:

En contextos industriales e ingenieriles, el ADE se utiliza para perfeccionar la eficiencia, calidad y rendimiento de procesos y sistemas. La experimentación sistemática facilita la identificación de mejoras prácticas y la optimización de variables para alcanzar objetivos específicos.

- Control de Variables:

El ADE permite un control riguroso de variables, asegurando la manipulación precisa de aquellas que se consideran cruciales para el estudio. Este control contribuye a la eliminación de sesgos y a la comprensión clara de cómo una variable específica afecta los resultados.

- Validación de Teorías y Modelos:

En la evaluación de teorías y modelos, el ADE desempeña un papel crucial al proporcionar evidencia empírica. La coherencia que se da al comparar la parte experimental con los modelos de predicción teórica fortalece la confianza en la validez y aplicabilidad de las teorías subyacentes.

- Descubrimiento de Fenómenos:

A veces, los experimentos conducen a descubrimientos inesperados o a la identificación de fenómenos no contemplados por la teoría existente. Estos hallazgos pueden abrir nuevas líneas de investigación y contribuir a la expansión del conocimiento en el campo.

- Mejora de la Toma de Decisiones:

Al proporcionar datos empíricos confiables, el ADE respalda la toma de decisiones en

diversos contextos, como la medicina. La evidencia derivada de experimentos controlados es crucial para decisiones fundamentadas.

- Evaluación de Tratamientos Médicos:

En el ámbito médico, los experimentos clínicos, una forma específica de ADE, permiten analizar los tratamientos médicos, terapias y medicamentos antes de su implementación generalizada.

- Garantizar la Calidad en la Industria:

La aplicación del ADE en la industria es esencial para garantizar la obtención de productos de calidad. Detectar defectos y mejorar la consistencia de la producción son objetivos centrales que contribuyen a estándares de calidad más altos.

- Formación y Aprendizaje:

En entornos educativos, el ADE proporciona una herramienta efectiva para enseñar y aprender conceptos científicos y técnicos. La realización de experimentos prácticos facilita la comprensión y aplicación de principios teóricos en un contexto real.

## Ejemplos del ADE

- **Aleatorización**

En un estudio que examina cómo diferentes dietas afectan el aumento de peso de cerdos en una granja, los investigadores emplean el método de aleatorización para asignar aleatoriamente a los cerdos a uno de los grupos de tratamiento. Esta estrategia asegura que los cerdos en cada grupo sean comparables en términos de características iniciales, como edad y peso. Al asignar aleatoriamente, se eliminan posibles prejuicios y se fortalece la validez del estudio. Un experimento que tiene como objetivo evaluar cómo diferentes tipos de fertilizantes impactan en el rendimiento de los cultivos de frutas, los agricultores aplican aleatoriamente los tratamientos a parcelas de tierra

específicas en el huerto. La aleatorización garantiza que cada parcela de tierra comparta características similares, como tipo de suelo y exposición solar, y evita que influencias externas afecten los resultados.

- **Replicación**

En el análisis de una investigación sobre el análisis del control de parásitos en ganado mediante la utilización de medicamentos de prueba, los investigadores realizan el experimento en múltiples grupos de animales en diferentes fechas y condiciones climáticas. La repetición del experimento permite obtener datos más sólidos y verificar la validez de los hallazgos, al considerar la variabilidad que puede surgir entre distintos lotes de ganado. Para analizar la calidad de los cultivos de manzanas, los agricultores repiten el mismo experimento en varias temporadas de cultivo. La replicación en diferentes periodos asegura que los resultados no estén influenciados por las condiciones climáticas específicas de un solo año y aumenta la confiabilidad de las conclusiones.

- **Bloqueo**

El estudio sobre la nutrición de aves de corral, los investigadores organizan las aves en grupos según su edad, peso y género antes de asignar tratamientos dietéticos. Esta práctica garantiza que cualquier variabilidad relacionada con las diferencias iniciales entre los grupos de aves se distribuya equitativamente. El bloqueo mejora la validez del estudio al reducir el impacto de variables no controlables. Para examinar cómo diferentes suelos influyen al crecimiento de las plantas de fresas, los agricultores dividen los campos de fresas en bloques según el porcentaje de humedad y pH del suelo (Caselli, 2020). Esta estrategia asegura que las condiciones del suelo sean comparables dentro de cada bloque y permite una evaluación más precisa de los tratamientos aplicados a cada bloque de fresas.

## Matriz de combinación de Factores

Una matriz de combinación de factores desempeña un papel crucial en el diseño experimental, simplificando la organización y ejecución de experimentos mediante la disposición sistemática de las diversas combinaciones de niveles de factores a estudiar. Esta herramienta ayuda a establecer el número de tratamientos en una experimentación, asegurando la cobertura exhaustiva de todas las combinaciones posibles de factores de interés.

A continuación, se detallan la relevancia de una matriz de combinación de factores:

### - Identificación de Factores y Niveles:

En la matriz, se enlistan los factores de estudio junto con sus respectivos niveles, proporcionando una claridad crucial sobre cómo se manipularán las variables en el experimento.

### - Combinaciones Exhaustivas:

La matriz garantiza la representación completa de todas las combinaciones posibles de las variables independientes. Esto resulta fundamental para evaluar la contribución de cada nivel de cada factor al resultado final y capturar la variabilidad integral del experimento.

### - Asignación Aleatoria o Sistemática:

Dependiendo del diseño experimental, la matriz puede incorporar un sistema específico para asignar aleatoria o sistemáticamente los tratamientos a las unidades experimentales. Este enfoque contribuye a la aleatorización y elimina sesgos sistemáticos.

### - Evitar Sesgos y Confusiones:

Al proporcionar una estructura clara de asignación de tratamientos, la matriz contribuye a prevenir sesgos en la asignación y confusiones en la interpretación de resultados.

### - Optimización del Diseño:

La matriz se emplea para optimizar el diseño experimental al explorar diversas

combinaciones de factores. Esto es particularmente útil en estudios donde se busca determinar la combinación más efectiva de factores para lograr un resultado específico.

### - Registro y Documentación:

La matriz funciona como un documento fundamental que registra la planificación del experimento, proporcionando una referencia clara para la implementación del estudio y facilitando la replicación en nuevas investigaciones.

### - Facilita el Análisis de Datos:

La organización estructurada de la matriz simplifica el análisis de datos al ofrecer una visión clara de las condiciones experimentales. Esto facilita la identificación de patrones, efectos principales e interacciones durante la fase de análisis.

### - Ahorro de Recursos:

Al organizar eficientemente las combinaciones de factores, la matriz contribuye a la eficacia en la asignación de recursos, asegurando la recolección de datos relevante y completa sin realizar experimentos innecesarios.

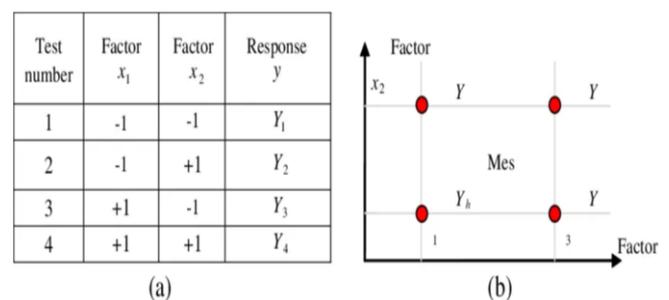


Figura 4. Esquema de una matriz combinación. a) Matriz de combinación, b) Representación de la combinación de variables.

Fuente:

<https://medium.com/@hexagono/doe-partes-2-tipos-de-dise%C3%B1o-64bf89f09de6>

## Ejemplos de Matriz de Combinación

### Ejemplo 1

Consideremos una situación en la crianza de ganado bovino. Supongamos que se realiza un estudio para investigar diversos tipos de suplementos alimenticios y el periodo de exposición al pastoreo en relación al incremento de peso del ganado. Los factores objeto de investigación son:

- Tipo de Suplemento Alimenticio:
  - S1: Suplemento enriquecido en proteínas.

- S2: Suplemento equilibrado con nutrientes esenciales.
- S3: Suplemento con vitaminas y minerales.

- Periodo de Exposición al Pastoreo:

- P1: Pastoreo matutino.
- P2: Pastoreo vespertino.

La matriz de combinación de factores se presenta a continuación:

Tipo de Suplemento Alimenticio	Periodo de Exposición al Pastoreo	
	P1: Pastoreo matutino	P2: Pastoreo vespertino.
S1: Suplemento enriquecido en proteínas.	S1. P1	S1. P2
S2: Suplemento equilibrado con nutrientes esenciales.	S2. P1	S2. P2
S3: Suplemento con vitaminas y minerales.	S3. P1	S3. P2
<b>N. Tratamientos</b>	6	
<b>N. Repeticiones</b>	3	
<b>N. Datos Análisis (Muestra)</b>	6 x 3 = 18	
<b>N. Animales</b>	18	

Tabla 2. Matriz de combinación para la investigación de crianza de ganado bovino.

En este ejemplo, cada fila representa una combinación única de tipo de suplemento y tiempo de pastoreo. Esta matriz asegura que se cubran todas las posibles combinaciones para evaluar cómo cada factor y su combinación afectan el aumento de peso de los terneros en el contexto de la cría de ganado bovino, generando 6 tratamientos con repeticiones cada una.

### Ejemplo 2

Ahora, consideremos un estudio sobre cómo distintos niveles de riego y tipos de suelo, que afectan el rendimiento de plantas de manzanas en un huerto. Los factores analizados son:

- Nivel de Riego:
  - R1: Riego abundante.
  - R2: Riego moderado.
  - R3: Riego escaso.
- Tipo de Suelo:
  - S1: Suelo rico en nutrientes.
  - S2: Suelo arcilloso.
  - S3: Suelo arenoso.

La matriz de combinación de factores se presenta así:

Nivel de Riego	Tipo de Suelo		
	S1: Suelo rico en nutrientes.	S2: Suelo arcilloso.	S3: Suelo arenoso.
R1: Riego abundante	R1. S1	R1. S2	R1. S3
R2: Riego moderado	R2. S1	R2. S2	R2. S3
R3: Riego escaso	R3. S1	R3. S2	R3. S3
<b>N. Tratamientos</b>			9
<b>N. Repeticiones</b>			4
<b>N. Datos Análisis (Muestra)</b>			9 x 4 = 36
<b>N. Plantas</b>			36

Tabla 3. Matriz de combinación para la investigación de distintos niveles de riego y tipos de suelo.

Esta matriz garantiza una representación completa de las combinaciones de niveles de riego y tipos de suelo, permitiendo evaluar los factores en relación al rendimiento de las plantas de manzanas en el huerto con una medición de 4 datos en cada tratamiento.

### Ejemplo 3

Vamos a explorar un escenario vanguardista en la producción animal, abordando un estudio que investiga la interacción de tres factores fundamentales en la cría de aves de corral. Consideremos una investigación que evalúa cómo la combinación de diversos tipos de alimentos, niveles de iluminación y modalidades de alojamiento influye en el rendimiento general de las aves en términos de crecimiento y salud. Los factores que se están estudiando son:

- Tipo de Alimento:

- A1: Alimento enriquecido con proteínas y nutrientes.
- A2: Alimento equilibrado con suplementos vitamínicos.
- A3: Alimento con ingredientes naturales y orgánicos.

- Nivel de Iluminación:

- I1: Iluminación natural durante todo el día.
- I2: Iluminación artificial con ciclos regulados.

- Tiempo de Alojamiento:

- S1: Semana 1.
- S2: Semana 2.
- S3: Semana 3.

La matriz de combinación de factores para este estudio podría presentarse de la siguiente manera:

Tipo de Alimento	Nivel de Iluminación	Tiempo de Alojamiento		
		S1: Semana 1	S2: Semana 2	S3: Semana 3.
A1: Alimento enriquecido con proteínas y nutrientes.	I1: Iluminación natural durante todo el día.	A1. I1. S1	A1. I1. S2	A1. I1. S3
	I2: Iluminación artificial con ciclos regulados.	A1. I2. S1	A1. I2. S2	A1. I2. S3
A2: Alimento equilibrado con suplementos vitamínicos.	I1: Iluminación natural durante todo el día.	A2. I1. S1	A2. I1. S2	A2. I1. S3
	I2: Iluminación artificial con ciclos regulados.	A2. I2. S1	A2. I2. S2	A2. I2. S3
A3: Alimento con	I1: Iluminación natural durante todo el día.	A3. I1. S1	A3. I1. S2	A3. I1. S3

ingredientes naturales y orgánicos	I2: Iluminación artificial con ciclos regulados.	A3. I2. S1	A3. I2. S2	A3. I2. S3
<b>N. Tratamientos</b>				18
<b>N. Repeticiones</b>				5
<b>N. Datos Análisis (Muestra)</b>				18 x 5 = 90
<b>N. Animales</b>				90 / 3 = 30

Tabla 4. Matriz de combinación para la investigación de crianza de aves de corral.

En este ejemplo, cada fila representa una combinación única de tipo de alimento, nivel de iluminación y tipo de alojamiento. Esta matriz proporciona una base para evaluar cómo la interacción de estos tres factores

impacta en el crecimiento y la salud de las aves, utilizando un enfoque innovador para mejorar la producción animal, con una medición de 5 veces por cada tratamiento

### Diagrama de Proceso

Un diagrama de proceso en el diseño experimental es una representación visual detallada que destaca las diversas etapas y pasos fundamentales que constituyen la implementación de un experimento científico. Este tipo de diagrama ofrece una visión exhaustiva del flujo de trabajo, desde la fase inicial de planificación hasta la etapa final de análisis y presentación de resultados. Aquí se profundiza en algunos aspectos clave relacionados con el diagrama de proceso en el contexto del diseño experimental:

- Identificación Detallada de Etapas:

El diagrama de proceso identifica minuciosamente cada etapa esencial del diseño experimental. Esto puede incluir la definición precisa de variables, la selección meticulosa de unidades experimentales, la asignación de tratamientos específicos y la meticulosa recopilación de datos.

- Integración de Controles y Validación:

Mediante el diagrama de proceso se puede controlar la utilización de las variables y

validar los métodos utilizados en la experimentación. Esto podría abarcar desde la inclusión de grupos de control hasta repeticiones cuidadosamente planificadas, así como técnicas para validar tanto interna como externamente los resultados obtenidos.

- Detalle de Participantes y Recursos:

Indica de manera específica quiénes son los actores clave en cada etapa del experimento y qué recursos se requieren. Este detalle puede comprender desde investigadores y personal de laboratorio hasta equipos especializados, materiales específicos y cualquier otro recurso necesario para llevar a cabo el experimento con éxito.

- Consideración de Iteración y Ajustes:

Puede representar claramente la posibilidad de iteración y ajustes en el diseño experimental. Esto es particularmente relevante si los resultados preliminares indican la necesidad de modificar ciertos aspectos del experimento para obtener conclusiones más sólidas y confiables.

## Formato del Diagrama de Proceso

### DIAGRAMA DEL PROCESO INVESTIGATIVO

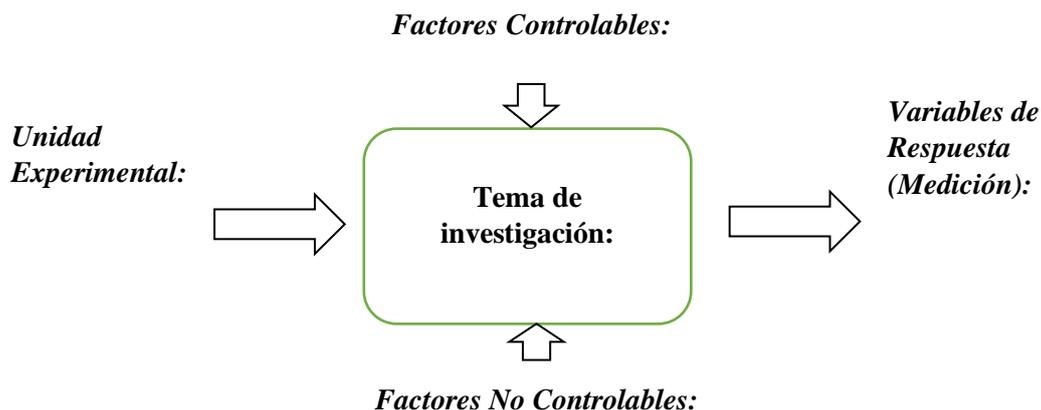


Figura 5. Esquema del Diagrama de Proceso investigativo.

## Ejemplos del Diagramas de Proceso

### Ejemplo 1:

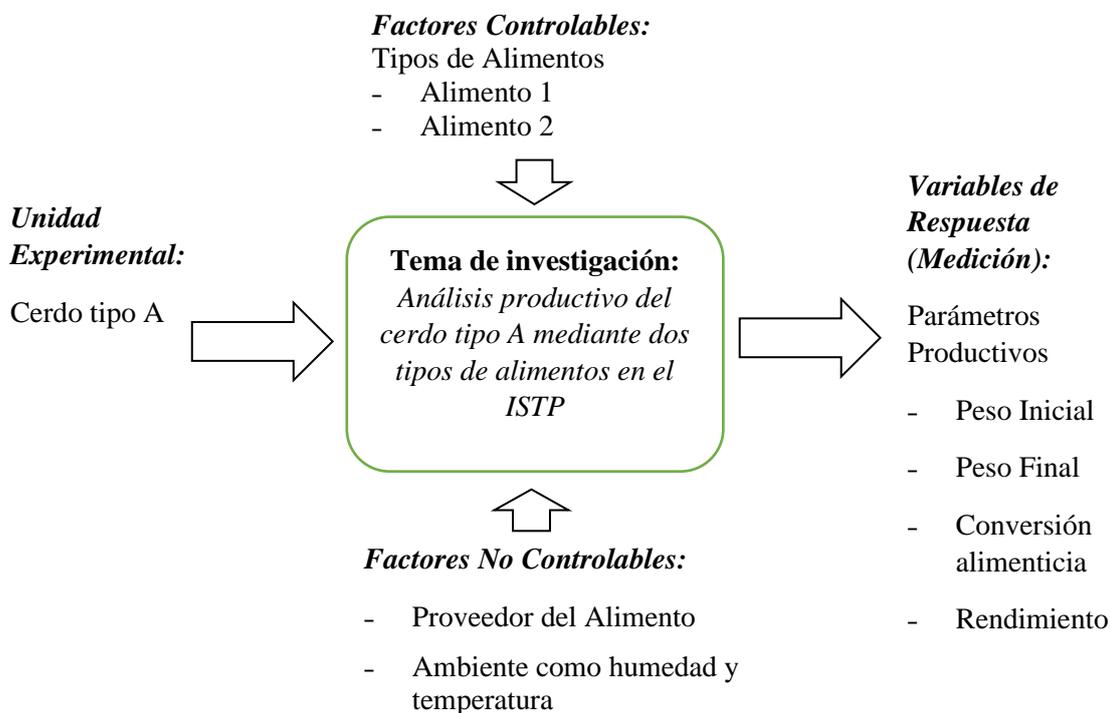


Figura 6. Diagrama del proceso investigativo de un análisis productivo en cerdos.

**Ejemplo 2:**

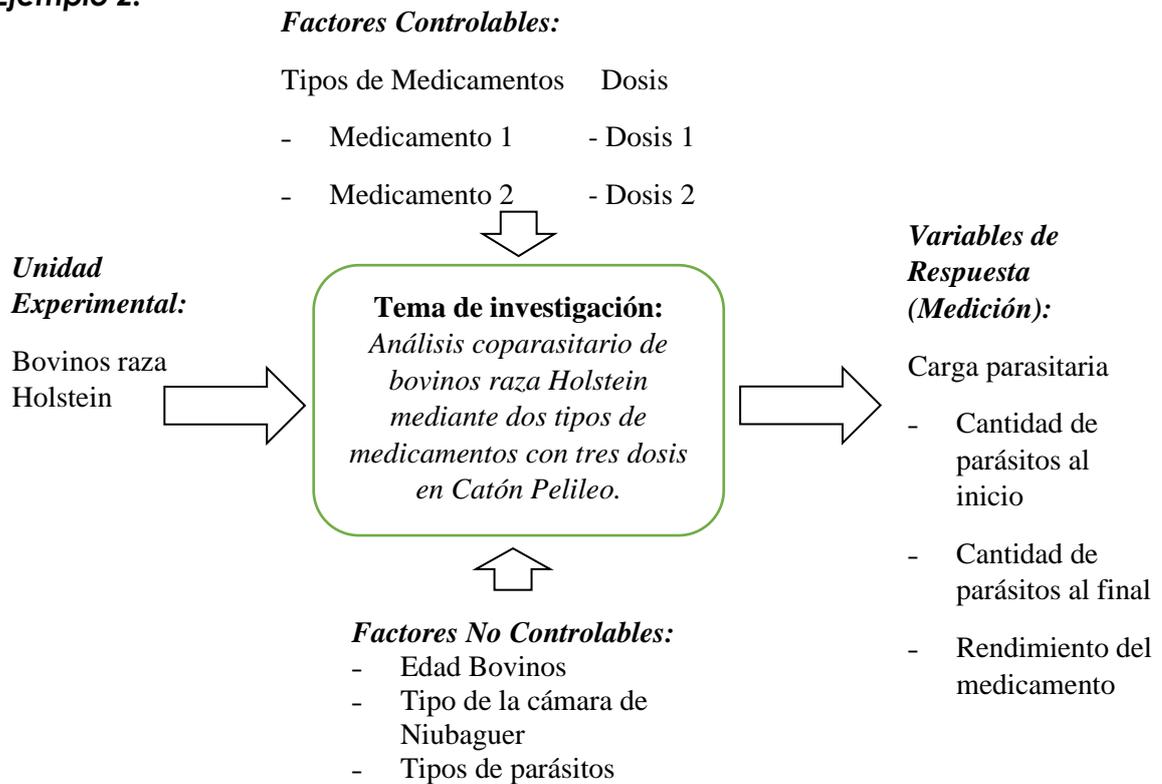


Figura 7. Diagrama del proceso investigativo de un análisis coparasitario en bovinos.

**Ejemplo 3:**

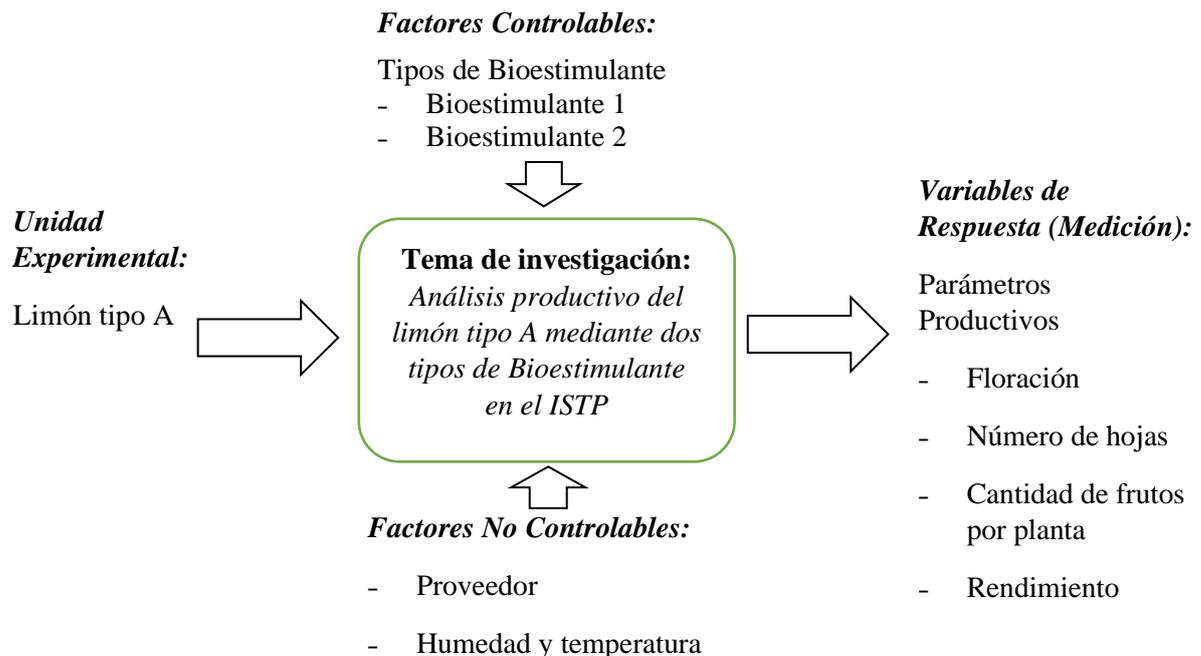


Figura 7. Diagrama del proceso investigativo de un análisis productivo en limón.

## Tipos de Diseño Experimental

La selección del tipo de diseño experimental implica un proceso técnico y detallado que comienza con establecer los objetivos de la investigación. Identificar las variables es clave y considerar la naturaleza del fenómeno bajo estudio. La evaluación de factores contextuales, como la disponibilidad de recursos y consideraciones éticas, desempeña un papel crucial.

Al contemplar la aleatorización, se debe evaluar la posibilidad de asignar participantes aleatoriamente a diferentes grupos de tratamiento y control. Esto contribuye a garantizar la equivalencia inicial entre los grupos y minimiza sesgos potenciales. Además, es fundamental identificar y evaluar los factores de ruido o que provoque cambios anormales en los resultados y los diseños experimentales deben incluir estrategias para controlar o medir estos factores.

La revisión de antecedentes en el área de investigación proporciona información valiosa sobre los diseños experimentales utilizados en investigaciones similares. Esto puede orientar la elección del diseño más apropiado y brindar perspectivas valiosas sobre la eficacia de diferentes enfoques.

La estimación de recursos disponibles, como tiempo, presupuesto y acceso a participantes, es importante para las decisiones. Algunos diseños experimentales pueden ser más exigentes en términos de recursos, y su viabilidad debe ser cuidadosamente considerada.

En situaciones complejas, buscar la orientación de expertos en el campo puede ser beneficioso. La experiencia de profesionales puede proporcionar información valiosa y guiar la elección del diseño más apropiado para abordar las preguntas de investigación de manera efectiva.

Antes de implementar el estudio a gran escala, llevar a cabo un piloto del diseño experimental puede ser crucial. Este paso permite identificar posibles problemas y realizar ajustes necesarios para garantizar la eficacia y la validez del diseño antes de su aplicación completa. En conjunto, estos pasos conforman un enfoque integral para la selección informada y cuidadosa del tipo de diseño experimental más adecuado para un estudio específico.

Los diseños experimentales son estructuras organizadas utilizadas en la investigación científica para recopilar datos de manera sistemática y responder preguntas específicas. Hay varios tipos de diseños, cada uno con características particulares que se adaptan a distintas situaciones.

### TIPOS DE DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN



Figura 8. Tipos de diseños investigativos

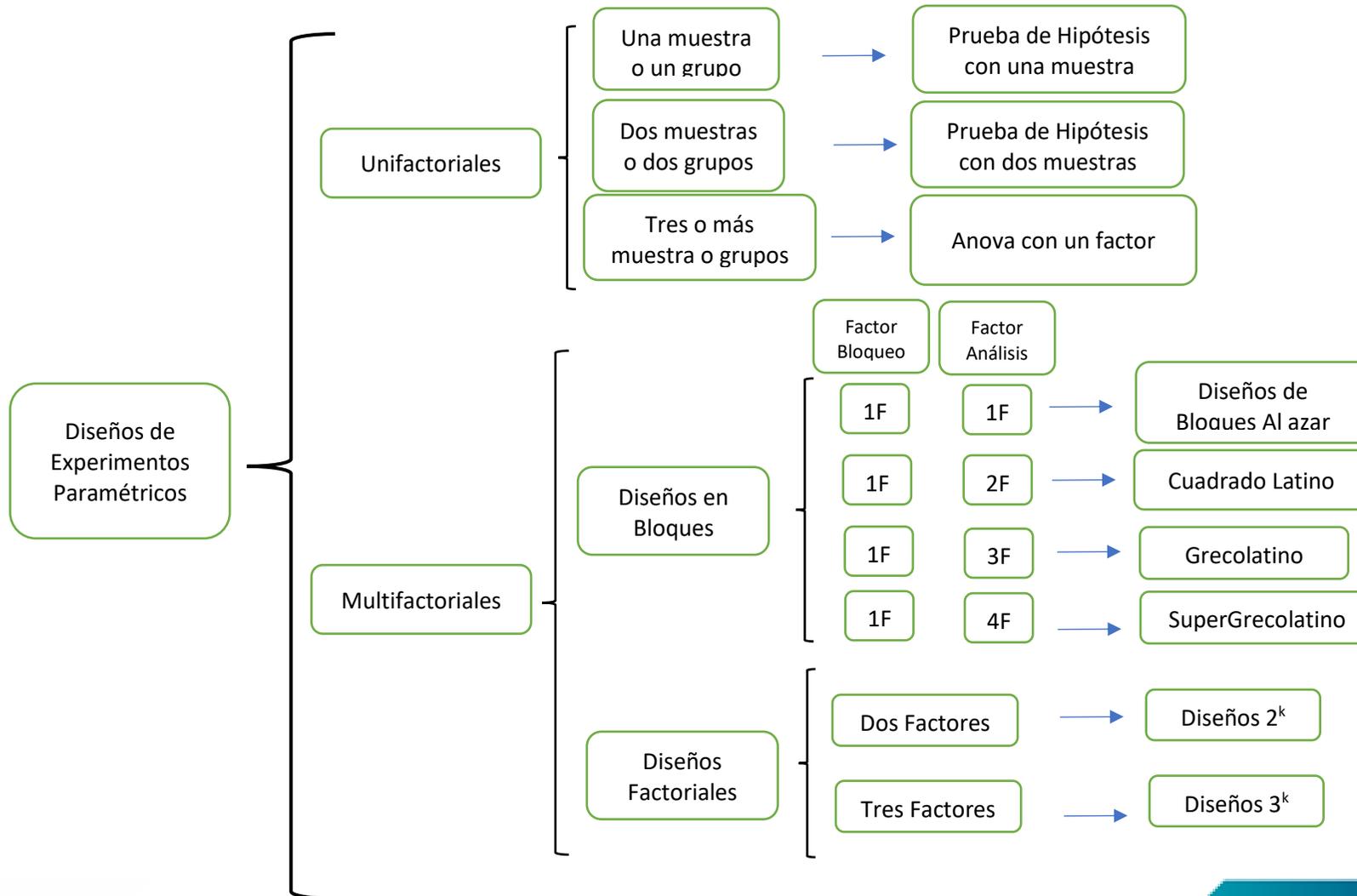
Fuente:

<https://view.genial.ly/5c67d887a159c77629f5159d/interactive-content-tipos-de-disenos>

A continuación, se detalla la clasificación de los diseños de experimentos paramétricos.



### CLASIFICACIÓN DE LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES PARAMÉTRICOS



## Pasos para un experimento

Llevar a cabo un experimento implica una serie de pasos detallados que deben ser seguidos meticulosamente para lograr una validación y confiabilidad de los resultados obtenidos. Los pasos para un experimento son:

### - Definición de Objetivos:

Este paso implica clarificar y definir de manera precisa los objetivos específicos que se buscan alcanzar a través del experimento. Es esencial establecer las preguntas de investigación y los resultados esperados para guiar la planificación y ejecución del estudio.

### - Revisión de la Literatura:

Antes de comenzar el experimento, es crucial realizar una revisión de información científica previa con similares características al área de estudio. Esto implica explorar investigaciones anteriores para comprender los métodos utilizados, los hallazgos obtenidos y cualquier brecha de conocimiento que el nuevo experimento pueda abordar.

### - Identificación de Variables:

En este paso, se identifican y definen claramente las variables que serán objeto de estudio. Se especifican las variables independientes, dependientes y cualquier variable de control que pueda influir en los resultados.

### - Diseño Experimental:

La elección del diseño experimental adecuado es crucial. Dependiendo de la naturaleza de las variables, se selecciona un diseño entre grupos, dentro de grupos, factorial u otro diseño experimental apropiado.

### - Selección de Participantes o Unidades Experimentales:

Este paso implica establecer la población objetivo y seleccionar una muestra representativa. La calidad de la muestra es esencial para generalizar el análisis de la investigación

### - Aleatorización y Asignación de Grupos:

La aleatorización se utiliza, cuando es posible, para asignar participantes o unidades experimentales a diferentes grupos de tratamiento y control. Este método contribuye a equilibrar las características iniciales y minimizar sesgos.

### - Desarrollo de Instrumentos de Medición:

Se diseñan instrumentos de medición, como cuestionarios, escalas u observaciones, para recopilar datos relevantes para las variables de interés. Estos instrumentos deben ser validados y confiables.

### - Piloto del Experimento:

Antes de la implementación completa, se realiza un piloto del experimento con un grupo pequeño de participantes. Esto permite identificar posibles problemas y realizar ajustes necesarios en los procedimientos experimentales.

### - Implementación del Experimento:

Durante esta etapa, se lleva a cabo el experimento según el diseño establecido. Es fundamental registrar detalladamente todos los procedimientos, asegurándose de que la manipulación de variables y la recopilación de datos se realicen de manera consistente.

### - Análisis de Datos:

Una vez recopilados los datos, se aplican métodos estadísticos y análisis adecuados para examinar los resultados. Se determina si hay cambios representativos entre los grupos

y si los resultados respaldan o refutan las hipótesis de investigación.

- Interpretación y Conclusiones:

En esta etapa, se interpretan los resultados para generar conclusiones en concordancia a los objetivos. Las cuales discuten las implicaciones de los hallazgos. Además, se identifican las limitaciones del estudio y se sugieren posibles direcciones para investigaciones futuras.

- Informe y Comunicación:

Finalmente, se elabora un informe detallado del experimento. Este informe incluye todos los pasos, métodos, resultados y conclusiones. La comunicación clara y transparente de los hallazgos se realiza a través de presentaciones, artículos científicos u otros medios apropiados.

Estos pasos forman un marco integral que garantiza un enfoque sistemático y riguroso en la planificación, ejecución y análisis de un experimento científico.

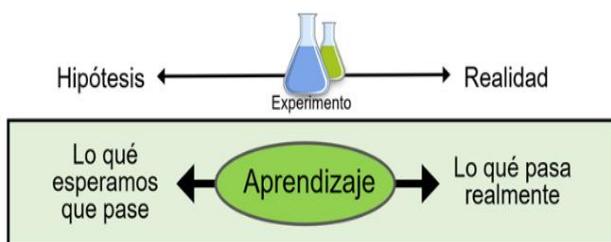


Figura 9. Esquema de un proceso experimental

Fuente: <https://www.leankata.es/lean-kata-y-la-tecnica-de-la-experimentacion/>

### Ejemplos de un experimento

#### Ejemplo 1

**Tema del Experimento:** Impacto de Diferentes Planes de Alimentación en el Aumento de Peso de Cerdos.

**Definición de Objetivos:** Claramente definir el objetivo que sería Evaluar cómo distintos planes de alimentación impactan el crecimiento y desarrollo de cerdos de engorde, con el fin de tomar decisiones informadas en la cría de ganado porcino.

**Revisión de la Literatura:** Realizar una revisión exhaustiva de estudios previos que aborden la relación entre el forraje y el peso en bovinos, integrando conocimientos existentes al diseño experimental.

**Identificación de Variables:** Identificar y definir con precisión variables como el tipo de alimento, la frecuencia de alimentación y la composición nutricional, asegurando una comprensión clara de los elementos que influirán en el estudio.

**Diseño Experimental:** Seleccionar un diseño experimental de grupos para asignar de manera aleatoria diferentes planes de alimentación a grupos específicos de animales, asegurando la comparabilidad entre ellos.

**Selección de Participantes o Unidades Experimentales:** Seleccionar un grupo representativo de cerdos de engorde de acuerdo con criterios específicos como edad y estado de salud, garantizando la representatividad de la muestra.

**Aleatorización y Asignación de Grupos:** Implementar un proceso de aleatorización cuidadoso al asignar planes de alimentación a grupos de cerdos, evitando sesgos y maximizando la validez interna.

**Establecimiento de elementos de medición:** Crear instrumentos precisos para medir el peso de los cerdos y analizar la composición nutricional de los alimentos, garantizando mediciones confiables.



**Piloto del Experimento:** Realizar un piloto con un grupo pequeño de cerdos para ajustar la metodología, identificando posibles problemas y refinando el diseño experimental antes de la implementación completa.

**Implementación del Experimento:** Llevar a cabo la aplicación de los planes de alimentación según el diseño experimental, asegurándose de seguir los procedimientos establecidos.

**Recopilación de Datos:** Registrar sistemáticamente el peso de los cerdos y datos relacionados con la alimentación durante el período del experimento, garantizando una recopilación completa y precisa.

**Análisis Estadístico:** Utilizar análisis estadísticos apropiados para evaluar el aumento de peso en relación a los grupos de alimentación, proporcionando fundamentos estadísticos sólidos.

**Interpretación de Resultados:** Interpretar los resultados del análisis estadístico para entender cómo los diferentes planes de alimentación influyeron en el aumento de peso, proporcionando conclusiones claras y respaldadas por datos.

**Conclusiones y Discusión:** Resumir las conclusiones del estudio, discutiendo las implicaciones prácticas de los hallazgos y cómo podrían aplicarse en la cría de ganado bovino.

**Informe Final:** Compilar un informe final que documente de manera detallada todos los aspectos del experimento, desde el diseño hasta los resultados, para su revisión y referencia futura.

**Publicación y Comunicación:** Considerar la posibilidad de presentar los resultados en conferencias especializadas o enviar el estudio para su publicación en revistas científicas.

## Ejemplo 2

**Tema del Experimento:** Efecto de Técnicas de Poda en el Crecimiento de Árboles Frutales y Rendimiento de Frutas.

**Definición de Objetivos:** Establecer el propósito de investigar las diversas técnicas de poda que afectan a los cultivos de manzanas, contribuyendo así a optimizar las prácticas hortícolas.

**Revisión de la Literatura:** Explorar investigaciones anteriores sobre el impacto de la cantidad de agua en la floración y fructificación de árboles frutales, incorporando hallazgos previos para fundamentar la estrategia experimental.

**Identificación de Variables:** Delimitar variables clave como la cantidad de agua aplicada, los métodos de poda y la variedad de suelo, permitiendo un enfoque específico en los factores que se explorarán.

**Diseño Experimental:** Optar por un diseño de bloques completos, asignando diferentes técnicas de poda a bloques de árboles con características similares, reduciendo así la variabilidad inherente.

**Selección de Participantes o Unidades Experimentales:** Elegir árboles de manzanas dentro del huerto que sean representativos de la población total y que muestren variedad en cuanto a edad y salud.

**Aleatorización y Asignación de Grupos:** Realizar una asignación aleatoria de las técnicas de poda a bloques específicos de árboles, asegurando que las condiciones iniciales sean equitativas.

**Desarrollo de Instrumentos de Medición:** Desarrollar métodos de medición estandarizados para evaluar la altura de los árboles, la calidad de las flores y el rendimiento de la fruta, asegurando consistencia en las mediciones.



**Piloto del Experimento:** Probar las técnicas de poda en un conjunto limitado de árboles para validar la eficacia de los métodos y realizar ajustes según sea necesario.

**Implementación del Experimento:** Aplicar las técnicas de poda en el huerto

**Recopilación de Datos:** Documentar meticulosamente la altura de los árboles, la calidad de las flores y la cantidad de frutas producidas, asegurando datos fiables para el análisis.

**Análisis Estadístico:** Aplicar técnicas estadísticas para establecer si hay cambios en la altura de los árboles y el rendimiento de la fruta entre las técnicas de poda.

**Interpretación de Resultados:** Analizar e interpretar los resultados estadísticos para determinar las implicaciones de las técnicas de poda en la altura de los árboles y el rendimiento de la fruta.

**Conclusiones y Discusión:** Presentar conclusiones claras sobre cómo las técnicas de poda afectan al desarrollo de los árboles y la producción de frutas, discutiendo su relevancia en el contexto de la agronomía.

**Informe Final:** Elaborar un informe exhaustivo que incluya los detalles del diseño experimental, los procedimientos, los resultados y las conclusiones, proporcionando una documentación completa del estudio.

**Publicación y Comunicación:** Explorar oportunidades para compartir los resultados en conferencias de horticultura o publicaciones relevantes, contribuyendo al conocimiento en el campo.

Estos pasos detallados proporcionan una guía comprensiva para llevar a cabo un experimento en las áreas de Producción Animal y Florifruticultura, asegurando una metodología sólida y resultados significativos.



# Cuestionario

## Capítulo I

---



## CUESTIONARIO CAPITULO 1

### 1) ¿Qué es el diseño experimental?

- a) Un proceso para obtener resultados predecibles en un estudio.
- b) Una técnica para seleccionar muestras aleatorias.
- c) Un método para describir observaciones cualitativas.
- d) Un enfoque para realizar mediciones precisas.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 2) ¿Cuál es el objetivo principal del diseño experimental?

- a) Controlar todas las variables.
- b) Minimizar la variabilidad experimental.
- c) Obtener resultados exactos en cada ensayo.
- d) Realizar experimentos a gran escala.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 3) ¿Qué es un factor en un diseño experimental?

- a) Una variable independiente que se manipula.
- b) Un valor constante que no cambia.
- c) Una característica intrínseca de los datos.
- d) Un elemento del entorno que no se puede controlar.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 4) ¿Cuál es la importancia de la aleatorización en un diseño experimental?

- a) Garantiza que los resultados sean válidos para una amplia población.
- b) Elimina cualquier sesgo en la selección de muestras.
- c) Asegura que todos los tratamientos sean igualmente probables.
- d) Reduce la variabilidad experimental entre las unidades experimentales.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 5) ¿Qué es una réplica en un diseño experimental?

- a) Una unidad experimental que representa una combinación específica de tratamientos.
- b) Una repetición del experimento completo.
- c) La cantidad de datos para la investigación
- d) Un valor extremo en los datos.
- e) Ninguna de las anteriores.

**6) ¿Qué es un tratamiento en un diseño experimental?**

- a) Un procedimiento para combinar las variables independientes.
- b) Una medida de variabilidad para los datos.
- c) Una característica de las unidades experimentales.
- d) Un valor constante que se utiliza como referencia.
- e) Ninguna de las anteriores.

**7) ¿Qué es un diseño factorial en un experimento agronómico?**

- a) Un diseño que incluye múltiples factores que se manipulan simultáneamente.
- b) Un diseño que solo incluye un factor que se manipula en diferentes niveles.
- c) Un diseño que no controla ninguna variable.
- d) Un diseño que utiliza bloques para reducir la variabilidad.
- e) Ninguna de las anteriores.

**8) ¿Qué es un diseño de bloques incompletos al azar?**

- a) Un diseño en el que cada tratamiento se asigna a una unidad experimental diferente.
- b) Un diseño que no utiliza bloques para controlar la variabilidad.
- c) Un diseño en el que no se puede controlar la aleatorización.
- d) Un diseño en el que algunos tratamientos se excluyen de algunas unidades experimentales.
- e) Ninguna de las anteriores.

**9) ¿Cuál es el propósito de un diseño cruzado en un experimento agronómico?**

- a) Comparar diferentes métodos de análisis de datos.
- b) Investigar la interacción entre dos o más factores.
- c) Replicar los resultados de estudios anteriores.
- d) Determinar la muestra de una investigación
- e) Ninguna de las anteriores.

**10) ¿Qué es un diseño completamente aleatorio?**

- a) Un diseño en el que los tratamientos se asignan a las unidades experimentales al azar.
- b) Un diseño en el que se utilizan bloques para reducir la variabilidad.
- c) Un diseño en el que cada unidad experimental representa una réplica completa del experimento.
- d) Un diseño en el que no se controla ninguna variable.
- e) Ninguna de las anteriores.



**11) ¿Qué tipo de diseño experimental es preferible cuando las unidades experimentales varían ampliamente en sus características?**

- a) Diseño de bloques completos al azar.
- b) Diseño factorial.
- c) Diseño completamente aleatorio.
- d) Diseño de bloques incompletos al azar.
- e) Ninguna de las anteriores.

**12) ¿Qué es la interacción en un diseño factorial?**

- a) El efecto de un solo factor sobre la variable de respuesta.
- b) El efecto combinado de dos o más factores sobre la variable de respuesta.
- c) La influencia de las condiciones ambientales en el experimento.
- d) La relación entre la variable independiente y la variable dependiente.
- e) Ninguna de las anteriores.

**13) ¿Qué es un diseño de parcelas divididas?**

- a) Un diseño en el que cada unidad experimental se divide en subunidades para probar diferentes tratamientos.
- b) Un diseño en el que los elementos experimentales se dividen en bloques para reducir la variabilidad.
- c) Un diseño en el que se utilizan múltiples factores que se manipulan simultáneamente.
- d) Un diseño en el que cada tratamiento se asigna a una unidad experimental diferente.
- e) Ninguna de las anteriores.



# 02

**PRUEBA DE HIPÓTESIS  
PARA UNA Y DOS**

---

# CAPÍTULO DOS

## PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA UNA Y DOS MUESTRAS

### Decisiones y criterios de aceptación de Hipótesis Estadísticas

La toma de decisiones y los estándares para la aceptación de hipótesis estadísticas desempeñan un papel crucial en el proceso de inferencia estadística. Este proceso implica la formulación y prueba de hipótesis sobre los parámetros de una población mediante el análisis de muestras de datos. A continuación, se detallan las etapas y los criterios comúnmente relacionados con la toma de decisiones en las pruebas de hipótesis estadísticas.

### Hipótesis y sus tipos

En el ámbito de la investigación, se distinguen dos categorías fundamentales de hipótesis: las hipótesis investigativas y las hipótesis estadísticas. Ambos tipos desempeñan roles clave en la planificación y ejecución de estudios.

- **Hipótesis Investigativas:**

Las hipótesis investigativas orientan la investigación desde una perspectiva conceptual y teórica, ofreciendo una dirección inicial al estudio. Se clasifican en varios tipos:

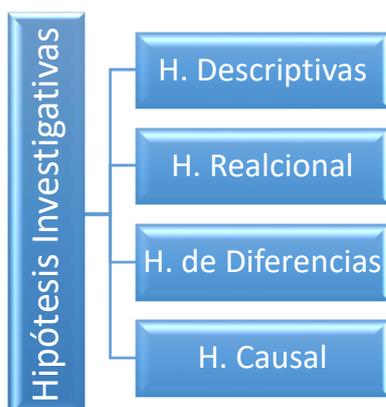


Figura 10. Tipos de Hipótesis Investigativas

**a. Hipótesis de Investigación Descriptiva:** Se enfoca en la observación y descripción de un fenómeno sin necesariamente establecer relaciones causales entre variables. Su propósito principal es comprender la naturaleza de un acontecimiento o situación específica, resaltando características fundamentales, es esencial para investigaciones exploratorias. El proceso de formulación inicia con una observación preliminar del fenómeno de interés, seguido por la identificación de atributos relevantes que se pretenden describir. La hipótesis descriptiva se presenta de manera clara y específica, indicando qué aspectos particulares del fenómeno se explorarán.

En cuanto a su importancia en la investigación, la hipótesis descriptiva sirve como punto de partida para formular preguntas de investigación más detalladas y específicas. Proporciona una guía inicial para la dirección de la investigación, ayudando a los investigadores a enfocarse en aspectos relevantes del fenómeno. Además, facilita la recopilación sistemática de datos mediante observaciones y mediciones, estableciendo así una base sólida para la investigación exploratoria.

### Ejemplos:

Se observa variabilidad en la coloración de las flores de cierta variedad de rosas en un jardín experimental.

Se identifica diversidad en los patrones de alimentación entre distintos grupos de aves en una granja avícola.

**b. Hipótesis de Investigación Relacional:** Se enfoca en establecer conexiones o relaciones entre dos o más variables. A diferencia de la hipótesis descriptiva, que busca describir un fenómeno, la hipótesis

relacional va más allá al plantear que existe una asociación significativa entre variables particulares.

La hipótesis relacional postula relaciones causales o correlativas entre variables y se centra en identificar y entender la naturaleza de la asociación entre ellas. Puede sugerir que cambios en una variable tienen un impacto directo en otra o simplemente que ambas variables están relacionadas de alguna manera. Este tipo de hipótesis implica la identificación de variables dependientes e independientes, donde la variable independiente se considera el factor que influye o afecta a la variable dependiente.

La importancia de la hipótesis relacional radica en su capacidad para prever y explicar cómo los cambios en una variable pueden afectar a otra, proporcionando un marco para entender patrones y fenómenos. Además, guía el diseño de experimentos diseñados para probar la relación propuesta y contribuye al avance del conocimiento al descubrir y comprender relaciones previamente desconocidas en diversos campos de estudio.

### Ejemplos:

La cantidad de horas de luz solar está relacionada positivamente con la producción de frutas en árboles de manzana. La calidad del hábitat de pastoreo está relacionada con la tasa de crecimiento de ganado en sistemas de pastoreo rotativo.

### c. Hipótesis de Investigación de Diferencias:

Se centra en analizar y confirmar la existencia de variaciones significativas entre dos o más grupos, condiciones o variables. A diferencia de la hipótesis descriptiva, que busca describir un fenómeno sin asumir relaciones causales, la hipótesis de diferencias específicamente postula la presencia de disparidades notables.

Esta hipótesis se orienta a identificar y demostrar la presencia de variaciones sustanciales entre grupos o condiciones específicas, implicando la comparación directa de estos grupos para determinar si

existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Se involucran variables dependientes e independientes, donde la variable independiente suele ser el factor que se manipula o compara entre los grupos, y la variable dependiente es la medida utilizada para evaluar las diferencias. El proceso de formulación inicia con la identificación clara de los grupos o condiciones a comparar, seguido por la identificación de variables y la formulación precisa de la hipótesis, expresando la expectativa de variaciones significativas y, en algunos casos, la dirección de las diferencias.

La importancia de la hipótesis de diferencias radica en su capacidad para proporcionar información práctica y utilizable sobre las divergencias entre grupos, contribuyendo a la toma de decisiones informadas en diversos campos. Además, facilita la identificación de áreas que pueden beneficiarse de intervenciones específicas al señalar disparidades que requieren atención, y permite la validación de estrategias o enfoques al demostrar si producen resultados significativamente diferentes en comparación con otras opciones.

### Ejemplos:

Existe una diferencia en el rendimiento de dos variedades de fresas en cuanto a su resistencia a enfermedades.

Se observa una diferencia en la producción de leche entre dos razas de vacas en una explotación lechera.

**d. Hipótesis Investigativa Causal:** Se concentra en proponer relaciones de causa y efecto entre dos o más variables, diferenciándose de las hipótesis descriptivas o de diferencias al buscar comprender la dirección de la influencia. Este tipo de hipótesis sugiere que cambios en una variable son la causa de cambios en otra, estableciendo así una conexión de causa y efecto. Implica la identificación de variables dependientes e independientes, donde la

variable independiente se considera la causa y la variable dependiente el efecto.

El proceso de formulación comienza con la identificación de variables y la relación causal entre ellas. Se especifica la dirección de la influencia, indicando cómo se espera que la variable independiente afecte a la variable dependiente. La hipótesis causal se expresa de manera clara, señalando la relación causal propuesta.

La importancia de la hipótesis causal radica en su capacidad para prever cómo cambios en una variable afectarán a otra, facilitando la predicción y el control de fenómenos específicos. Además, proporciona la base para diseñar intervenciones y políticas efectivas al identificar las variables clave que pueden influir positivamente en los resultados deseados. Contribuye al avance del conocimiento al revelar relaciones causales previamente desconocidas, siendo esencial para comprender y abordar fenómenos complejos en diversos campos de estudio.

### Ejemplos:

El cambio en la composición del suelo tiene un impacto causal en la resistencia de los árboles frutales a ciertas plagas.

El suministro de un suplemento vitamínico específico tiene un impacto causal en la salud general del ganado.

- **Hipótesis Estadísticas:**

Las hipótesis estadísticas son específicas para la prueba de significancia y la inferencia estadística. Incluyen:

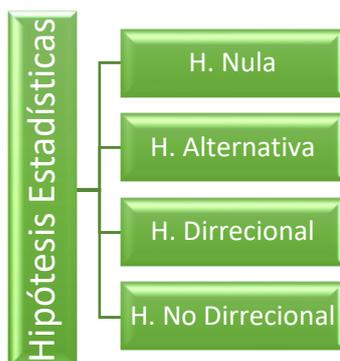


Figura 11. Tipos de Hipótesis Estadísticas

**a. Hipótesis Nula (H0 o Ho):** La hipótesis nula es una declaración que postula que no hay una diferencia o efecto significativo en las variables bajo examen. Básicamente, sugiere que cualquier observación o resultado es atribuible al azar o error experimental. Su formulación tiene el propósito de ser refutada en favor de la hipótesis alternativa.

### Ejemplos:

No hay diferencia en el tiempo de floración entre plantas de frutilla sometidas a diferentes regímenes de riego.

No hay diferencia en la tasa de ganancia de peso entre dos grupos de cerdos alimentados con diferentes dietas.

**b. Hipótesis Alternativa (H1 o Ha):** La hipótesis alternativa representa la afirmación contraria a la hipótesis nula, sugiriendo que existe una diferencia o efecto importante en las variables investigadas. Esta hipótesis es la que los investigadores buscan respaldar con evidencia empírica.

### Ejemplos:

Hay una diferencia significativa en el tamaño de las manzanas entre árboles tratados con un nuevo fertilizante y árboles sin tratar.

Existe una diferencia significativa en la eficacia de dos métodos de vacunación en la prevención de enfermedades en aves de corral.

**c. Hipótesis Direccional:** Especifica la dirección esperada del efecto.

### Ejemplos:

El aumento en la frecuencia de riego conducirá a un incremento significativo en el tamaño de las flores de las plantas.

La introducción de un nuevo suplemento alimenticio mejorará significativamente la tasa de crecimiento de los terneros.

**d. Hipótesis No Direccional:** No establece una dirección específica del efecto.

**Ejemplos:**

Se espera una diferencia significativa en el rendimiento de los cultivos entre dos métodos de polinización.

Se anticipa una diferencia significativa en la eficacia de dos tratamientos para controlar una enfermedad específica en el ganado.

**Relación Entre Hipótesis investigativas y estadísticas**

Las hipótesis investigativas proporcionan la base teórica y conceptual para la investigación.

Las hipótesis estadísticas se formulan de manera más específica, traduciendo preguntas de investigación en afirmaciones que pueden ser probadas y evaluadas estadísticamente.

La inclusión de la hipótesis investigativa causal en el ámbito pecuario y agrícola destaca la importancia de comprender las relaciones de causa y efecto en estas áreas, proporcionando un marco sólido para el diseño y la interpretación de los resultados de la investigación.

**Formulación de Hipótesis Estadísticas**

La etapa de formulación de hipótesis es esencial en el proceso de investigación científica y estadística, ya que implica la creación de afirmaciones que serán evaluadas y probadas mediante la recopilación y análisis de datos. Una hipótesis, en este contexto, puede ser Hipótesis Nula ( $H_0$  o  $H_o$ ) y Alternativa ( $H_1$  o  $H_a$ ).

Es crucial que las hipótesis sean claras, específicas y derivadas de la teoría subyacente al tema de investigación o de la revisión de la literatura existente. Deben ser formuladas de manera que permitan su prueba empírica, asegurando que sean

falsables y, por lo tanto, sujetas a verificación a través de evidencia empírica.

Las hipótesis deben estar estrechamente relacionadas con los objetivos de investigación, abordando preguntas específicas y proporcionando una dirección clara para la investigación. La hipótesis nula a menudo se plantea como la afirmación de que no hay efecto o diferencia, sirviendo como base comparativa para evaluar la significancia estadística de los resultados observados.

Además, es importante que las hipótesis evolucionen a lo largo de la investigación, ajustándose según sea necesario a medida que se recopilan más datos. En resumen, una formulación precisa y detallada de las hipótesis establece la estructura para la recopilación de datos, el análisis estadístico y la interpretación de resultados en el contexto de los objetivos de investigación.

Existen tres formas para establecer las hipótesis estadísticas que son:

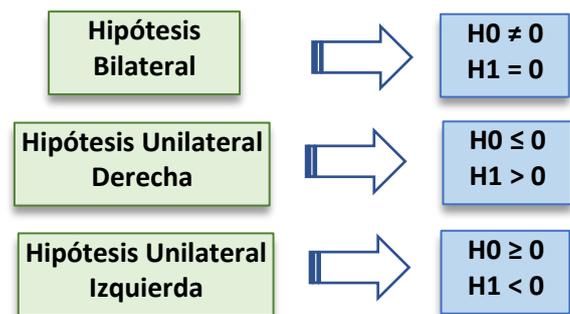


Figura 12. Formas de Establecer las Hipótesis Estadísticas

**Ejemplos de Hipótesis:**

**Ejemplo 1**

**H0:** No hay una disparidad significativa en el rendimiento entre dos métodos de riego.

**H1:** Existe una disparidad significativa en el rendimiento de los cultivos entre dos métodos de riego.

## Ejemplo 2

**H0:** Cambiar la dieta disminuye en la tasa de crecimiento de los animales.

**H1:** Cambiar la dieta incrementa en la tasa de crecimiento de los animales.

### Elección del Nivel de Significancia ( $\alpha$ )

La selección del nivel de significancia ( $\alpha$ ) es una determinación crucial en el proceso de realizar pruebas de hipótesis estadísticas. El nivel de significancia, representado típicamente por  $\alpha$ , establece el umbral para evaluar la evidencia en contra de la hipótesis nula, siendo también la probabilidad de cometer un error tipo I.

Se suelen emplear valores comunes de  $\alpha$ , como 0.05, indicando un riesgo del 5% de rechazar erróneamente la hipótesis nula. No obstante, la elección de  $\alpha$  implica encontrar un equilibrio entre la precisión de las conclusiones y el riesgo asociado con los errores estadísticos, siendo este un aspecto fundamental.

Nivel de confianza	Un valor menor de p (prob. de error) significa que...	¿Azar? ¿Qué significa ese resultado?
90%	El resultado es confiable con un 10% de error ( $p < .10$ )	Tiene una probabilidad de deberse al azar menor al 10%
95%	El resultado es confiable con un 5% de error ( $p < .05$ )	Tiene una probabilidad de deberse al azar menor al 5%
99%	El resultado es confiable con un 1% de error ( $p < .01$ )	Tiene una probabilidad de deberse al azar menor al 1%

Tabla 5. Niveles de significancia

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/4280369/>

La determinación de  $\alpha$  debe considerar el contexto específico de la investigación, las consecuencias prácticas y teóricas de los posibles errores, y la naturaleza del estudio. Ajustes pueden ser necesarios en casos de múltiples pruebas para controlar el riesgo global de errores y mantener la integridad de los resultados.

Además, la elección de  $\alpha$  puede ser influenciada por la revisión de la literatura y las normas disciplinarias establecidas en campos específicos de investigación. En resumen, la selección juiciosa del nivel de significancia contribuye a obtener conclusiones más confiables y significativas en el análisis de datos, al considerar la relevancia contextual y la necesidad de controlar los errores estadísticos.

### Selección de la Prueba Estadística

La fase de selección de la prueba estadística desempeña un papel crítico en el análisis de datos y en la evaluación de hipótesis. La elección de la prueba se guía por varios factores clave, y profundicemos en estos aspectos:

**Naturaleza de los Datos:** La tipología de los datos es determinante. Por ejemplo, si estamos tratando con datos cuantitativos y queremos comparar medias, las pruebas t son apropiadas. En contraste, si lidiamos con datos categóricos y buscamos evaluar asociaciones, las pruebas de chi-cuadrado pueden ser más idóneas.

**Diseño Experimental:** El diseño de la investigación dicta la elección de la prueba estadística. En investigaciones con grupos independientes, las pruebas t podrían ser pertinentes para comparaciones de medias, mientras que, en estudios de medidas repetidas, las pruebas ANOVA de medidas repetidas podrían ser más apropiadas.

**Número de Grupos o Variables:** La cantidad de grupos o variables en juego también condiciona la selección de la prueba. Algunas pruebas están diseñadas para comparar dos grupos, mientras que otras permiten la comparación de más de dos grupos o variables.

**Supuestos de la Prueba:** Cada prueba estadística está asociada con ciertos supuestos. Por ejemplo, algunas pruebas requieren que los datos sigan una distribución

normal o asumen homogeneidad de varianzas. Validar estos supuestos antes de aplicar la prueba es esencial.

**Escalas de Medición:** La escala de medición de las variables también guía la elección. Pruebas no paramétricas pueden ser más apropiadas para datos no distribuidos normalmente o variables ordinales, mientras que pruebas paramétricas pueden ser más poderosas para datos normalmente distribuidos y variables de intervalo o razón.

**Objetivo de la Prueba:** La pregunta de investigación dirige la elección de la prueba. Si la investigación se enfoca en la relación entre variables, pruebas de correlación o regresión pueden ser pertinentes. Si la pregunta es comparar grupos, pruebas de comparación de medias pueden ser más adecuadas.

**Software y Herramientas Disponibles:** La disponibilidad y familiaridad con el software estadístico también impactan en la elección de la prueba. Algunas pruebas pueden requerir funciones específicas disponibles solo en ciertos programas estadísticos.

La selección reflexiva de la prueba estadística apropiada asegura resultados más precisos y válidos, optimizando la capacidad de abordar las preguntas de investigación de manera significativa en el análisis de datos.

### Determinación de la Región Crítica

La etapa de determinación de la región crítica es esencial en el proceso de prueba de hipótesis estadísticas. La región crítica es el conjunto de valores extremos del estadístico de prueba que llevará al rechazo de la hipótesis nula. Vamos a profundizar en los puntos clave relacionados con esta determinación:

**Definición de la Región Crítica:** La región crítica es una franja específica en la distribución del estadístico de prueba. Estos valores críticos son seleccionados

previamente y están ligados al nivel de significancia ( $\alpha$ ), que es la probabilidad de cometer un error tipo I al rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

**Relación con el Nivel de Significancia:** Existe una conexión directa entre el nivel de significancia y la región crítica. La elección de  $\alpha$  determina qué porcentaje de la distribución se asigna a la región crítica, influyendo en la sensibilidad de la prueba.

**Distribución de Probabilidad:** La forma de la región crítica depende de la distribución de probabilidad asociada con el estadístico de prueba bajo la hipótesis nula. Esta distribución guía cómo se seleccionan los valores críticos.



Figura 13. Gráfico de Región de Aceptación y rechazo de la hipótesis nula.

Fuente: (Obando, 2023)

**Unilateral y Bilateral:** La región crítica puede extenderse en una sola cola (unilateral) o en ambas colas (bilateral). Esta elección se realiza en función de si la prueba es de una o dos colas, según la hipótesis alternativa.

**Tipo de Prueba Estadística:** La elección de la prueba estadística específica también desempeña un papel en la determinación de la región crítica. Diferentes pruebas tienen diferentes distribuciones, lo que afecta la ubicación y la forma de la región crítica.

**Estadístico de Prueba Específico:** Cada estadístico de prueba tiene su propia distribución y, por lo tanto, su propia región crítica. La elección del estadístico específico

influye en cómo se define y selecciona esta región.

**Interpretación del Resultado:** Si el valor calculado del estadístico de prueba cae dentro de la región crítica, se rechaza la hipótesis nula. Si está fuera de la región crítica, no se rechaza la hipótesis nula.

Relación con el Error Tipo I: Una región crítica demasiado amplia aumenta el riesgo de cometer un error tipo I, es decir, rechazar incorrectamente una hipótesis nula verdadera.

La determinación cuidadosa de la región crítica es esencial para garantizar la validez de las pruebas de hipótesis. Esta etapa implica tomar decisiones precisas sobre cómo definir la región crítica, considerando el nivel de significancia, la distribución de probabilidad y la naturaleza de la prueba estadística utilizada. Una región crítica bien definida contribuye a la toma de decisiones estadísticas sólidas y confiables.

A continuación, se tiene la relación de la significancia, zona de rechazo en las tres formas de hipótesis.

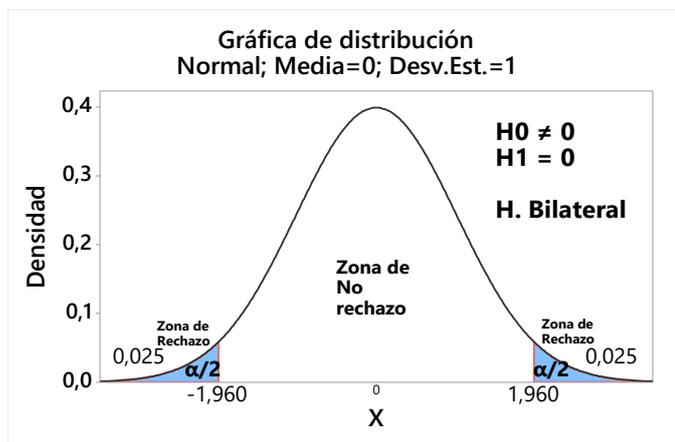


Figura 14. Gráfico de Distribución con las zonas de rechazo Bilateral

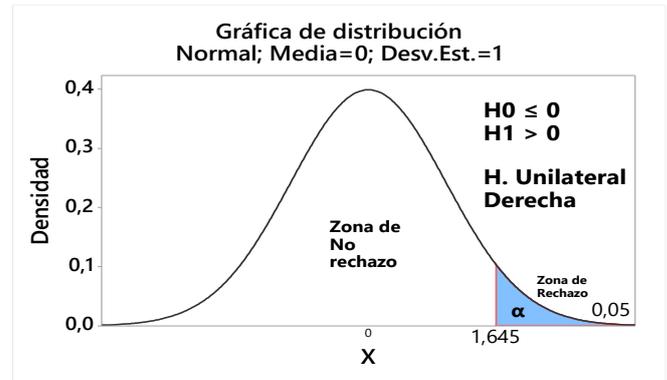


Figura 15. Gráfico de Distribución con la zona de rechazo Unilateral a la derecha.

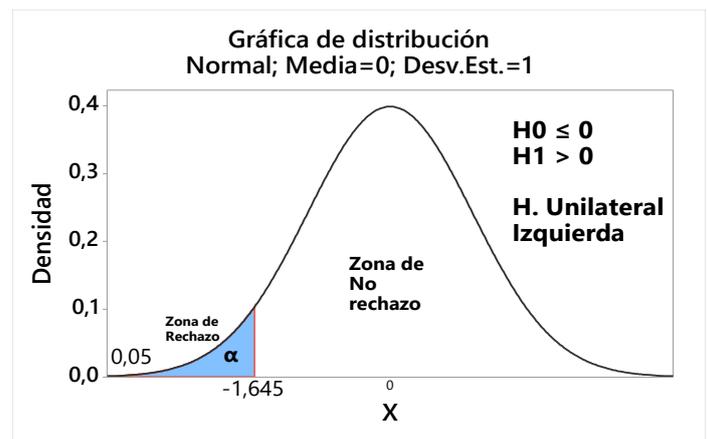


Figura 16. Gráfico de Distribución con la zona de rechazo Unilateral a la izquierda.

### Error en la Investigación

En investigación se puede tener el Error Tipo I y el Error Tipo II que son términos fundamentales en el ámbito de las pruebas de hipótesis estadísticas, y su comprensión resulta esencial para valorar la precisión de los resultados obtenidos en una investigación.

#### Error Tipo I:

**Definición:** El Error Tipo I se presenta cuando, de manera incorrecta, rechazamos una hipótesis nula que es verdadera. En otras palabras, concluimos erróneamente que existe una diferencia o un efecto cuando en realidad no hay ninguno.

**Representación en una Prueba de Hipótesis:**

En el contexto de una prueba de hipótesis, el Error Tipo I está asociado con la región crítica, determinada por el nivel de significancia ( $\alpha$ ). Optar por un nivel de significancia más bajo (por ejemplo,  $\alpha = 0.01$ ) disminuye la probabilidad de cometer un Error Tipo I, pero también puede hacer que la prueba sea más conservadora.

**Consecuencias y Ejemplos**

Un Error Tipo I podría llevar a la conclusión incorrecta de que un nuevo régimen alimenticio tiene un impacto significativo en el rendimiento cuando, de hecho, no hay diferencias notables.

Otro ejemplo de un Error Tipo I podría implicar erróneamente que un nuevo método de cultivo aumenta la producción de frutas cuando, en realidad, no hay mejoras significativas.

**Error Tipo II:**

**Definición:** El Error Tipo II ocurre cuando, incorrectamente, no se rechaza una hipótesis nula falsa. En este caso, la prueba no detecta una diferencia o efecto que realmente existe.

**Representación en una Prueba de Hipótesis:**

La probabilidad de cometer un Error Tipo II se denota como  $\beta$  y está inversamente relacionada con el poder estadístico de la

prueba. Mayor poder estadístico reduce la probabilidad de un Error Tipo II.

**Consecuencias y Ejemplos:**

Un Error Tipo II podría resultar en la falta de detección de un tratamiento que, de hecho, mejora la salud del ganado.

Otro ejemplo de un Error Tipo II podría llevar a no reconocer la eficacia de un nuevo método de riego que realmente incrementa la productividad de los cultivos.

**Relación entre Error Tipo I y Error Tipo II:**

- Existe un equilibrio entre Error Tipo I y Error Tipo II; reducir la probabilidad de uno generalmente aumenta la del otro.
- En el ámbito de las mayorías de investigaciones en diferentes áreas como la agrícola y pecuaria, el objetivo es minimizar ambos errores para obtener conclusiones precisas y aplicables.

Comprender estos errores es crucial en la toma de decisiones para mejorar la producción y la calidad en la agricultura y en el ámbito pecuario, permitiendo a los investigadores optimizar sus estrategias y prácticas en función de resultados estadísticos confiables.

Los errores que se puede dar en una investigación en el contexto de las hipótesis son:

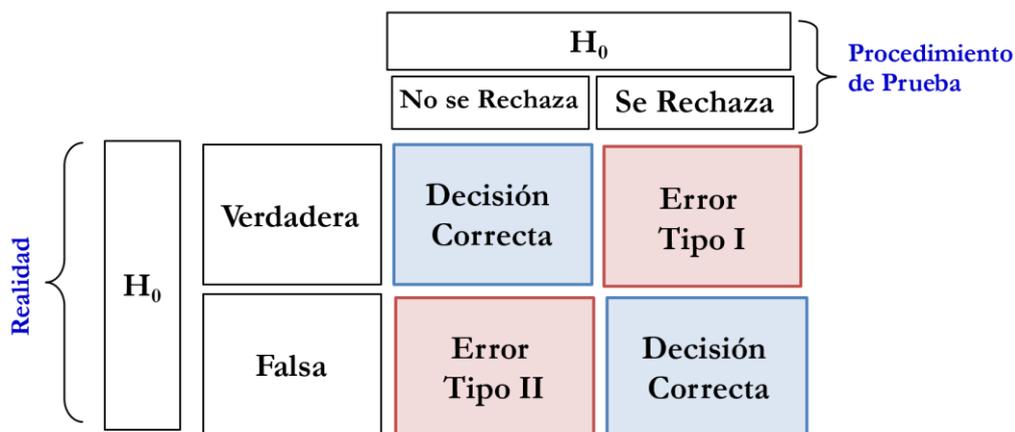


Figura 17. Esquema de Tipos de Error en una investigación



## Pasos para hacer una prueba de hipótesis de un Diseño Experimental

Cuando nos enfrentamos al desafío de evaluar afirmaciones sobre parámetros poblacionales mediante pruebas de hipótesis estadísticas, seguimos una serie de pasos cruciales que dan estructura a este proceso

analítico. Todo comienza con la formulación de la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_1$ ), que establecen las premisas que pretendemos investigar.

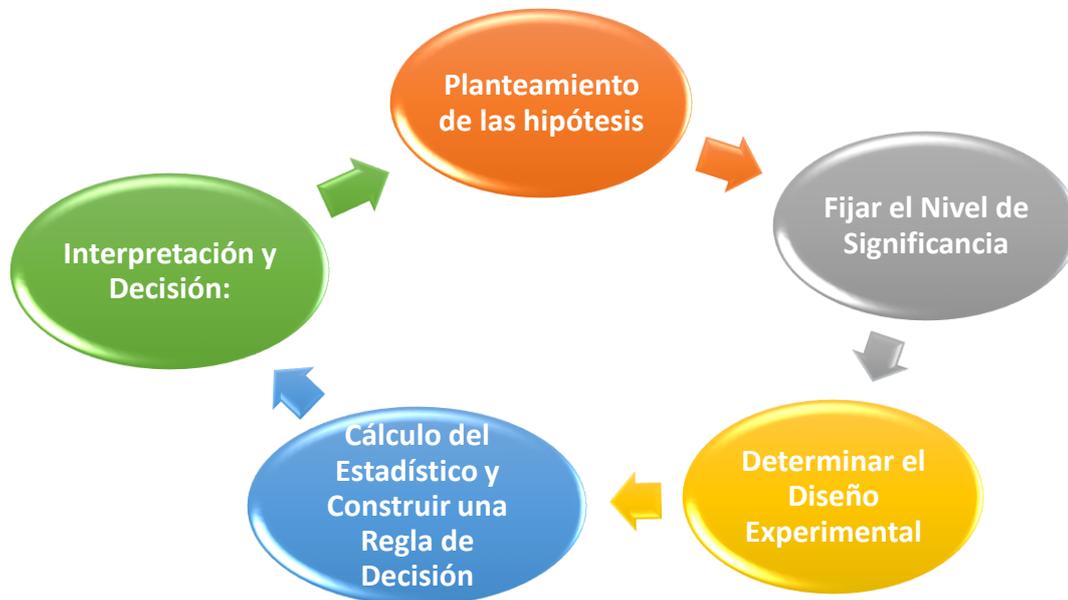


Figura 18. Esquema del proceso para realizar una prueba de hipótesis

A continuación, se detallan con mayor profundidad los pasos fundamentales involucrados:

**Planteamiento de las hipótesis  $H_0$  y  $H_1$ :** En esta fase inicial, delineamos la hipótesis nula ( $H_0$ ), que representa la aseveración de ausencia de diferencia o efecto, y la hipótesis alterna ( $H_1$ ), que expresa la afirmación de interés, como la existencia de una diferencia significativa. Estas hipótesis actúan como la base conceptual sobre la cual se realizará la evaluación estadística.

**Fijar el Nivel de Significancia ( $\alpha$ ):** El nivel de significancia ( $\alpha$ ) establece el umbral crítico para la aceptación o rechazo de la hipótesis nula. Típicamente, se elige un valor como 0.05, indicando la probabilidad aceptada de cometer un error tipo I al rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

### Determinar el Diseño Experimental, Estadístico

**Apropiado:** El diseño experimental se refiere a la configuración global del estudio, delineando cómo se llevará a cabo la recopilación y análisis de datos. Se selecciona el estadístico más apropiado para la prueba, considerando la naturaleza de los datos y la pregunta de investigación, la correcta elección garantiza que los resultados sean válidos y confiables.

### Cálculo del Estadístico y Construir una Regla de Decisión

Se procede a la recolección de datos y al cálculo del valor del estadístico elegido para la prueba de hipótesis. Este paso es fundamental, ya que proporciona la información necesaria para la comparación con el umbral establecido en la regla de decisión. Luego, se elabora una regla de decisión que establece los criterios para rechazar la hipótesis nula, basándose en el

valor calculado del estadístico y el nivel de significancia.

**Interpretación y Decisión:** La última etapa implica tomar una decisión con respecto a la hipótesis nula. Si el valor calculado del estadístico se encuentra en la región de rechazo, entonces rechazamos la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna. En caso contrario, no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

### Ejemplos para hacer una prueba de hipótesis de un Diseño Experimental

#### Ejemplo 1

Se ejecutó un estudio en una explotación ganadera con el propósito de examinar el impacto de la introducción de un nuevo tipo de alimentación en la tasa de crecimiento de terneros. Se estableció un nivel de significancia del 5%. Tras implementar un diseño experimental completamente aleatorio se recabaron datos de crecimiento. La evaluación de los resultados determinará si la adición del nuevo alimento impacta de manera significativa en la tasa de crecimiento de los terneros.

#### Planteamiento de H0 y H1:

- H0 (Hipótesis Nula): La adición de un nuevo tipo de alimento no genera una diferencia significativa en la tasa de crecimiento de los terneros.
- H1 (Hipótesis Alterna): La adición de un nuevo tipo de alimento resulta en un incremento significativo en la tasa de crecimiento de los terneros.

#### Fijar el Nivel de Significancia ( $\alpha$ ):

Se establece un nivel de significancia de 0.05, indicando la probabilidad aceptada de cometer un error tipo I al rechazar incorrectamente la hipótesis nula.

### Determinar el Diseño Experimental, Estadístico Apropriado:

- Diseño Experimental: Se opta por un diseño completamente aleatorio con dos grupos de terneros: uno suplementado con el nuevo alimento y otro con el alimento convencional.
- Estadístico Apropriado: La prueba t-Student se elige para comparar las medias de crecimiento entre ambos grupos.

### Cálculo del Estadístico y Construir una Regla de Decisión:

- Se recopilan datos de crecimiento de los terneros en ambos grupos.
- Se calcula la prueba t-Student y se compara con el valor crítico establecido.
- Regla de Decisión: Si el valor calculado es menor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula.

### Interpretación y Decisión:

Si la hipótesis nula es rechazada, se concluye que la suplementación con el nuevo alimento tiene un impacto significativo en la tasa de crecimiento de los terneros. En caso contrario, no hay suficiente evidencia para afirmar que existe una diferencia significativa.

#### Ejemplo 2

En un estudio agrícola, se investigó el efecto de la aplicación de un nuevo tipo de fertilizante en el rendimiento de la cosecha de frutas. Con un nivel de significancia del 5%, se estableció dos grupos de plantas: uno tratado con el nuevo fertilizante y otro con el fertilizante convencional. La interpretación de los resultados determinará si la aplicación del nuevo fertilizante tiene un efecto significativo en el rendimiento de la cosecha de frutas.

**Planteamiento de H0 y H1:**

- H0 (Hipótesis Nula): La aplicación de un nuevo tipo de fertilizante no produce un cambio significativo en el rendimiento de la cosecha de frutas.
- H1 (Hipótesis Alternativa): La aplicación de un nuevo tipo de fertilizante resulta en un incremento significativo en el rendimiento de la cosecha de frutas.

**Fijar el Nivel de Significancia (α):**

Se fija un nivel de significancia de 0.05 como el umbral para determinar la significancia estadística.

**Determinar el Diseño Experimental, Estadístico Apropriado:**

- Diseño Experimental: Se selecciona un diseño factorial con dos grupos de plantas: uno tratado con el nuevo fertilizante y otro con el fertilizante convencional.

- Estadístico Apropriado: El Análisis de Varianza (ANOVA) se utiliza para comparar los rendimientos entre ambos grupos.

**Cálculo del Estadístico y Construir una Regla de Decisión:**

- Se recopilan datos sobre el rendimiento de la cosecha en ambos grupos.
- Se realiza un análisis de varianza y se compara el valor calculado con el valor crítico predefinido.
- Regla de Decisión: Si el valor calculado es menor que el valor crítico, se rechaza la hipótesis nula.

**Interpretación y Decisión:**

Si la hipótesis nula es rechazada, se concluye que la aplicación del nuevo fertilizante tiene un efecto significativo en el rendimiento de la cosecha de frutas. De lo contrario, no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una diferencia significativa.

**Pruebas de Hipótesis de una muestra**

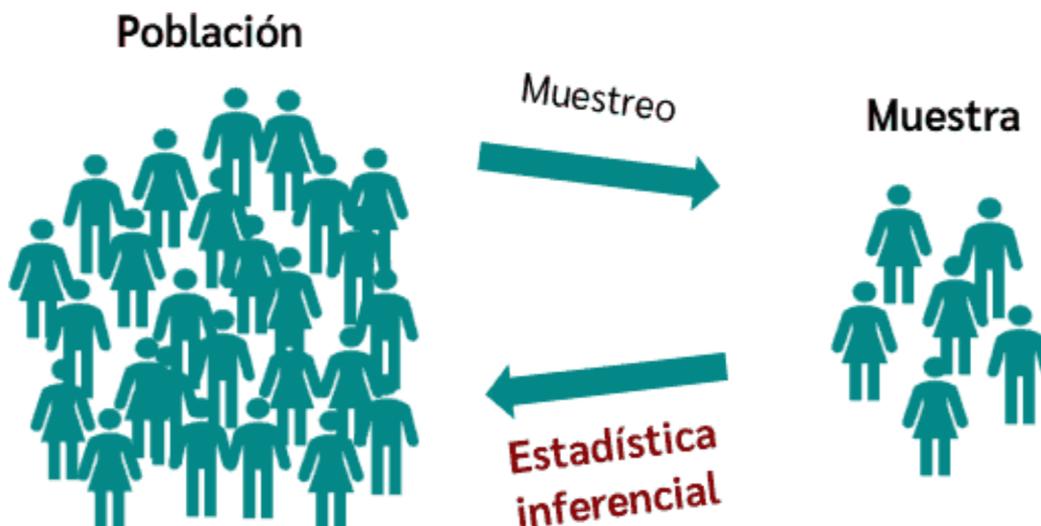


Figura 19. Esquema de una prueba de hipótesis de una muestra

Fuente: <https://datatab.es/tutorial/hypothesis-testing>

Las pruebas de hipótesis de una muestra son un procedimiento estadístico esencial que permite realizar inferencias sobre una población utilizando la información obtenida de una única muestra representativa. Estas pruebas desempeñan un papel fundamental en la investigación estadística y juegan un papel crucial en la toma de decisiones informadas sobre afirmaciones o hipótesis relacionadas con parámetros poblacionales.

### Estadísticos de Prueba

#### Prueba Z

El Estadístico de Prueba Z es una herramienta esencial en estadística inferencial, aplicándose cuando se dispone del conocimiento de la desviación estándar poblacional y se está trabajando con muestras grandes, es decir mayor o igual a 30 datos.



Figura 20. Carl Gauss - Carl Friedrich Gauss, autor de la Distribución Normal.

Fuente:

<https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/2139/Carl%20Gauss%20-%20Carl%20Friedrich%20Gauss>

Su fórmula se expresa como:

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $\bar{x}$  representa la media muestral.
- $\mu$  es la media poblacional.
- $\sigma$  es la desviación estándar poblacional.
- $n$  es el tamaño de la muestra.

Este estadístico sigue una distribución normal estándar (Z) y se utiliza para evaluar si la diferencia entre la media muestral y la media poblacional es estadísticamente significativa. La fórmula normaliza los datos al expresar la diferencia en términos de desviaciones estándar, permitiendo comparaciones significativas entre diversas distribuciones normales.

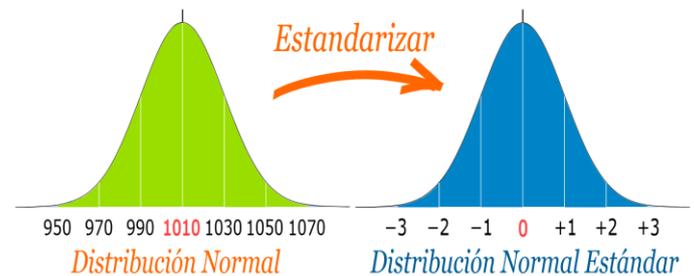


Figura 21. Distribución Normal y Normal Estándar

Fuente:

<https://www.disfrutalasmaticas.com/datos/distribucion-normal-estandar.html>

El proceso de prueba de hipótesis con el Estadístico de Prueba Z implica comparar el valor calculado con los valores críticos de la distribución normal estándar, determinando si la discrepancia observada es lo suficientemente notable como para rechazar la hipótesis nula.

#### Prueba t de Student

La Prueba t de Student es un procedimiento estadístico esencial cuando se enfrenta a situaciones en las que la desviación estándar poblacional no es conocida o cuando se trabaja con muestras de tamaño reducido, es decir cuando se tiene menor a 30 datos.



Figura 22. Estadista William Sealy Gosset, creador de T-Student.

Fuente: <https://academia-lab.com/enciclopedia/distribucion-t-de-student/>

La fórmula de este estadístico es:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

- $\bar{x}$  es la media muestral.
- $\mu$  es la media poblacional.
- $s$  es la desviación estándar muestral.
- $n$  es el tamaño de la muestra.

En contraste con el Estadístico de Prueba Z, la Prueba t de Student se apoya en la estimación de la desviación estándar poblacional mediante la desviación estándar muestral. Este estadístico sigue una distribución t de Student y ajusta la forma de la distribución según el tamaño de la muestra. El proceso de realizar una prueba de hipótesis

con la Prueba t implica comparar el valor calculado con los valores críticos de la distribución t de Student. Se evalúa si la discrepancia observada entre la media muestral y la media poblacional es lo suficientemente significativa como para rechazar la hipótesis nula.

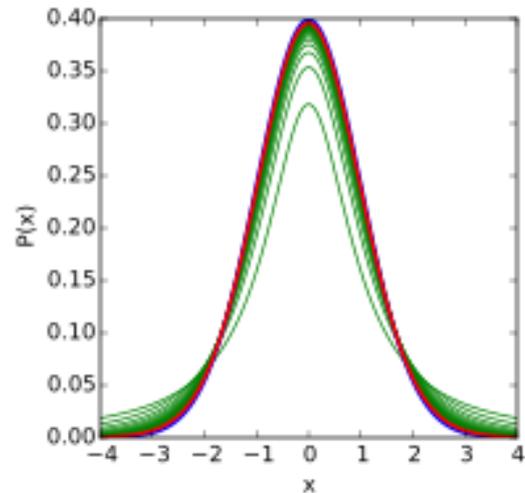


Figura 23. Distribución T- Student

Fuente: <https://academia-lab.com/enciclopedia/distribucion-t-de-student/>

La Prueba t de Student se revela especialmente valiosa en investigaciones donde la variabilidad de la población no se conoce completamente y se necesita realizar inferencias basadas en muestras de tamaño limitado. Su aplicación se extiende a diversas disciplinas, desde la medicina hasta la psicología, proporcionando una herramienta robusta respaldada por evidencia estadística para la toma de decisiones.

## Ejercicios de prueba de Hipótesis de una muestra

### Ejercicio 1

Un criador tiene la impresión de que el peso promedio al nacer de los terneros en su explotación ha disminuido con respecto al valor histórico de 30 kg. Para verificar esta sospecha, toma una muestra de 25 terneros y calcula un peso promedio al nacer de 28.5 kg, con una desviación estándar de 1.8 kg.

Realiza una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5%.

#### Datos

- Tamaño de la muestra (n): 25.
- Peso promedio observado (x): 28.5 kg.
- Peso histórico ( $\mu$ ): 30.0 kg.
- Desviación estándar de la muestra (s): 1.8 kg

### Pasos para probar una hipótesis de una muestra

<p><b>1</b></p>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>El peso promedio al nacer de los terneros es igual a 30 kg</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>El peso promedio al nacer de los terneros es diferente a 30 kg</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <math>\mu = 30 \text{ kg}</math></p> <p><b>Ha:</b> <math>\mu \neq 30 \text{ kg}</math></p>	<p><b>Tipos de Hipótesis</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td><math>H_0 = \mu</math></td> <td><math>H_a \neq \mu</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Unilateral</b></td> <td><math>H_0 \geq \mu</math></td> <td><math>H_a &lt; \mu</math></td> </tr> <tr> <td><math>H_0 \leq \mu</math></td> <td><math>H_a &gt; \mu</math></td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	$H_0 = \mu$	$H_a \neq \mu$	<b>Unilateral</b>	$H_0 \geq \mu$	$H_a < \mu$	$H_0 \leq \mu$	$H_a > \mu$
<b>Bilateral</b>	$H_0 = \mu$	$H_a \neq \mu$								
<b>Unilateral</b>	$H_0 \geq \mu$	$H_a < \mu$								
	$H_0 \leq \mu$	$H_a > \mu$								
<p><b>2</b></p>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>95 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>5 %</u></p>	<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>								
<p><b>3</b></p>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de una muestra porque se tiene un solo factor con un nivel que es la calidad de los terneros al nacer.</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <p>a. Normal</p> <p>b. <u>T Student una muestra</u></p> <p>c. T Student no pareado</p> <p>d. T Student pareado</p> <p>e. Fisher</p>								
<p><b>4</b></p>	<p><b>Calcular los Estadísticos:</b></p> $t_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$									

	$t_c = \frac{28.5 - 30.0}{\frac{1.28}{\sqrt{25}}} = -5.86$ <p>Valor calculado: <math>t_c = -5.86</math>  gl (grado libertad) = <math>n-1 = 25-1 = 24</math>  Valor tabla: <math>(\alpha/2; gl): t_t = -2.06</math></p>	
<p><b>5</b></p>	<p><b>Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)</b></p> <p>Comparación con la fórmula:</p> <p>Para comparar se lo puede realizar en la parte positiva.</p> <p>El estadístico calculado es mayor que el de tabla por lo que se rechaza la Hipótesis nula (<math>H_0</math>), lo que significa que el peso promedio al nacer de los terneros es diferente a 30 kg, con una significancia del 5 %. Para poder establecer si la diferencia es mayor o menor se necesita realizar una prueba de hipótesis unilateral.</p>	<div style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p style="text-align: center;"><b>Regla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para aceptar <math>H_0</math>: Est. cal. &lt; Est. Tabla (Fórmula)</li> <li><math>p &gt; \alpha</math> (Programa)</li> <li>- Para aceptar <math>H_a</math>:</li> </ul> </div>

### Ejercicio 2

Un productor de uvas cree que un nuevo método de poda ha mejorado significativamente la calidad del racimo en comparación con la práctica tradicional. Se selecciona una muestra de 55 racimos y se determina que la calidad promedio es de 8 en una escala de 1 a 10, donde el valor de referencia para una buena calidad del

producto es de 7, con una desviación estándar de 1.5. Se realiza una prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 3%.

#### Datos

- Tamaño de la muestra ( $n$ ): 55.
- Calidad promedio observada ( $x$ ): 8.
- Calidad de referencia ( $\mu$ ): 7.
- Desviación estándar de la muestra ( $\sigma$ ): 1.5.

### Pasos para probar una hipótesis de una muestra

<p><b>1</b></p>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b><u>Ho:</u></b> La calidad promedio del racimo de uvas es igual o menor a 7</p> <p><b><u>Ha:</u></b> La calidad promedio del racimo de uvas es mayor a 7</p>	<p style="text-align: center;"><b>Tipos de Hipótesis</b></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td><math>H_0 = \mu</math></td> <td><math>H_a \neq \mu</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Unilateral</b></td> <td><math>H_0 \geq \mu</math></td> <td><math>H_a &lt; \mu</math></td> </tr> <tr> <td><math>H_0 \leq \mu</math></td> <td><math>H_a &gt; \mu</math></td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	$H_0 = \mu$	$H_a \neq \mu$	<b>Unilateral</b>	$H_0 \geq \mu$	$H_a < \mu$	$H_0 \leq \mu$	$H_a > \mu$
<b>Bilateral</b>	$H_0 = \mu$	$H_a \neq \mu$								
<b>Unilateral</b>	$H_0 \geq \mu$	$H_a < \mu$								
	$H_0 \leq \mu$	$H_a > \mu$								



	<p>En forma resumen</p> <p><b>Ho: <math>\mu = 7</math></b></p> <p><b>Ha: <math>\mu \neq 7</math></b></p>
<b>2</b>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b> <span style="float: right;"><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></span></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>97 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>3 %</u></p>
<b>3</b>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de una muestra porque se tiene un solo factor con un nivel que es la calidad de los racimos de uva.</p> <p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><u>Normal</u></li> <li>T Student una muestra</li> <li>T Student no pareado</li> <li>T Student pareado</li> <li>Fisher</li> </ol>
<b>4</b>	<p><b>Calcular los Estadísticos:</b></p> $Z_c = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ $Z_c = \frac{8 - 7}{\frac{1.5}{\sqrt{55}}} = 4.94$ <p>Valor calculado: <math>Z_c = 4.94</math></p> <p>Valor tabla:(a/2; gl): <math>Z_t = 1.88</math></p> <div style="text-align: right;"> </div>
<b>5</b>	<p><b>Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)</b></p> <p>Comparación con la fórmula:</p> <p>El estadístico calculado es mayor que el de tabla por lo que se rechaza la Hipótesis nula (Ho), lo que significa que la calidad promedio del racimo de uvas es mayor a 7, con una significancia del 3 %.</p> <div style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Regla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para aceptar Ho: Est. cal. &lt; Est. Tabla (Fórmula)</li> <li><math>p &gt; \alpha</math> (Programa)</li> <li>- Para aceptar Ha:</li> </ul> </div>

### Pruebas de Hipótesis de dos muestras

Las pruebas de hipótesis de dos muestras son métodos estadísticos esenciales diseñados para comparar las medias de dos conjuntos de datos. Su objetivo principal es determinar si existe evidencia estadística suficiente para afirmar diferencias significativas o similitudes

en las medias poblacionales de las dos muestras. Dos enfoques comunes en este contexto son la Prueba t de Dos Muestras dependientes o no pareadas e independientes o pareada.

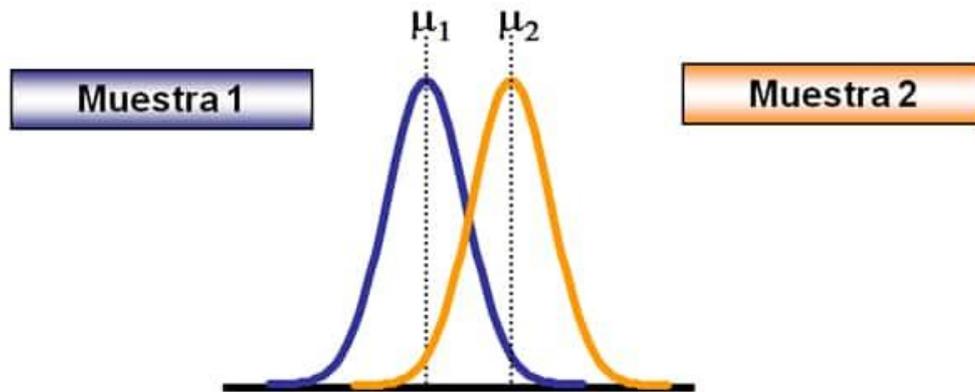


Figura 24. Prueba de hipótesis de dos muestras

Fuente: <https://spcgroup.com.mx/prueba-de-hipotesis/>

### Estadístico de Prueba T-Student para muestras dependientes

La prueba de hipótesis de dos muestras dependientes, también conocida como Prueba t para muestras pareadas, es una técnica estadística destinada a comparar las medias de dos conjuntos de datos que tienen una relación específica entre sí. Este método se aplica cuando las observaciones en una muestra están emparejadas o vinculadas con observaciones específicas en la otra muestra. Las fórmulas que utilizan para esta prueba de hipótesis son las siguientes>

Donde:

- $S_{\bar{d}}$  es la desviación estándar entre los dos grupos
- $\bar{d}$  es la diferencia de medias de los grupos
- $\bar{x}_1$  representa la media muestral del grupo 1.
- $\bar{x}_2$  representa la media muestral del grupo 2.
- $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$  es el error estándar
- SS es la suma de cuadrados de los dos grupos
- n es el tamaño de la muestra.

$$t = \frac{\bar{d}}{S_{\bar{d}}} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{SS}{n(n-1)}}$$

$$SS = \sum (x_1 - x_2)^2 - \frac{(\sum x_1 - x_2)^2}{n}$$

### Importancia y Aplicación para muestras dependientes

Esta prueba es comúnmente empleada en investigaciones donde las observaciones en una muestra están emparejadas con observaciones específicas en la otra muestra,

como en estudios antes y después de una intervención. Proporciona una forma efectiva de evaluar si hay cambios estadísticamente significativos en las mediciones emparejadas.

### Ejemplos de Importancia y Aplicación

#### • Ejemplo 1

**Importancia:** La Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Dependientes desempeña un papel crucial en la producción animal al evaluar cómo las intervenciones, como cambios en la dieta o tratamientos de salud, impactan en las mediciones emparejadas, como el peso inicial y final de los animales. Proporciona una herramienta estadística robusta para determinar si existen diferencias significativas, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones en la gestión y cuidado de los animales.

**Aplicación:** En un escenario práctico, consideremos un granjero que introduce una nueva metodología de cría para su ganado. Al medir el peso inicial y final de cada animal antes y después de la implementación del nuevo método, la Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Dependientes podría aplicarse para evaluar si hay un cambio estadísticamente significativo en el peso corporal debido a esta nueva práctica de cría.

#### • Ejemplo 2

**Importancia:** En el área agronómica, la Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Dependientes es esencial para evaluar cómo las prácticas agrícolas, como la introducción de nuevos fertilizantes o técnicas de cultivo, afectan a las mediciones emparejadas, como la cantidad de frutas cosechadas. Ofrece una herramienta estadística valiosa para determinar si existen diferencias significativas en la producción, lo que es crucial para la toma de decisiones en la gestión de huertos.

**Aplicación:** En un contexto práctico, imaginemos un huerto que incorpora un

nuevo tipo de fertilizante. Midiendo la producción de frutas antes y después de la aplicación del fertilizante en cada árbol, la Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Dependientes se emplearía para evaluar si hay una diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de frutas cosechadas debido a la aplicación de este nuevo fertilizante.

En ambos sectores, esta prueba no solo proporciona una evaluación cuantitativa de la eficacia de las intervenciones, sino que también respalda la toma de decisiones informadas, contribuyendo así a la eficiencia y sostenibilidad en el ámbito pecuario y agronómico.

### Ejemplos de Muestras Dependientes

#### • Ejemplo 1

Supongamos que un investigador se embarca en un estudio para analizar el impacto de una nueva dieta en el crecimiento de pollos de engorde. La investigación implica medir el peso inicial de cada pollo antes de iniciar la nueva dieta y, posteriormente, medir el peso nuevamente después de un período específico con la nueva dieta. En este escenario:

- Muestra 1: Peso inicial de cada pollo antes de la nueva dieta.
- Muestra 2: Peso posterior de cada pollo después de la nueva dieta.

Aquí, las dos muestras están vinculadas de manera específica, ya que cada medición posterior a la nueva dieta está directamente asociada con la medición inicial del mismo pollo. La prueba de hipótesis de dos muestras dependientes podría aplicarse para determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en el peso corporal como consecuencia de la nueva dieta.

• **Ejemplo 2**

Imaginemos un estudio centrado en investigar el efecto de un nuevo tipo de fertilizante en la producción de frutas en un huerto. El investigador mide la cantidad de frutas cosechadas de cada árbol antes de la aplicación del fertilizante y, luego, realiza mediciones nuevamente después de la aplicación. En este caso:

- Muestra 1: Cantidad de frutas cosechadas de cada árbol antes de la aplicación del fertilizante.

- Muestra 2: Cantidad de frutas cosechadas de cada árbol después de la aplicación del fertilizante.

Aquí, las muestras están emparejadas ya que cada medición después de la aplicación del fertilizante se relaciona directamente con la medición inicial del mismo árbol. La prueba de hipótesis de dos muestras dependientes sería una herramienta adecuada para evaluar si hay un cambio estadísticamente significativo en la producción de frutas debido al nuevo fertilizante.

**Estadístico de Prueba T-Student para muestras independientes**

La Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes es una herramienta estadística esencial que permite comparar las medias de dos grupos distintos sin una relación directa entre ellos. Su aplicación es crucial en la investigación para evaluar si existen diferencias significativas entre las poblaciones representadas por las dos muestras en términos de la variable de interés. Las fórmulas que utilizan son las siguientes:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{s^2 \left( \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} \right)} \quad S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}$$

$$s^2 = \frac{SS_t}{gl} = \frac{SS_1 + SS_2}{n_1 - 1 + n_2 - 1}$$

$$SS_1 = \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2$$

$$SS_2 = \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2$$

Donde:

- $\bar{x}_1, \bar{x}_2$  son las medias de los dos grupos.
- $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$  es la desviación estándar entre los dos grupos

- $SS_t$  es la suma de cuadrados total
- $SS_1, SS_2$  son las sumas de cuadrados de cada grupo.
- $S$  es la desviación estándar
- $x_1, x_2$  son cada uno de los datos del grupo 1 y 2
- $n_1$  y  $n_2$  son los tamaños de las dos muestras.

**Importancia y Aplicación para muestras independientes**

Al realizar una Investigación Comparativa se facilita la comparación entre dos grupos, como grupos de tratamiento y control en un experimento. También permite la validación de Resultados que contribuye a validar si las diferencias observadas entre dos grupos son estadísticamente significativas, brindando confianza en los resultados de un estudio.

**Ejemplos de Importancia y Aplicación**

• **Ejemplo 1**

**Importancia:** Dentro del ámbito pecuario, la Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes desempeña un papel crucial al posibilitar la comparación de variables clave entre dos grupos sin conexión directa. Su utilidad radica en permitir a los investigadores evaluar si existen diferencias estadísticamente significativas en características fundamentales, como el peso,

la tasa de crecimiento o la eficacia de distintas prácticas de cría entre dos poblaciones.

**Aplicación:** Consideremos un escenario en el que se estudia el impacto de dos dietas diferentes en el peso promedio de un grupo de animales. La aplicación de la Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes sería instrumental para determinar si existe una diferencia significativa en el peso promedio entre los animales alimentados con la Dieta A y aquellos alimentados con la Dieta B.

- **Ejemplo 2**

**Importancia:** En el ámbito agronómico, esta prueba desempeña un papel crucial al comparar características como la producción de frutas entre dos grupos independientes. Permite a agricultores y científicos evaluar si la aplicación de diferentes tratamientos, como distintos tipos de fertilizantes o técnicas de cultivo, resulta en diferencias significativas en la cantidad o calidad de la producción de frutas.

**Aplicación:** Supongamos que se lleva a cabo un estudio sobre el rendimiento de dos variedades de árboles frutales en un huerto. La Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes podría ser utilizada para determinar si hay una diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de frutas producidas por la Variedad A en comparación con la Variedad B. La Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes juega un rol vital en la toma de decisiones y la mejora de prácticas pecuarias y agronómicas, posibilitando una evaluación objetiva de la eficacia de diferentes enfoques o condiciones.

### Ejemplos de Muestras Independientes

- **Ejemplo 1**

**Contexto:** Un granjero decide realizar una comparación entre dos tipos diferentes de

alimentos para ganado. El objetivo es determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa en el peso promedio de dos grupos de vacas que han sido alimentadas con estos alimentos durante un período de tres meses.

**Hipótesis:**

**H0:** No hay diferencias significativas en el peso promedio entre las vacas alimentadas con Alimento A y Alimento B.

**H1:** Existen diferencias significativas en el peso promedio entre las vacas alimentadas con Alimento A y Alimento B.

**Procedimiento:** Para realizar la prueba, se selecciona una muestra de 30 vacas que han sido alimentadas con Alimento A y otra muestra de 30 vacas que han consumido Alimento B. La Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes se emplea para analizar si hay evidencia estadística suficiente que respalde la afirmación de que uno de los alimentos tiene un impacto significativamente diferente en el peso del ganado.

- **Ejemplo 2**

**Contexto:** Un agricultor se propone comparar la producción de manzanas en dos variedades diferentes de árboles. El objetivo es determinar si hay una diferencia significativa en el número promedio de manzanas cosechadas por árbol entre estas variedades.

**Hipótesis:**

**H0:** No hay diferencias significativas en la producción promedio de manzanas entre las variedades de árboles A y B.

**H1:** Existen diferencias significativas en la producción promedio de manzanas entre las variedades de árboles A y B.

**Procedimiento:** Se elige una muestra de 20 árboles de la variedad A y otra muestra de 20 árboles de la variedad B. La Prueba de Hipótesis de Dos Muestras Independientes se aplica para evaluar si hay suficiente evidencia estadística que respalde la conclusión de que la producción de manzanas difiere significativamente entre las dos variedades de árboles.

Estos ejemplos proporcionan detalles adicionales sobre cómo se aplican las pruebas de hipótesis de dos muestras independientes en el área agronómica y pecuaria, destacando la importancia de comparar grupos no pareados y determinar diferencias estadísticas en variables clave como el peso del ganado o la producción de frutas.

### Ejercicios de prueba de Hipótesis de dos muestras

#### Ejercicio 1

Un ganadero se propone investigar si hay una diferencia estadísticamente significativa en la tasa de crecimiento entre dos grupos de pollos que reciben diferentes suplementos nutricionales. Para esto, se selecciona una muestra de 30 pollos del Grupo A, que consumen Suplemento A, y otra muestra de 28 pollos del Grupo B, que consumen Suplemento B. La tasa de crecimiento promedio para el Grupo A es de 2.5 cm por semana, con una desviación estándar de 0.4 cm. En contraste, la tasa de crecimiento promedio para el Grupo B es de 2.8 cm por semana, con una desviación estándar de 0.5 cm.

#### Datos

- Tamaño de la muestra:  $n_1 = 30$  (Grupo A) y  $n_2 = 28$  (Grupo B)
- La tasa de crecimiento promedio para el Grupo A: 2.5 cm.
- La tasa de crecimiento promedio para el Grupo B: 2.8 cm.
- Desviación estándar Grupo A: 0.4 cm.
- Desviación estándar Grupo B: 0.5 cm.
- El nivel de significancia no establecido en el enunciado por lo que puede ser seleccionado en función de las recomendaciones.

#### Pasos para realizar una hipótesis de dos muestras

<b>1</b>	<b>Plantear la Hipótesis</b>	<b>Tipos de Hipótesis</b>							
	<p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>No hay diferencias significativas en la tasa de crecimiento promedio entre los pollos del Grupo A y del Grupo B con respecto a los suplementos nutricionales aplicados.</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento promedio entre los pollos del Grupo A y del Grupo B con respecto a los suplementos nutricionales aplicados.</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <math>\mu_A = \mu_B</math></p> <p><b>Ha:</b> <math>\mu_A \neq \mu_B</math></p>	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Bilateral</b></td> <td style="text-align: center;"><math>H_0: \mu_A = \mu_B</math></td> <td style="text-align: center;"><math>H_a: \mu_A \neq \mu_B</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"><b>Unilateral</b></td> <td style="text-align: center;"><math>H_0: \mu_A \geq \mu_B</math></td> <td style="text-align: center;"><math>H_a: \mu_A &lt; \mu_B</math></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math>H_0: \mu_A \leq \mu_B</math></td> <td style="text-align: center;"><math>H_a: \mu_A &gt; \mu_B</math></td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_a: \mu_A \neq \mu_B$	<b>Unilateral</b>	$H_0: \mu_A \geq \mu_B$	$H_a: \mu_A < \mu_B$	$H_0: \mu_A \leq \mu_B$
<b>Bilateral</b>	$H_0: \mu_A = \mu_B$	$H_a: \mu_A \neq \mu_B$							
<b>Unilateral</b>	$H_0: \mu_A \geq \mu_B$	$H_a: \mu_A < \mu_B$							
	$H_0: \mu_A \leq \mu_B$	$H_a: \mu_A > \mu_B$							



<p><b>2</b></p>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b>      <b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>98 %</u>                  Nivel de significancia (a): <u>2 %</u></p>
<p><b>3</b></p>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de dos muestras independientes porque se tiene un solo factor con dos niveles con características diferentes, que son los suplementos nutricionales aplicados a cada grupo.</p> <p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Normal</li> <li>T Student una muestra</li> <li><u>T Student no pareado (Independiente)</u></li> <li>T Student pareado (Dependiente)</li> <li>Fisher</li> </ol>
<p><b>4</b></p>	<p><b>Calcular los Estadísticos:</b></p> <p><b>Paso 1</b></p> $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0,4^2}{30} + \frac{0,5^2}{28}}$ $S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 0,119$ $t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$ $t_c = \frac{2,5 - 2,8}{0,119} = -2,52$ <p>Valor calculado: <math>t_c = -2,52</math>                  gl (grado libertad) = 30-1+28-1=56                  Valor tabla:(a/2; gl): <math>t_t = -2.395</math></p> <div data-bbox="850 750 1460 1187" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Gráfica de distribución T, df=56</p> </div>
<p><b>5</b></p>	<p><b>Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)</b></p> <p>Comparación con la fórmula:</p> <p>Para comparar se lo puede realizar en la parte positiva o negativa.</p> <p>El estadístico calculado es mayor que el de tabla por lo que se rechaza la Hipótesis nula (Ho), lo que significa que existen diferencias significativas con un valor de 2% en la tasa de crecimiento promedio entre los pollos del Grupo A y del Grupo B con respecto a los suplementos nutricionales aplicado. Para poder establecer si la diferencia es mayor o menor se necesita realizar una prueba de hipótesis unilateral.</p> <div data-bbox="890 1429 1353 1774" style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; background-color: #e6f2ff;"> <p style="text-align: center;"><b>Regla (Parte Positiva):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Para aceptar Ho:</b> Est. cal. &lt; Est. Tabla (Fórmula) <math>p &gt; \alpha</math> (Programa)</li> <li>- <b>Para aceptar Ha:</b> Est. cal. &gt; Est. Tabla (Fórmula) <math>p &lt; \alpha</math> (Programa)</li> </ul> </div>



## Ejercicio 2

En un estudio agronómico, se ha evaluado el rendimiento de dos tipos de fertilizantes (A y B) en el cultivo de maíz. Se han recolectado los datos para cada tipo de fertilizante,

registrando los rendimientos obtenidos en kilogramos por hectárea. El objetivo es determinar cual tiene mayor rendimiento medio entre los dos tipos de fertilizantes.

### Datos

Tipos de Fertilizantes	Rendimiento (Kg por hectárea)									
Fertilizante A	120	130	140	125	135	134	138	140	136	138
Fertilizante B	110	118	140	125	135	120	125	134	130	140

- Tamaño de la muestra:  $n_1 = 10$  (Fertilizante A) y  $n_2 = 10$  (Fertilizante B)
- Rendimiento promedio y desviación estándar para el Fertilizante A

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{120 + 130 + 140 + 125 + 135 + 134 + 128 + 140 + 136 + 138}{10}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1336}{10}$$

$$\bar{x}_1 = 133,6$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{x}_1)^2}{n - 1}}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{(120 - 132,6)^2 + (130 - 132,6)^2 + (140 - 132,6)^2 + \dots + (138 - 132,6)^2}{10 - 1}}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{400,4}{9}}$$

$$s_1 = 6,67$$

- Rendimiento promedio y desviación estándar para el Fertilizante B

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{120 + 118 + 140 + 125 + 135 + 120 + 125 + 134 + 130 + 140}{10}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1277}{10}$$

$$\bar{x}_1 = 127,7$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{x}_1)^2}{n - 1}}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(120 - 127,7)^2 + (118 - 127,7)^2 + (140 - 127,7)^2 + \dots + (140 - 127,7)^2}{10 - 1}}$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{882,1}{9}}$$

$$S_2 = 9,9$$

- El nivel de significancia no establecido en el enunciado por lo que puede ser seleccionado en función de las recomendaciones.
- Para establecer la hipótesis estadística se tiene de referencia los promedios de cada fertilizante.

**Pasos para realizar una hipótesis de dos muestras**

<b>1</b>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>El fertilizante B es mejor que del fertilizante A con rendimiento del cultivo del maíz.</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>El fertilizante A es mejor que del fertilizante B con rendimiento del cultivo del maíz.</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <math>\mu_A \leq \mu_B</math></p> <p><b>Ha:</b> <math>\mu_A &gt; \mu_B</math></p>	<b>Tipos de Hipótesis</b>							
		<table border="1"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td>Ho: <math>\mu_A = \mu_B</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A \neq \mu_B</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Unilateral</b></td> <td>Ho: <math>\mu_A \geq \mu_B</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A &lt; \mu_B</math></td> </tr> <tr> <td>Ho: <math>\mu_A \leq \mu_B</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A &gt; \mu_B</math></td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	Ho: $\mu_A = \mu_B$	Ha: $\mu_A \neq \mu_B$	<b>Unilateral</b>	Ho: $\mu_A \geq \mu_B$	Ha: $\mu_A < \mu_B$	Ho: $\mu_A \leq \mu_B$
<b>Bilateral</b>	Ho: $\mu_A = \mu_B$	Ha: $\mu_A \neq \mu_B$							
<b>Unilateral</b>	Ho: $\mu_A \geq \mu_B$	Ha: $\mu_A < \mu_B$							
	Ho: $\mu_A \leq \mu_B$	Ha: $\mu_A > \mu_B$							
<b>2</b>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>96 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>4 %</u></p>	<b>Recomendado: 0 a 5 %</b>							
<b>3</b>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de dos muestras independientes porque se tiene un solo factor con dos niveles con características diferentes, que son los fertilizantes aplicados a cada grupo del cultivo de maíz.</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <p>a. Normal</p> <p>b. T Student una muestra</p> <p>c. <u>T Student no pareado (Independiente)</u></p> <p>d. T Student pareado (Dependiente)</p> <p>e. Fisher</p>							



**4 Calcular los Estadísticos:**

**Paso 1**

$$SS_i = \sum (x_i - \bar{x}_i)^2$$

$$SS_1 = 400,4 \quad SS_2 = 882,1$$

**Paso 2**

$$s^2 = \frac{400,4 + 882,1}{9 + 9}$$

$$s^2 = 71,25$$

**Paso 3**

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{s^2 \left( \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2} \right)}$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{71,25 \cdot \left( \frac{9+9}{9 \cdot 9} \right)}$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 3,98$$

**Paso 4**

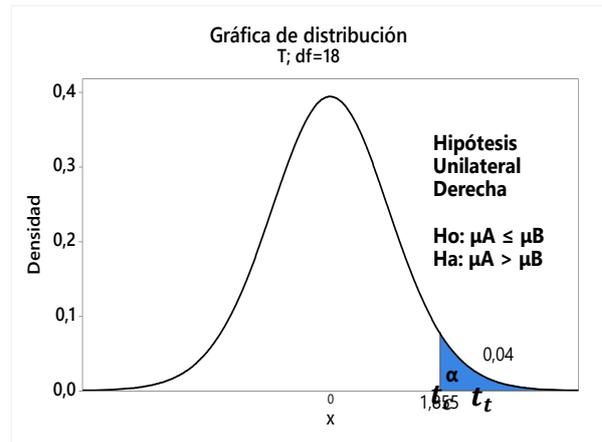
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

$$t_c = \frac{133,60 - 127,70}{3,98} = 1,48$$

Valor calculado:  $t_c = 1,48$

gl (grado libertad) = 10-1+10-1=18

Valor tabla:( $\alpha$ ; gl):  $t_t = 1,855$



**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

Para comparar se lo realizar en la parte positiva.

El estadístico calculado es menor que el de tabla por lo que no se rechaza la Hipótesis nula (Ho), lo que significa que el fertilizante B es mejor que del fertilizante A en el rendimiento del cultivo del maíz, con una significancia del 4 %.

**Regla (Parte Positiva):**

- **Para aceptar Ho:**  
Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  
 $p > \alpha$  (Programa)
- **Para aceptar Ha:**  
Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  
 $p < \alpha$  (Programa)



### Ejercicio 3

En un estudio agrícola, se ha examinado el rendimiento de un campo de pasto antes y después de la introducción de un novedoso método de riego. Se han obtenido muestras de rendimiento en kilogramos por hectárea

con el propósito de analizar si existe una diferencia significativa en el rendimiento del pasto debido al cambio en el método de riego. Cada parcela de pasto es considerada su propia referencia.

#### Datos

Método de Riego	Rendimiento (Kg por hectárea)									
Antes	500	520	480	490	510	500	505	495	490	485
Después	550	540	600	530	560	520	510	510	520	500

- Tamaño de la muestra:  $n = n_1 = 10$  (Antes) =  $n_2 = 10$  (Después)
- Rendimiento promedio y desviación estándar para el Fertilizante A

$$\bar{x}_1 = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{500 + 520 + 480 + 490 + 510 + 500 + 505 + 495 + 490 + 485}{10}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{4975}{10}$$

$$\bar{x}_1 = 497,5$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{x}_1)^2}{n - 1}}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{(500 - 497,5)^2 + (520 - 497,5)^2 + (480 - 497,5)^2 + \dots + (485 - 497,5)^2}{10 - 1}}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{1312,5}{9}}$$

$$s_1 = 12,08$$

- Rendimiento promedio y desviación estándar para el Fertilizante B

$$\bar{x}_2 = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{550 + 540 + 600 + 530 + 560 + 520 + 510 + 510 + 520 + 500}{10}$$



$$\bar{x}_2 = \frac{5340}{10}$$

$$\bar{x}_1 = 534,0$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{x}_1)^2}{n - 1}}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(550 - 534,0)^2 + (540 - 534,0)^2 + (600 - 534,0)^2 + \dots + (500 - 534,4)^2}{10 - 1}}$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{8040,0}{9}}$$

$$S_2 = 29,89$$

- El nivel de significancia no establecido en el enunciado por lo que puede ser seleccionado en función de las recomendaciones.

**Pasos para realizar una hipótesis de dos muestras**

<p><b>1</b></p>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>No hay una diferencia significativa en el rendimiento del pasto debido al cambio en el método de riego</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Existe una diferencia significativa en el rendimiento del pasto debido al cambio en el método de riego</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <math>\mu_A = \mu_B</math></p> <p><b>Ha:</b> <math>\mu_A \neq \mu_B</math></p>	<p><b>Tipos de Hipótesis</b></p> <table border="1" data-bbox="957 1086 1476 1254"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td>Ho: <math>\mu_A = \mu_B</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A \neq \mu_B</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Unilateral</b></td> <td>Ho: <math>\mu_A \geq \mu_B</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A &lt; \mu_B</math></td> </tr> <tr> <td>Ho: <math>\mu_A \leq \mu_B</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A &gt; \mu_B</math></td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	Ho: $\mu_A = \mu_B$	Ha: $\mu_A \neq \mu_B$	<b>Unilateral</b>	Ho: $\mu_A \geq \mu_B$	Ha: $\mu_A < \mu_B$	Ho: $\mu_A \leq \mu_B$	Ha: $\mu_A > \mu_B$
<b>Bilateral</b>	Ho: $\mu_A = \mu_B$	Ha: $\mu_A \neq \mu_B$								
<b>Unilateral</b>	Ho: $\mu_A \geq \mu_B$	Ha: $\mu_A < \mu_B$								
	Ho: $\mu_A \leq \mu_B$	Ha: $\mu_A > \mu_B$								
<p><b>2</b></p>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>99 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>1 %</u></p>	<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>								
<p><b>3</b></p>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de dos muestras dependientes porque se tiene un solo factor con dos niveles con características iguales, que es el rendimiento antes y después de aplicar un método de riego.</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <p>a. Normal</p> <p>b. T Student una muestra</p> <p>c. T Student no pareado (Independiente)</p> <p>d. <u>T Student pareado (Dependiente)</u></p> <p>e. Fisher</p>								



**4 Calcular los Estadísticos:**

**Paso 1**

$$SS = \sum (x_1 - x_2)^2 - \frac{(\sum (x_1 - x_2))^2}{n}$$

$$SS = 23175 - \frac{133255}{10}$$

$$SS = 9849,5$$

**Paso 2**

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{SS}{n(n-1)}}$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{9849,5}{10(10-1)}}$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 10,46$$

**Paso 3**

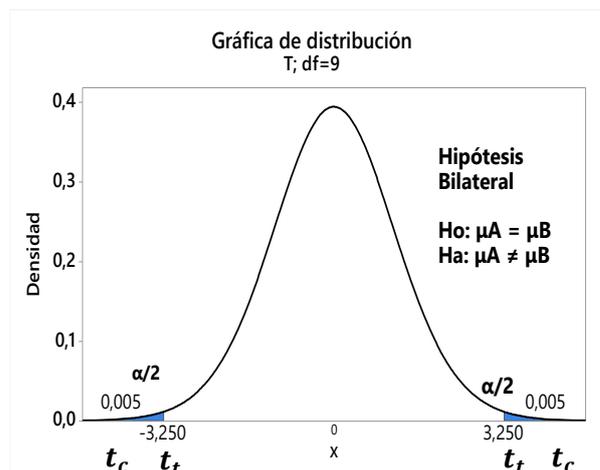
$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

$$t_c = \frac{497,5 - 534,0}{10,46} = -3,49$$

Valor calculado:  $t_c = -3,49$

gl (grado libertad) = 10-1 = 9

Valor tabla:( $\alpha/2$ ; gl):  $t_t = 3,250$



**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

Para comparar se lo realizar en la parte positiva o negativa.

El estadístico calculado es mayor que el de tabla por lo que se rechaza la Hipótesis nula (Ho), lo que significa que existe una diferencia significativa con un 1 % en el rendimiento del pasto antes y después debido al cambio en el método de riego.

**Regla (Parte Positiva):**

- Para aceptar Ho: Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  $p > \alpha$  (Programa)
- Para aceptar Ha: Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  $p < \alpha$  (Programa)



## Aplicación de Hipótesis con una y dos muestras con herramientas informáticas

En estadística, la aplicación de hipótesis desempeña un papel fundamental al evaluar afirmaciones y tomar decisiones respaldadas por evidencia. En este contexto, la comparación de medias mediante una y dos muestras se presenta como una herramienta estadística poderosa para analizar diferencias entre grupos. En este texto, examinaremos cómo estas técnicas pueden ser implementadas con el apoyo de herramientas informáticas, lo que permite un análisis más preciso y eficiente de los datos.

La evaluación de hipótesis con una muestra se utiliza para hacer inferencias sobre las características de una población basándose en una sola muestra de datos. Con el respaldo de herramientas informáticas, como software estadístico especializado, es factible llevar a cabo pruebas de hipótesis para la media poblacional. Este enfoque encuentra aplicación en diversas áreas, desde la investigación científica hasta la toma de decisiones empresariales.

El uso de herramientas informáticas no solo acelera el cálculo de estadísticas, sino que también brinda visualizaciones gráficas, facilitando la interpretación de resultados. Además, la automatización de cálculos disminuye el riesgo de errores humanos, lo que

mejora la precisión de los análisis. A medida que avanzamos en este análisis, exploraremos casos prácticos y ejemplos para ilustrar cómo aplicar estas técnicas con herramientas informáticas, resaltando la importancia de una interpretación estadística adecuada para respaldar decisiones informadas en diversos campos.

### Aplicación mediante el Software Estadístico

El programa Minitab, es un software estadístico de amplio uso, desempeña un papel crucial en la industria al ofrecer herramientas poderosas para el análisis de datos y la toma de decisiones informadas. Sus aplicaciones incluyen la evaluación del rendimiento del ganado mediante pruebas de hipótesis y análisis de varianza, el control de calidad en la producción, la optimización de dietas y formulaciones nutricionales, así como el análisis de datos longitudinales en estudios de seguimiento. Minitab facilita la identificación de relaciones complejas entre variables y la visualización de resultados a través de representaciones gráficas, contribuyendo así a mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de la producción pecuaria y agronómica.

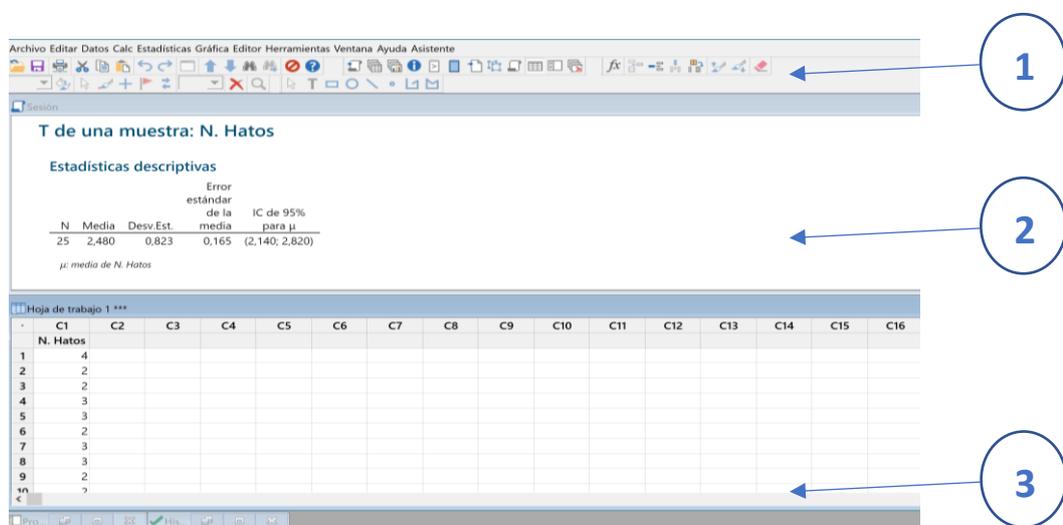


Figura 24. Entorno del Programa Minitab. 1. Barra de herramientas, 2. Sección de Presentación de resultado, 3. Hojas de trabajo para ingresar los datos.

## Paso para realizar una prueba de Hipótesis de una muestra

Los pasos para realizar una prueba de hipótesis de una muestra utilizando el software estadístico es el siguiente:

- a) Ingresar los datos (Variable dependiente) en una sola columna en la hoja de trabajo, incluido el nombre de la variable de análisis. Se recomienda colocar previamente los datos en Excel para verificar el formato como numérico.
- b) Dirigirse a la barra de herramientas en la pestaña estadística, estadística básica y seleccionar el estadístico Z o t de una muestra, dependiendo de la cantidad de datos (Referencia de 30 datos mayor o menor - igual).
- c) En el cuadro de dialogo, escoger que la muestra está en una columna cuando se

tienen datos, o datos resumidos si no se tiene datos recolectados. Luego seleccionar la variable de análisis dando doble click y posteriormente colocar el valor de la media hipotética (Valor de referencia).

- d) En la misma venta de dialogo, el botón opciones permite cambiar el nivel de confianza y el tipo de hipótesis alternativa (Bilateral, Unilateral a la derecha o izquierda) según la necesidad o condición establecida previamente. En el botón de gráficos se tiene alternativa de gráficos, se recomienda generar el histograma y diagrama de caja. Finalmente colocar aceptar para que se obtenga los resultados.

**a) Ingreso Datos**

	C1	C2	C3
	N. Hatos		
1	4		
2	2		
3	2		
4	3		
5	3		
6	2		
7	3		
8	3		
9	2		

**b) Selección del Estadístico**

**c) Configuración del Estadístico de prueba**

**d) Configuración del nivel de confianza, tipos de gráficos**



### Generación de resultados

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para $\mu$
25	2,480	0,823	0,165	(2,140; 2,820)

$\mu$ : media de N. Hatos

**Prueba**

Hipótesis nula  $H_0: \mu = 3$   
 Hipótesis alterna  $H_1: \mu \neq 3$

Valor T	Valor p
-3,16	0,004

[Histograma de N. Hatos](#)

Tabla 6. Pasos para una prueba de hipótesis de una muestra en el Programa Minitab.

### Paso para realizar una prueba de Hipótesis de dos muestras

Los pasos para realizar una prueba de hipótesis de dos muestras utilizando el software estadístico es el siguiente:

- a) Ingresar los datos correspondientes a las dos variables dependientes en columnas cada una, en de la hoja de trabajo, incluyendo los nombres de las variables de análisis. Se aconseja previamente organizar los datos en Excel para verificar las variables tenga en formato cuantitativo.
- b) Navegar a la barra de herramientas, dirigirse a la pestaña de estadísticas y seleccionar la opción de estadística básica. Posteriormente, elegir el estadístico  $t$  dos muestras (muestras independientes) o  $t$  pareado (muestras dependientes).

- c) En la ventana de diálogo, optar por indicar si cada muestra se encuentra en su columna cuando hay datos, o datos resumidos en el caso de no haber recolección de datos. Luego, seleccionar las variables de análisis agrupadas por los niveles del factor, mediante doble clic.
- d) Dentro de la misma ventana de diálogo, el botón de opciones posibilita ajustar el nivel de confianza y el tipo de hipótesis alternativa (bilateral, unilateral a la derecha o izquierda) según las necesidades o condiciones establecidas previamente. En el botón de gráficos se ofrecen diversas alternativas gráficas, siendo recomendable generar el diagrama de caja, en la parte de diferencia hipotética dejar con el valor cero. Finalmente, hacer clic en aceptar para obtener los resultados deseados.



**a) Ingreso Datos**

Hoja de trabajo 1 ***			
	C1	C2	C3
	Alimento A	Alimento B	
1	0,32	0,41	
2	0,64	0,53	
3	0,82	0,86	
4	0,95	0,99	
5	1,22	1,16	
6			
7			
8			

**b) Selección del Estadístico**

Minitab - ejemplo t estudent con dos muestras dependientes, ejercicio 2.MPJ

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

Estadísticas básicas

- Mostrar estadísticos descriptivos...
- Almacenar estadísticos descriptivos...
- Resumen gráfico...
- Z de 1 Muestra...
- t de 1 Muestra...
- t de 2 muestras...
- t pareada...
- 1 Proporción...
- 2 Proporciones...
- Tasa de Poisson
- 1 varianza...
- 2 varianzas...
- Correlación...
- Covarianza...
- Prueba de normalidad...
- Prueba de valores atípicos...
- Prueba de bondad de ajuste para Poisson...

Hoja de trabajo 1 \*\*\*

	C1	C2	C3	C4	C5
	Alimento A	Alimento B			
1	0,32	0,41			
2	0,64	0,53			
3	0,82	0,86			
4	0,95	0,99			
5	1,22	1,16			

**c) Configuración del Estadístico de prueba**

Minitab - ejemplo t estudent con dos muestras dependientes, ejercicio 2.MPJ

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

t de dos muestras para la media

Ambas muestras están en una columna

Ambas muestras están en una columna

**Cada muestra está en su columna**

Datos resumidos

ID de muestras:

Seleccionar Opciones... Gráficas...

Ayuda Aceptar Cancelar

t de dos muestras para la media

C1	Alimento A	Cada muestra está en su columna
C2	Alimento B	

Muestra 1: 'Alimento A'

Muestra 2: 'Alimento B'

Seleccionar Opciones... Gráficas...

Ayuda Aceptar Cancelar

**d) Configuración del nivel de confianza, tipos de gráficos**

t de dos muestras: opciones

Diferencia = (media de muestra 1) - (media de muestra 2)

Nivel de confianza: 95,0

Diferencia hipotetizada: 0,0

Hipótesis alterna: Diferencia ≠ diferencia hipotética

Asumir varianzas iguales

Ayuda Aceptar Cancelar

t de dos muestras: gráficos

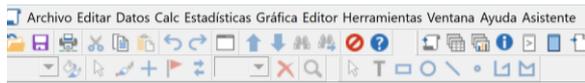
Gráfica de valores individuales

Gráfica de caja

Ayuda Aceptar Cancelar



### Generación de resultados



#### IC y Prueba T pareada: Alimento A; Alimento B

##### Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Alimento A	5	0,790	0,337	0,151
Alimento B	5	0,790	0,314	0,140

##### Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia $\mu$
0,0000	0,0822	0,0367	(-0,1020; 0,1020)

*diferencia  $\mu$ : media de (Alimento A - Alimento B)*

##### Prueba

Hipótesis nula  $H_0$ : diferencia  $\mu = 0$   
 Hipótesis alterna  $H_1$ : diferencia  $\mu \neq 0$

Valor T	Valor p
0,0000000	1,000

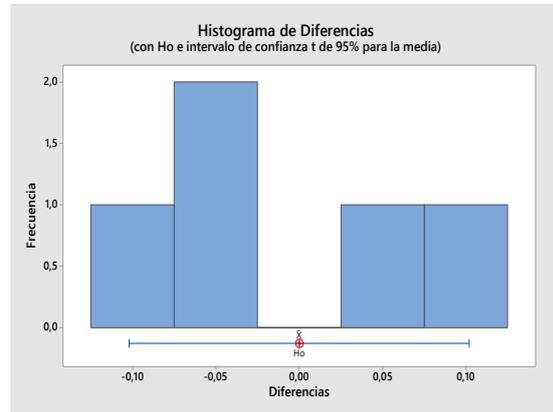


Tabla 7. Pasos para una prueba de hipótesis de dos muestras en el Programa Minitab.



# Cuestionario

## Capítulo II

---

## CUESTIONARIO CAPÍTULO II

### 1. ¿Qué es una prueba de hipótesis en el contexto de la investigación agronómica y pecuaria?

- a) Un método para recopilar datos experimentales.
- b) Una técnica para calcular la varianza de una muestra.
- c) Una forma de evaluar si una afirmación sobre una población es razonable.
- d) Un enfoque para seleccionar muestras aleatorias.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 2. ¿Qué es la hipótesis nula en una prueba de hipótesis?

- a) Una afirmación que se cree que es cierta.
- b) Una afirmación que se intenta refutar con los datos del estudio.
- c) Una afirmación sobre una población que se mantiene sin evidencia suficiente para rechazarla.
- d) Una afirmación que siempre se aplica en el contexto del estudio.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 3. ¿Qué es la hipótesis alternativa en una prueba de hipótesis?

- a) Una afirmación que se mantiene sin evidencia suficiente para rechazarla.
- b) Una afirmación que se cree que es cierta.
- c) Una afirmación sobre una población que se intenta refutar con los datos del estudio.
- d) Una afirmación que siempre se aplica en el contexto del estudio.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 4. ¿Cuál es el paso principal en una prueba de hipótesis?

- a) Recopilación de datos experimentales.
- b) Cálculo de la media de la muestra.
- c) Formulación de la hipótesis nula y alternativa.
- d) Comparación de los datos con un valor crítico o un intervalo de confianza.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 5. ¿Qué es el nivel de significancia en una prueba de hipótesis?

- a) La probabilidad de cometer un error tipo I.
- b) La probabilidad de cometer un error tipo II.
- c) La precisión de los datos recolectados.
- d) El tamaño de la muestra.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 6. ¿Qué tipo de prueba de hipótesis se utiliza para comparar la media de una muestra con un valor conocido?

- a) Prueba de una muestra.
- b) Prueba de dos muestras independientes.
- c) Prueba de dos muestras dependientes.
- d) Prueba de correlación.
- e) Ninguna de las anteriores.

### 7. ¿Qué es una prueba t en el contexto de pruebas de hipótesis?

- a) Una prueba para comparar dos varianzas.
- b) Una prueba para comparar dos proporciones.
- c) Una prueba para comparar dos medias.



- d) Una prueba para comparar dos desviaciones estándar.
- e) Ninguna de las anteriores.

**8. ¿Cuál es la diferencia entre una prueba  $t$  de una muestra y una prueba  $t$  de dos muestras independientes?**

- a) La prueba  $t$  de una muestra solo se aplica a muestras grandes.
- b) La prueba  $t$  de una muestra compara la media de la muestra con un valor conocido, mientras que la prueba  $t$  de dos muestras independientes compara las medias de dos muestras distintas.
- c) La prueba  $t$  de una muestra solo se utiliza cuando se tienen dos muestras dependientes.
- d) La prueba  $t$  de una muestra utiliza la desviación estándar poblacional, mientras que la prueba  $t$  de dos muestras independientes utiliza la desviación estándar muestral.
- e) Ninguna de las anteriores.

**9. ¿Qué es una prueba  $t$  de dos muestras dependientes?**

- a) Una prueba para comparar dos proporciones en muestras independientes.
- b) Una prueba para comparar dos medias en muestras independientes.
- c) Una prueba para comparar dos medias en muestras que están relacionadas o pareadas.
- d) Una prueba para comparar dos varianzas en muestras independientes.
- e) Ninguna de las anteriores.

**10. ¿Cuál es el supuesto principal para realizar una prueba  $t$  de dos muestras independientes?**

- a) Las muestras deben tener la misma cantidad de observaciones.
- b) Las muestras deben provenir de poblaciones con la misma varianza.
- c) Las muestras deben ser independientes entre sí.
- d) Las muestras deben provenir de poblaciones con la misma media.
- e) Ninguna de las anteriores.

**11. ¿Qué es una prueba  $t$  pareada en el contexto de pruebas de hipótesis?**

- a) Una prueba para comparar dos medias en muestras independientes.
- b) Una prueba para comparar dos proporciones en muestras independientes.
- c) Una prueba para comparar dos medias en muestras relacionadas o pareadas.
- d) Una prueba para comparar dos varianzas en muestras independientes.
- e) Ninguna de las anteriores.

**12. ¿Cuál es el paso final en una prueba de hipótesis?**

- a) Definir la hipótesis nula.
- b) Realizar el cálculo estadístico.
- c) Interpretar los resultados y tomar una decisión.
- d) Recopilar datos experimentales.
- e) Ninguna de las anteriores.

**13. ¿Cuál es el propósito de una prueba de hipótesis?**

- a) Demostrar que la hipótesis nula es cierta.
- b) Demostrar que la hipótesis alternativa es cierta.
- c) Evaluar la evidencia en contra de la hipótesis nula.
- d) Evaluar la precisión de los datos recolectados.
- e) Ninguna de las anteriores.

**14. ¿Qué significa un valor p menor que el nivel de significancia?**

- a) Se rechaza la hipótesis nula.
- b) Se acepta la hipótesis nula.
- c) Se rechaza la hipótesis alternativa.
- d) Se acepta la hipótesis alternativa.
- e) Ninguna de las anteriores.

**15. ¿Cuál es la interpretación correcta de un intervalo de confianza del 95%?**

- a) Hay un 95% de probabilidad de que la media poblacional esté dentro del intervalo.
- b) Hay un 95% de probabilidad de que la media muestral esté dentro del intervalo.
- c) Hay un 95% de probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta.
- d) Hay un 95% de probabilidad de que la hipótesis alternativa sea cierta.
- e) Ninguna de las anteriores.

**16. ¿Qué es un error tipo I en el contexto de las pruebas de hipótesis?**

- a) Rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.
- b) Aceptar la hipótesis nula cuando es falsa.
- c) Rechazar la hipótesis alternativa cuando es verdadera.
- d) Aceptar la hipótesis alternativa cuando es falsa.
- e) Ninguna de las anteriores.

**17. ¿Qué es un error tipo II en el contexto de las pruebas de hipótesis?**

- a) Aceptar la hipótesis nula cuando es falsa.
- b) Rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.
- c) Aceptar la hipótesis alternativa cuando es verdadera.
- d) Rechazar la hipótesis alternativa cuando es falsa.
- e) Ninguna de las anteriores.

**18. ¿Qué es el tamaño del efecto en una prueba de hipótesis?**

- a) La magnitud de la diferencia observada entre las muestras.
- b) La cantidad de observaciones en la muestra.
- c) La precisión de los datos recolectados.
- d) La probabilidad de cometer un error tipo I.
- e) Ninguna de las anteriores.

**19. ¿Cuál es el propósito de realizar una prueba de normalidad en una prueba de hipótesis?**

- a) Evaluar si los datos provienen de una distribución normal.
- b) Evaluar si la varianza de las muestras es igual.
- c) Evaluar si las muestras son independientes entre sí.
- d) Evaluar si las muestras tienen la misma media.
- e) Ninguna de las anteriores.

**20. ¿Qué es la potencia de una prueba estadística?**

- a) La probabilidad de cometer un error tipo I.
- b) La probabilidad de cometer un error tipo II.
- c) La capacidad de detectar una diferencia cuando realmente existe.
- d) La precisión de los datos recolectados.
- e) Ninguna de las anteriores.



# 03

## ANÁLISIS DE VARIANZA ORDENACIÓN UNILATERAL

---

# CAPÍTULO TRES

## ANÁLISIS DE VARIANZA ORDENACIÓN UNILATERAL

### Tipos de Análisis de varianza y grados de libertad.

El análisis de varianza (ANOVA) es una herramienta estadística fundamental utilizada para comparar las medias de tres o más grupos y determinar si existen diferencias

significativas entre ellos. Se aplica en una amplia gama de campos, desde la agricultura hasta la medicina y la psicología.



Figura 25. Ejemplo de Aplicación de ANOVA

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=UIH3Dy4KIX0>

El ANOVA surgió de los esfuerzos pioneros de Ronald A. Fisher a principios del siglo XX. Fisher, mientras trabajaba en el Rothamsted Experimental Station en el Reino Unido en la década de 1920, se dedicó a investigar los efectos de diferentes métodos agrícolas en los rendimientos de los cultivos. Su objetivo era encontrar una forma de examinar la variabilidad en los datos experimentales y determinar si las diferencias observadas entre los tratamientos aplicados eran estadísticamente significativas.

En su trabajo seminal, "Los Métodos Matemáticos de Investigación Agrícola", publicado en 1921, Fisher introdujo el concepto de análisis de varianza. Propuso un

enfoque para desglosar la variabilidad total en los datos en componentes que podían atribuirse a distintas fuentes, como los tratamientos experimentales y el error aleatorio.

Además, Fisher desarrolló la prueba F, que se ha convertido en una herramienta esencial en el ANOVA para evaluar la significancia estadística de las diferencias entre las medias de los grupos.



Figura 26. Ronald A. Fisher

Fuente: <https://artsandculture.google.com/entity/ronald-fisher/m0111c1?hl=es>

A lo largo del siglo XX, el ANOVA se ha consolidado como una técnica estadística ampliamente utilizada en diversos campos, incluyendo la agricultura, la biología, la psicología, la medicina y la ingeniería. Su popularidad se debe, en gran medida, a su capacidad para manejar experimentos con múltiples grupos y variables, así como para identificar diferencias sutiles entre ellos.

En síntesis, el análisis de varianza ha experimentado un desarrollo significativo desde los primeros trabajos de Ronald A. Fisher en la década de 1920 hasta convertirse en una herramienta fundamental para la comparación de medias en experimentos con múltiples grupos. Su evolución ha sido crucial para el progreso de la investigación científica en una amplia variedad de disciplinas.

Hay varios tipos de ANOVA diseñados para diferentes situaciones, y cada uno tiene asociados distintos grados de libertad, que son fundamentales para calcular la significancia estadística de los resultados.

### **ANOVA de un factor**

Esta variante de ANOVA se emplea cuando se quiere comparar la media de una variable

continua entre dos o más grupos definidos por un único factor categórico. Por ejemplo, podría utilizarse para determinar si hay diferencias en el rendimiento de cultivos entre diferentes tipos de fertilizantes.

En el ANOVA de un factor, los grados de libertad se dividen en dos componentes: los grados de libertad entre grupos, que representan la variabilidad entre los grupos, y los grados de libertad dentro de los grupos, que reflejan la variabilidad dentro de cada grupo.

### **ANOVA de dos factores**

Este tipo de ANOVA se aplica cuando se desea comparar las medias de una variable continua entre dos o más grupos definidos por dos factores categóricos diferentes. Por ejemplo, podría utilizarse para analizar cómo tanto el tipo de suelo como el nivel de riego afectan el rendimiento de los cultivos.

En ANOVA de dos factores, los grados de libertad se distribuyen entre tres componentes: los grados de libertad entre los niveles del primer factor, los grados de libertad entre los niveles del segundo factor, y los grados de libertad de interacción entre los dos factores.

Los grados de libertad son el número de valores independientes que pueden tomar las observaciones antes de que se fijen ciertas restricciones. Son esenciales para calcular las estadísticas de prueba y determinar la significancia estadística de los resultados del análisis de varianza. Una comprensión sólida de los tipos de ANOVA y los grados de libertad asociados es crucial para interpretar correctamente los resultados y realizar conclusiones válidas en estudios experimentales y observacionales.

### **Anova de bloques**

El ANOVA de bloques es una ampliación del análisis de varianza (ANOVA) tradicional, aplicada cuando existe una fuente de

variabilidad adicional que no es el foco principal del estudio pero que debe ser considerada o controlada en el análisis. Esta fuente extra de variabilidad se conoce como "bloque" y puede representar cualquier factor que se considere pertinente pero no fundamental para el estudio en cuestión.

En un diseño experimental convencional, el bloque se emplea para agrupar unidades experimentales que comparten características similares, pero pueden variar de otras unidades experimentales. Por ejemplo, en un estudio agrícola, los bloques podrían representar distintos campos de cultivo, parcelas de suelo o lotes de semillas

### Supuestos de un Diseño Paramétrico

Un diseño paramétrico en investigación estadística implica la adopción de ciertas suposiciones sobre la distribución de los datos recopilados en un estudio. Estas suposiciones se centran en la forma de la distribución de probabilidad subyacente que describe los datos. Por ejemplo, se puede asumir que los datos siguen una distribución normal, de Poisson o de alguna otra forma específica.

En un diseño paramétrico, se utilizan métodos estadísticos que dependen de estas suposiciones sobre la distribución de los datos. Por ejemplo, se pueden aplicar pruebas de hipótesis paramétricas, como la prueba normal z, la prueba de t de Student o la prueba F de análisis de varianza (ANOVA), que requieren que los datos se ajusten a un modelo paramétrico para proporcionar resultados válidos.

Por otro lado, los diseños no paramétricos, en contraste, no hacen suposiciones específicas sobre la distribución de los datos y se basan en métodos estadísticos que son robustos frente a diferentes formas de distribución.

Los supuestos de un diseño paramétrico constituyen condiciones esenciales que deben ser satisfechas para que los métodos estadísticos paramétricos sean aplicables y proporcionen resultados precisos y confiables. Estos supuestos son fundamentales ya que establecen ciertas premisas sobre la distribución de los datos y las relaciones entre las variables, lo que incide directamente en la interpretación correcta de los resultados estadísticos.

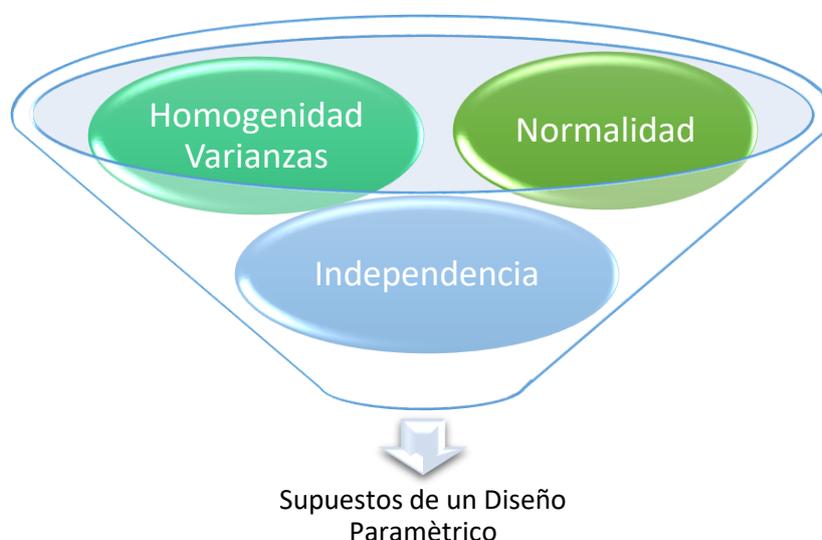


Figura 26. Esquema de los supuestos que deben cumplir un diseño paramétrico

## Normalidad de los datos

La normalidad de los datos es un supuesto esencial en muchas técnicas estadísticas paramétricas, lo que implica que los datos deben seguir una distribución normal o gaussiana. En términos simples, esto significa que los datos deben distribuirse de manera simétrica alrededor de la media, con la mayoría de las observaciones cerca de la media y una dispersión gradual hacia los extremos.

La presencia de normalidad en los datos es fundamental para realizar inferencias estadísticas precisas y válidas. Por ejemplo, en pruebas de hipótesis, análisis de regresión, ANOVA y otras técnicas paramétricas, se asume que los datos provienen de una distribución normal. Esta asunción permite

realizar cálculos precisos de probabilidades y estimaciones de parámetros.

La evaluación de la normalidad de los datos se puede realizar de varias maneras. Visualmente, se pueden usar histogramas y gráficos de probabilidad normal (QQ plots) para verificar si los datos se ajustan a una distribución normal. Además, existen pruebas estadísticas formales, como la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk que se usa cuando se tiene una muestra de datos menor a 50 datos y la prueba de Kolmogórov-Smirnov cuando la muestra es igual o mayor a 50 datos, lo que proporciona una evaluación más cuantitativa de la normalidad de los datos.

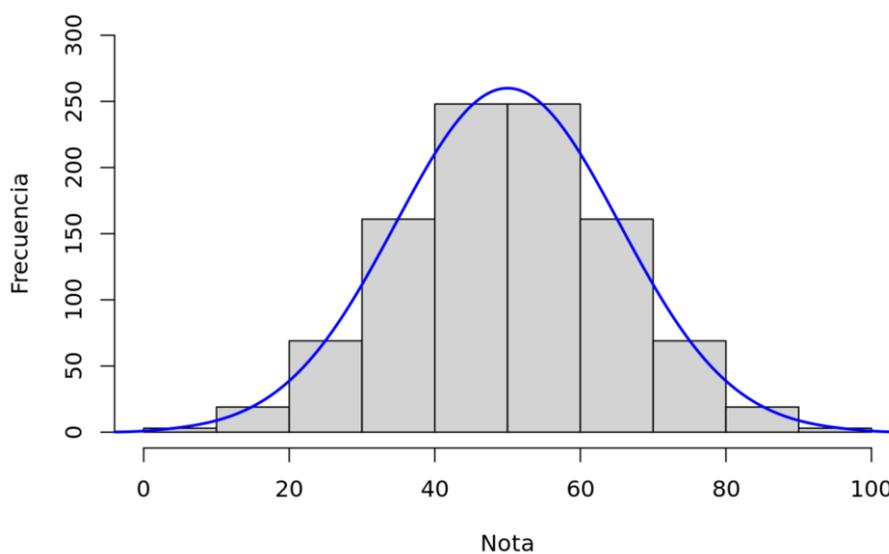


Figura 27. Distribución Normal

Fuente: <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/propiedades-de-la-curva-normal.html>

Es importante recordar que, en la práctica, los datos rara vez son perfectamente normales. Sin embargo, en muchos casos, los métodos paramétricos pueden ser robustos ante pequeñas desviaciones de la normalidad,

especialmente cuando el tamaño de la muestra es grande.

En situaciones donde la normalidad está notablemente ausente, pueden ser más apropiados métodos no paramétricos o



transformaciones de datos para realizar análisis estadísticos válidos. Cuando los datos no cumplen con el supuesto de normalidad, es decir, cuando no siguen una distribución normal, es necesario aplicar transformaciones a los datos. Estas transformaciones tienen como objetivo ajustar los datos a una distribución normal o estabilizar la varianza, lo que los hace más apropiados para su análisis con métodos estadísticos paramétricos.

### Transformación de los datos

Existen varias transformaciones comunes que se pueden aplicar a los datos:

**Transformación logarítmica:** Esta transformación se emplea cuando los datos presentan un sesgo positivo, es decir, cuando la cola derecha de la distribución es más larga que la izquierda. Al aplicar la transformación logarítmica, se logra comprimir los valores extremadamente grandes, reduciendo el sesgo y acercando los datos a una distribución normal.

**Transformación raíz cuadrada:** Similar a la transformación logarítmica, se utiliza la transformación raíz cuadrada para corregir el sesgo en datos positivos y asimétricos. Es especialmente útil cuando la distribución de los datos presenta una cola derecha larga.

**Transformación recíproca:** Esta transformación implica tomar el inverso de los datos y se utiliza para corregir el sesgo en datos que presentan una cola izquierda larga. Sin embargo, es importante tener en cuenta que esta transformación puede generar problemas con valores cercanos a cero y con valores extremos.

**Transformación de Box-Cox:** La transformación de Box-Cox es una familia de transformaciones parametrizadas que incluye la transformación logarítmica y la transformación recíproca como casos especiales. Esta técnica busca encontrar el valor óptimo del parámetro lambda para

hacer que los datos se ajusten mejor a una distribución normal.

Es esencial considerar la interpretación de los datos transformados y realizar diagnósticos adicionales para verificar si las transformaciones han logrado corregir los problemas de normalidad y homogeneidad de varianza antes de realizar el análisis estadístico final.

**Transformación Lambda:** La transformación de Box-Cox, también conocida como transformación lambda, es una técnica utilizada en estadística para ajustar los datos a una distribución normal y estabilizar la varianza. Esta herramienta es especialmente útil cuando los datos no cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza requeridos por muchos métodos estadísticos. Esta transformación se basa en un parámetro llamado lambda ( $\lambda$ ), que determina el tipo de ajuste que se aplicará a los datos. Por ejemplo.

- Cuando  $\lambda = 0$ , la transformación de Box-Cox es equivalente a la transformación logarítmica
- Mientras que para  $\lambda = 1$  no se aplica ninguna transformación.
- Cuando el parámetro lambda ( $\lambda$ ) tiene un valor de 0.5, la transformación de Box-Cox se asemeja a la operación de obtener la raíz cuadrada de los datos.
- Por otro lado, si  $\lambda$  toma el valor de -1, la transformación de Box-Cox es similar a aplicar la operación de inversión (recíproca) a los datos.

El valor de lambda puede variar, y su determinación se realiza mediante técnicas estadísticas como la maximización de la verosimilitud o la minimización del error cuadrático medio. Es fundamental destacar que la transformación de Box-Cox solo se puede aplicar a datos estrictamente positivos. Si los datos contienen valores

negativos o cero, es necesario ajustarlos antes de aplicar esta transformación.

**Diseños no paramétricos**

Los métodos no paramétricos, también llamados diseños no paramétricos, son enfoques estadísticos empleados cuando ciertas suposiciones sobre la distribución de los datos no se cumplen o cuando se prefiere utilizar métodos más adaptables que no estén ligados a dichas suposiciones. A diferencia de los métodos paramétricos, que requieren que los datos sigan una distribución específica, los métodos no paramétricos son más versátiles y pueden ser aplicados a una amplia variedad de distribuciones o a datos ordinales o nominales en lugar de numéricos. Entre los métodos no paramétricos más usuales se encuentran.

**Pruebas de rangos:** Estas pruebas se emplean para comparar medianas o medias de dos o más grupos cuando los datos no siguen una distribución normal. Ejemplos de pruebas de

rangos incluyen la prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney para dos muestras y la prueba de Kruskal-Wallis para más de dos muestras.

**Pruebas de signos y rangos signados:** Estas pruebas se utilizan al comparar dos muestras pareadas y cuando los datos no siguen una distribución normal. Por ejemplo, la prueba de signos se emplea para comparar la mediana de las diferencias entre dos condiciones.

**Pruebas de independencia:** Estas pruebas se aplican para evaluar si existe una asociación entre dos variables categóricas. Ejemplos de pruebas de independencia incluyen la prueba exacta de Fisher y la prueba chi-cuadrado.

Estos métodos no paramétricos proporcionan alternativas sólidas cuando las suposiciones sobre la distribución de los datos no se cumplen, permitiendo así un análisis estadístico robusto en una amplia gama de situaciones de investigación.

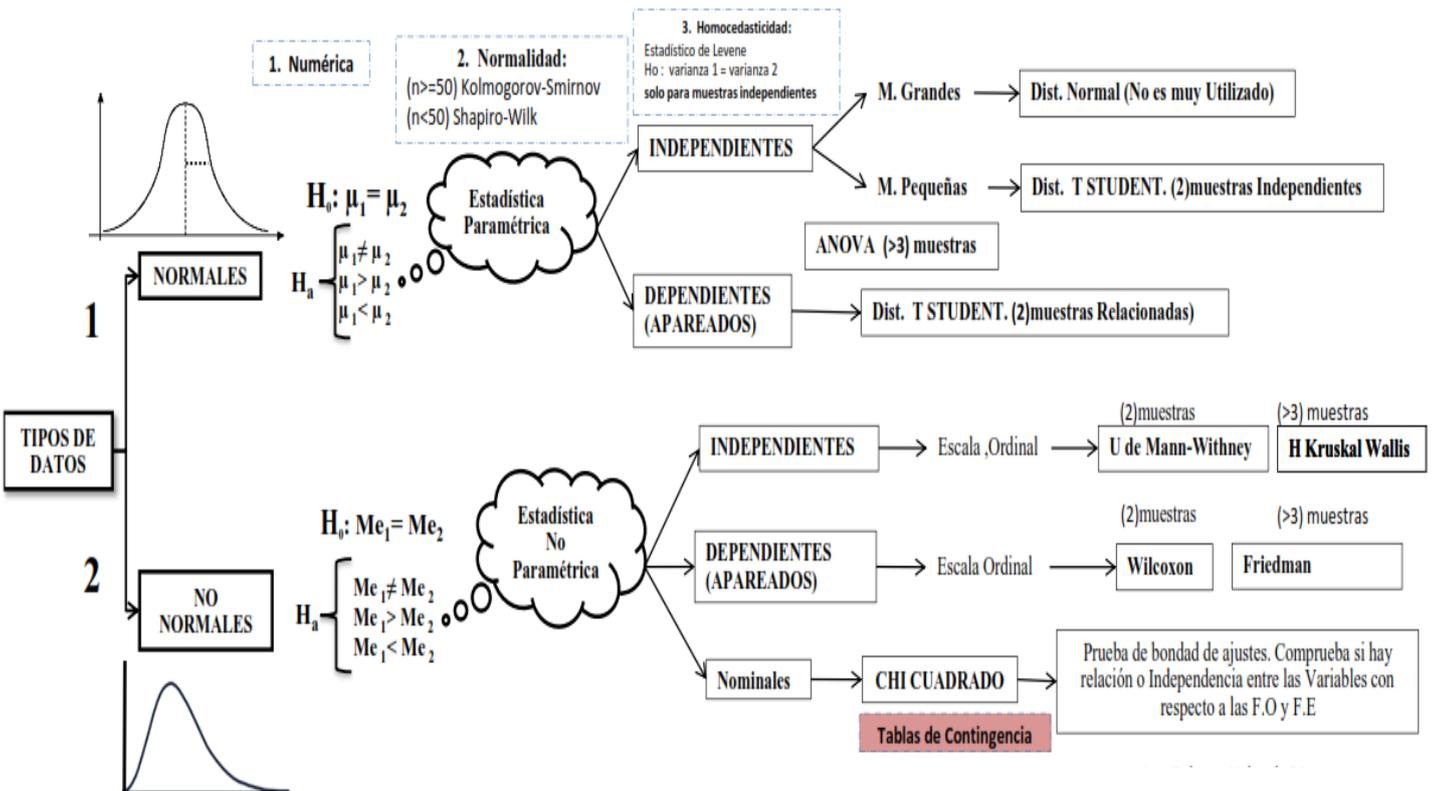


Figura 28: Tipos de Diseños Paramétricos y no Paramétricos



### Proceso para realizar Normalidad

El proceso de verificar la normalidad de los datos es esencial en estadística para asegurar que los datos se ajusten a una distribución

normal, lo que es fundamental para aplicar ciertos métodos estadísticos. El Proceso es el siguiente:

Etapas	Pasos
<b>Recopilación de datos</b>	Primero, se recopilan los datos pertinentes de experimentos, encuestas u otras fuentes.
<b>Visualización de datos</b>	Luego, se visualizan los datos utilizando gráficos como histogramas, gráficos de barras o gráficos de densidad. Estas representaciones gráficas permiten una primera evaluación visual de si los datos siguen una distribución normal.
<b>Aplicación de pruebas estadísticas</b>	Después, se aplican pruebas estadísticas específicas, como la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk o la prueba de Kolmogórov-Smirnov, para verificar la normalidad de los datos. Estas pruebas generan estadísticas y valores p que indican si los datos se ajustan o no a una distribución normal.
<b>Interpretación de resultados</b>	Se interpreta el valor p asociado con las pruebas de normalidad. Si el valor p es mayor que un umbral predefinido (generalmente 0.05), se acepta la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución normal. Si el valor p es menor que el umbral, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos no siguen una distribución normal.
<b>Exploración de alternativas</b>	En caso de que los datos no sigan una distribución normal, se consideran alternativas como transformaciones de datos o el uso de métodos no paramétricos que no requieren suposiciones sobre la normalidad.

Tabla 6. Proceso para el análisis de Normalidad de datos

Es esencial comprender que la normalidad es una suposición común en muchos análisis estadísticos, pero no siempre se cumple en la práctica. Por lo tanto, es crucial evaluar la

normalidad de manera adecuada y considerar la robustez de los métodos estadísticos utilizados ante posibles desviaciones de la normalidad.

### Ejercicio de Normalidad de datos

#### Ejercicio 1

Se desea evaluar la normalidad de los datos de peso al nacimiento de terneros en una explotación ganadera. Para ello, se recopilaron datos de peso al nacimiento (en kilogramos) de una muestra de 50 terneros

nacidos en la explotación durante el último año. El objetivo es determinar si estos datos siguen una distribución normal, lo que es fundamental para aplicar ciertos análisis estadísticos en el área pecuaria.



**Datos**

Peso al nacimiento de terneros (en kilogramos):

4,2	3,9	5,1	4,5	4,8	5,2	3,7	4,9
4	3,5	4,7	5	4,4	4,1	4,6	3,8
5,5	4,2	4,9	4,5	3,9	4,2	5,1	4,7
4,6	5,3	4,1	4,8	3,6	4,4	5	4,3
4,5	4,2	3,8	5	4,4	4,1	4,8	4,6

**Pasos para probar una hipótesis de Normalidad**

<p><b>1</b></p>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>Los Pesos de los terneros al nacer cumple con Normalidad</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Los Pesos de los terneros al nacer no cumple con Normalidad</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <u>Cumple</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>No Cumple</u></p>	<p><b>Tipos de Hipótesis</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Bilateral</b></td> <td style="text-align: center;">Ho: Cumple</td> <td style="text-align: center;">Ha: No Cumple</td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	Ho: Cumple	Ha: No Cumple							
<b>Bilateral</b>	Ho: Cumple	Ha: No Cumple										
<p><b>2</b></p>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>95 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>5%</u></p>	<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>										
<p><b>3</b></p>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de Normalidad con 50 datos de pesos de terneros</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Kolmogorov – Smirnov (Mayor o Igual a 50 datos)</u></li> <li>• Shapiro Wilk (Menor que 50 datos)</li> </ul>										
<p><b>4</b></p>	<p><b>Calcular los Estadísticos:</b></p> <p>Valor calculado: <b>KS = 0,065</b></p> <p>Valor programa: <b><i>p</i>valor = 0,15</b></p>	<div style="text-align: center;"> <p>Gráfica de probabilidad de Peso al Nacer (kg) Normal</p> <table border="1" style="float: right; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Media</td> <td>4,464</td> </tr> <tr> <td>Desv.Est.</td> <td>0,4646</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>KS</td> <td>0,065</td> </tr> <tr> <td>Valor p</td> <td>&gt;0,150</td> </tr> </table> </div>	Media	4,464	Desv.Est.	0,4646	N	50	KS	0,065	Valor p	>0,150
Media	4,464											
Desv.Est.	0,4646											
N	50											
KS	0,065											
Valor p	>0,150											



**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

El p-valor es mayor que 0,05 por lo que no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que significa que los Pesos de los terneros al nacer cumple con Normalidad con una significancia del 5 %.

**Regla:**

- Para aceptar  $H_0$ :  
Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  
 $p > \alpha$  (Programa)
- Para aceptar  $H_a$ :  
Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  
 $p < \alpha$  (Programa)

**Ejercicio 2**

Se desea analizar la distribución del diámetro de frutos de una variedad de naranjas en un estudio agronómico. Para ello, se ha medido el diámetro de una muestra de 50 frutos

recolectados al azar de árboles seleccionados al azar en un huerto experimental.

**Datos:**

Diámetro de frutos de naranja (en centímetros):

5,2	5,5	5	4,8	5,1	4,9	5,3	5,6	5,4	5,2
4,7	5	4,8	5,2	5,3	5,1	5	4,9	5,5	5,3
5,1	4,8	5,2	5,4	5,6	5	5,3	5,1	4,9	5,2
5	4,7	5,5	5,1	5,3	5,2	5,6	4,9	4,8	5,4

**Pasos para probar una hipótesis de Normalidad**

<b>1</b>	<b>Plantear la Hipótesis</b>	<b>Tipos de Hipótesis</b>			
	En forma de Texto <b>H<sub>0</sub>:</b> <u>Los diámetros de los frutos de naranja cumple con Normalidad</u> <b>H<sub>a</sub>:</b> <u>Los diámetros de los frutos de naranja cumple con Normalidad</u>  En forma resumen <b>H<sub>0</sub>:</b> <u>Cumple</u> <b>H<sub>a</sub>:</b> <u>No Cumple</u>	<table border="1"> <tr> <td style="padding: 5px;"><b>Bilateral</b></td> <td style="padding: 5px;">H<sub>0</sub>: Cumple</td> <td style="padding: 5px;">H<sub>a</sub>: No Cumple</td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	H <sub>0</sub> : Cumple	H <sub>a</sub> : No Cumple
<b>Bilateral</b>	H <sub>0</sub> : Cumple	H <sub>a</sub> : No Cumple			
<b>2</b>	<b>Establecer el nivel de significancia o error</b>	<b>Recomendado: 0 a 5 %</b>			
	Nivel de confiabilidad (1-a): <u>95 %</u> Nivel de significancia (a): <u>5%</u>				

<p><b>3</b></p>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de Normalidad con 50 datos de pesos de terneros</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kolmogorov – Smirnov (Mayor o Igual a 50 datos)</li> <li>• <u>Shapiro Wilk</u> (Menor que 50 datos)</li> </ul>
<p><b>4</b></p>	<p><b>Calcular los Estadísticos:</b></p> <p>Valor calculado: <math>RJ = 0,998</math></p> <p>Valor programa: <math>p_{valor} = 0,100</math></p>	
<p><b>5</b></p>	<p><b>Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)</b></p> <p>Comparación con la fórmula:</p> <p>El p-valor es mayor que 0,05 por lo que no se rechaza la Hipótesis nula (<math>H_0</math>), lo que significa que los datos del diámetro de los frutos de naranja cumple con Normalidad con una significancia del 5 %.</p>	<p><b>Regla:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Para aceptar <math>H_0</math>:</b> Est. cal. &lt; Est. Tabla (Fórmula) <math>p &gt; \alpha</math> (Programa)</li> <li>- <b>Para aceptar <math>H_a</math>:</b> Est. cal. &gt; Est. Tabla (Fórmula) <math>p &lt; \alpha</math> (Programa)</li> </ul>

### Homogeneidad de varianzas

La homogeneidad o homocedasticidad de varianzas es un concepto estadístico fundamental que implica que las dispersiones de los datos en diferentes grupos o tratamientos son similares. Es decir, se asume que las varianzas de las poblaciones subyacentes son iguales entre los grupos que se están comparando en un estudio. Esta suposición es esencial en muchos análisis estadísticos, como el análisis de varianza (ANOVA), y el no cumplir puede comprometer la validez de los resultados obtenidos.

Cuando los grupos tienen varianzas desiguales, puede distorsionar las comparaciones entre grupos y conducir a interpretaciones incorrectas. Por ejemplo, si los grupos tienen varianzas muy diferentes, el ANOVA puede ser menos efectivo para detectar diferencias reales entre los grupos, lo que podría resultar en errores al interpretar la significancia de los resultados.

Para evaluar la homogeneidad de varianzas, se utilizan pruebas estadísticas específicas como la prueba de Levene o la prueba de Bartlett. Estas pruebas comparan las varianzas muestrales entre los grupos y determinan si

hay diferencias significativas entre ellas. Si el valor  $p$  obtenido en estas pruebas es menor que un nivel de significancia establecido (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula de homogeneidad de varianzas, indicando que las varianzas no son iguales entre los grupos.

Es importante reconocer que en algunos casos la homogeneidad de varianzas puede

no ser una suposición realista. En tales situaciones, existen métodos alternativos robustos, como los métodos de Welch o Brown-Forsythe, que pueden ser empleados en lugar del ANOVA tradicional. Estos métodos son menos sensibles y pueden ofrecer una solución cuando la suposición de homogeneidad no se cumple adecuadamente.

### Proceso para la Prueba de Homogeneidad de varianzas

El proceso para evaluar la homogeneidad de varianzas implica una serie de pasos detallados para determinar si las varianzas de

diferentes grupos son iguales o significativamente diferentes. Aquí hay una explicación más detallada:

Etapas	Pasos
<b>Formulación de hipótesis</b>	En este paso, se establecen la hipótesis nula ( $H_0$ ) y alternativa ( $H_1$ ). La hipótesis nula afirma que las varianzas entre los grupos son iguales, mientras que la hipótesis alternativa sugiere que al menos una de las varianzas es significativamente diferente de las demás.
<b>Selección de prueba estadística</b>	Se elige una prueba estadística adecuada para evaluar la homogeneidad de varianzas. Esto puede incluir pruebas como la prueba de Levene o la prueba de Bartlett, seleccionadas en función de la distribución de los datos y el tamaño de la muestra.
<b>Recopilación de datos</b>	Se recopilan los datos necesarios para el análisis, que generalmente consisten en medidas de interés para cada grupo o tratamiento en el estudio.
<b>Cálculo de estadísticas</b>	Se calculan estadísticas descriptivas relevantes para cada grupo, como la media, la mediana y la desviación estándar, para ayudar en el análisis.
<b>Aplicación de la prueba estadística</b>	Se utiliza software estadístico o herramientas especializadas para aplicar la prueba seleccionada a los datos recopilados. Esto genera un valor de prueba y un valor $p$ asociado.
<b>Interpretación de resultados</b>	Se interpreta el valor $p$ obtenido en relación con un nivel de significancia predeterminado (generalmente 0.05). Si el valor $p$ es menor que el nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que las varianzas no son homogéneas. En caso contrario, se acepta la hipótesis nula y se concluye que las varianzas son homogéneas.
<b>Reporte de resultados</b>	Se presentan los resultados del análisis de homogeneidad de varianzas de manera clara en informes o artículos científicos, proporcionando detalles sobre la prueba estadística utilizada y las conclusiones obtenidas.

Tabla 7. Proceso para el análisis de Homogeneidad de datos



### Ejercicios de Homogeneidad de varianzas

#### Ejercicio 1

Se desea evaluar si hay homogeneidad e independencia en el peso de tres grupos de ganado bovino de diferentes razas alimentados con distintas dietas en una

granja pecuaria. Para ello, se ha medido el peso (en kilogramos) de 15 ejemplares de cada grupo.

**Datos:**

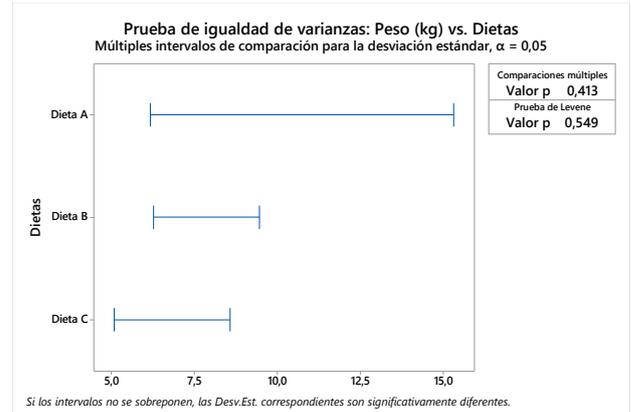
Dietas	Mediciones de peso (Kg)														
<b>Dieta A</b>	420	410	430	425	415	400	430	425	420	410	430	425	415	420	
<b>Dieta B</b>	400	410	405	415	420	400	410	405	415	420	400	410	405	415	
<b>Dieta C</b>	390	400	395	405	390	390	400	395	405	390	390	400	395	405	

**Pasos para probar una hipótesis de Homogeneidad de varianza**

1	Plantear la Hipótesis	Tipos de Hipótesis				
	<p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>Los Pesos del gano bovino cumple con Homogeneidad de varianzas con respecto a las dietas</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Los Pesos del gano bovino no cumple con Homogeneidad de varianzas con respecto a las dietas</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <u>Cumple</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>No Cumple</u></p>	<table border="1"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td>Ho: Cumple</td> <td>Ha: No Cumple</td> </tr> </table>		<b>Bilateral</b>	Ho: Cumple	Ha: No Cumple
<b>Bilateral</b>	Ho: Cumple	Ha: No Cumple				
2	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>95%</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>5%</u></p>	<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>				
3	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de Homogeneidad de 42 datos de pesos de ganado bovino.</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Levene</u></li> <li>• Multivariable</li> <li>• Bartlett</li> </ul>				

**4 Calcular los Estadísticos:**

Valor programa:  $p_{valor} = 0,549$



**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

El p-valor es mayor que 0,05 por lo que no se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que significa que los Pesos del ganado bovino cumple con Homogeneidad de varianzas con una significancia del 5 %.

**Regla:**

- **Para aceptar  $H_0$ :**  
Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  
 $p > \alpha$  (Programa)
- **Para aceptar  $H_a$ :**  
Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  
 $p < \alpha$  (Programa)

**Ejercicio 2**

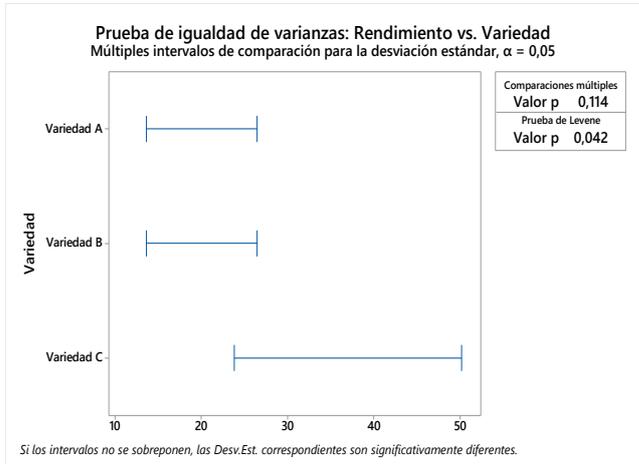
Se desea evaluar la homogeneidad de los rendimientos de tres variedades de maíz (A, B y C) en diferentes parcelas de un campo experimental. Se recolectaron los siguientes

datos de rendimiento de maíz (en kg por hectárea) para cada variedad en diferentes parcelas.

**Datos:**

Variedad	Rendimiento de maíz (kg por hectárea)									
<b>Variedad A</b>	550	520	530	540	560	570	530	540	550	520
<b>Variedad B</b>	510	520	530	540	550	560	520	530	540	510
<b>Variedad C</b>	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570

**Pasos para probar una hipótesis de Homogeneidad de varianza**

<p><b>1</b></p>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>Los Rendimientos de maíz cumple con Homogeneidad de varianzas con respecto a las variedades</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Los Rendimientos de maíz no cumple con Homogeneidad de varianzas con respecto a las variedades</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <u>Cumple</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>No Cumple</u></p>	<p><b>Tipos de Hipótesis</b></p> <table border="1" data-bbox="922 282 1406 358"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td>Ho: Cumple</td> <td>Ha: No Cumple</td> </tr> </table>	<b>Bilateral</b>	Ho: Cumple	Ha: No Cumple
<b>Bilateral</b>	Ho: Cumple	Ha: No Cumple			
<p><b>2</b></p>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>95 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>5%</u></p>	<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>			
<p><b>3</b></p>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de Homogeneidad de 30 datos de rendimiento de maíz.</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Levene</u></li> <li>• Multivariable</li> <li>• Bartlett</li> </ul>			
<p><b>4</b></p>	<p><b>Calcular los Estadísticos:</b></p> <p>Valor programa: <math>p_{valor} = 0,042</math></p>				

**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

El p-valor es menor que 0,05 por lo que se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que significa que los rendimientos de maíz no cumplen con Homogeneidad de varianzas con una significancia del 5 %.

**Regla:**

- **Para aceptar  $H_0$ :**  
Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  
 $p > \alpha$  (Programa)
- **Para aceptar  $H_a$ :**  
Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  
 $p < \alpha$  (Programa)

**Independencia de Observaciones**

La independencia de observaciones es un concepto fundamental en estadística que asegura que cada observación en un conjunto de datos no esté influenciada por ninguna otra observación en ese mismo conjunto. En otras palabras, cada observación es independiente y no está correlacionada con las demás.

Este supuesto es esencial en el análisis estadístico porque garantiza la validez de los resultados obtenidos y evita sesgos en la interpretación de los datos. Cuando las observaciones no son independientes, los resultados pueden ser poco confiables y sesgados, lo que compromete la precisión de cualquier análisis posterior. Para asegurar la independencia de observaciones, es importante seguir algunas prácticas y principios:

**Muestreo aleatorio:** Las observaciones deben recopilarse mediante un proceso de muestreo aleatorio, donde cada unidad en la población tenga la misma probabilidad de ser seleccionada para formar parte de la

muestra. Esto garantiza que las observaciones sean representativas de la población y que no estén influenciadas por sesgos de selección.

**Diseño experimental adecuado:** En los estudios experimentales, es esencial diseñar el experimento de manera que las observaciones no se vean afectadas por factores externos. Esto implica aleatorizar la asignación de tratamientos y controlar cualquier variable adicional que pueda influir en los resultados.

**Ejercicio de Independencia de observaciones****Ejercicio 1**

Utilizando el ejercicio 1 anterior de homogeneidad de varianzas, se tiene que los residuos estandarizados de las observaciones no tienen una forma establecida y se encuentran en forma aleatoria con respecto a la referencia de cero, lo que significa que existe independencia entre los residuos como se puede observar en las gráficas siguientes:

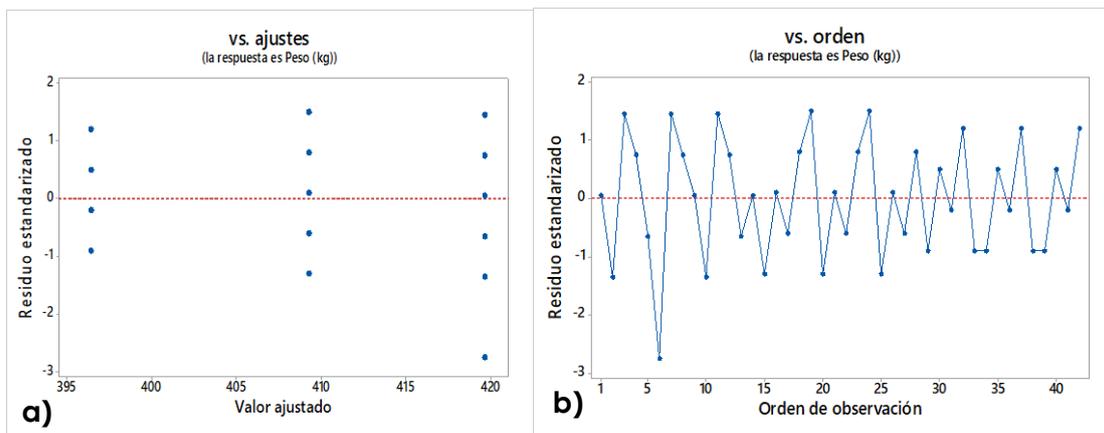


Figura 29. a) Residuos Estandarizados vs ajustes, b) Residuos estandarizados vs orden

**Ejercicio 2**

Utilizando el ejercicio 2 anterior de homogeneidad de varianzas, se tiene que los residuos estandarizados de las observaciones tienen una forma establecida y no todos los

residuos se encuentran en forma aleatoria con respecto a la referencia de cero, lo que significa que no existe independencia entre los residuos como se puede observar en las gráficas siguientes:

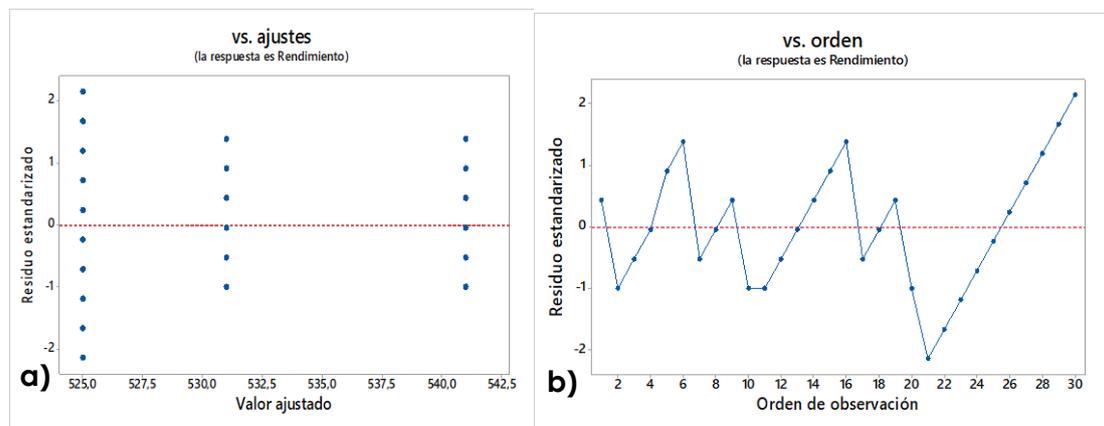


Figura 30. a) Residuos Estandarizados vs ajustes, b) Residuos estandarizados vs orden

### Anova de un factor o de una vía

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor es una técnica estadística utilizada para evaluar si hay diferencias significativas entre las medias de tres o más grupos independientes en función de una variable categórica, conocida como factor. Esta herramienta es crucial para determinar si al menos uno de los grupos difiere en términos de la variable de interés.

El modelo matemático para el ANOVA de un factor es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  es la observación en el j-ésimo tratamiento del i-ésimo grupo

$\mu$  es la media general,

$\tau_i$  es el efecto del i-ésimo tratamiento,

$\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado con la observación.

Para el modelo se asume que los errores son independientes y homogéneamente distribuidos con media cero y varianza común. Las fórmulas para calcular las sumas de cuadrados y los grados de libertad en el ANOVA de un factor son las siguientes:

Suma de Cuadrados Total ( $SC_{Total}$ )

$$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Y_{ij})^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

Suma de Cuadrados Tratamientos ( $SC_{Tratamiento}$ )

$$SC_{Tratamiento} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i.}^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

Suma de Cuadrados ERROR ( $SC_{Error}$ )

$$SC_{Error} = SC_{Total} - SC_{Tratamiento}$$

La tabla ANOVA de un factor organiza estos resultados de la siguiente manera:

Tabla ANOVA				
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios (VARIANZA)	F observada
- Tratamientos (Entre grupos)	<b>k-1</b>	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i.}^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$ $N * \bar{y}_{..}^2$	<b>CMTRAT= SCTR/k-1</b>	$F_{calculado} = \frac{CM_{TRAT}}{CM_{Error}}$
- Error (Dentro grupos)	<b>N-k</b>	<b>SCError = SC<sub>Total</sub> - SC<sub>Trat</sub></b>	<b>CME=SCE/n-k</b>	
<b>Total</b>	<b>N-1</b>	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$\Rightarrow \eta^2 = R^2 = (SCTR/STC)$	

El significado de  $\eta^2$  (eta cuadrado), similar al de  $R^2$  en el análisis de regresión, da el **porcentaje de variabilidad** en la respuesta que viene explicado por el factor o variable explicativa

Tabla 8. Anova de un factor



**Donde:**

$k$  es el número de grupos

$n_i$  es el tamaño del  $i$ -ésimo grupo,

$N$  es el número total de observaciones.

$Y_{ij}$  es la observación en el  $j$ -ésimo tratamiento del  $i$ -ésimo grupo (Cada dato)

$Y_i$  es la suma de las  $n_i$  observaciones de cada grupo o por tratamiento

$Y_{..}$  es la suma de todos los datos

**Proceso de ANOVA de una vía**

El ANOVA de un factor es una herramienta valiosa para comparar múltiples grupos y entender las diferencias entre ellos. Es esencial verificar que se cumplan los

supuestos del ANOVA, como la normalidad, la homogeneidad de varianzas e independencia de observaciones antes de interpretar los resultados obtenidos.

El proceso de ANOVA de un factor implica varios pasos:

Etapas	Pasos
<b>Formulación de hipótesis</b>	Se establecen la hipótesis nula ( $H_0$ ), que sugiere que no hay diferencias significativas entre las medias de los grupos, y la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), que plantea que al menos un grupo difiere significativamente de los demás.
<b>Selección de grupos</b>	Se eligen al menos tres grupos independientes, cada uno representando una categoría o nivel del factor en estudio.
<b>Recopilación de datos</b>	Se recolectan datos para cada grupo, registrando la variable de interés.
<b>Cálculo de estadísticas</b>	Se calculan estadísticas descriptivas, como medias y desviaciones estándar, para cada grupo.
<b>Prueba de hipótesis</b>	Se aplica la prueba de ANOVA para determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los grupos. Esta prueba compara la variabilidad entre los grupos con la variabilidad dentro de los grupos.
<b>Interpretación de resultados</b>	Se interpreta el valor $p$ resultante de la prueba de ANOVA. Si el valor $p$ es menor que un nivel de significancia establecido (generalmente 0.05), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que al menos un grupo difiere significativamente de los demás.
<b>Análisis post hoc:</b>	Si se rechaza la hipótesis nula, se pueden realizar análisis adicionales para determinar qué grupos específicos difieren entre sí.

Tabla 9. Proceso para el análisis del Anova de un factor



## Ejercicios de ANOVA de un factor

### Ejercicio 1

Se tienen los datos de cuatro variedades de arroz y se quiere saber si se debe aceptar que los promedios de ellas en la población no

difieren entre sí. Los rendimientos en kg., observados de cuatro parcelas de cada variedad son:

Variedades	Rendimiento			
1	23,5	31,2	18,2	27,8
2	24,4	26,3	28,2	28,3
3	32,3	28,3	33,0	34,5
4	39,9	42,1	32,3	38,2

### Pasos para probar una hipótesis de Anova de un factor

<b>1</b>	<p><b>Plantear la Hipótesis</b></p> <p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>Las variedades de arroz son iguales con respecto al rendimiento</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Las variedades de arroz son diferentes con respecto al rendimiento</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <math>\mu_{v1} = \mu_{v2} = \mu_{v3} = \mu_{v4}</math></p> <p><b>Ha:</b> <math>\mu_{v1} \neq \mu_{v2} \neq \mu_{v3} \neq \mu_{v4}</math></p>	<p><b>Tipos de Hipótesis</b></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Bilateral</th> <th>Ho:</th> <th>Ha:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td><math>\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_N</math></td> <td><math>\mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_N</math></td> </tr> </tbody> </table>	Bilateral	Ho:	Ha:		$\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_N$	$\mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_N$
Bilateral	Ho:	Ha:						
	$\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_N$	$\mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_N$						
<b>2</b>	<p><b>Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>98 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>2 %</u></p>	<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>						
<b>3</b>	<p><b>Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de ANOVA de una vía porque se tiene un solo factor con cuatro niveles, que es la variedad de arroz,</p>	<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Normal</li> <li>b. T Student una muestra</li> <li>c. T Student no pareado (Independiente)</li> <li>d. T Student pareado (Dependiente)</li> <li>e. <u>Fisher</u></li> </ul>						

**4 Calcular los Estadísticos:**

**Paso 1**

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Trat} = \frac{100,7^2 + 107,2^2 + 128,1^2 + 152,5^2}{4} - \frac{(488,5)^2}{16}$$

$$SC_{Trat} = 15324,5 - 14914,5$$

$$SC_{Trat} = 410,03$$

**Paso 2**

$$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Y_{ij})^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Total} = 15503,3 - 14914,5$$

$$SC_{Total} = 588,8$$

**Paso 3**

$$SC_{Error} = SC_{Total} - SC_{Tratamiento}$$

$$SC_{Error} = 588,8 - 410,03$$

$$SC_{Error} = 178,8$$

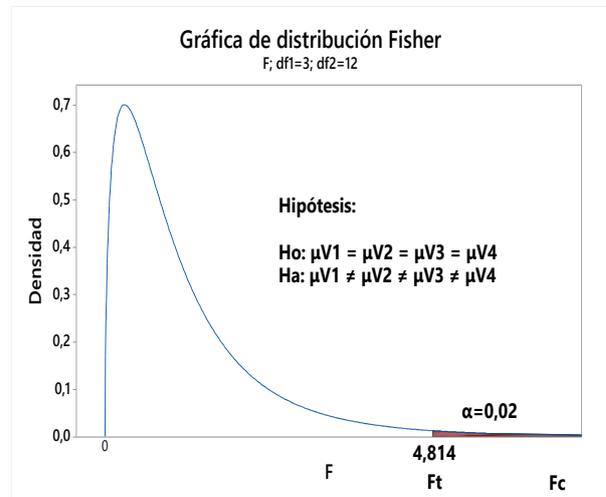
Valor calculado:  $F_c = 9,17$

gl<sub>N</sub> (grado libertad numerador) = 3

gl<sub>D</sub> (grado libertad denominador) = 12

Valor tabla:( $\alpha$ ; gl<sub>N</sub>; gl<sub>D</sub>):  $F_t = 4,81$

Fuente	GL	Suma de Cuadrados SC	Cuadrados Medios MC	Valor Fc	p _ Valor
Variedades Arroz	3	410,00	136,68	9,17	0,002
Error	12	178,80	14,90		
Total	15	588,80			



**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

Para comparar se lo realizar en la parte positiva.

El estadístico calculado es mayor que el de tabla por lo que se rechaza la Hipótesis nula (Ho), lo que significa que existe una diferencia significativa con un 2 % al comparar las variedades de arroz con respecto a su rendimiento. Se debe realizar una prueba de comparación de medias para establecer la mejor variedad

**Regla (Parte Positiva):**

- **Para aceptar Ho:**  
Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  
 $p > \alpha$  (Programa)
- **Para aceptar Ha:**  
Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  
 $p < \alpha$  (Programa)



**Ejercicio 2**

En el sector pecuario, se ha recopilado información sobre los rendimientos ponderales (en kilogramos) de tres diferentes razas de ganado bovino. La tabla de datos incluye los pesos de muestra de cada raza. Realice un análisis de varianza (ANOVA) de

un factor para determinar si existen diferencias significativas entre las razas en términos de rendimientos ponderales. Utilice un nivel de significancia del 5%. La tabla de datos es la siguiente:

Tipo de Raza	Peso (kg)				
Holstein	520	540	530	525	510
Angus	480	490	500	505	495
Hereford	550	540	535	555	525

**Pasos para probar una hipótesis de Anova de un factor**

1 Plantear la Hipótesis		Tipos de Hipótesis				
<p>En forma de Texto</p> <p><b>Ho:</b> <u>Los tipos de raza de ganado bovino son iguales con respecto al peso</u></p> <p><b>Ha:</b> <u>Los tipos de raza de ganado bovino son diferentes con respecto al peso</u></p> <p>En forma resumen</p> <p><b>Ho:</b> <math>\mu_{R1} = \mu_{R2} = \mu_{R3}</math></p> <p><b>Ha:</b> <math>\mu_{R1} \neq \mu_{R2} \neq \mu_{R3}</math></p>		<table border="1"> <tr> <td><b>Bilateral</b></td> <td>Ho: <math>\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_N</math></td> <td>Ha: <math>\mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_N</math></td> </tr> </table>		<b>Bilateral</b>	Ho: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_N$	Ha: $\mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_N$
<b>Bilateral</b>	Ho: $\mu_A = \mu_B = \dots = \mu_N$	Ha: $\mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_N$				
<p><b>2 Establecer el nivel de significancia o error</b></p> <p>Nivel de confiabilidad (1-a): <u>96 %</u></p> <p>Nivel de significancia (a): <u>4 %</u></p>		<p><b>Recomendado: 0 a 5 %</b></p>				
<p><b>3 Seleccionar el Diseño Experimental:</b></p> <p>Es una Prueba de Hipótesis de ANOVA de una vía porque se tiene un solo factor con tres niveles, que es el tipo de raza de ganado bovino,</p>		<p><b>Seleccionar el estadístico de prueba:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Normal</li> <li>b. T Student una muestra</li> <li>c. T Student no pareado (Independiente)</li> <li>d. T Student pareado (Dependiente)</li> <li>e. <u>Fisher</u></li> </ul>				

**4 Calcular los Estadísticos:**

**Paso 1**

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Trat} = \frac{100,7^2 + 107,2^2 + 128,1^2 + 152,5^2}{4} - \frac{(488,5)^2}{16}$$

$$SC_{Trat} = 15324,5 - 14914,5$$

$$SC_{Trat} = 410,03$$

**Paso 2**

$$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (Y_{ij})^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$$

$$SC_{Total} = 15503,3 - 14914,5$$

$$SC_{Total} = 588,8$$

**Paso 3**

$$SC_{Error} = SC_{Total} - SC_{Tratamiento}$$

$$SC_{Error} = 588,8 - 410,03$$

$$SC_{Error} = 178,8$$

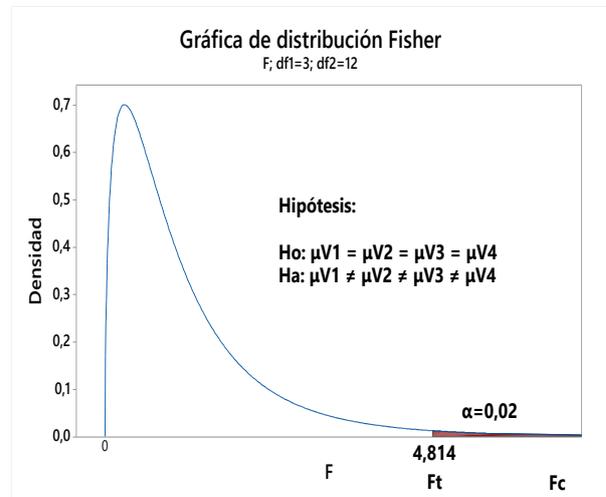
Valor calculado:  $F_c = 9,17$

gl<sub>N</sub> (grado libertad numerador) = 3

gl<sub>D</sub> (grado libertad denominador) = 12

Valor tabla:( $\alpha$ ; gl<sub>N</sub>; gl<sub>D</sub>):  $F_t = 4,81$

Fuente	GL	Suma de Cuadrados SC	Cuadrados Medios MC	Valor Fc	p _ Valor
Variedades Arroz	3	410,00	136,68	9,17	0,002
Error	12	178,80	14,90		
Total	15	588,80			



**5 Análisis e interpretación: (Toma de decisiones de la Hipótesis)**

Comparación con la fórmula:

Para comparar se lo realizar en la parte positiva.

El estadístico calculado es mayor que el de tabla por lo que se rechaza la Hipótesis nula (Ho), lo que significa que existe una diferencia significativa con un 2 % al comparar las variedades de arroz con respecto a su rendimiento. Se debe realizar una prueba de comparación de medias para establecer la mejor variedad

**Regla (Parte Positiva):**

- **Para aceptar Ho:**  
Est. cal. < Est. Tabla (Fórmula)  
 $p > \alpha$  (Programa)
- **Para aceptar Ha:**  
Est. cal. > Est. Tabla (Fórmula)  
 $p < \alpha$  (Programa)



# CUESTIONARIO

## CAPÍTULO III

---

**CUESTIONARIO CAPÍTULO III****1. ¿Qué tipo de análisis se utiliza para comparar las medias de tres o más grupos?**

- a) ANOVA de un factor
- b) ANOVA factorial
- c) Prueba t de Student
- d) Regresión lineal
- e) Prueba de Wilcoxon

**2. ¿Qué supuesto debe cumplirse para realizar un ANOVA de un factor?**

- a) Normalidad de los datos
- b) Heterogeneidad de varianzas
- c) Dependencia de observaciones
- d) Distribución de Poisson
- e) Asimetría negativa de los datos

**3. ¿Qué tipo de ANOVA se utiliza cuando se quiere comparar las medias de dos o más factores simultáneamente?**

- a) ANOVA de un factor
- b) ANOVA factorial
- c) ANOVA de bloques
- d) ANOVA de medidas repetidas
- e) Prueba de Friedman

**4. ¿Cuál es el objetivo principal de un ANOVA de bloques?**

- a) Comparar medias entre grupos
- b) Controlar o eliminar la variabilidad de un factor no de interés
- c) Evaluar la interacción entre dos o más factores
- d) Realizar un análisis de regresión múltiple
- e) Estudiar la correlación entre variables

**5. ¿Cuál es la hipótesis nula en un ANOVA de un factor?**

- a) No hay diferencia entre las medias de los grupos
- b) Hay diferencia entre las medias de los grupos
- c) La varianza entre los grupos es igual a la varianza dentro de los grupos
- d) La varianza entre los grupos es diferente a la varianza dentro de los grupos
- e) Las observaciones son independientes entre sí

**6. ¿Qué se evalúa con la prueba F en un ANOVA de un factor?**

- a) Diferencia de medias entre grupos
- b) Varianza dentro de los grupos
- c) Varianza entre los grupos
- d) Correlación entre variables
- e) Distribución de los datos

**7. ¿Cuál es el propósito de la prueba post hoc en un ANOVA de un factor?**

- a) Determinar qué grupos tienen diferencias significativas entre sus medias
- b) Evaluar la normalidad de los datos



- c) Comprobar la homogeneidad de varianzas
- d) Identificar valores atípicos en los datos
- e) Realizar ajustes por múltiples comparaciones

**8. ¿Cuál es la función de un ANOVA factorial?**

- a) Evaluar la interacción entre dos o más factores
- b) Comparar las medias de un grupo con el de otros grupos
- c) Determinar la homogeneidad de varianzas
- d) Realizar un análisis de regresión
- e) Estimar la correlación entre variables

**9. ¿Qué se evalúa con la interacción en un ANOVA factorial?**

- a) El efecto de un factor sobre la variable dependiente
- b) La relación lineal entre dos variables
- c) La influencia de dos o más factores de manera conjunta
- d) La varianza entre los grupos
- e) La normalidad de los datos

**10. Qué es la prueba de Tukey?**

- a) Una prueba post hoc para comparar todas las combinaciones de grupos
- b) Una prueba para evaluar la independencia de observaciones
- c) Una prueba para determinar la normalidad de los datos
- d) Una prueba para medir la correlación entre dos variables
- e) Una prueba para comparar medias de dos grupos independientes

**11. ¿Cuál es el objetivo principal de la prueba de Tukey?**

- a) Controlar el error tipo I en las comparaciones múltiples
- b) Evaluar la homogeneidad de varianzas
- c) Determinar la normalidad de los datos
- d) Identificar valores atípicos en los datos
- e) Realizar ajustes por sesgo de selección

**12. ¿Qué tipo de distribución se asume en una prueba de diferencia de medias?**

- a) Distribución normal
- b) Distribución de Poisson
- c) Distribución exponencial
- d) Distribución binomial
- e) Distribución de Chi-cuadrado

**13. ¿Cuál es la prueba más común para realizar comparaciones múltiples en un ANOVA de un factor?**

- a) Prueba de Tukey
- b) Prueba de Wilcoxon
- c) Prueba de Mann-Whitney
- d) Prueba de Friedman
- e) Prueba de Kolmogorov-Smirnov

**14. ¿Cuál es el propósito de la prueba de Levene?**

- a) Evaluar la homogeneidad de varianzas
- b) Determinar la independencia de observaciones
- c) Comparar las medias de dos grupos independientes
- d) Realizar ajustes por múltiples comparaciones
- e) Estimar la correlación entre variables

**15. ¿Qué indica un valor p bajo en un ANOVA de un factor?**

- a) Que hay diferencias significativas entre al menos dos grupos
- b) Que las medias de todos los grupos son iguales
- c) Que los datos no son normales
- d) Que los datos no son homogéneos
- e) Que no hay diferencias entre los grupos

**16. ¿Cuál es el propósito principal de realizar un ANOVA en estudios agropecuarios?**

- a) Comparar el rendimiento de diferentes cultivos.
- b) Determinar si hay diferencias significativas entre las medias de varios tratamientos.
- c) Evaluar la calidad del suelo en diferentes regiones
- d) Analizar la variabilidad genética de una población de ganado.
- e) Determinar la cantidad óptima de fertilizante para un cultivo específico.

**17. ¿Cuál de los siguientes escenarios es un ejemplo adecuado para aplicar un ANOVA de un factor en el sector agropecuario?**

- a) Comparar la eficacia de tres tipos de herbicidas en el control de malezas.
- b) Estudiar la relación entre la altura de las plantas y la cantidad de luz solar recibida.
- c) Analizar la diversidad genética en diferentes variedades de maíz.
- d) Comparar el rendimiento de dos tipos de abonos en campos con diferentes niveles de humedad.
- e) Estudiar el efecto de tres tipos de riego en el crecimiento de las plantas de maíz

**18. ¿Cuál es la diferencia entre un ANOVA de un factor y un ANOVA de bloques en un contexto agropecuario?**

- a) En un ANOVA de un factor se comparan las medias de varios grupos, mientras que en un ANOVA de bloques se controla la variabilidad de un factor adicional.
- b) En un ANOVA de un factor se analizan múltiples variables independientes, mientras que en un ANOVA de bloques se estudia una única variable dependiente.
- c) Un ANOVA de un factor se utiliza para datos categóricos, mientras que un ANOVA de bloques se utiliza para datos numéricos.
- d) En un ANOVA de un factor se utilizan múltiples bloques de datos, mientras que en un ANOVA de bloques se usa un único bloque.
- e) Un ANOVA de un factor se emplea para analizar la interacción entre factores, mientras que un ANOVA de bloques se utiliza para comparar la varianza entre grupos.



**19. ¿Cuál de los siguientes ejemplos es una situación adecuada para aplicar un ANOVA de bloques en el ámbito pecuario?**

- a) Comparar el peso promedio de terneros alimentados con tres tipos diferentes de dietas.
- b) Estudiar el efecto de diferentes tratamientos de medicación en la tasa de crecimiento de cerdos de diferentes edades.
- c) Determinar la influencia del horario de alimentación en la producción de leche de una manada de vacas lecheras.
- d) Analizar la eficacia de diferentes sistemas de pastoreo en la salud y el peso de ovejas en un rancho.
- e) Comparar la calidad de la lana de diferentes razas de ovejas en distintas condiciones de pastoreo.

**20. ¿Qué variable se controla o considera en un ANOVA de bloques en un experimento agropecuario?**

- a) La variable independiente
- b) La variable dependiente
- c) La variabilidad genética
- d) La variable bloque
- e) La variable climática

**21. ¿Qué indica un valor p menor que 0.05 en un ANOVA de un factor agropecuario?**

- a) No hay diferencias significativas entre los grupos
- b) Hay diferencias significativas entre los grupos
- c) El tamaño del efecto es grande
- d) No se puede concluir nada
- e) La varianza dentro de los grupos es mayor que la varianza entre grupos

**22. ¿Qué tipo de hipótesis se prueba en un ANOVA de un factor agropecuario?**

- a) Hipótesis unidireccional
- b) Hipótesis bidireccional
- c) Hipótesis nula
- d) Hipótesis alternativa
- e) Hipótesis de dos colas



# SOLUCIONARIO

---

**CUESTIONARIO - CAPÍTULO I**

- 1) **Respuesta correcta:** a) Un proceso para obtener resultados predecibles en un estudio.
- 2) **Respuesta correcta:** b) Minimizar la variabilidad experimental.
- 3) **Respuesta correcta:** a) Una variable independiente que se manipula.
- 4) **Respuesta correcta:** b) Elimina cualquier sesgo en la selección de muestras.
- 5) **Respuesta correcta:** a) Una unidad experimental que representa una combinación específica de tratamientos.
- 6) **Respuesta correcta:** a) Un procedimiento para combinar las variables independientes.
- 7) **Respuesta correcta:** a) Un diseño que incluye múltiples factores que se manipulan simultáneamente.
- 8) **Respuesta correcta:** d) Un diseño en el que algunos tratamientos se excluyen de algunas unidades experimentales.
- 9) **Respuesta correcta:** b) Investigar la interacción entre dos o más factores.
- 10) **Respuesta correcta:** a) Un diseño en el que los tratamientos se asignan a las unidades experimentales al azar.
- 11) **Respuesta correcta:** a) Diseño de bloques completos al azar.
- 12) **Respuesta correcta:** b) El efecto combinado de dos o más factores sobre la variable de respuesta.
- 13) **Respuesta correcta:** a) Un diseño en el que cada unidad experimental se divide en subunidades para probar diferentes tratamientos.

**CUESTIONARIO - CAPÍTULO II**

- 1) **Respuesta correcta:** c) Una forma de evaluar si una afirmación sobre una población es razonable.
- 2) **Respuesta correcta:** c) Una afirmación sobre una población que se mantiene sin evidencia suficiente para rechazarla.
- 3) **Respuesta correcta:** b) Una afirmación que se intenta refutar con los datos del estudio.
- 4) **Respuesta correcta:** d) Comparación de los datos con un valor crítico o un intervalo de confianza.
- 5) **Respuesta correcta:** a) La probabilidad de cometer un error tipo I.
- 6) **Respuesta correcta:** a) Prueba de una muestra.
- 7) **Respuesta correcta:** c) Una prueba para comparar dos medias.
- 8) **Respuesta correcta:** b) La prueba t de una muestra compara la media de la muestra con un valor conocido, mientras que la prueba t de dos muestras independientes compara las medias de dos muestras distintas.
- 9) **Respuesta correcta:** c) Una prueba para comparar dos medias en muestras que están relacionadas o pareadas.
- 10) **Respuesta correcta:** c) Las muestras deben ser independientes entre sí.
- 11) **Respuesta correcta:** c) Una prueba para comparar dos medias en muestras relacionadas o pareadas.
- 12) **Respuesta correcta:** c) Interpretar los resultados y tomar una decisión.
- 13) **Respuesta correcta:** c) Evaluar la evidencia en contra de la hipótesis nula.
- 14) **Respuesta correcta:** a) Se rechaza la hipótesis nula.
- 15) **Respuesta correcta:** a) Hay un 95% de probabilidad de que la media poblacional esté dentro del intervalo.
- 16) **Respuesta correcta:** a) Rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.
- 17) **Respuesta correcta:** a) Aceptar la hipótesis nula cuando es falsa.
- 18) **Respuesta correcta:** a) La magnitud de la diferencia observada entre las muestras.



- 19) **Respuesta correcta:** a) Evaluar si los datos provienen de una distribución normal.  
20) **Respuesta correcta:** c) La capacidad de detectar una diferencia cuando realmente existe.

### CUESTIONARIO - CAPÍTULO III

- 1) **Respuesta correcta:** a) ANOVA de un factor  
2) **Respuesta correcta:** a) Normalidad de los datos  
3) **Respuesta correcta:** b) ANOVA factorial  
4) **Respuesta correcta:** b) Controlar o eliminar la variabilidad de un factor no de interés  
5) **Respuesta correcta:** a) No hay diferencia entre las medias de los grupos  
6) **Respuesta correcta:** c) Varianza entre los grupos  
7) **Respuesta correcta:** a) Determinar qué grupos tienen diferencias significativas entre sus medias  
8) **Respuesta correcta:** a) Evaluar la interacción entre dos o más factores  
9) **Respuesta correcta:** c) La influencia de dos o más factores de manera conjunta  
10) **Respuesta correcta:** a) Una prueba post hoc para comparar todas las combinaciones de grupos  
11) **Respuesta correcta:** a) Controlar el error tipo I en las comparaciones múltiples  
12) **Respuesta correcta:** a) Distribución normal  
13) **Respuesta correcta:** a) Prueba de Tukey  
14) **Respuesta correcta:** a) Evaluar la homogeneidad de varianzas  
15) **Respuesta correcta:** a) Que hay diferencias significativas entre al menos dos grupos  
16) **Respuesta correcta:** b) Determinar si hay diferencias significativas entre las medias de varios tratamientos.  
17) **Respuesta correcta:** d) Comparar el rendimiento de dos tipos de abonos en campos con diferentes niveles de humedad.  
18) **Respuesta correcta:** a) En un ANOVA de un factor se comparan las medias de varios grupos, mientras que en un ANOVA de bloques se controla la variabilidad de un factor adicional.  
19) **Respuesta correcta:** d) Analizar la eficacia de diferentes sistemas de pastoreo en la salud y el peso de ovejas en un rancho.  
20) **Respuesta correcta:** d) La variable bloque  
21) **Respuesta correcta:** b) Hay diferencias significativas entre los grupos  
22) **Respuesta correcta:** d) Hipótesis alternativa  
23) **Respuesta correcta:** a) Estadística F



# BIBLIOGRAFÍA

---



## BIBLIOGRAFÍA

- Alberto, L., & Guambi, D. (2023). Herramientas estadísticas para la investigación agropecuaria (Primera). Universidad Técnica de Babahoyo. [www.utb.edu.ec](http://www.utb.edu.ec).
- Aquije, A. J. Z., Cárdenas, A. J. M., & Salcedo, K. J. P. (2023). Estadística y medicina. Un enfoque para principiantes. Religacion Press.
- Aranzana Juarros, M., Salguero del Valle, A., Molinero González, O., Boletto Rosado, A. F., & Márquez Rosa, S. (2018). Relación de la carga interna de entrenamiento, optimismo y resiliencia con los niveles de estrés-recuperación en nadadores = Relationship of internal training load, optimism and resilience with recovery-stress levels in swimmers. 18, 43-54. <https://buleria.unileon.es/handle/10612/10022>.
- Burrows Aravena, D. I. (2023). Análisis y modelación de factores determinantes de accidentes de tránsito en Chile a través de modelos lineales generalizados binominal negativo y Poisson con estructura temporal.
- Bustillos-Guzmán, J. J., Band-Schmidt, C. J., López-Cortés, D. J., Hernández-Sandoval, F. E., Núñez-Vázquez, E., & Gárate-Lizárraga, I. (2013). Grazing of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans* on the paralytic toxin-producing dinoflagellate *Gymnodinium catenatum*: Does grazing eliminate cells during a bloom. *Ciencias marinas*, 39(3), 291-302.
- Caselli, M. (2020). Crecimiento de *Austrocedrus chilensis* y *Nothofagus dombeyi* en bosques mixtos y condiciones ambientales para el desarrollo de sus renovales: contribuciones al manejo de rodales afectados por el mal del ciprés (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Castro C., Valverde A., Idacocheo B. (2017). Soluciones de prácticas de diseños experimentales para experimentos agropecuarios. [Versión electrónica]. Editorial Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/186>
- Condo A., Pazmiño J. (2015). Diseño Experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias. [Versión electrónica]. (tomo 1-5). Instituto de Investigaciones ESPOCH. <https://docplayer.es/60882117-Diseno-experimental-en-el-desarrollo-del-conocimiento-cientifico-de-las-ciencias-agropecuarias-tomo-3-luis-a-condo-plaza-jose-m.html>
- Cruz-Cárdenas, Carlos Iván, Zelaya Molina, Lily X., Sandoval Cancino, Gabriela, Santos Villalobos, Sergio de los, Rojas Anaya, Edith, Chávez Díaz, Ismael Fernando, & Ruíz Ramírez, Santiago. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 899-913. Epub 14 de marzo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905>.
- Dávila, J. M. L., & Alemán, F. S. (2018). Efecto del herbicida sulfentrazone 50 SC, en dos concentraciones, solo y en mezcla con clomazone 36 CS, para el control de malezas en el cultivo del arroz, Sébaco, época lluviosa, 2016. *La Calera*, 18(31), 69-80.
- Domínguez J., Castaño E. (2018). Diseño de Experimentos. Alfaomega Grupo Editor.
- Douglas A. Lind, William G. Marchal, S. A. W. (2012). Estadística aplicada a los negocios y la economía.



- Edwards, R. W., Stanley, L., Plested, B. A., Marquart, B. S., Chen, J., & Thurman, P. J. (2007). Disparities in young adolescent inhalant use by rurality, gender, and ethnicity. *Substance Use & Misuse*, 42(4), 643-670.
- Espejo, R. G. A., Guzmán, I. M., & Vivado, J. A. A. (2023). MODIFICACIONES DEL MEDIO DE CULTIVO CON META-TOPOLINA PARA LA MULTIPLICACIÓN IN VITRO DE LA BERTHOLLETIA EXCELSA BONPL. In *Recursos naturales y medio ambiente: alternativas de conservación sostenible en la amazonia boliviana* (Vol. 1, pp. 34-42). Editora Científica Digital.
- Fedrigo, Jean Kássio, Benítez, Valentina, Santa Cruz, Rodrigo, Posse, Juan Pedro, Santiago Barro, Raquel, Hernández, Jorge, Mantero, Carlos, Morales Olmos, Virginia, Silveira, Edison David, & Viñoles, Carolina. (2018). Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)*, 54(209), 26-41. <https://doi.org/10.29155/vet.54.209.4>.
- Glantz S. (2015). *Bioestadística*. [Versión electrónica]. (6ta ed.). McGraw-Hill Inc. <https://z-lib.is/book/bioestadistica>.
- González T., Castaño E. (2021). *Problemas Resueltos de Estadística Multidisciplinaria*. Ediciones Díaz de Santos.
- Goires, B., & Renee, M. (2019). Efecto del marco de plantación en los resultados productivos y económicos en sistemas silvopastoriles. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/31546>
- Granados Manjarrés, M. B. (2021). *Creatividad y estrategias didácticas para la práctica académica del ejercicio proyectual*.
- Gryna, F. M., Chua, R. C. H., Defeo, J. A., & Magaña, J. P. (2007). *Método Juran: análisis y planeación de la calidad*. McGraw-hill.
- Guerra A. (2014). *Bioestadística*. [Versión electrónica]. Ediciones UNAM. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1942>.
- Guerrero, J. X. S. (2020). *Caracterización de la demanda de energía mediante patrones estocásticos en las Redes Eléctricas Inteligentes* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Valencia).
- Gutiérrez H., Salazar R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. (3ra ed.) McGraw-Hill Inc.
- Kuehl R. (2000). *Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*. [Versión electrónica]. (2da ed.). Thomson Editores, S. A. [https://www.academia.edu/20386268/Dise%C3%B1o\\_Robert\\_Kuehl](https://www.academia.edu/20386268/Dise%C3%B1o_Robert_Kuehl).
- Levin, R. I., & Rubin, D. S. (2004). *Estadística para administración y economía*. Pearson educación.
- Lugo-Armenta, J. G., & Pino-Fan, L. R. (2022). Razonamiento inferencial de docentes de matemáticas de enseñanza media sobre el estadístico t-Student. *Uniciencia*, 36(1), 405-428.
- Matamoro, R. F. J. (2023). Aplicación diseño experimental cuadrado latino al analizar variedades de semilla del cultivo de arroz (*Oryza Sativa*) en El Valle de Sébaco, Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (47), 139-162.
- Navidi, W. (2006). *Estadística para ingenieros y científicos*.



- Mendoza-Díaz, F., Serrano, A., Cuervo-López, L., López-Jiménez, A., Galindo, J. A., & Basañez-Muñoz, A. (2013). Concentración de Hg, Pb, Cd, Cr y As en hígado de *Carcharhinus limbatus* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) capturado en Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 61(2), 821–828. <https://doi.org/10.15517/RBT.V61I2.11225>
- Moultapa, M., Weiss, J. W., & Hermann, M. (2009). Is image everything? The role of self-image in the relationship between family functioning and substance use among Hispanic adolescents. *Substance use & misuse*, 44(5), 702-721.
- Nahavandinejad, M., Seidavi, A., Asadpour, L., & Payan-Carreira, R. (2014). Blood biochemical parameters of broilers fed differently thermal processed soybean meal. *Revista MVZ Córdoba*, 19(3), 4301-4315.
- Naranjo-Valencia, J. C., Jiménez, D. J., & Sanz-Valle, R. (2012). Es la cultura organizativa un determinante de la innovación en la empresa. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 15(2), 63-72.
- Nuñez, E. (2019). Agroindustrial Potential of Mango Mangif. Análisis de variación. <https://es.scribd.com/document/426728516/Agroindustrial-Potential-of-Mango-Mangif-pdf>
- Obando, M. A. H. (2023). ¿Debería ser tan pequeño el nivel de significancia en una prueba de hipótesis? *Revista Torreón Universitario*, 12(33), 31-41.
- Olivera D, A., Aranda I, E., Ramos J, J., Vargas V, L., Zaldivar C, J., & Mendoza M, G. (2014). Evaluation of the nutritive value of sugarcane residues inoculated with fungus *Fomes* sp. *Revista MVZ Córdoba*, 19(2), 4047-4058.
- Ortega J., Lucio A., Ganchozo B., et al. (2021). Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. [Versión electrónica]. (2da ed.). Editorial Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/625>.
- Phengvichith, V., & Ledin, I. (2007). Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats. *Tropical Animal Health and Production*, 39, 59-70.
- Rodríguez E., Cepeda R., Passucci J., et al. (2017). Bioestadística para ciencias veterinarias. [Versión electrónica]. Ediciones UNCPBA. <https://docplayer.es/76765899-Bioestadistica-para-ciencias-veterinarias-uncpba-2016-notas-de-clases-e-m-rodriuez-r-e-cepeda-j-a-passucci.html>.
- Sanhueza, C. V. (2020). Migración intrametropolitana y movilidad social: reproducción de clases sociales, capital simbólico y procesos de segregación en la producción del espacio en el Gran Concepción (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)).
- Triola M. (2018). Estadística. (12va ed.) Pearson.
- Vera Ch., Fabián J. (2018). Fundamentos de Bio estadística aplicada a las ciencias agroalimentarias. [Versión electrónica]. Editorial Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/273>.
- Vera Muñoz, J. G. S., Vera Muñoz, M. A. M., & Martínez Méndez, R. (2023). Emprendimiento y género: su análisis desde la perspectiva de la Teoría de la Conducta Planificada. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 11(25).



- Vera J., Vera J.F. (2018). Resumen de principios de diseños experimentales. [Versión electrónica]. Editorial Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/handle/123456789/297>.
- Valle, L. (2015). Diseño experimental | PPT. <https://es.slideshare.net/slideshow/diseo-experimental-53378482/53378482>
- Villanera, M. (2018). Producción de abonos orgánicos en biodigestores tipo batch utilizando la orina humana y estiércol vacuno para bioensayos de germinación con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L) DE INGENIERÍA AMBIENTAL. Universidad César vallejo.
- Wackerly D., Mendenhall W., Scheaffer R. (2010). Estadística Matemática con Aplicaciones. [Versión electrónica]. (7ma ed.). Limusa S. A. <http://catalogo.econo.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=2685>.



# INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PELILEO

ISBN: 978-9942-686-31-2



*Educación gratuita y de calidad*