

Curso avanzado de estadística

Sesión 1: introducción y tamaño muestral

Carlos Vergara Hernández

6 de julio de 2022

Servicio de estudios estadísticos, FISABIO

Pasos previos

Se necesita la instalación del siguiente software

- **R.**
- Se recomienda un editor de texto que se adapte a R:
 - **RStudio,**
 - **Emacs,**
 - **Sublime Text,**
 - **Atom.**

Se necesita la instalación del siguiente software

- **R.**
- Se recomienda un editor de texto que se adapte a R:
 - **RStudio,**
 - **Emacs,**
 - **Sublime Text,**
 - **Atom.**

El contenido del curso se depositará **en este repositorio de GitHub.**

- Por ahora contiene un *script* de R con las instrucciones de instalación de paquetes.
 - Una vez descargado, se ejecuta desde R con la instrucción:

```
source("00_cargar_paquetes_estadistica_avanzada.R")
```

Introducción

En el mundillo de la investigación sanitaria y la bioestadística, tradicionalmente se describen tres tipos posibles de análisis

- descriptivo
- causal
- predictivo

La importancia del análisis

De igual forma que no se le piden peras al olmo, no conviene inferir causalidad de un análisis predictivo.

- Población: colectivo que se desea estudiar.
- Muestra: subconjunto de la población sobre el que se recogen y analizan datos.
- Muestreo: proceso mediante el cual se obtiene una muestra desde una población, siendo clasificado como probabilístico o no-probabilístico.
- Unidad de análisis: entidad o unidad elemental que se analiza, pudiendo ser diferente a la unidad de muestreo.
- Tamaño de efecto: magnitud del efecto bajo H_1 . Su cálculo varía entre las distintas pruebas y se estima a partir de estudios previos, los resultados de un estudio piloto, o acogiéndose a estándares ampliamente aceptados.

- Error tipo I (α o nivel de significación): probabilidad de rechazar H_0 cuando esta es cierta.
- Error tipo II (β): probabilidad de no rechazar H_0 cuando esta es falsa.
- Potencia ($1 - \beta$): probabilidad de rechazar H_0 cuando esta es falsa.

- Error tipo I (α o nivel de significación): probabilidad de rechazar H_0 cuando esta es cierta.
- Error tipo II (β): probabilidad de no rechazar H_0 cuando esta es falsa.
- Potencia ($1 - \beta$): probabilidad de rechazar H_0 cuando esta es falsa.
- Algo de batiburrillo...
 - hipótesis científica e hipótesis estadística;
 - pruebas a una o dos colas;
 - paramétrico y no-paramétrico;
 - independencia o dependencia;
 - error sistemático y error aleatorio.

La ciencia se ve atacada continuamente por el desconocimiento o la impericia en metodología, o directamente por conductas deshonestas.

- p-hacking;
- grados de libertad del investigador;
- errores en la tabulación de datos o por usar la herramienta incorrecta.

La ciencia se ve atacada continuamente por el desconocimiento o la impericia en metodología, o directamente por conductas deshonestas.

- p-hacking;
- grados de libertad del investigador;
- errores en la tabulación de datos o por usar la herramienta incorrecta.

Prácticas dirigidas a reducir estos problemas:

- Uso de entornos de computación por línea de comando (R, python o julia, por ejemplo).
- Registro público de los protocolos de investigación, incorporando la estrategia de análisis prevista (habrá que justificar sus desviaciones).
- Publicar todo el código de análisis en repositorios abiertos.
- En la medida de lo posible, publicar y facilitar el acceso a los datos brutos.

La ciencia se ve atacada continuamente por el desconocimiento o la impericia en metodología, o directamente por conductas deshonestas.

- p-hacking;
- grados de libertad del investigador;
- errores en la tabulación de datos o por usar la herramienta incorrecta.

Prácticas dirigidas a reducir estos problemas:

- Uso de entornos de computación por línea de comando (R, python o julia, por ejemplo).
- Registro público de los protocolos de investigación, incorporando la estrategia de análisis prevista (habrá que justificar sus desviaciones).
- Publicar todo el código de análisis en repositorios abiertos.
- En la medida de lo posible, publicar y facilitar el acceso a los datos brutos.

Profundizar en el tema

Quien quiera profundizar, puede seguir **este enlace** para ver las diapositivas de una sesión sobre reproducibilidad desde una perspectiva estadística.

- Diseños experimentales:
 - Error sistemático reducido.
 - Error aleatorio puede ser alto.
 - La representatividad es un problema.
 - Tiene un gran potencial de causalidad.

- Diseños experimentales:
 - Error sistemático reducido.
 - Error aleatorio puede ser alto.
 - La representatividad es un problema.
 - Tiene un gran potencial de causalidad.
- Diseños observacionales:
 - Es menos costoso reducir el error aleatorio.
 - Suelen aplicar muestreos eficientes o analizar datos completos.
 - El error sistemático puede ser enorme.
 - Al no existir aleatoriedad en la asignación de grupos, hay un gran riesgo de confusión en el análisis, la cual debe tratarse de alguna forma si su objetivo es causal.
 - DAGs
 - Emparejamiento y uso de algún *propensity score*.

Tamaño muestral

Tipos de error

| | H_0 es falsa | H_0 es cierta |
|---------------------|----------------|-----------------|
| Se rechaza H_0 | Acierto | Error tipo I |
| No se rechaza H_0 | Error tipo II | Acierto |

| | H_0 es falsa | H_0 es cierta |
|---------------------|----------------|-----------------|
| Se rechaza H_0 | Acierto | Error tipo I |
| No se rechaza H_0 | Error tipo II | Acierto |

- Los errores tipo I y II representan probabilidades condicionadas y guardan una relación similar a la que mantienen sensibilidad y especificidad en el ámbito de los test diagnósticos.
 - De igual modo que es muy difícil encontrar un test con elevada sensibilidad y especificidad, mantener a raya a los errores tipo I y II también tiene un precio: aumentar el tamaño muestral.

| | H_0 es falsa | H_0 es cierta |
|---------------------|----------------|-----------------|
| Se rechaza H_0 | Acierto | Error tipo I |
| No se rechaza H_0 | Error tipo II | Acierto |

- Los errores tipo I y II representan probabilidades condicionadas y guardan una relación similar a la que mantienen sensibilidad y especificidad en el ámbito de los test diagnósticos.
 - De igual modo que es muy difícil encontrar un test con elevada sensibilidad y especificidad, mantener a raya a los errores tipo I y II también tiene un precio: aumentar el tamaño muestral.

¿Por qué un tamaño muestral?

En un mundo con recursos limitados y demandas potencialmente ilimitadas, resulta necesario asignar recursos a propuestas que planeen recoger muestras suficientes para detectar razonablemente un efecto si este realmente existe.

- Determinación formal: mediante aplicación de fórmulas
 - Solo funciona en determinados escenarios (muy sencillos).
 - Suele ser lo que se solicita (y entienden) las agencias evaluadoras.

- Determinación formal: mediante aplicación de fórmulas
 - Solo funciona en determinados escenarios (muy sencillos).
 - Suele ser lo que se solicita (y entienden) las agencias evaluadoras.
- Simulación: simular multitud de bases de datos en base a la relación esperada entre variables.
 - Mecanismo muy potente, muy costoso y dependiente de las asunciones del investigador.
 - Obliga a pensar de antemano en la tipología de datos y la estructura de la que se dispondrá, pudiendo llegar a perfilar una estrategia de análisis muy compleja antes de recoger dato alguno.

- Determinación formal: mediante aplicación de fórmulas
 - Solo funciona en determinados escenarios (muy sencillos).
 - Suele ser lo que se solicita (y entienden) las agencias evaluadoras.
- Simulación: simular multitud de bases de datos en base a la relación esperada entre variables.
 - Mecanismo muy potente, muy costoso y dependiente de las asunciones del investigador.
 - Obliga a pensar de antemano en la tipología de datos y la estructura de la que se dispondrá, pudiendo llegar a perfilar una estrategia de análisis muy compleja antes de recoger dato alguno.

Contenido del curso

Aquí se verá el análisis formal de la mayoría de test habituales surgidos a raíz de Cohen (1988) y alguna pincelada del potencial de la simulación.

Cálculo directo

Proporciones: Prueba para una proporción

Objetivo: evaluar si una proporción es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

Proporciones: Prueba para una proporción

Objetivo: evaluar si una proporción es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de exfumadores en hombres diferente a 0.3 en mayores de 50 años?

Proporciones: Prueba para una proporción

Objetivo: evaluar si una proporción es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de exfumadores en hombres diferente a 0.3 en mayores de 50 años?

- $H_0 : \pi = 0.3$
- $H_1 : \pi \neq 0.3$
- Los tamaños de efecto estándar para contrastes sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Proporciones: Prueba para una proporción

Objetivo: evaluar si una proporción es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de exfumadores en hombres diferente a 0.3 en mayores de 50 años?

- $H_0 : \pi = 0.3$
- $H_1 : \pi \neq 0.3$
- Los tamaños de efecto estándar para contrastes sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.p.test(  
  h           = 0.5,  
  sig.level   = 0.05,  
  power       = 0.8,  
  alternative  = "two.sided"  
)
```

Proporciones: Prueba para una proporción

Objetivo: evaluar si una proporción es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de exfumadores en hombres diferente a 0.3 en mayores de 50 años?

- $H_0 : \pi = 0.3$
- $H_1 : \pi \neq 0.3$
- Los tamaños de efecto estándar para contrastes sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.p.test(  
  h           = 0.5,  
  sig.level   = 0.05,  
  power       = 0.8,  
  alternative  = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto se utiliza la transformación arcoseno:

- $h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_1}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_2})$
 - \hat{p}_1 es la proporción muestral y \hat{p}_2 es la ofrecida por H_0 .

Proporciones: Prueba para una proporción

Objetivo: evaluar si una proporción es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de exfumadores en hombres diferente a 0.3 en mayores de 50 años?

- $H_0 : \pi = 0.3$
- $H_1 : \pi \neq 0.3$
- Los tamaños de efecto estándar para contrastes sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.p.test(  
  h      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power    = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto se utiliza la transformación arcoseno:

- $h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_1}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_2})$
 - \hat{p}_1 es la proporción muestral y \hat{p}_2 es la ofrecida por H_0 .

Extra

Cálculo en R de h : '2 * asin(sqrt(p1)) - 2 * asin(sqrt(p2))'.

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes post-pandemia en la CV es diferente al 10%, encontrando que la cifra pre-pandemia es del 9.5%.
2. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes post-pandemia en la CV es diferente al 10%, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.1.

Práctica: Prueba para una proporción (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes post-pandemia en la CV es diferente al 10%, encontrando que la cifra pre-pandemia es del 9%.

Práctica: Prueba para una proporción (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes post-pandemia en la CV es diferente al 10%, encontrando que la cifra pre-pandemia es del 9%.

$$h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.1}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.09}) \approx 0.03$$

Práctica: Prueba para una proporción (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes post-pandemia en la CV es diferente al 10%, encontrando que la cifra pre-pandemia es del 9%.

$$h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.1}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.09}) \approx 0.03$$

```
pwr::pwr.p.test(  
  h      = 0.03,  
  sig.level = 0.05,  
  power    = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)  
  
proportion power calculation for binomial distribution (arcsine transformation)  
  
      h = 0.03  
      n = 8720.956  
sig.level = 0.05  
power = 0.8  
alternative = two.sided  
  
# 2 * asin(sqrt(0.1)) - 2 * asin(sqrt(0.09))
```

- ≈ 8721 sujetos.

- Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes post-pandemia en la CV es diferente al 10%, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.1.

```
pwr::pwr.p.test(  
  h      = 0.1,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

proportion power calculation for binomial distribution (arcsine transformation)

```
h = 0.1  
n = 784.8861  
sig.level = 0.05  
power = 0.8  
alternative = two.sided
```

```
# 2 * asin(sqrt(0.1)) - 2 * asin(sqrt(0.13))
```

- ≈ 785 sujetos.

Proporciones: Prueba para dos proporciones

Objetivo: evaluar si dos proporciones son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

Proporciones: Prueba para dos proporciones

Objetivo: evaluar si dos proporciones son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de fumadores diferente en hipertensos y no hipertensos?

Proporciones: Prueba para dos proporciones

Objetivo: evaluar si dos proporciones son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de fumadores diferente en hipertensos y no hipertensos?

- $H_0 : \pi_{hta} = \pi_{nohta}$
- $H_1 : \pi_{hta} \neq \pi_{nohta}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Proporciones: Prueba para dos proporciones

Objetivo: evaluar si dos proporciones son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de fumadores diferente en hipertensos y no hipertensos?

- $H_0 : \pi_{hta} = \pi_{nohta}$
- $H_1 : \pi_{hta} \neq \pi_{nohta}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.2p.test(  
  h          = 0.5,  
  sig.level  = 0.05,  
  power      = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Proporciones: Prueba para dos proporciones

Objetivo: evaluar si dos proporciones son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de fumadores diferente en hipertensos y no hipertensos?

- $H_0 : \pi_{hta} = \pi_{nohta}$
- $H_1 : \pi_{hta} \neq \pi_{nohta}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.2p.test(  
  h      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto se utiliza la transformación arcoseno:

- $h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_1}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_2})$
- \hat{p}_1 y \hat{p}_2 son las proporciones muestrales.

Proporciones: Prueba para dos proporciones

Objetivo: evaluar si dos proporciones son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la proporción de fumadores diferente en hipertensos y no hipertensos?

- $H_0 : \pi_{hta} = \pi_{nohta}$
- $H_1 : \pi_{hta} \neq \pi_{nohta}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas sobre proporciones son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.2p.test(  
  h      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto se utiliza la transformación arcoseno:

- $h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_1}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{\hat{p}_2})$
- \hat{p}_1 y \hat{p}_2 son las proporciones muestrales.

Extra

Cálculo en R de h : `2 * asin(sqrt(p1)) - 2 * asin(sqrt(p2))`.
También existe una variante para calcular tamaños en grupos desiguales:
`pwr::pwr.2p2n.test`.

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las provincias de Valencia y Alicante, existiendo estudios pilotos que apuntan a que estas son del 11% y del 15%.
2. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las provincias de Valencia y Alicante buscando un tamaño de efecto entre pequeño y medio de 0.3.

Práctica: Prueba para dos proporciones (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las provincias de Valencia y Alicante, existiendo estudios pilotos que apuntan a que estas son del 11% y del 15%.

Práctica: Prueba para dos proporciones (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las provincias de Valencia y Alicante, existiendo estudios pilotos que apuntan a que estas son del 11% y del 15%.

$$h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.11}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.15}) \approx 0.12$$

Práctica: Prueba para dos proporciones (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las provincias de Valencia y Alicante, existiendo estudios pilotos que apuntan a que estas son del 11% y del 15%.

$$h = 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.11}) - 2 \cdot \arcsin(\sqrt{0.15}) \approx 0.12$$

```
pwr::pwr.2p.test(  
  h      = 0.12,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
) # 2 * asin(sqrt(0.11)) - 2 * asin(sqrt(0.14))
```

Difference of proportion power calculation for binomial distribution (arcsine transformation)

```
h = 0.12  
n = 1090.12  
sig.level = 0.05  
power = 0.8  
alternative = two.sided
```

NOTE: same sample sizes

- ≈ 1091 sujetos por grupo.

Práctica: Prueba para dos proporciones (III)

- Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las provincias de Valencia y Alicante buscando un tamaño de efecto entre pequeño y medio de 0.3.

```
pwr::pwr.2p.test(  
  h      = 0.3,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
) # 2 * asin(sqrt(0.1)) - 2 * asin(sqrt(0.2))
```

Difference of proportion power calculation for binomial distribution (arcsine transformation)

```
h = 0.3  
n = 174.4191  
sig.level = 0.05  
power = 0.8  
alternative = two.sided
```

NOTE: same sample sizes

- ≈ 175 sujetos por grupo.

Proporciones: Prueba de χ^2

Objetivo: extender comparación de proporciones más allá de dos grupos (comparar tablas con dos o más dimensiones).

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

Proporciones: Prueba de χ^2

Objetivo: extender comparación de proporciones más allá de dos grupos (comparar tablas con dos o más dimensiones).

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay diferencias en la proporción de fumadores según categorías del IMC?

Proporciones: Prueba de χ^2

Objetivo: extender comparación de proporciones más allá de dos grupos (comparar tablas con dos o más dimensiones).

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay diferencias en la proporción de fumadores según categorías del IMC?

- $H_0 : \pi_1 = \pi_2 = \dots = \pi_n$
- $H_1 = \exists i, j : \pi_i \neq \pi_j$
- Los tamaños de efecto estándar para el contraste de la χ^2 son 0.1, 0.3 y 0.5 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Proporciones: Prueba de χ^2

Objetivo: extender comparación de proporciones más allá de dos grupos (comparar tablas con dos o más dimensiones).

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cualitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay diferencias en la proporción de fumadores según categorías del IMC?

- $H_0 : \pi_1 = \pi_2 = \dots = \pi_n$
- $H_1 = \exists i, j : \pi_i \neq \pi_j$
- Los tamaños de efecto estándar para el contraste de la χ^2 son 0.1, 0.3 y 0.5 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.chisq.test(  
  w      = 0.3,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  df      = 3 # ngrupos - 1  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto:

- $w = \sqrt{\chi^2 / n \cdot gl}$.
- $\chi^2 = \sum \frac{(Obs - Esp)^2}{Esp}$.
- n es el número de elementos de la tabla.
- gl son los grados de libertad.

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las tres provincias de la CV, existiendo datos preliminares recogidos en esta tabla ($n = 729$):

| Diabetes | Alicante | Castellón | Valencia |
|----------|----------|-----------|----------|
| Sí | 30 | 28 | 100 |
| No | 90 | 81 | 400 |

2. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las tres provincias de la CV, empleando un tamaño de efecto muy pequeño.

Práctica: Prueba de χ^2 (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las tres provincias de la CV, existiendo datos preliminares recogidos en esta tabla (n = 729):

| Diabetes | Alicante | Castellón | Valencia |
|----------|----------|-----------|----------|
| Sí | 30 | 28 | 100 |
| No | 90 | 81 | 400 |

- El tamaño del efecto es de 0.16

```
pwr::pwr.chisq.test(  
  w      = 0.16,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  df      = 2  
)
```

Chi squared power calculation

```
      w = 0.16  
      N = 376.355  
      df = 2  
sig.level = 0.05  
power = 0.8
```

NOTE: N is the number of observations

- Hay interés en evaluar si la prevalencia de diabetes es diferente entre las tres provincias de la CV, empleando un tamaño de efecto muy pequeño.

```
pwr::pwr.chisq.test(  
  w      = 0.1,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  df      = 2  
)
```

Chi squared power calculation

```
      w = 0.1  
      N = 963.4689  
      df = 2  
sig.level = 0.05  
power = 0.8
```

NOTE: N is the number of observations

- ≈ 964 sujetos en total.

Medias: Prueba t para una muestra

Objetivo: evaluar si la media es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

Medias: Prueba t para una muestra

Objetivo: evaluar si la media es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres de una provincia distinta a 168 cm?

Medias: Prueba t para una muestra

Objetivo: evaluar si la media es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres de una provincia distinta a 168 cm?

- $H_0 : \mu = 168cm$
- $H_1 : \mu \neq 168cm$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Medias: Prueba t para una muestra

Objetivo: evaluar si la media es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres de una provincia distinta a 168 cm?

- $H_0 : \mu = 168\text{cm}$
- $H_1 : \mu \neq 168\text{cm}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "one.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Medias: Prueba t para una muestra

Objetivo: evaluar si la media es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres de una provincia distinta a 168 cm?

- $H_0 : \mu = 168\text{cm}$
- $H_1 : \mu \neq 168\text{cm}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "one.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto, se tiene que $d = \frac{M_2 - M_1}{\text{desviación típica}}$.

- M_2 es la media muestral.
- M_1 es la media ofrecida por H_0 .

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si la media de TAS en un grupo de hipertensos medicados es diferente a 140mmHg, cuando en un estudio previo se reportaron media y DT de 135mmHg y 15mmHg, respectivamente.
2. Hay interés en evaluar si la media de TAS en un grupo de hipertensos medicados es diferente a 140mmHg, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.2.

Práctica: Prueba t para una muestra (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si la media de TAS en un grupo de hipertensos medicados es diferente a 140mmHg, cuando en un estudio previo se reportaron media y DT de 135mmHg y 15mmHg, respectivamente.
- El tamaño del efecto es de -0.33

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.3,  
  sig.level = 0.05,  
  power    = 0.8,  
  type     = "one.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

One-sample t test power calculation

```
      n = 89.14938  
      d = 0.3  
sig.level = 0.05  
  power = 0.8  
alternative = two.sided
```

- ≈ 90 sujetos.

Práctica: Prueba t para una muestra (III)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

- Hay interés en evaluar si la media de TAS en un grupo de hipertensos medicados es diferente a 140mmHg, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.2.

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.2,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "one.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

One-sample t test power calculation

```
      n = 198.1508  
      d = 0.2  
sig.level = 0.05  
  power = 0.8  
alternative = two.sided
```

- ≈ 199 sujetos.

Medias: Prueba t para dos muestras

Objetivo: evaluar si dos medias son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

Medias: Prueba t para dos muestras

Objetivo: evaluar si dos medias son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres distinta entre las provincias de Alicante y Valencia?

- $H_0 : \mu_{Ali} = \mu_{Val}$
- $H_1 : \mu_{Ali} \neq \mu_{Val}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Medias: Prueba t para dos muestras

Objetivo: evaluar si dos medias son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres distinta entre las provincias de Alicante y Valencia?

- $H_0 : \mu_{Ali} = \mu_{Val}$
- $H_1 : \mu_{Ali} \neq \mu_{Val}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "two.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Medias: Prueba t para dos muestras

Objetivo: evaluar si dos medias son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres distinta entre las provincias de Alicante y Valencia?

- $H_0 : \mu_{Ali} = \mu_{Val}$
- $H_1 : \mu_{Ali} \neq \mu_{Val}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "two.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto, se tiene que $d = \frac{M_2 - M_1}{DT \text{ conjunta}}$.

- M_1 y M_2 son las medias muestrales.
- $DT \text{ conjunta} = \sqrt{(Var_1 + Var_2)/2}$

Medias: Prueba t para dos muestras

Objetivo: evaluar si dos medias son diferentes.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es la altura media en hombres distinta entre las provincias de Alicante y Valencia?

- $H_0 : \mu_{Ali} = \mu_{Val}$
- $H_1 : \mu_{Ali} \neq \mu_{Val}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "two.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto, se tiene que $d = \frac{M_2 - M_1}{DT_{conjunta}}$.

- M_1 y M_2 son las medias muestrales.
- $DT_{conjunta} = \sqrt{(Var_1 + Var_2)/2}$

Extra

También existe una variante para calcular tamaños en grupos desiguales: `pwr : pwr.t2n.test`.

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos según si se medican con diuréticos o con IECA. En un estudio pequeño se encontró que $\bar{x}_{diur} = 129$, $s_{diur} = 24$ y $\bar{x}_{ieca} = 141$, $s_{ieca} = 37$ (mmHg).
2. Hay interés en evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos según si se medican con diuréticos o con IECA, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.2.

Práctica: Prueba t para dos muestras (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos según si se medican con diuréticos o con IECA. En un estudio pequeño se encontró que

$\bar{x}_{diur} = 129$, $s_{diur} = 24$ y $\bar{x}_{ieca} = 141$, $s_{ieca} = 37$ (mmHg).

- El tamaño del efecto es de -0.38

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.38,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "two.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Two-sample t test power calculation

```
      n = 109.6787  
      d = 0.38  
sig.level = 0.05  
  power   = 0.8  
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number in each group

- ≈ 110 sujetos por grupo.

Práctica: Prueba t para dos muestras (III)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

- Hay interés en evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos según si se medican con diuréticos o con IECA, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.2.

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.2,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "two.sample",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Two-sample t test power calculation

```
      n = 393.4057  
      d = 0.2  
sig.level = 0.05  
  power = 0.8  
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number in each group

- ≈ 394 sujetos por grupo.

Medias: Prueba t para la media de las diferencias

Objetivo: evaluar si la media de las diferencias entre dos variables relacionadas es diferente a cero.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | No | Prueba paramétrica | pwr |

Medias: Prueba t para la media de las diferencias

Objetivo: evaluar si la media de las diferencias entre dos variables relacionadas es diferente a cero.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | No | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay variación en el peso medio antes y después de haber seguido una dieta hipocalórica?

Medias: Prueba t para la media de las diferencias

Objetivo: evaluar si la media de las diferencias entre dos variables relacionadas es diferente a cero.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | No | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay variación en el peso medio antes y después de haber seguido una dieta hipocalórica?

- $H_0 : \Delta_{\text{peso}} = 0\text{kg}$
- $H_1 : \Delta_{\text{peso}} \neq 0\text{kg}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Medias: Prueba t para la media de las diferencias

Objetivo: evaluar si la media de las diferencias entre dos variables relacionadas es diferente a cero.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | No | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay variación en el peso medio antes y después de haber seguido una dieta hipocalórica?

- $H_0 : \Delta_{\text{peso}} = 0\text{kg}$
- $H_1 : \Delta_{\text{peso}} \neq 0\text{kg}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "paired",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Medias: Prueba t para la media de las diferencias

Objetivo: evaluar si la media de las diferencias entre dos variables relacionadas es diferente a cero.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 1 | No | Prueba paramétrica | pwr |

¿Hay variación en el peso medio antes y después de haber seguido una dieta hipocalórica?

- $H_0 : \Delta_{\text{peso}} = 0\text{kg}$
- $H_1 : \Delta_{\text{peso}} \neq 0\text{kg}$
- Los tamaños de efecto estándar para pruebas t son 0.2, 0.5 y 0.8 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "paired",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto, se tiene que $d = \frac{\bar{x}_{2-1}}{DT \text{ conjunta}}$.

- \bar{x}_{2-1} es la media de las diferencias.
- $DT \text{ conjunta} = \sqrt{(Var_1 + Var_2)/2}$

Práctica: Prueba t para la media de las diferencias (I)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos leves antes de seguir una dieta baja en sal y tras haberla seguido durante 3 meses. En un estudio previo se encontró que $\bar{x}_{post-pre} = -5$, $s_{pre} = 24$ y $s_{post} = 37$ (mmHg).
2. Hay interés en evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos según si se medican con diuréticos o con IECA, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.2.

Práctica: Prueba t para la media de las diferencias (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos leves antes de seguir una dieta baja en sal y tras haberla seguido durante 3 meses. En un estudio previo se encontró que $\bar{x}_{post-pre} = -5$, $s_{pre} = 24$ y $s_{post} = 37$ (mmHg).

- El tamaño del efecto es de -0.16

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.16,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "paired",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Paired t test power calculation

```
      n = 308.5224  
      d = 0.16  
sig.level = 0.05  
  power = 0.8  
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number of *pairs*

- ≈ 309 sujetos medidos dos veces.

Práctica: Prueba t para la media de las diferencias (III)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

- Hay interés en evaluar si hay diferencias en la media de TAS en un grupo de hipertensos leves antes de seguir una dieta baja en sal y tras haberla seguido durante 3 meses, buscando un tamaño de efecto pequeño de 0.3.

```
pwr::pwr.t.test(  
  d      = 0.3,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  type    = "paired",  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Paired t test power calculation

```
      n = 89.14938  
      d = 0.3  
sig.level = 0.05  
  power = 0.8  
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number of *pairs*

- ≈ 90 sujetos medidos dos veces.

Medias: ANOVA de una vía

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

Medias: ANOVA de una vía

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es diferente la altura media en hombres en la CV según la provincia a la que pertenece?

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es diferente la altura media en hombres en la CV según la provincia a la que pertenece?

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$
- $H_1 : \exists i, j : \mu_i \neq \mu_j$
- Los tamaños de efecto estándar (f) son 0.1, 0.25 y 0.4 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).
- En este contraste no hay colas.

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es diferente la altura media en hombres en la CV según la provincia a la que pertenece?

```
pwr::pwr.anova.test(  
  f      = 0.25,  
  k      = 3,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8  
)
```

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$
- $H_1 : \exists i, j : \mu_i \neq \mu_j$
- Los tamaños de efecto estándar (f) son 0.1, 0.25 y 0.4 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).
- En este contraste no hay colas.

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cualitativa | 2 o más | Sí | Prueba paramétrica | pwr |

¿Es diferente la altura media en hombres en la CV según la provincia a la que pertenece?

- $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$
- $H_1 : \exists i, j : \mu_i \neq \mu_j$
- Los tamaños de efecto estándar (f) son 0.1, 0.25 y 0.4 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).
- En este contraste no hay colas.

```
pwr::pwr.anova.test(  
  f      = 0.25,  
  k      = 3,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8  
)
```

Para el cálculo del tamaño del efecto, se debe trabajar con elementos de la suma de cuadrados.

- SS_{trat} es la suma de cuadrados según tratamiento.
- SS_{tot} es la suma de cuadrados total.
- $\eta^2 = SS_{trat} / SS_{tot}$
- $f = \sqrt{\eta^2 / (1 - \eta^2)}$

Práctica: ANOVA de una vía (I)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Empleando los resultados preliminares sobre la medición de glucemia en tres grupos de tratamientos (derecha).
2. Empleando un tamaño de efecto medio de 0.25 para la diferencia de esos mismos tres grupos.

| Gr1 | Gr2 | Gr3 |
|-------|-------|-------|
| 28.74 | 38.84 | 36.64 |
| 50.95 | 40.30 | 36.80 |
| 39.87 | 44.38 | 50.76 |
| 31.95 | 52.12 | 48.90 |
| 28.79 | 14.85 | 56.25 |
| 34.55 | 36.84 | 54.44 |
| 43.21 | 42.94 | 54.19 |

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Empleando los resultados preliminares sobre la medición de glucemia en tres grupos de tratamientos (derecha).

- $\eta^2 = SS_{trat}/SS_{total}$
- $\eta^2 = 529.6/2153.3 = 0.2$
- $f = \sqrt{\eta^2/(1 - \eta^2)} = 0.5$

```
pwr::pwr.anova.test(  
  k      = 3,  
  f      = 0.6,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8  
)
```

- ≈ 10 muestras por grupo.

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

2. Empleando un tamaño de efecto medio de 0.25 para la diferencia de esos mismos tres grupos.

```
pwr::pwr.anova.test(  
  k      = 3,  
  f      = 0.25,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8  
)
```

- ≈ 53 muestras por grupo.

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cuantitativa | | | Lineal o no-lineal | pwr |

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cuantitativa | | | Lineal o no-lineal | pwr |

¿Existe una correlación entre la altura y el peso?

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cuantitativa | | | Lineal o no-lineal | pwr |

¿Existe una correlación entre la altura y el peso?

- $H_0 : \rho = 0$
- $H_1 : \rho \neq 0$
- Los tamaños de efecto estándar para coeficientes de correlación son 0.1, 0.3 y 0.5 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cuantitativa | | | Lineal o no-lineal | pwr |

¿Existe una correlación entre la altura y el peso?

- $H_0 : \rho = 0$
- $H_1 : \rho \neq 0$
- Los tamaños de efecto estándar para coeficientes de correlación son 0.1, 0.3 y 0.5 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.r.test(  
  r      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Objetivo: evaluar si la media muestral es diferente a un valor fijo.

| Variable dependiente | Variable independiente | N. de grupos | Independientes? | Requisitos | Paquete de R |
|----------------------|------------------------|--------------|-----------------|--------------------|--------------|
| Cuantitativa | Cuantitativa | | | Lineal o no-lineal | pwr |

¿Existe una correlación entre la altura y el peso?

- $H_0 : \rho = 0$
- $H_1 : \rho \neq 0$
- Los tamaños de efecto estándar para coeficientes de correlación son 0.1, 0.3 y 0.5 para efectos pequeños, medios y grandes (respectivamente).

```
pwr::pwr.r.test(  
  r      = 0.5,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

Se puede utilizar indistintamente del coeficiente (Pearson, Spearman o Kendall), y modificar el valor que marca H_0 .

Práctica: Correlación (I)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Empleando los resultados preliminares sobre la medición de glucemia y TAS en un grupo de sujetos.
2. Empleando un tamaño de efecto medio de 0.3.

| Sujeto | Glucemia | TAS |
|--------|----------|--------|
| 1 | 111.63 | 121.21 |
| 2 | 117.85 | 110.01 |
| 3 | 95.53 | 138.54 |
| 4 | 71.10 | 116.96 |
| 5 | 95.38 | 121.67 |
| 6 | 99.80 | 127.74 |
| 7 | 93.72 | 149.85 |
| 8 | 84.79 | 123.44 |
| 9 | 109.71 | 130.42 |
| 10 | 99.14 | 135.84 |

Práctica: Correlación (II)

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

1. Empleando los resultados preliminares sobre la medición de glucemia y TAS en un grupo de sujetos.

| Sujeto | Glucemia | TAS |
|--------|----------|--------|
| 1 | 111.63 | 121.21 |
| 2 | 117.85 | 110.01 |
| 3 | 95.53 | 138.54 |
| 4 | 71.10 | 116.96 |
| 5 | 95.38 | 121.67 |
| 6 | 99.80 | 127.74 |
| 7 | 93.72 | 149.85 |
| 8 | 84.79 | 123.44 |
| 9 | 109.71 | 130.42 |
| 10 | 99.14 | 135.84 |

- La correlación entre variables es de -0.2.

```
pwr::pwr.r.test(  
  r      = 0.2,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

approximate correlation power calculation (arctangh tran

```
      n = 193.0867  
      r = 0.2  
sig.level = 0.05  
power = 0.8  
alternative = two.sided
```

- ≈ 194 sujetos.

Calcular el tamaño muestral para estos escenarios ($\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.8$):

2. Empleando un tamaño de efecto medio de 0.3.

| Sujeto | Glucemia | TAS |
|--------|----------|--------|
| 1 | 111.63 | 121.21 |
| 2 | 117.85 | 110.01 |
| 3 | 95.53 | 138.54 |
| 4 | 71.10 | 116.96 |
| 5 | 95.38 | 121.67 |
| 6 | 99.80 | 127.74 |
| 7 | 93.72 | 149.85 |
| 8 | 84.79 | 123.44 |
| 9 | 109.71 | 130.42 |
| 10 | 99.14 | 135.84 |

```
pwr::pwr.r.test(  
  r      = 0.3,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.8,  
  alternative = "two.sided"  
)
```

approximate correlation power calculation (arctangh tran

```
      n = 84.07364  
      r = 0.3  
sig.level = 0.05  
power = 0.8  
alternative = two.sided
```

- ≈ 85 sujetos.

- Pruebas no paramétricas
 - Existen propuestas para la determinación del tamaño muestral dirigidas a pruebas no paramétricas, pero en la práctica se aplica la determinación paramétrica y se le agrega un 15% extra.

- Pruebas no paramétricas
 - Existen propuestas para la determinación del tamaño muestral dirigidas a pruebas no paramétricas, pero en la práctica se aplica la determinación paramétrica y se le agrega un 15% extra.
- GLM y más allá
 - Hay propuestas para la determinación analítica del tamaño muestral en el caso de modelos lineales, lineales generalizados (incluso mixtos o aditivos), pero son **DEMASIADO** complejas.
 - Si se debe calcular el tamaño muestral en un escenario similar, considero preferible ir directamente a las ventajas de la simulación.

Simulación

Trata de estimar la potencia empleando muestras simuladas, a través de la proporción de veces en que se rechaza H_0 en ese conjunto de muestras.

Trata de estimar la potencia empleando muestras simuladas, a través de la proporción de veces en que se rechaza H_0 en ese conjunto de muestras.

- Por ejemplo, una prueba t para media de diferencias:

```
eff <- 45 / 85
pwr::pwr.t.test(
  d      = eff,
  sig.level = 0.05,
  power   = 0.9,
  type    = "paired",
  alternative = "two.sided"
)
```

Paired t test power calculation

```
      n = 39.46043
      d = 0.5294118
sig.level = 0.05
power = 0.9
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number of *pairs*

Objetivos con simulación

Trata de estimar la potencia empleando muestras simuladas, a través de la proporción de veces en que se rechaza H_0 en ese conjunto de muestras.

- Por ejemplo, una prueba t para media de diferencias:

```
eff <- 45 / 85
pwr::pwr.t.test(
  d      = eff,
  sig.level = 0.05,
  power   = 0.9,
  type    = "paired",
  alternative = "two.sided"
)
```

Paired t test power calculation

```
n = 39.46043
d = 0.5294118
sig.level = 0.05
power = 0.9
alternative = two.sided
```

NOTE: n is number of pairs

```
set.seed(2022)
sizes      <- seq(10, 100, 1)
power      <- numeric(length(sizes))
act_power  <- 0
i          <- 1

while (act_power < 0.9) {
  tmp      <- replicate(
    n = 1000,
    t.test(
      rnorm(sizes[i], 45, 85),
      mu = 0
    )$p.value
  )
  power[i] <- act_power <- sum(tmp < 0.05) / 1000
  if (act_power < 0.9) i <- i + 1
}
cat(sizes[i], "parejas, potencia de", act_power)
```

40 parejas, potencia de 0.901

Simulación (I)

En realidad, utilizar simulación para replicar el resultado de una prueba con determinación analítica no tiene mucho sentido.

- Sí que lo tiene calcular el tamaño muestral para una prueba no paramétrica, así que compararemos resultados para la variante Kruskal-Wallis del ANOVA de una vía que ya vimos.

El resultado tradicional vendría dado por:

```
pwr::pwr.anova.test(  
  k      = 3,  
  f      = 0.6,  
  sig.level = 0.05,  
  power   = 0.9  
)
```

Balanced one-way analysis of variance power calculation

```
      k = 3  
      n = 12.7753  
      f = 0.6  
sig.level = 0.05  
power     = 0.9
```

NOTE: n is number in each group

- $\approx 13 \cdot 1.15 \approx 15$ sujetos por grupo.

Simulación (II)

El resultado mediante simulación, podría calcularse con:

```
set.seed(2022)
sizes      <- seq(5, 100, 1)
power      <- numeric(length(sizes))
act_power  <- 0
i          <- 1
while (act_power < 0.9) {
  N <- sizes[i]
  tmp <- replicate(
    n = 1000,
    {
      bdd_kruskal <- data.table(
        medida = rnorm(
          N * 3,
          rep(c(35, 37, 45), length.out = N * 3),
          sd = 10
        ),
        grupo  = factor(rep(c("Gr1", "Gr2", "Gr3"), length.out = N))
      )
      kruskal.test(
        medida ~ grupo,
        data = bdd_kruskal
      )$p.value
    }
  )
  power[i] <- act_power <- sum(tmp < 0.05) / 1000
  if (act_power < 0.9) i <- i + 1
}
cat(sizes[i], "muestras, potencia de", act_power)
```

27 muestras, potencia de 0.933

En el día a día no suele requerirse el cálculo de tamaños muestrales para diseños muy complejos o para estudios observacionales con múltiples variables confusoras, pero...

- si te vieras en la necesidad de hacerlo,
- si quieres profundizar en estructura de causalidad y asociación de variables, o
- si tienes un servidor de cálculo y no sabes qué hacer con él,

Puedes probar estructuras más complejas con el paquete **simstudy** (Goldfeld & Wujciak-Jens, 2020).

En el día a día no suele requerirse el cálculo de tamaños muestrales para diseños muy complejos o para estudios observacionales con múltiples variables confusoras, pero...

- si te vieras en la necesidad de hacerlo,
- si quieres profundizar en estructura de causalidad y asociación de variables, o
- si tienes un servidor de cálculo y no sabes qué hacer con él,

Puedes probar estructuras más complejas con el paquete **simstudy** (Goldfeld & Wujciak-Jens, 2020).

- Uno de los autores del paquete mantiene un **blog muy interesante** que os recomiendo consultar (especialmente **esta entrada**).

Gracias por la atención

✉ vergara_car@gva.es  [@carlos_verher](https://twitter.com/carlos_verher)  [@carlosvergara](https://www.linkedin.com/company/carlosvergara)

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2^a ed.). Lawrence Erlbaum.
- Goldfeld, K., & Wujciak-Jens, J. (2020). simstudy: Illuminating research methods through data generation. *Journal of Open Source Software*, 5(54), 2763. <https://doi.org/10.21105/joss.02763>