

Fundamentos de la Investigación Experimental



<http://www.academia.utp.ac.pa/humberto-alvarez/disenio-de-experimentos-y-regresion>

Introducción



- **Ciencia:** trata de explicar racionalmente la naturaleza obteniendo explicaciones sobre el funcionamiento de un sistema, o siendo capaz de predecir los resultados del sistema.
- **Hipótesis:** son las *ideas* o *descripciones* sobre cómo funciona el mundo. Dado que las descripciones del mundo son casi siempre incompletas y las medidas incorporan incertidumbre e imprecisión, es necesario métodos que permitan evaluar el grado de concordancia entre las ideas confrontadas y las observaciones: este es el fundamento de la ***estadística***



Método empírico-analítico



- Es un modelo de investigación científica, que se basa en la experimentación y la lógica empírica, que junto a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, es el más usado en el campo de las ciencias sociales, las ciencias naturales y la tecnología.
- Su aporte al proceso de investigación es resultado fundamentalmente de la experiencia, llevando a cabo un experimento. Por lo tanto los datos empíricos son sacados de las pruebas acertadas y los errores.



El método científico

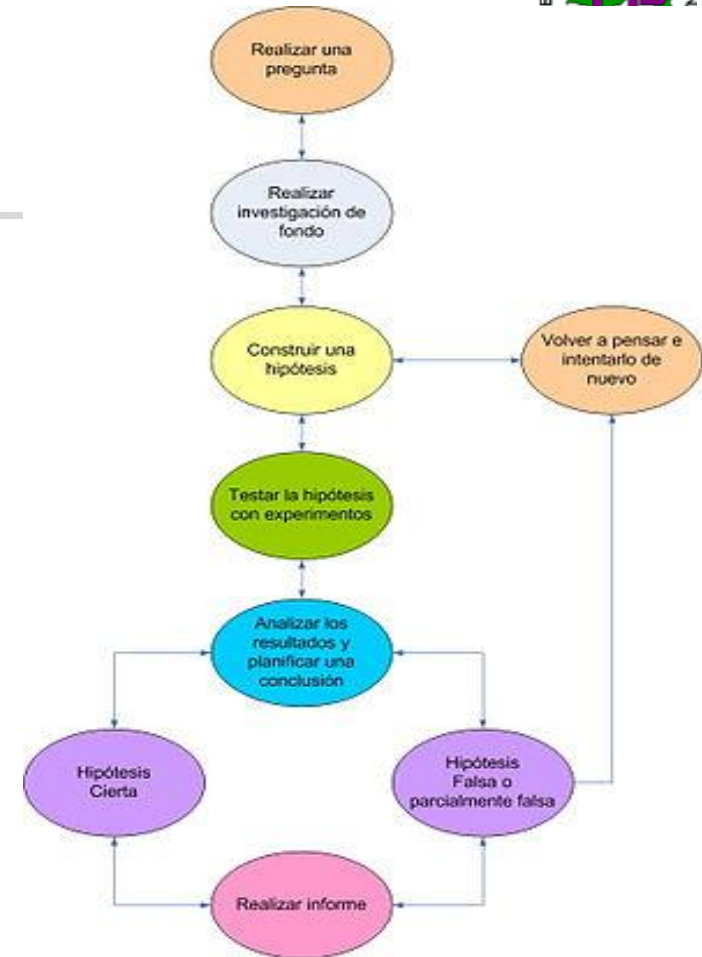


- Es la técnica que se utiliza para decidir entre las hipótesis en base a las observaciones. Es un conjunto de pasos ordenados que se emplea principalmente para hallar nuevos conocimientos en las ciencias.
- Para ser llamado científico, un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, sujeto a los principios de las pruebas de razonamiento.
- *Método* se refiere a las etapas que hay que recorrer para lograrlo, y *científico* se refiere a lo vinculado a la *ciencia*, es decir, a la producción de conocimiento, y al conjunto de técnicas y procedimientos que se emplean para hacerlo.



El método científico

- La estructura de reglas y principios coherentemente concatenados del método científico permite minimizar la influencia de la subjetividad del científico en su trabajo, lo cual refuerza la validez de los resultados, y por ende, del conocimiento producido.
- Se fundamenta en el método hipotético-deductivo, que obliga al científico a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación).
- **Observación:** Es aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad, puede ser ocasional o causalmente.
- **Inducción:** Extraer el principio fundamental de cada observación o experiencia.
- **Hipótesis:** Elaborar una explicación provisional de las observaciones o experiencias y sus posibles causas.
- **Probar** la hipótesis por experimentación.
- **Demostración o refutación** (antítesis) de la hipótesis.
- **Generar** una tesis o teoría científica.



Modelo simplificado de las etapas del método científico

El objetivo de la investigación



- Es el fin o meta que se pretende alcanzar en un proyecto, estudio o trabajo de **investigación**.
- También indica el propósito por el que se realiza una **investigación**.
- Se definen a partir de un verbo en infinitivo y deben ser **claros, alcanzables** y **pertinentes**.
- Están planteados a partir de un problema o una hipótesis.



Operacionalización de las variables

- Constituye una abstracción para facilitar la comprensión de los requerimientos de la investigación.

La operacionalización de variables consiste en determinar el método a través del cual las variables serán medidas o analizadas.



“La definición operacional de un concepto consiste en definir las operaciones que permiten medir ese concepto o los indicadores observables por medio de los cuales se manifiesta ese concepto,”



En resumen, una definición operacional puede señalar el instrumento por medio del cual se hará la medición de las variables. La definición operativa significa ¿como le voy a hacer en calidad de investigador para operacionalizar mi pregunta de investigación?.

Validez y confiabilidad

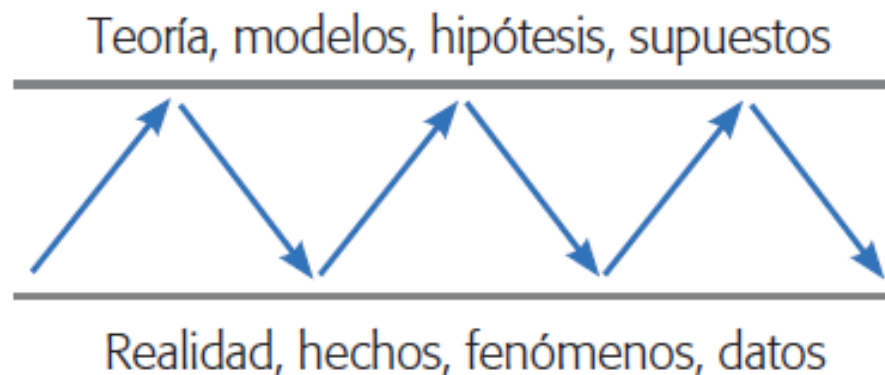


- La validez abarca el concepto experimental entero y establece si los resultados obtenidos cumplen todos los requisitos del método de la investigación científica o no.
 - La validez interna dicta cómo se estructura un diseño experimental y abarca todas las etapas del método de la investigación científica
 - La validez externa es el proceso de examinar los resultados y cuestionar si existen otras relaciones causales posibles.
- La idea detrás de la confiabilidad es que los resultados significativos deben ser repetibles. Otros investigadores deben poder ser capaces de realizar el mismo experimento bajo las mismas condiciones y generar los mismos resultados. Esto reforzará los resultados y asegurará que la comunidad científica en general acepte la hipótesis
- La confiabilidad es un ingrediente necesario para determinar la validez total de un experimento científico y mejorar la fuerza de los resultados.



Métodos estadísticos

- El *objetivo de los métodos estadísticos* es lograr que el proceso de generar conocimiento y aprendizaje sea lo más eficiente posible.
- En este proceso secuencial, interactúan dos polos:
 - La teoría, los modelos, las hipótesis, las conjeturas y los supuestos;
 - La realidad, los hechos, los fenómenos, la evidencia y los datos.



Introducción a probabilidad y estadística



- Son ciencias que tratan sobre la incertidumbre.
- Estudian las características de:
 - Sistemas estocásticos (descritos por los *parámetros de un modelo*).
 - Los efectos o resultados de dichos sistemas (los *datos observados*).
- La estadística intenta inferir (deducir) las propiedades del sistema, dado el modelo.
- Estadística descriptiva vs., inferencial.
- La **inferencia estadística** tiene como objetivo la estimación de las propiedades o características de una población a partir del análisis de una **muestra** de dicha población.
- La teoría probabilística especifica los parámetros y el modelo.



La inferencia estadística



- La probabilidad proporciona las bases para la inferencia estadística.
- Por **inferencia** se entiende:
 - Confrontar modelos con datos para estimar parámetros (ajustar un modelo).
 - Contrastar hipótesis, seleccionar modelos o evaluar modelos.
 - Realizar predicciones.
 - Proporcionar asesoramiento para muestrear *procesos subyacentes* de manera eficiente.



Conceptos de probabilidad

- La Teoría de Probabilidad trata fenómenos que pueden ser modelados por experimentos cuyos resultados están gobernados por el azar (se denominan *experimentos aleatorios*). Estos experimentos aleatorios están caracterizados por
 - Los experimentos son repetibles bajo idénticas condiciones
 - El resultado de un experimento es impredecible
 - Si el experimento se realiza un gran número de veces, el resultado exhibe una cierta regularidad estadística (se observa un comportamiento promedio).

Probabilidades

- ¿En qué consisten las probabilidades?
- Indican incertidumbre acerca de un evento que:
 - Ocurrió en el pasado
 - Ocurre en el presente
 - Ocurrirá en el futuro



Enfoques de probabilidad

- Clásico o escuela objetiva:

$$p = \frac{\text{número de resultados exitosos}}{\text{número total de resultados posibles}}$$

- Frecuencias relativas

$p =$ *fracción de veces que se repite un hecho dado*

- Personalista o subjetivo



Fuentes de las probabilidades

- Historia del pasado
- Juicio subjetivo
- Distribuciones teóricas

Diseño de Experimentos



- Es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente.
- Un *experimento* es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio sobre una o varias propiedades del producto o resultado.
- Asimismo, el experimento permite aumentar el conocimiento acerca del sistema.
- La *unidad experimental* es la pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado del experimento o prueba.



Experimento vs. muestreo



- En sentido estricto, un experimento es un procedimiento de investigación en el que todos los factores ambientales están bajo control.
- Como consecuencia es imprescindible *manipular* las condiciones en las que se realiza el estudio: experimentos “manipulativos” o estudios experimentales.
- No obstante, muchas investigaciones utilizan procedimientos de obtención de la información “no manipulativos” que reciben la denominación de **muestreos**.
- El muestreo es un *procedimiento de observación y medida* exclusivamente, son estudios observacionales.

Laboratorio vs campo

- En un experimento de laboratorio se supone que todas las variaciones de las variables independientes de mantienen al mínimo o bajo control, lo que le da una mayor validez interna.
 - Aislando la investigación en una situación separada de la realidad
 - Manipulando una o dos variables independientes bajo condiciones controladas.



Laboratorio vs campo

- Debilidades:

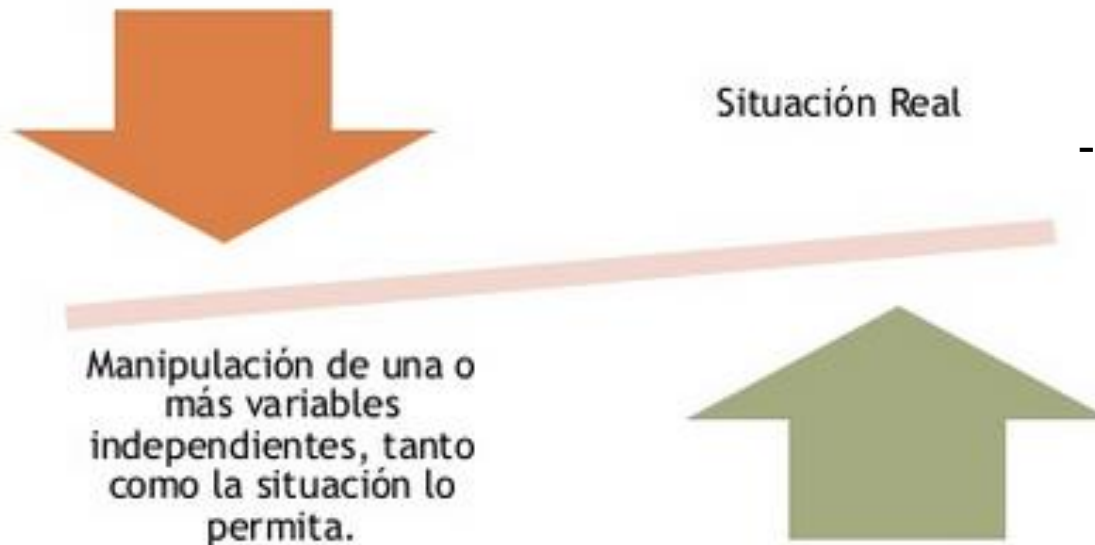
Su punto débil es que les es difícil alcanzar validez externa.

Las variables carecen de fuerza

Y su artificialidad de la situación

Laboratorio vs campo

Experimentos de campo



- Selección de las variables externas a estudiar
- Dificultad para la aleatorización

Los modelos de Diseño de Experimentos



- Son modelos estadísticos clásicos.
- Su objetivo es investigar si unos determinados factores influyen en una variable de interés y ,
- De existir dicha influencia, cuantificarla



Objetivo del Diseño de Experimentos



- Estudiar si cuando se utiliza un determinado tratamiento se produce una mejora en un proceso o no.
- Estudia cómo variar las condiciones habituales de realización de un proceso empírico para aumentar la probabilidad de detectar cambios significativos en la respuesta.
- De esta forma se obtiene un mayor conocimiento del comportamiento del proceso de interés.
- Las técnicas de diseño de experimentos se basan en estudiar simultáneamente los efectos de todos los factores de interés, son más eficaces y proporcionan mejores resultados con un menor costo.

Un experimento se realiza por alguno de los siguientes motivos:

- Determinar las principales causas de variación en la respuesta.
- Encontrar las condiciones experimentales con las que se consigue un valor extremo en la variable de interés o respuesta.
- Comparar las respuestas en diferentes niveles de observación de variables controladas.
- Obtener un modelo estadístico-matemático que permita hacer predicciones de respuestas futuras.

Fuentes de variación



- Una fuente de variación es cualquier cosa que pueda generar variabilidad en la respuesta.
- Distinguir las fuentes de variación del problema que, a priori, generarán una mayor variabilidad.
- Se distinguen dos tipos:
 - Factores de tratamiento: son aquellas fuentes cuyo efecto sobre la respuesta es de particular interés para el investigador.
 - Factores no controlables: son aquellas fuentes que no son de interés directo pero que se contemplan en el diseño para reducir la variabilidad no planificada.



VARIABLES, FACTORES Y NIVELES



- **Variable(s) de respuesta.** A través de esta(s) variable(s) se conoce el efecto o los resultados de cada prueba experimental.
- **Factores controlables.** Son variables de proceso o características de los materiales experimentales que se pueden fijar en un nivel dado. También se les llama variables de entrada, condiciones de proceso, variables de diseño, parámetros del proceso, o factores.
- **Factores no controlables:** Son variables o características de materiales y métodos que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso.



Variables, factores y niveles



- **Factores estudiados.** Son las variables que se investigan en el experimento, respecto de cómo influyen o afectan a la(s) variable(s) de respuesta.
- Los factores estudiados pueden ser controlables o no controlables, a estos últimos quizá fue posible y de interés controlarlos durante el experimento.
- Para que un factor pueda ser estudiado es necesario que durante el experimento se haya probado en, al menos, dos niveles o condiciones.
- **Niveles y tratamientos.** Los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental se llaman *niveles*. Una combinación de niveles de todos los factores estudiados se llama *tratamiento* o *punto de diseño*



Factores y sus niveles



- Es cualquier variable cuyo posible efecto sobre la respuesta se quiere estudiar.
- Los niveles de un factor tratamiento son los tipos o grados específicos del factor que se tendrán en cuenta en la realización del experimento.
- Los factores tratamiento pueden ser cualitativos o cuantitativos.
- En el tratamiento matemático de los modelos de diseño de experimento los factores cuantitativos son tratados como cualitativos.
- Sus niveles son elegidos equiespaciados o se codifican.
- Por lo general, un factor no suele tener más de cuatro niveles.



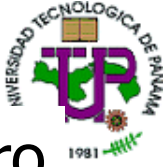
Tipos de factores

- Factor de efectos fijos es un factor en el que los niveles han sido seleccionados por el experimentador. Es apropiado cuando el interés se centra en comparar el efecto sobre la respuesta de esos niveles específicos.
- Factor de efectos aleatorios es un factor del que sólo se incluyen en el experimento una muestra aleatoria simple de todos los posibles niveles del mismo. Se utilizan cuando tienen un número muy grande de niveles y no es posible trabajar con todos ellos. En este caso se está interesado en examinar la variabilidad de la respuesta debida a la población entera de niveles del factor.

Cuando hay mas de un factor:

- Tratamiento: es cada una de las combinaciones de niveles de los distintos factores.
- Observación: es una medida en las condiciones determinadas por uno de los tratamientos.
- Experimento factorial, es el diseño de experimentos en que existen observaciones de todos los posibles tratamientos.

Factores de no controlables:



- Son otros factores, de escaso interés en el estudio, pero cuya influencia sobre la respuesta puede aumentar significativamente la variabilidad no planificada.
 - Factor de bloque: En algunos casos un factor no controlable puede ser fijado en distintos niveles, de modo que es posible controlar su efecto a esos niveles. y pero se incorpora para disminuir la variabilidad residual del modelo.
 - Covariable: Si el factor no controlable es una propiedad cuantitativa de las unidades experimentales que puede ser medida antes de realizar el experimento juega un papel importante en el análisis estadístico.
 - Ruido: Si se está interesado en la variabilidad de la respuesta cuando se modifican las condiciones experimentales, entonces los factores no controlables son incluidos deliberadamente en el experimento y no se aísla su efecto por medio de bloques. Se habla entonces de factores de ruido.



VARIABLES DE RESPUESTA



- Consisten en los datos que se levantan como resultado del experimento.
- Hay que definirlas previamente y están condicionadas a los objetivos del experimento.
- Hay que tener en cuenta tanto la precisión como repetibilidad del experimento, así como posibles inconvenientes al momento de levantarlos.

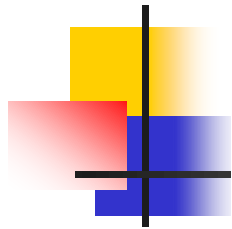


El modelo experimental



- El modelo experimental debe indicar la relación que se supone que existe entre la variable respuesta y las principales fuentes de variación identificadas.
- La respuesta del modelo viene dada por una combinación lineal de términos que representan las principales fuentes de variación planificada más un término residual debido a las fuentes de variación no planificada.
 - Modelo de efectos fijos es un modelo en el que todos los factores son factores de efectos fijos.
 - Modelo de efectos aleatorios es un modelo en el que todos los factores son factores de efectos aleatorios.
 - Modelo mixto es un modelo en el que hay factores de efectos fijos y factores de efectos aleatorios.





Entrada

Factores controlables

Factores no controlables

Causas



Proceso



Salida

Características de calidad o variables de respuesta

Efectos

¿Cuáles características de calidad se van a medir?

¿Cuáles factores controlables deben incluirse en el experimento?

¿Qué niveles debe utilizar cada factor?

¿Cuál diseño experimental es el adecuado?

Aspectos que influyen en la selección del diseño

- El objetivo del experimento.
- El número de factores a estudiar.
- El número de niveles que se prueban en cada factor.
- Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
- El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

Tipos de diseño experimental



■ Según la metodología:

1. Modelos lineales aditivos
2. Diseños factoriales
3. Diseños de bloques aleatorios
4. Diseños *split-plot*
5. Diseños anidados
6. Diseños de cuadrado latino
7. Diseños de medidas repetidas
8. Estudios de impacto ambiental

■ Según el tipo de variable

	Variable independiente	
Variable dependiente	Continua	Categórica
Continua	Regresión	ANOVA
Categórica	Regresión logística	Tabular



- | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|---|---|---|---|
| 1. Diseños para comparar dos o más tratamientos | { | Diseño completamente al azar
Diseño de bloques completos al azar
Diseño de cuadros latino y grecolatino | | | | | | |
| 2. Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta | { | Diseños factoriales 2^k
Diseños factoriales 3^k
Diseños factoriales fraccionados 2^{k-p} | | | | | | |
| 3. Diseños para la optimización de procesos | { | <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Diseños para el modelo de primer orden </td> <td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="vertical-align: top;"> Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p}
 Diseño de Plakett-Burman
 Diseño simplex </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> Diseños para el modelo de segundo orden </td> <td style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">{</td> <td style="vertical-align: top;"> Diseño de composición central
 Diseño de Box-Behnken
 Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p} </td> </tr> </table> | Diseños para el modelo de primer orden | { | Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p}
Diseño de Plakett-Burman
Diseño simplex | Diseños para el modelo de segundo orden | { | Diseño de composición central
Diseño de Box-Behnken
Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p} |
| Diseños para el modelo de primer orden | { | Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p}
Diseño de Plakett-Burman
Diseño simplex | | | | | | |
| Diseños para el modelo de segundo orden | { | Diseño de composición central
Diseño de Box-Behnken
Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p} | | | | | | |
| 4. Diseños robustos | { | Arreglos ortogonales (diseños factoriales)
Diseño con arreglos interno y externo | | | | | | |
| 5. Diseños de mezclas | { | Diseño simplex-reticular
Diseño simplex con centroide
Diseño con restricciones
Diseño axial | | | | | | |

Clasificación de los diseños



Enfoques metodológicos

- **Análisis paramétrico** (clásico, convencional o frecuencia relativa): Asume que los datos se ajustan a un determinado tipo de distribución conocida. Estima los parámetros de dicha distribución a partir de los datos. La probabilidad se define como la frecuencia relativa de una característica de los datos.
- **Análisis Bayesiano**: más antiguo que el paramétrico. La probabilidad se usa para expresar la incertidumbre *sobre un parámetro*.
- **Análisis de Montecarlo**: No asume ningún tipo de distribución paramétrica de los datos. Utiliza la aleatorización de los datos observados (permutaciones aleatorias).
- **Análisis no paramétrico**: Se fundamentan en el análisis de los datos transformados en sus rangos (número de orden), pero son un caso especial de análisis de Monte Carlo.

Requisitos en el análisis paramétrico

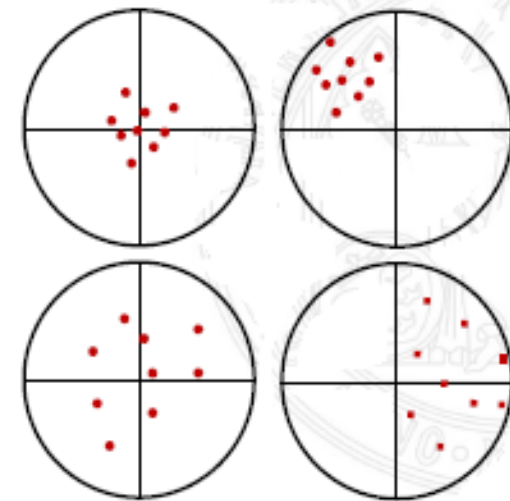
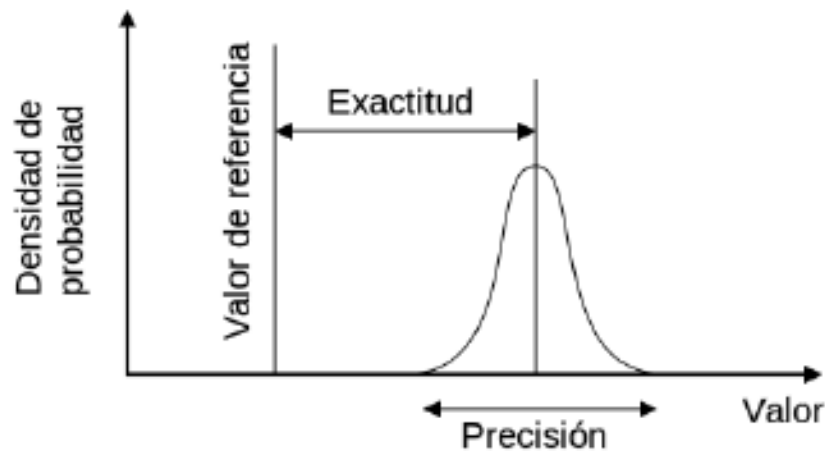


- La aplicación de los test paramétricos presenta una serie de requisitos que deben cumplir los datos: independencia, normalidad (ajuste a una distribución normal) y homogeneidad de varianzas (homocedasticidad).
- La **independencia** se consigue con un diseño experimental (o de muestreo) adecuado. Si existen datos no independientes hay que utilizar las técnicas adecuadas para analizarlos (modelos mixtos).
- La **normalidad** y la **homocedasticidad** (en el caso de variables continuas) está fundamentada en el Teorema del Límite Central: Cuando el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande, la distribución de las medias sigue aproximadamente una distribución normal y permite suponer la normalidad en los datos.
- El teorema se aplica independientemente de la forma de la distribución de la población.
- No obstante, los tests paramétricos suelen ser “robustos” frente a las violaciones de estos requisitos.



Exactitud y precisión

- Son dos aspectos fundamentales en el proceso de obtención de datos.
- La ausencia de exactitud se denomina sesgo (*bias*).
- La precisión se refiere a la dispersión de los datos y se relaciona con la *repetibilidad* y la *reproducibilidad*.



Variabilidad

<i>Barra de error</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fórmula</i>
Rango	Descriptivo	Amplitud entre los extremos de los datos	El mayor valor menos el menor
Desviación estándar (SD)	Descriptivo	Diferencia media entre los datos y su media	$SD = \sqrt{\frac{\sum((x_i - \bar{x})^2)}{n - 1}}$
Error estándar	Inferencial	Medida de la variabilidad de la media, si el estudio se repite muchas veces	$SE = SD/\sqrt{n}$
Intervalo de confianza (CI)	Inferencial	Intervalo de valores entre los cuales se estima que estará la media verdadera con una determinada probabilidad de acierto	$\bar{x} \pm t_{v,1-\alpha/2} \times SE$

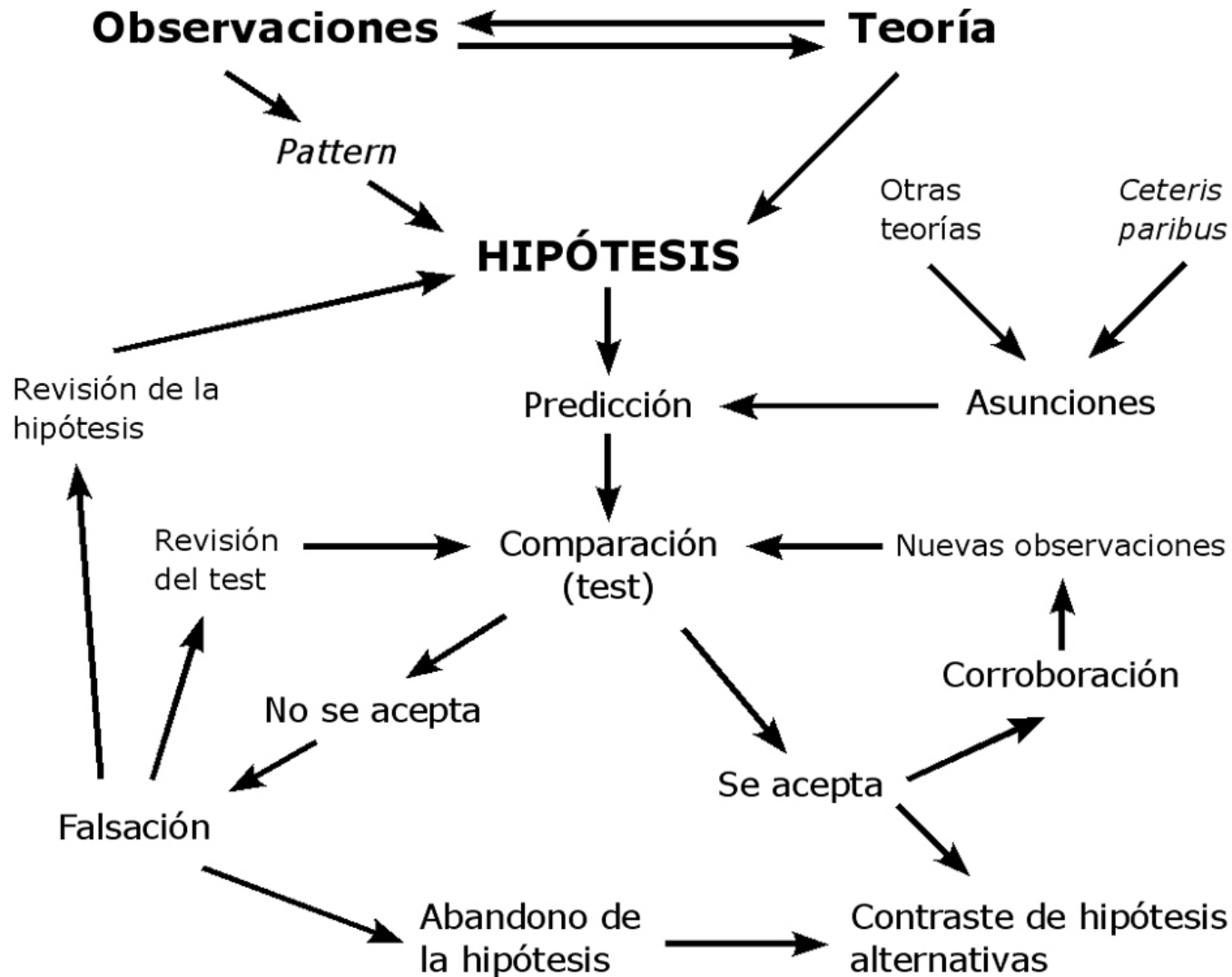
La hipótesis científica



- **Hipótesis y teorías** Una *hipótesis científica* se refiera a un mecanismo o relación causa-efecto particular. Una *teoría científica* es mucho más general y sintética e implica un nivel de evidencia y soporte considerablemente mayor.
- **•Azar, variación, incertidumbre:** Cualquier sistema que se encuentra en la naturaleza es ***estocástico***; es decir, sistemas que no son completamente predecibles porque incluyen procesos aleatorios que añaden un mayor o menor grado de variabilidad y, en consecuencia, de incertidumbre en sus resultados.



Contraste de hipótesis



El modelado

- Para interpretar formalmente cualquier observación es necesario el desarrollo de un modelo. *Los modelos son herramientas para evaluar las hipótesis*
- Un modelo es una definición abstracta de cómo las observaciones son el resultado de cantidades observables (*datos*) e inobservables (*parámetros*). Pero un modelo es una abstracción y, por tanto, siempre es *incorrecto*.

Error aleatorio y sistemático



- Los errores experimentales pueden definirse como:
- Error aleatorio: es la variabilidad que no puede explicarse por los factores estudiados.
- Error sistemático: refleja los errores del experimentador en la planeación y ejecución del experimento. es aquel que se produce de igual modo en todas las mediciones que se realizan de una magnitud. Puede estar originado en un defecto del instrumento, en una particularidad del operador o del proceso de medición, etc.
- Es importante que la variabilidad observada de la respuesta se deba principalmente a los factores estudiados y en menor medida al error aleatorio.



Modelo estadístico:

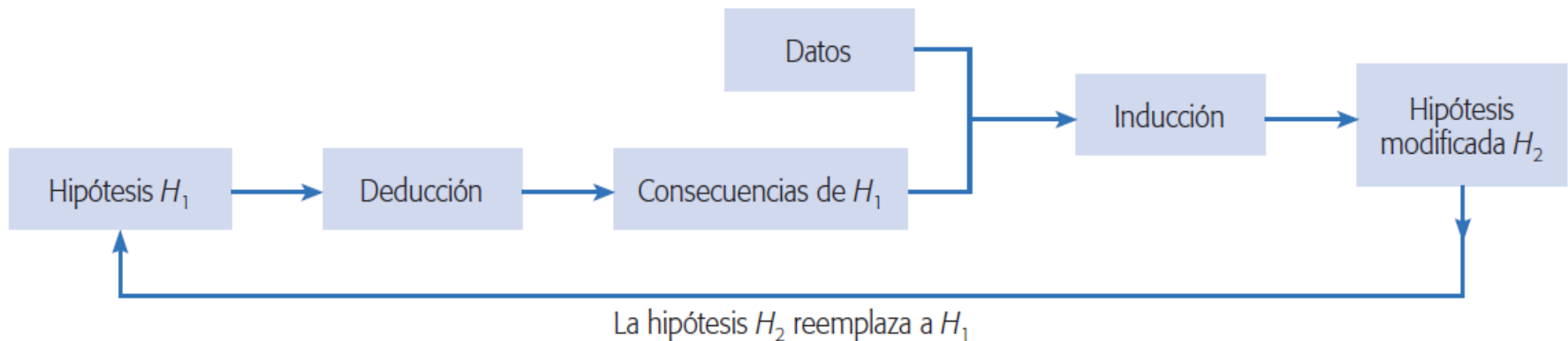
“Señal”, información
estructural, error de método,
fijo

“Ruido”, error, componente
aleatorio, variable

Respuesta = Componente sistemático + componente estocástico

Deducción vs. inducción

- Una hipótesis inicial lleva a un *proceso de deducción*, en el que las consecuencias derivadas de la hipótesis pueden ser comparadas con los datos.
- Cuando las consecuencias y los datos no corresponden, entonces la discrepancia puede llevar a un *proceso de inducción*, en el cual se modifica la hipótesis original.
- De esta manera inicia un segundo ciclo de la interacción de teoría y datos, en el cual las consecuencias de la hipótesis modificada son comparadas con los datos (los viejos y los que se obtengan en este nuevo ciclo); esto puede llevar a futuras modificaciones y a la obtención de conocimiento.



Contraste de hipótesis estadísticas



- **Significación estadística y valores de P** : El contraste de hipótesis se realiza mediante pruebas o test estadísticos. Cada test produce un resultado numérico (un estadístico) y un valor de probabilidad asociado (P).
- **•La hipótesis nula estadística (H_0)**: Establece un modelo simple que considera que las variaciones observadas en los datos son debidas al azar y no al efecto del factor o factores estudiados.
- **•La hipótesis alternativa (H_1)** En general, como hipótesis alternativas (una o varias), se definen las que sí consideran la existencia de efectos debidos al factor o factores estudiados.
- **•Habitualmente se utiliza el criterio $P < 0,05$ para rechazar H_0**
- **•Pero el rechazo de H_0 NO implica aceptar H_1** (solo sugiere que H_1 puede ser cierta).



■ **El valor de probabilidad (P , p , P -value, p -value)**

Expresa la probabilidad de obtener los datos observados (*y otros más extremos pero no observados*) dado un modelo específico (definido por un parámetro o conjunto de parámetros θ):

$$P(y \geq y_{obs} | \theta)$$

- Habitualmente el modelo considerado es la hipótesis nula (H_0), y por tanto, el valor de P es la probabilidad de obtener unos datos (generalmente expresados como el resultado de un test estadístico) al menos tan extremos como los observados:

$$P(datos | H_0)$$

- P *no es* la probabilidad de que H_0 “sea cierta”

- **Potencia estadística $1 - \beta$** : La **potencia** de una prueba **estadística** o el poder **estadístico** es la probabilidad de que la hipótesis nula H_0 sea rechazada cuando la hipótesis alternativa es verdadera (es decir, la probabilidad de no cometer un error del tipo II)
- Depende de cuatro factores:
 - El nivel de significación (α): la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error de tipo I, o "falso positivo").
 - El tamaño del efecto (β): Es la magnitud mínima de la diferencia o asociación que se considera relevante. Es una medida del "grado de diferencia" o del "grado de relación" que queremos detectar. Es una medida estandarizada, de cálculo complejo.
 - El tamaño de la muestra (n). A mayor tamaño de muestra mayor potencia al aumentar la precisión.
 - La variabilidad de la respuesta (σ). A menor variabilidad mayor potencia. Influye en la estimación del tamaño del efecto y es mayor cuando el tamaño de la muestra es pequeño.
- La potencia $1-\beta$ aumenta si seleccionamos un nivel de significación α mayor.
- Pero elegir un α mayor implica un mayor riesgo de cometer error Tipo I.

Errores al contrastar hipótesis



	Decisión	
Realidad:	No rechazar H_0	Rechazar H_0
H_0 cierta	Decisión correcta ($p = 1 - \alpha$)	Error Tipo I ($p = \alpha$) "falso positivo"
H_0 falsa	Error Tipo II ($p = \beta$) "falso negativo"	Decisión Correcta ($p = 1 - \beta$) "potencia estadística"

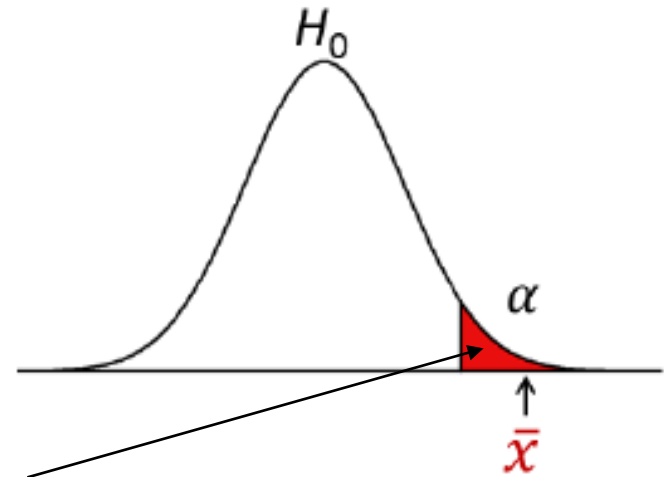
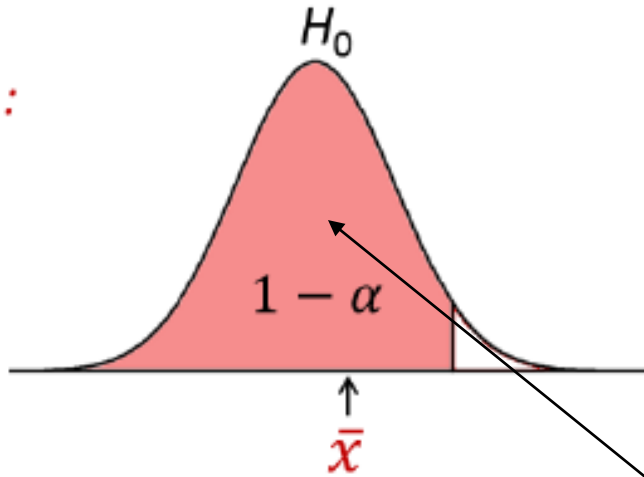


Decisión: No rechazar H_0

Decisión: Rechazar H_0

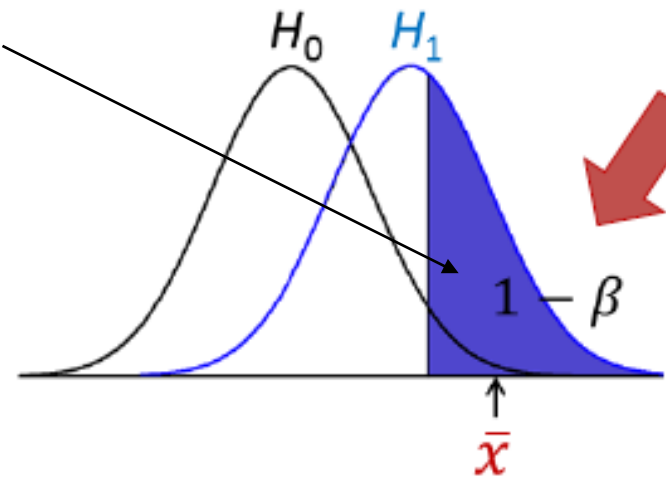
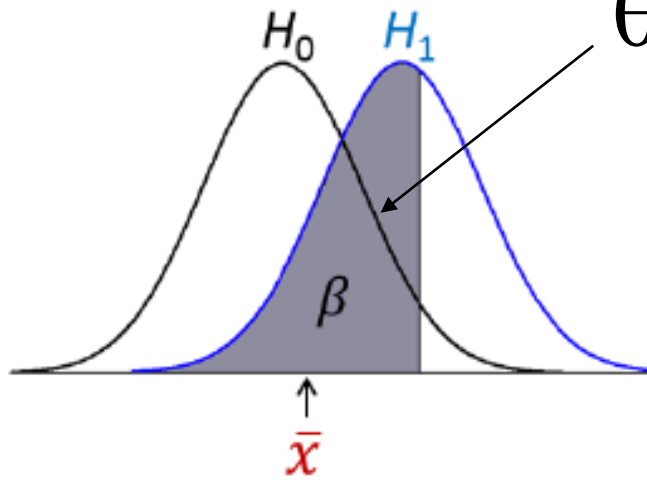
Realidad :

H_0 cierta

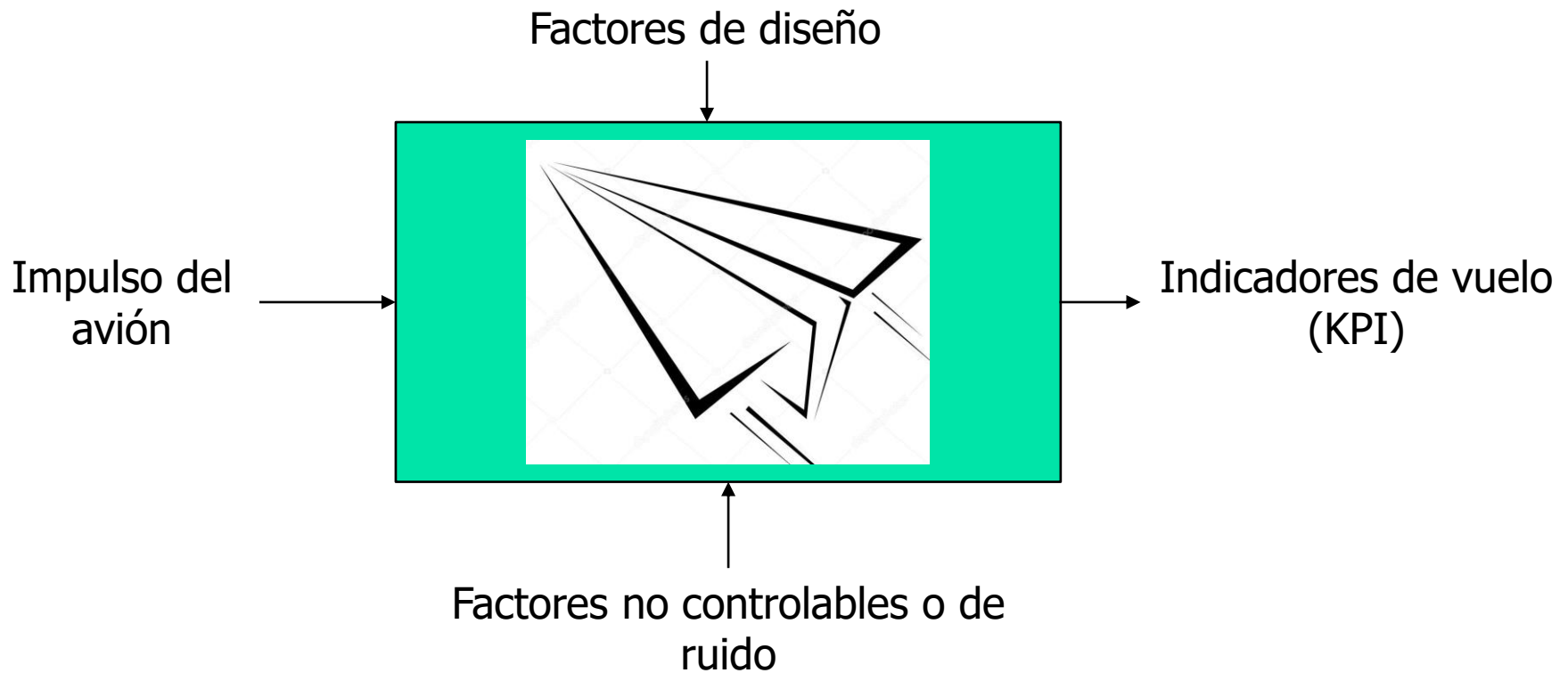


θ

H_0 falsa



Ejemplo: analizar los factores que afectan o contribuyen al vuelo de un avión de papel



Etapas en el diseño de experimentos



- Entender y delimitar el problema u objeto de estudio.
- Elegir la(s) variable(s) de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable.
- Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse, de acuerdo a la supuesta influencia que tienen sobre la respuesta.
- Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen y al objetivo del experimento.
- Planear y organizar el trabajo experimental
- Realizar el experimento

