TEMA 5
VALIDEZ DE LA INVESTIGACIÓN (II): Validez de conclusión estadística

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA OpenCourseWare

Métodos y Diseños de Investigación
Mª Dolores Frías Navarro. Curso 2008/2009
http://www.uv.es/friasnav (Universitat de València)

TAMAÑO DEL EFECTO

TAMAÑO DEL EFECTO

- El ***tamaño del efecto*** es el nombre dado a una familia de índices que miden la magnitud del efecto del tratamiento.

- A diferencia de las pruebas de significación, estos índices son independientes del tamaño de la ***muestra***.

- Los índices del tamaño del efecto se utilizan en los estudios de ***meta-análisis*** como medio de resumen cuantitativo de los resultados de diferentes investigaciones sobre un área de investigación específica.

  Por ejemplo, es muy conocido el trabajo de meta-análisis de Lipsey y Wilson (1993) sobre los tratamientos psicológicos, educativos y conductuales.

Magnitud del efecto experimental:
señala el grado de asociación entre un efecto (sea *principal*, de *interacción* o un *contraste*) y la variable dependiente.

Si el valor de esa medida de asociación es al cuadrado entonces puede ser interpretada como la proporción de varianza de la variable dependiente que es atribuida al efecto

Medidas del Tamaño del Efecto (ANOVA):

Muestra

***Eta Cuadrado (η^2)**

***Eta Cuadrado Parcial (η^2_p)**

Población

***Omega Cuadrado (ω^2)**

***Correlación Intraclase (ρ_I)**

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo

Existen diferentes fórmulas para calcular el tamaño del efecto que se pueden resumir en:

- Diferencia estandarizada entre dos medias
- Correlación entre la variable independiente y las puntuaciones de la variable dependiente

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo para dos grupos independientes

Diferencia estandarizada entre dos dos grupos

d de Cohen (1988)

- Es la diferencia entre las dos medias dividido por la desviación típica de las puntuaciones. Es una medida descriptiva.
- Según Cohen la desviación típica puede ser utilizada cuando las varianzas de los dos grupos son homogéneas

En meta-análisis los dos grupos son:
- grupo experimental
- grupo control

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo para dos grupos independientes

Diferencia estandarizada entre dos dos grupos

d de Cohen (1988):

$$d = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma}$$

Donde σ es igual a: $\sqrt{\{\sum (X - M)^2 / N\}}$:

- X es cada puntuación
- M es la media total
- N es el número de observaciones

En los trabajos de meta-análisis una diferencia **POSITIVA** entre las medias indica que se ha producido mejora con el tratamiento y **NEGATIVA** señala deterioro o cambio opuesto a la dirección predicha:

$$(M_{\text{grupo experimental}} - M_{\text{grupo control}})$$

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo para dos grupos independientes

Diferencia estandarizada entre dos dos grupos

- En la práctica se utiliza la estimación de la desviación típica $S_{PROMEDIO}$ (pooled) obteniendo el valor g de Hedges como medida inferencial

$$g = \frac{M_1 - M_2}{S_{PROMEDIO}}$$

Donde $S_{PROMEDIO}$ es igual a la raíz cuadrada de la media de las dos desviaciones típicas al cuadrado, multiplicado por el ajuste de la raíz cuadrada de los grados de libertad del error dividido por N:

$$\sqrt{\{(S_1^2 + S_2^2) / 2\}}\{\sqrt{(gl_{error} / N)}\}$$

O lo que es lo mismo utilizando el estimador $S_{promedio}$:

$$S_{PROMEDIO} = (S_1 + S_2) / 2 \{\sqrt{(gl_{error} / N)}\}$$

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo para dos grupos independientes

- Diferencia estandarizada entre dos dos grupos

- Siguiendo con el ejercicio página 51

$$d = \frac{M_1 - M_2}{S_{PROMEDIO}}$$

A	Y	M_a	S_p
a_1 E.	23, 11, 12, 26	18	7.6158
a_2 N.E.	39, 38, 23, 28	32	7.7889
		M = 25	M = 7.70235

$$\sqrt{59.33333} = 7.7028 \leftarrow \sqrt{MC_{ERROR}}$$

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo para dos grupos independientes

Diferencia estandarizada entre los dos grupos

$$d = \frac{M_1 - M_2}{S_{PROMEDIO}}$$

S_P
7.6158
7.7889

$S_{PROMEDIO} = 7.70235 \{\sqrt{(6/8)}\}$

$S_{PROMEDIO} = 6.67043$

M = 7.70235

$$d = \frac{32 - 18}{6.67043} = 2.099$$

TAMAÑO DEL EFECTO: interpretación

Cohen (1988) definió el tamaño del efecto como:

- **PEQUEÑO** $d = 0.2$
- **MEDIANO** $d = 0.5$
- **GRANDE** $d = 0.8$

TAMAÑO DEL EFECTO: interpretación

En términos de percentiles y distribución:

Cohen	Tamaño Efecto	Percentil	Porcentaje NO Solapamiento
	2.0	97.7	81.1%
	1.9	97.1	79.4%
	1.8	96.4	77.4
	1.7	95.5	75.4%
	1.6	94.5	73.1
	1.5	93.3	70.7
	1.4	91.9	68.1
	1.3	90	65.3
	1.2	88	62.2
	1.1	86	58.9
	1.0	84	55.4
	0.9	82	51.6
GRANDE	0.8	79	47.4
	0.7	76	43.0
	0.6	73	38.2
MEDIO	0.5	69	33.0
	0.4	66	27.4
	0.3	62	21.3
PEQUEÑO	0.2	58	14.7
	0.1	54	7.7
	0.0	50	0

TAMAÑO DEL EFECTO: interpretación

En términos de percentiles y distribución:

Un tamaño del efecto de 1.7 indica un 75.4% de No Solapamiento de las dos distribuciones

La media del grupo experimental se encuentra en el percentil 79 del grupo control

La distribución de puntuaciones del grupo experimental se solapa completamente con la distribución de puntuaciones del grupo de control

Cohen	Tamaño Efecto	Percentil	Porcentaje NO Solapamiento
	1.7	95.5	75.4%
	1.6	94.5	73.1
	1.5	93.3	70.7
	1.1	86	58.9
	0.4	66	27.4
	0.3	62	21.3
PEQUEÑO	0.2	58	14.7
	0.1	54	7.7
	0.0	50	0

TAMAÑO DEL EFECTO: cálculo para dos grupos independientes

- Diferencia estandarizada entre dos dos grupos

- Δ **de Glass**

$$\Delta = \frac{M_1 - M_2}{\sigma_{grup.\ control}}$$

Definido como la diferencia de medias entre el grupo experimental y el grupo control dividido por la desviación típica del grupo control

TAMAÑO DEL EFECTO:

❖**Correlación** entre la variable independiente y las puntuaciones de la variable dependiente

El tamaño del efecto puede ser computado como la correlación biserial puntual entre la variable independiente dicotómica y la variable dependiente continua

$$r = r_{VD,\ VI}$$

Transformación de la escala de *r* a *d*

$$d = \frac{2r}{\sqrt{(1 - r^2)}}$$

Transformación de la escala de *d* a *r*

$$r = \frac{d}{\sqrt{(d^2 + 4)}}$$

TAMAÑO DEL EFECTO: interpretación

En términos de correlación y varianza explicada:

Cohen	Tamaño Efecto	r	r^2
	2.0	0.707	0.500
	1.9	0.689	0.474
	1.8	0.669	0.448
	1.7	0.648	0.419
	1.6	0.625	0.390
	1.5	0.600	0.360
	1.4	0.573	0.329
	1.3	0.545	0.297
	1.2	0.514	0.265
	1.1	0.482	0.232
	1.0	0.447	0.200
	0.9	0.410	0.168
GRANDE	0.8	0.371	0.138
	0.7	0.330	0.109
	0.6	0.287	0.083
MEDIO	0.5	0.243	0.059
	0.4	0.196	0.038
	0.3	0.148	0.022
PEQUEÑO	0.2	0.100	0.010
	0.1	0.050	0.002
	0.0	0.000	0.000

POTENCIA Y TAMAÑO DEL EFECTO:

Friedman, 1982

r	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70
d	.30	.41	.52	.63	.75	.87	1.01	1.15	1.32	1.50	1.71	1.96
POTENCIA						**Tamaño de N**						
.30	93	53	34	24	18	14	11	9	8	7	6	5
.40	132	74	47	33	24	19	15	12	10	8	7	6
.50	170	95	60	42	30	23	18	14	12	9	8	7
.60	257	143	90	62	45	34	24	20	16	13	11	9
.70	300	167	105	72	52	39	29	23	18	15	12	10
.80	343	191	120	82	59	44	33	26	20	16	13	11
.90	459	255	160	109	78	58	44	34	27	21	17	13

Todos los valores son para alfa=0.05

Los valores de tamaño de la muestra son para el Tamaño Total (N).
Si el diseño tiene dos condiciones entonces N/2 en cada condición

POTENCIA DE LA PRUEBA ESTADÍSTICA

Potencia Estadística
$1 - \beta$

Es la probabilidad que tiene la prueba estadística para **rechazar** una hipótesis NULA FALSA

Tiene un rango de 0 a 1 y está inversamente relacionada con el Error de **Tipo II**

El **diseño de investigación** requiere:
- Medir la potencia
- Maximizar la potencia

Potencia Estadística
1 - β

Potencia	ErrorTipo II	
1.0	0.0	Si hay un efecto será detectado
0.8	0.2	Si hay un efecto será detectado el 80% de las veces
0.5	0.5	Si hay un efecto será detectado el 50% de las veces
0.2	0.8	Si hay un efecto será detectado el 20% de las veces
0.0	1.0	Si hay un efecto nunca será detectado

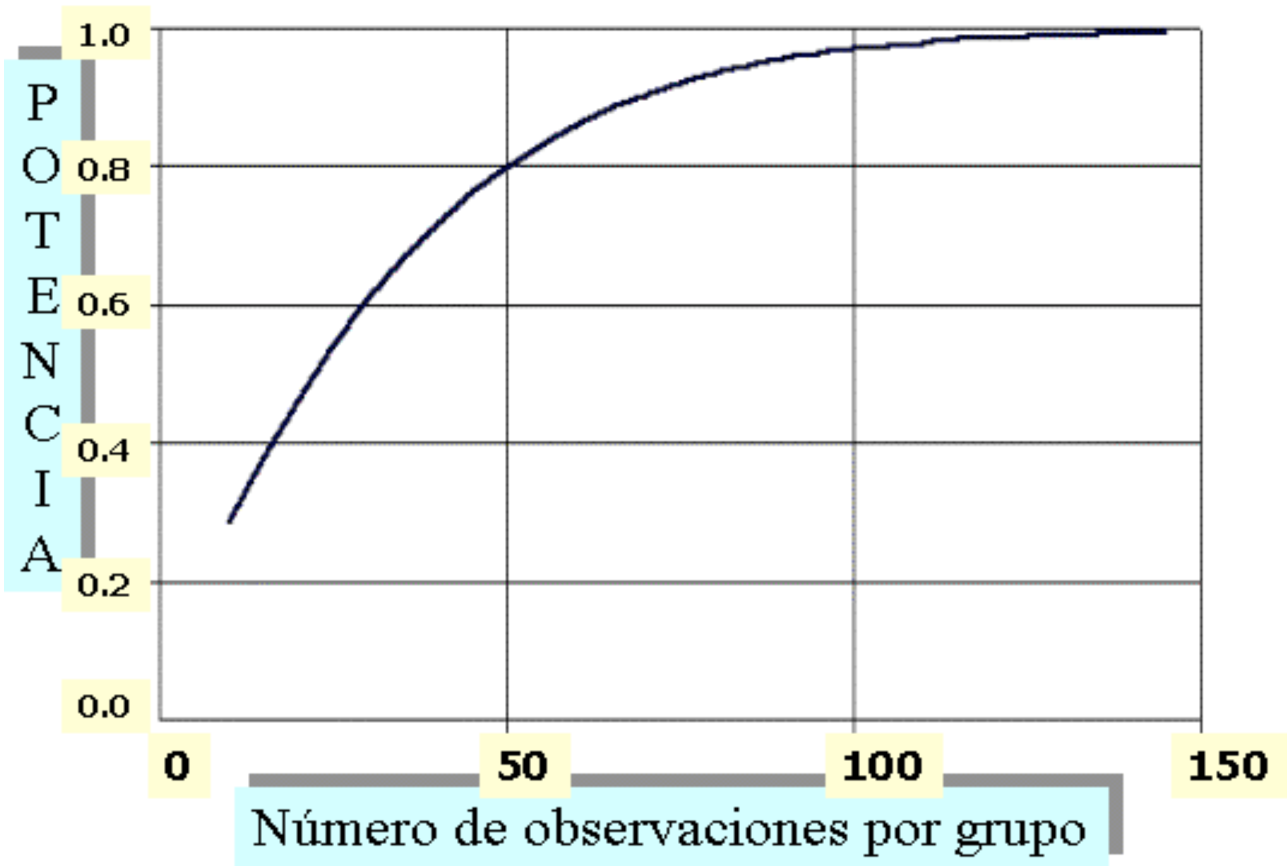
Potencia Estadística
1 - β

No siempre es fácil maximizar la potencia ni tampoco medirla

La potencia de la prueba estadística está relacionada con:

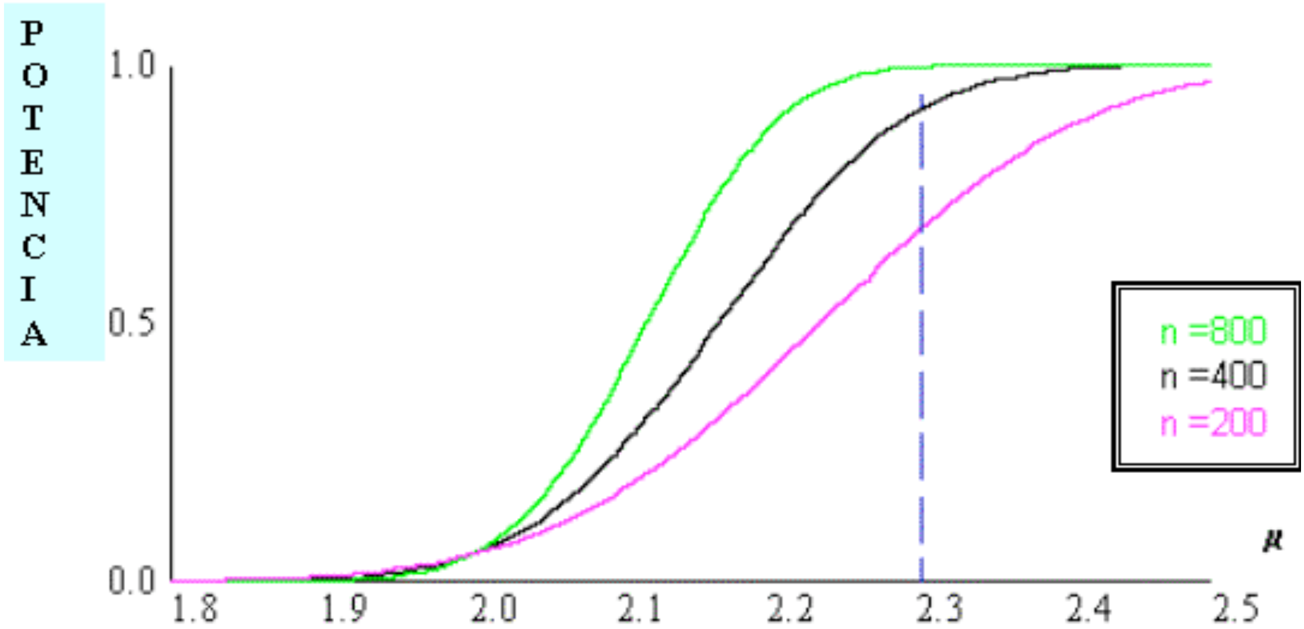
- **Tamaño de la muestra**
- **Tamaño del alfa**
- **Tamaño del efecto**

Potencia y Tamaño muestral



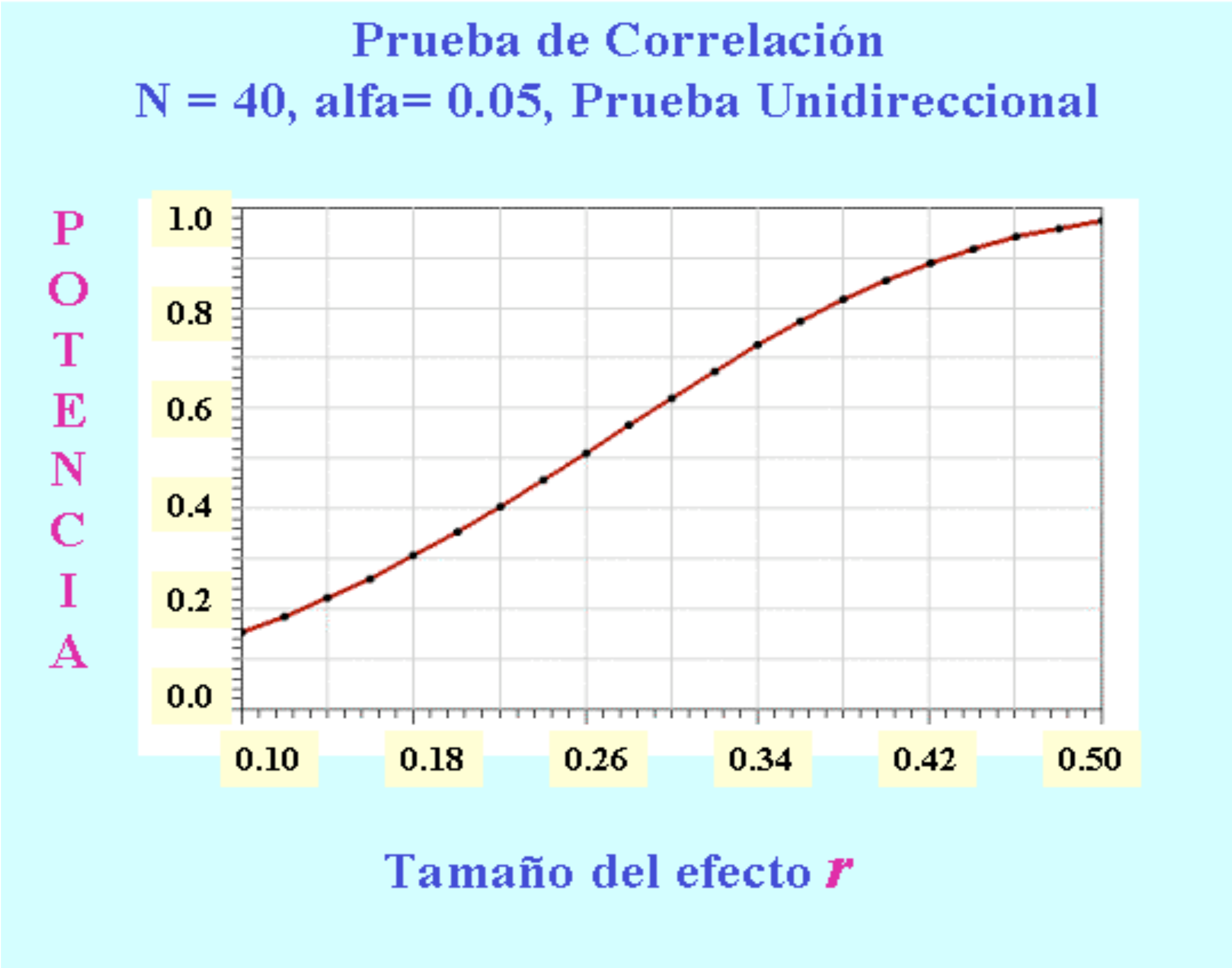
http://www.uv.es/~friasnav/

Potencia y Tamaño muestral



http://www.uv.es/~friasnav/

Potencia y Tamaño del Efecto



http://www.uv.es/~friasnav/

Potencia Estadística

1 - β

BAJA POTENCIA

- tamaño muestra Pequeño
- Alfa menor
- tamaño del efecto Pequeño

ALTA POTENCIA

- tamaño muestra Grande
- Alfa mayor
- tamaño del efecto Grande

Potencia Estadística
1 - β

CON EL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN, LA POTENCIA SE INCREMENTA

- Aumentando el tamaño de la muestra
- Administrando tratamientos con condiciones maximizadas
- Utilizando instrumentos de medida fiables
- Utilizando muestras homogéneas, disminuyendo la variabilidad o varianza
- Utilizando contrastes concretos y no pruebas *omnibus*
- Utilizando procedimientos experimentales estándares

Potencia Estadística
1 - β

ANÁLISIS DE POTENCIA
A PRIORI

- **Disponemos en el diseño de investigación:**

  - **El nivel de Alfa**
  - **La potencia deseada (1 - β)**
  - **Del tamaño del efecto que se desea detectar**

- **Qué deseamos conocer:**

Cuántos sujetos se necesitan en la investigación para cumplir con los criterios fijados en la fase de planificación de la investigación

Potencia Estadística
1 - β

ANÁLISIS DE POTENCIA
A POSTERIORI

- **Disponemos en el diseño de investigación:**
  - El nivel de Alfa
  - Del tamaño muestral
  - Del tamaño del efecto obtenido

- **Qué deseamos conocer:**

La potencia que ha tenido la prueba estadística para detectar ese tamaño del efecto de la investigación realizada

Potencia Estadística
1 - β

ANÁLISIS DE POTENCIA
CÁLCULO

- **Tablas**: en función del tamaño del efecto, alfa y potencia deseada

- **Cálculo**: aproximación al valor exacto con la formula de Severo y Zelen (1960)

Potencia Estadística
1 - β

Cálculo: aproximación al valor exacto con la formula de Severo y Zelen (1960)

Página 110 Y SIGUIENTES

Potencia Estadística

$1 - \beta$

Cálculo

La estimación del parámetro de no centralidad de la distribución *F* puede ser calculado como:

$$\lambda = \frac{\eta^2 (N - a)}{1 - \eta^2}$$

Los valores del tamaño del efecto delta oscilan generalmente entre 0-3:

Delta = 0.25 efecto pequeño
Delta = 0.75 efecto mediano
Delta ≥ 1.25 efecto grande

Vniversitat de València OpenCourseWare
Métodos y Diseños de Investigación
Mª Dolores Frías Navarro. Curso 2008/2009
http://www.uv.es/friasnav (Universitat de València)

Potencia Estadística
1 - β

Cálculo

La estimación del parámetro de no centralidad de la distribución *F* puede ser calculado como:

$$\lambda = \frac{\eta^2 (N - a)}{1 - \eta^2}$$

En Ciencias Sociales, los valores del tamaño del efecto delta oscilan generalmente entre 0-3:

Delta = 0.25 efecto pequeño
Delta = 0.75 efecto mediano
Delta ≥ 1.25 efecto grande

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Cuestión:

¿Qué tamaño debe tener la muestra?

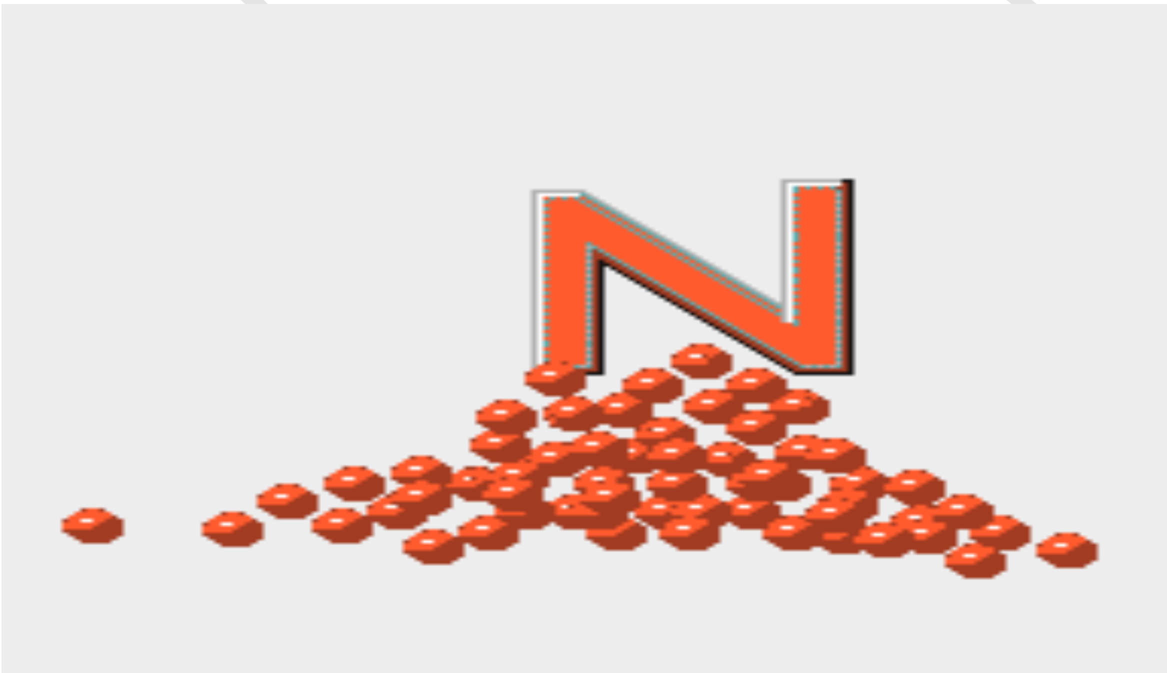
Tres cuestiones importantes surgen al planificar el tamaño de la muestra:

¿Cómo de grande tiene que ser la muestra para que sea representativa de la población?

¿Cómo de grande tiene que ser la muestra para detectar una diferencia estadísticamente significativa?

¿Cuántos sujetos se necesitan para detectar una mejora clínicamente significativa entre el tratamiento A y el tratamiento B?

Planificación



Tres cuestiones importantes surgen al planificar el tamaño de la muestra:

¿Cómo de grande tiene ... ra que sea repr...

VALIDEZ EXTERNA: muestreo

¿Cómo de grande tiene que ser la mue... una diferencia *estadísti*...

VALIDEZ DE CONCLUSIÓN ESTADÍSTICA

¿Cuántos sujetos se ne... r una mejora *clínicamente* s... tratamiento A y el tratamiento B?

JUICIO CLÍNICO

TAMAÑO DEL EFECTO, POTENCIA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Friedman, 1982

r	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70
d	.30	.41	.52	.63	.75	.87	1.01	1.15	1.32	1.50	1.71	1.96
POTENCIA						Tamaño de N:						
.30	93	53	34	24	18	14	11	9	8	7	6	5
.40	132	74	47	33	24	19	15	12	10	8	7	6
.50	170	95	60	42	30	23	18	14	12	9	8	7
.60	257	143	90	62	45	34	24	20	16	13	11	9
.70	300	167	105	72	52	39	29	23	18	15	12	10
.80	343	191	120	82	59	44	33	26	20	16	13	11
.90	459	255	160	109	78	58	44	34	27	21	17	13

Todos los valores son para alfa=0.05

Los valores de tamaño de la muestra son para el Tamaño Total (N).
Si el diseño tiene dos condiciones entonces N/2 en cada condición

Potencia Estadística
$1 - \beta$

ANÁLISIS DE POTENCIA
A PRIORI

•Disponemos en el diseño de investigación:

- **El nivel de Alfa: 0.05**
- **La potencia deseada ($1 - \beta$): 80**
- **Del tamaño del efecto que se desea detectar: *r* = 0.30**

•Qué deseamos conocer: ¿N?

TAMAÑO DEL EFECTO, POTENCIA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Friedman, 1982

r	.15	.20	.25	**.30**	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70
d	.30	.41	.52	.63	.75	.87	1.01	1.15	1.32	1.50	1.71	1.96
POTENCIA						Tamaño de N:						
.30	93	53	34	24	18	14	11	9	8	7	6	5
.40	132	74	47	33	24	19	15	12	10	8	7	6
.50	170	95	60	42	30	23	18	14	12	9	8	7
.60	257	143	90	62	45	34	24	20	16	13	11	9
.70	300	167	105	72	52	39	29	23	18	15	12	10
.80	343	191	120	**82**	59	44	33	26	20	16	13	11
.90	459	255	160	109	78	58	44	34	27	21	17	13

Se necesitarán N= 82 observaciones

***r*=0.40, potencia=.90 ¿ N ?**
***r*=0.15, potencia=.90 ¿ N ?**
***r*=0.20, potencia=.70 ¿ N ?**

La cuestión es tener información sobre la correlación o el tamaño del efecto esperado

Estudios piloto, resultados de meta-análisis o “pequeño-mediano-grande” son la solución

Potencia Estadística
$1 - \beta$

ANÁLISIS DE POTENCIA
A POSTERIORI

•Disponemos en el diseño de investigación:

- **El nivel de Alfa: 0.05**
- **Del tamaño muestral: 34**
- **Del tamaño del efecto obtenido: r = 0.30**

•Qué deseamos conocer: probabilidad del error de Tipo II

TAMAÑO DEL EFECTO, POTENCIA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Friedman, 1982

r	.15	.20	.25	**.30**	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70
d	.30	.41	.52	.63	.75	.87	1.01	1.15	1.32	1.50	1.71	1.96
POTENCIA						Tamaño de N:						
.30	93	53	34	24	18	14	11	9	8	7	6	5
.40	132	74	47	33	24	19	15	12	10	8	7	6
.50	170	95	60	42	30	23	18	14	12	9	8	7
.60	257	143	90	62	45	34	24	20	16	13	11	9
.70	300	167	105	72	52	39	29	23	18	15	12	10
.80	343	191	120	**82**	59	44	33	26	20	16	13	11
.90	459	255	160	109	78	58	44	34	27	21	17	13

La potencia fue de 0.40, luego la probabilidad del error de Tipo II fue de 0.60

***r*=0.45, N=29 ¿ potencia ?**

TAMAÑO DEL EFECTO, POTENCIA Y TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Friedman, 1982

r	.15	.20	.25	**.30**	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70
d	.30	.41	.52	.63	.75	.87	1.01	1.15	1.32	1.50	1.71	1.96
POTENCIA						Tamaño de N:						
.30	93	53	34	24	18	14	11	9	8	7	6	5
.40	132	74	47	33	24	19	15	12	10	8	7	6
.50	170	95	60	42	30	23	18	14	12	9	8	7
.60	257	143	90	62	45	34	24	20	16	13	11	9
.70	300	167	105	72	52	39	29	23	18	15	12	10
.80	343	191	120	82	59	44	33	26	20	16	13	11
.90	459	255	160	109	78	58	44	34	27	21	17	13

***r*=0.45, N=29 ¿ potencia ? = 0.70**

Si el investigador desea replicar este estudio, qué tamaño de muestra necesitará si quiere cometer un 10% de error de Tipo II

Se necesitarán N= 44 observaciones

ERROR ESTADÍSTICO Y COMPARACIONES MÚLTIPLES

Número de pruebas o comparaciones en un experimento (*C*) > 1

Error Tipo I ≠ **α fijado a priori**

AUMENTARA

Número de pruebas o comparaciones en un experimento (*C*) = 1

α_{PC}= probabilidad de cometer un Error de Tipo I al probar **una** hipótesis nula (página 154)

Número de pruebas o comparaciones en un experimento (*C*) > 1

α_{PE}= probabilidad de cometer al menos un Error de Tipo I al probar ***C*** hipótesis nulas (página 154)

α_{PE}= probabilidad de cometer al menos un Error de Tipo I al probar ***C*** hipótesis nulas

α_{PE}

TASA DE ERROR DE TIPO I

TASA DE ERROR DE TIPO I POR EXPERIMENTO (PE)

DEPENDE

Valor α_{PC}

Número de comparaciones (***C***)

TASA DE ERROR DE TIPO I

TASA DE ERROR DE TIPO I POR EXPERIMENTO (PE)

$$\alpha_{PE} = 1 - (1 - \alpha_{PC})^{C}$$

TASA DE ERROR DE TIPO I

TASA DE ERROR DE TIPO I POR EXPERIMENTO (PE)

Ejemplo: **3 comparaciones**

Si todass las hipótesis nulas fueran ciertas y $\alpha_{PC} = 0.05$ entonces la probabilidad de cometer al menos un Error de Tipo I es:

$$\alpha_{PE} = 1 - (1 - 0.05)^3 = 0.1426$$

TASA DE ERROR DE TIPO I

TASA DE ERROR DE TIPO I POR EXPERIMENTO (PE)

CONTROLAR

¿CÓMO?

Procedimientos de comparaciones de hipótesis específicas de la investigación

EL CONTROL DE LA TASA DE ERROR TIPO I

Consecuencia: reducir el α_{PC} para poder controlar el α_{PE}

La prueba se hace **más conservadora**

El procedimento más adecuado será:

Controle correctamente la tasa de Error de Tipo I

Cuando potencia estadística es máxima (menor Error Tipo II)

Procedimentos de comparaciones de hipótesis especificas de la investigación

Corrección de Bonferroni

Procedimento de Scheffé

Procedimento de Dunnett

Procedimento DHS de Tukey

Todos los procedimentos controlan la Tasa de Error de Tipo I

Procedimento DHS de Tukey

Es el **más potente**:
cuando se realizan todas las comparaciones posibles ***dos a dos*** y además son simples
Más utilizado

Procedimento de Dunnett

Es el **más potente**:
cuando se trata de comparar la media de un grupo frente al resto y además son comparaciones simples a priori
Y $\boldsymbol{C} = a - 1$ comparaciones

Corrección de Bonferroni

Siempre que la hipótesis formule el número de comparaciones, aunque si ***C*** es grande entonces la prueba es poco potente

Con comparaciones simples y complejas

Procedimento de Scheffé

Es válido en cualquier circunstancia

Con comparaciones simples y complejas

Normalmente es la prueba menos potente

Transformación:
de la escala *F* a la de η^2

$$F_{(gl\ entre,\ gl\ error} = \frac{\eta^2_A}{1 - \eta^2_A} \quad \frac{gl_{ERROR}}{gl_A}$$

Transformación:
de la escala η^2 a la de *F*

$$\eta^2_A = \frac{F_{(gl\ entre,\ gl\ error}}{F_{(gl\ entre,\ gl\ error} + \dfrac{gl_{ERROR}}{gl_A}}$$

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA OpenCourseWare

Métodos y Diseños de Investigación
Mª Dolores Frías Navarro. Curso 2008/2009
http://www.uv.es/friasnav (Universitat de València)

Prueba de Significación

¿Se mantiene o se rechaza el modelo de la hipótesis de nulidad de efectos?

$F_{(0.05, 1, 6} = 6.607$

- Su probabilidad dentro de H_0

Alfa = 0.05

- $F_{t(0.05, 1, 6)} = 5.987$

$F_{empírica} > F_{teórica}$ = se rechaza H_0

$p < 0.05$

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA OpenCourseWare

Métodos y Diseños de Investigación
Mª Dolores Frías Navarro. Curso 2008/2009
http://www.uv.es/friasnav (Universitat de València)

Transformación de la escala η^2 a la de F

$$F_{(gl\ entre,\ gl\ error} = \frac{\eta^2_A}{1 - \eta^2_A} \quad \frac{gl_{ERROR}}{gl_A}$$

Transformación de la escala F a d

$$d = \frac{2\sqrt{F}}{\sqrt{gl\ (error)}}$$

Transformación de la escala F a la de η^2

$$6.605 = \frac{0.524}{0.476} \quad \frac{6}{1}$$

Transformación de la escala *F* a la de η^2

$$6.605 = \frac{0.524}{0.476} \quad \frac{6}{1}$$

Transformación de la escala *F* a *d*

$$2.099 = \frac{2\sqrt{6.607}}{\sqrt{6}}$$

Transformación de la escala η^2 a la de F

$$F_{(gl\ entre,\ gl\ error)} = \frac{\eta^2_A}{1 - \eta^2_A} \quad \frac{gl_{ERROR}}{gl_A}$$

Transformación de la escala F a d

$$d = \frac{2\sqrt{F}}{\sqrt{gl\ (error)}}$$

Transformación de la escala F a t de Student (De t a F)

$$t = \sqrt{F}$$

$$F = (\ t\ )^2$$

Transformación de la escala t a d

$$\left.d = \frac{2\ t}{\sqrt{gl\ (error)}}\ \right\}\ n_1 = n_2$$

Transformación de la escala *t* a *d*

$$d = \frac{2t}{\sqrt{gl\ (error)}} \quad \Big\} \; n_1 = n_2$$

Transformación de la escala *t* a *d*

$$d = \frac{t\ (n_1 + n_2)}{\sqrt{gl\ (error)}\ \underbrace{\sqrt{(n_1 n_2)}}_{n_1 \neq n_2}}$$