

# 09. PSICOLOGÍA EXPERIMENTAL

01. Estadística

02. Fundamentos teóricos y diseños experimentales

03. Psicometría

Preguntas PIR de convocatorias anteriores

AUTORES: JUAN ANTEQUERA IGLESIAS  
LAURA HERNANGÓMEZ CRIADO

**TODO EL MATERIAL,  
EDITADO Y PUBLICADO  
POR EL CENTRO DOCUMENTACIÓN  
DE ESTUDIOS Y OPOSICIONES,  
ES ÚNICO Y EXCLUSIVO  
DE NUESTRO CENTRO.**

ISBN obra completa: 978-84-92856-05-3

ISBN primera parte: 978-84-92856-31-2

Depósito Legal: M-2700-2010

EDITA Y DISTRIBUYE: CEDE

**1ª EDICIÓN: enero 2010**

**ES PROPIEDAD DE:**



**CENTRO DOCUMENTACIÓN  
DE ESTUDIOS Y OPOSICIONES**

**© RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS**

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier procedimiento, incluyendo la reprografía y el tratamiento informático sin la autorización de CEDE.

## PRESENTACIÓN

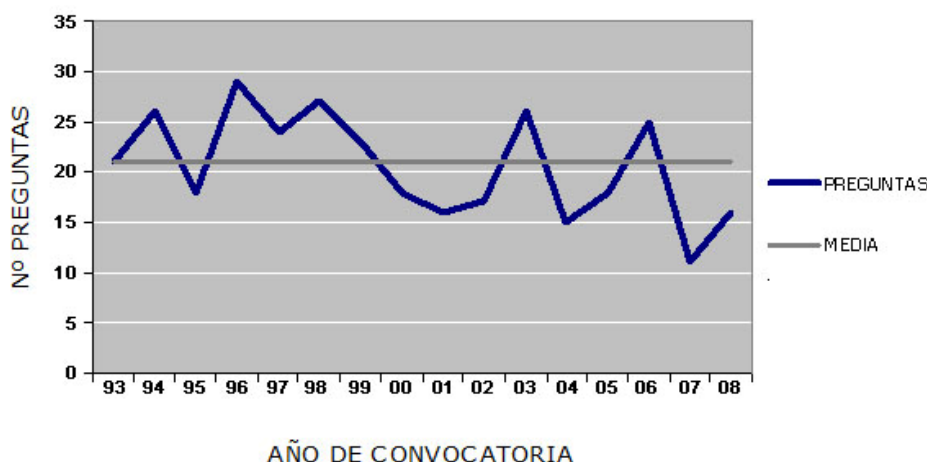
El área de Psicología experimental genera unas 20 preguntas aproximadamente por convocatoria. En cuanto a volumen de preguntas por partes, la mayoría de las preguntas pertenecen a Estadística. Metodología sería la segunda parte de la que caen más preguntas, mientras que Psicometría ha sido de la parte de esta área de la que menos preguntas han caído.

La mayoría de las preguntas son en cuanto a conceptos, o hacer alguna aplicación práctica de algunas reglas sencillas, como las transformaciones lineales de los estadísticos, por ejemplo. Rara vez han preguntado por fórmulas como tal, y los cálculos que se han pedido han sido muy sencillos, ya que al examen no se permite llevar calculadora.

Si nos basamos en las preguntas que hasta ahora han ido apareciendo en el examen PIR, deberíamos centrarnos en estudiar los conceptos, e intentar razonar y unir unos conceptos con otros. No es demasiado útil ni funcional estar mucho tiempo intentando aprenderse las fórmulas de todos los estadísticos, ni analizando minuciosamente todas las demostraciones matemáticas a las que se hace referencia en los apuntes. Esos datos han sido incluidos por si a alguien le ayudara a entender o a memorizar algún concepto, pero en ningún caso existe la intención de que el alumno se lo aprenda.

## EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE PREGUNTAS POR CONVOCATORIA

AÑO CONVOCATORIA	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
ESTADÍSTICA	8	10	7	19	10	14	17	6	14	15	18	12	15	15	4	7
FUNDAMENTOS	9	10	7	4	9	6	3	9	2	0	0	0	0	8	7	7
PSICOMETRÍA	4	6	4	6	5	7	3	3	0	2	8	3	3	2	0	2
Nº PREGUNTAS	21	26	18	29	24	27	23	18	16	17	26	15	18	25	11	16



## ÍNDICE

### 09.01. ESTADÍSTICA

#### Tema 09.01.01| INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA EN PSICOLOGÍA

1. Presentación
2. Concepto de medida en psicología
  - 2.1. La escala de medida
3. Vocabulario básico en estadística
  - 3.1. Población
  - 3.2. Muestra
  - 3.3. Parámetro
  - 3.4. Estadístico
4. Concepto de estadística
  - 4.1. Dos clases de estadística

#### Tema 09.01.02| ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA APLICADA AL ESTUDIO DE UNA SOLA VARIABLE

1. Introducción
2. Organización de los datos
  - 2.1. Concepto y tipos de variable
  - 2.2. Modalidades y clases
  - 2.3. Distribución de frecuencias
  - 2.4. Diagrama de tallo y hojas
  - 2.5. Representación gráfica de la variabilidad: Diagrama de caja y bigotes
3. Estadísticos de tendencia central
  - 3.1. Media aritmética
  - 3.2. Mediana
  - 3.3. Moda
4. Estadísticos de posición: los cuantiles
  - 4.1. Cuartiles
  - 4.2. Deciles
  - 4.3. Percentiles
5. Estadísticos de variabilidad y dispersión
  - 5.1. Desviación media
  - 5.2. La varianza
  - 5.3. Amplitud total
  - 5.4. Amplitud semi-intercuartil
  - 5.5. Coeficiente de variación
6. Puntuaciones directas, diferenciales y típicas
  - 6.1. Puntuación directa
  - 6.2. Puntuación diferencial
  - 6.3. Puntuación típica
  - 6.4. Otras transformaciones de las puntuaciones
  - 6.5. Interpretación de puntuaciones directas, diferenciales y típicas

#### Tema 09.01.03| ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA APLICADA AL ESTUDIO DE DOS VARIABLES

1. Introducción
2. Distribución conjunta de frecuencias
  - 2.1. Covarianza
3. Relación lineal entre dos variables
  - 3.1. Coeficiente de correlación de Pearson
  - 3.2. La ecuación de regresión
  - 3.3. Propiedades de las puntuaciones pronosticadas
  - 3.4. El coeficiente de correlación de Pearson y la recta de regresión
4. Relación curvilínea entre dos variables
  - 4.1. Propiedades de la razón de correlación
5. Relación entre variables ordinales
  - 5.1. Coeficiente de correlación de Spearman
  - 5.2. Coeficiente de correlación de Kendall
  - 5.3. Coeficiente de correlación de Goodman y Kruskal
6. Relación entre variables nominales
  - 6.1. Coeficiente Q de Yule
  - 6.2. Coeficiente  $\chi^2$
7. Otros coeficientes de correlación

#### Tema 09.01.04| ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA APLICADA AL ESTUDIO DE TRES VARIABLES

1. Introducción
2. Correlación parcial
3. Regresión múltiple
4. Coeficiente de correlación múltiple
  - 4.1. Propiedades del coeficiente de correlación múltiple
5. Interpretaciones de  $R^2_{1,23}$ 
  - 5.1.  $R^2_{1,23}$  como índice de reducción de error en los pronósticos
  - 5.2.  $R^2_{1,23}$  como aproximación de los puntos al plano de regresión
  - 5.3.  $R^2_{1,23}$  como proporción de la varianza de  $X_1$  asociada a la variación de  $X_2$  y de  $X_3$

#### Tema 09.01.05| PROBABILIDAD

1. Introducción: conceptos básicos
2. Probabilidad y espacio muestral discreto
  - 2.1. Enfoque interpretativo
  - 2.2. Enfoque formal
  - 2.3. Probabilidad condicional

- 2.4. Sucesos independientes
- 2.5. Teorema de Bayes
- 3. Funciones de probabilidad y de distribución de probabilidad en variables aleatorias discretas
  - 3.1. Variable aleatoria
  - 3.2. Función de probabilidad
  - 3.3. Función de distribución
  - 3.4. Función de probabilidad y distribución con dos variables aleatorias discretas
  - 3.5. Algunas funciones de probabilidad y distribución en variables aleatorias discretas
- 4. Esperanza, covarianza, Pearson y varianza en variables aleatorias discretas
  - 4.1. Valor esperado o esperanza matemática
  - 4.2. Covarianza, Pearson y varianza
  - 4.3. Esperanza matemática y varianza en algunas distribuciones de probabilidad
- 5. Probabilidad y espacio muestral continuo
  - 5.1. Función de densidad de probabilidad uniforme o rectangular
  - 5.2. Función de densidad de probabilidad normal
  - 5.3. Función de densidad de probabilidad ( $\chi^2$ )
  - 5.4. Función de densidad de probabilidad de Student (t)
  - 5.5. Función de densidad de probabilidad de Fisher (F)
  - 5.6. Función de densidad de probabilidad exponencial
- 6. Esperanza matemática y varianza en variables aleatorias continuas

#### Tema 09.01.06] FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL

- 1. Introducción a la inferencia estadística
  - 1.1. Conceptos básicos
  - 1.2. Clases de muestreo aleatorio
- 2. Estimación puntual de parámetros
  - 2.1. Propiedades deseables de un estimador
- 3. Comprobación de hipótesis estadísticas e intervalos confidenciales
  - 3.1. Formulación de la hipótesis nula y alternativa
  - 3.2. Determinación del nivel de significación o  $\alpha$
  - 3.3. Estudiar las características de la población
  - 3.4. Especificar el tipo de muestreo realizado y el tamaño de la muestra o de las muestras
  - 3.5. Seleccionar el estadístico de contraste adecuado al caso
  - 3.6. Atender a la distribución muestral del estadístico de contraste
  - 3.7. Determinar la región crítica

- 3.8. Rechazar o aceptar la hipótesis
- 3.9. Determinar el intervalo confidencial del parámetro
- 4. El metaanálisis

#### Tema 09.01.07] CONTRASTE DE HIPÓTESIS FRECUENTES: PRUEBAS PARAMÉTRICAS

- 1. Introducción
- 2. Análisis de la regresión y correlación
  - 2.1. Supuestos
  - 2.2. Análisis de la regresión
  - 2.3. Análisis de la correlación
- 3. Contraste de hipótesis sobre una sola media
- 4. Contraste de hipótesis sobre dos medias
  - 4.1. Contraste de hipótesis sobre dos medias independientes
  - 4.2. Contraste de hipótesis sobre dos medias relacionadas
- 5. Análisis de varianza: un solo criterio de clasificación (ANOVA I)
  - 5.1. Conceptos básicos en el análisis de varianza
  - 5.2. Esquema del análisis de varianza
  - 5.3. Condiciones previas al análisis de varianza
  - 5.4. Un caso particular: el análisis de varianza con medidas repetidas
- 6. Análisis de varianza: doble criterio de clasificación (ANOVA II)
  - 6.1. Conceptos básicos en el ANOVA de doble criterio
  - 6.2. Esquema del ANOVA II
  - 6.3. Efectos factoriales
- 7. Análisis de covarianza (ANCOVA): conceptos básicos

#### Tema 09.01.08] TÉCNICAS NO PARAMÉTRICAS

- 1. Introducción
- 2. Características de las técnicas no paramétricas
  - 2.1. Ventajas
  - 2.2. Desventajas
- 3. Principales pruebas no paramétricas
  - 3.1. Pruebas de bondad de ajuste
  - 3.2. Pruebas de independencia
  - 3.3. Prueba de Mann-Whitney
  - 3.4. Prueba de Wilcoxon
  - 3.5. Prueba de Kruskal-Wallis
  - 3.6. Prueba de Friedman
  - 3.7. Prueba de signos

## 09.02. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y DISEÑOS EXPERIMENTALES

### Tema 09.02.01 | EL MÉTODO CIENTÍFICO: CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN

1. Introducción
2. El método científico
  - 2.1. Fases del método científico
3. Clasificación del método científico
  - 3.1. Clasificación por el tipo de inferencia
  - 3.2. Clasificación por el grado de control
  - 3.3. Clasificación por el tipo de manipulación
4. La técnica experimental
  - 4.1. Características básicas del experimento
  - 4.2. Fases de la técnica experimental
  - 4.3. Intervenciones y decisiones en el experimento
  - 4.4. Tipos de experimentos

### Tema 09.02.02 | LAS VARIABLES EN LA EXPERIMENTACIÓN

1. Introducción
2. Definición y características de una variable
3. Clasificación de las variables
  - 3.1. Clasificación teórico-explicativa
  - 3.2. Clasificación de acuerdo al nivel de medida
  - 3.3. Clasificación de acuerdo al nivel de manipulación
  - 3.4. Clasificación metodológica
4. Intervenciones del experimentador sobre las variables

### Tema 09.02.03 | INTERVENCIÓN, MANIPULACIÓN Y CONTROL DE LAS VARIABLES DEL EXPERIMENTO

1. Introducción
2. Intervención sobre la variable dependiente
  - 2.1. Definición operacional de la variable dependiente
  - 2.2. Determinación de la medida
  - 2.3. Índices estandarizados de medida
3. Intervención sobre la variable independiente
  - 3.1. Decisión sobre el número de variables
  - 3.2. Operativización de la variable independiente
  - 3.3. Manipulación de la variable independiente
4. Intervención sobre las variables extrañas
  - 4.1. Fuentes de variables contaminadoras
  - 4.2. Diseño experimental y variables extrañas
  - 4.3. El control en la experimentación: definición y acepciones

5. Técnicas de control de variables extrañas
  - 5.1. Técnicas de control en la situación experimental de tipo I
  - 5.2. Técnicas de control en la situación experimental de tipo II: Métodos de equiponderación
  - 5.3. Otras técnicas de control asociadas al diseño experimental
  - 5.4. Técnicas de control estadístico

### Tema 09.02.04 | EL DISEÑO EXPERIMENTAL: CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN

1. Introducción
2. El diseño: definición y características
  - 2.1. Las variaciones en los datos
  - 2.2. Función del diseño
3. La validez del diseño
  - 3.1. Factores que amenazan la validez interna
  - 3.2. Factores que amenazan la validez externa
  - 3.3. Factores que amenazan la validez de constructo
4. Clasificación de los diseños
  - 4.1. Según la validez interna
  - 4.2. Según la situación experimental
  - 4.3. Según el número de variables independientes
  - 4.4. Según el número de grupos o conjuntos de datos
  - 4.5. Según las técnicas empleadas en la formación de grupos
  - 4.6. Según el número de sujetos
  - 4.7. Según el número de variables dependientes
  - 4.8. Una propuesta de clasificación

### Tema 09.02.05 | DISEÑOS UNIFACTORIALES INTERGRUPO (GRUPOS INDEPENDIENTES)

1. Introducción
2. Diseños de grupos aleatorios
  - 2.1. Diseños de dos grupos aleatorios
  - 2.2. Diseños multigrupos aleatorios
3. Diseños de bloques
  - 3.1. Diseños de bloques aleatorios
  - 3.2. Diseños de grupos apareados
  - 3.3. Diseños de cuadrado

### Tema 09.02.06 | DISEÑOS UNIFACTORIALES INTRAGRUPPO

1. Características generales de los diseños intragrupo
  - 1.1. Procedimiento de aplicación

- 1.2. Representación simbólica de los diseños unifactoriales intragrupo
2. Clasificación de los diseños unifactoriales intragrupo
  - 2.1. Diseño intragrupo bivalente
  - 2.2. Diseño intragrupo multivalente
3. ANOVA en situación intragrupo

### Tema 09.02.07] **DISEÑOS FACTORIALES DE GRUPOS INDEPENDIENTES (INTERGRUPO)**

1. Introducción
2. Clasificación de los diseños factoriales
3. Características de los diseños factoriales intergrupos
  - 3.1. Diseño factorial (A x B) intergrupos
  - 3.2. Diseño multifactorial (A x B x C) intergrupos

### Tema 09.02.08] **DISEÑOS FACTORIALES DE MEDIDAS REPETIDAS (INTRAGRUPPO)**

1. Introducción
2. Diseños bifactoriales de medidas repetidas
  - 2.1. Diseño A X B con medidas repetidas en B (bifactorial mixto)
  - 2.2. Diseño A x B con medidas repetidas en los dos factores (bifactorial intragrupo)
3. Diseños multifactoriales de medidas repetidas
  - 3.1. Diseño A x B x C con medidas repetidas en C
  - 3.2. Diseño A x B x C con medidas repetidas en B y C

### Tema 09.02.09] **DISEÑOS CUASI-EXPERIMENTALES Y DISEÑOS N = 1**

1. Diseños cuasi-experimentales
  - 1.1. Clasificación de los diseños cuasi-experimentales
2. Diseños N = 1
  - 2.1. Tipos de diseños N = 1

### Tema 09.02.10] **METODOLOGÍA DE ENCUESTAS**

1. Introducción
2. Tipos de encuestas según dimensión temporal
  - 2.1. Transversales
  - 2.2. Longitudinales
  - 2.3. Diseños de cohortes longitudinal-secuenciales
  - 2.4. Encuestas longitudinales retrospectivas
3. La calidad de la entrevista

## 09.03. PSICOMETRÍA

### Tema 09.03.01] **INTRODUCCIÓN A LA PSICOMETRÍA**

1. Desarrollo histórico de la Psicometría
2. Etapas en la construcción de los tests
3. La puntuación
  - 3.1. Tipos de puntuación
  - 3.2. Formas de distribución de las puntuaciones
4. La aptitud

### Tema 09.03.02] **TEORÍA CLÁSICA DE LOS TESTS**

1. Introducción
2. Supuestos básicos
3. Conclusiones de los supuestos básicos
4. Las medidas paralelas
5. Medidas equivalentes o tau-equivalentes
6. Consecuencias prácticas

### Tema 09.03.03] **CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE FIABILIDAD**

1. Introducción
2. Concepto de fiabilidad
3. Cálculo del coeficiente de fiabilidad
  - 3.1. Método de las formas paralelas o alternativas
  - 3.2. Procedimiento test-retest
  - 3.3. Test-retest con formas alternativas (formas alternativas en aplicación diferida)
  - 3.4. Procedimientos basados en una única aplicación del test: métodos basados en la consistencia interna
  - 3.5. Fiabilidad entre evaluadores o calificadores
4. Relaciones entre la fiabilidad y otras variables
  - 4.1. Fiabilidad y homogeneidad de la muestra
  - 4.2. Fiabilidad y longitud del test
  - 4.3. Fiabilidad, longitud y varianza
  - 4.4. Razón señal-ruido
5. Estimación de la puntuación verdadera
  - 5.1. Errores de medida, estimación y predicción
6. Análisis convencional de un ítem
7. Valoración de la TCT
8. Teoría de la generalizabilidad
  - 8.1. Conceptos básicos
  - 8.2. Estudios G y D
  - 8.3. Optimización de un diseño
  - 8.4. Ejemplo de aplicación de la TG

**Tema 09.03.04| VALIDEZ**

1. Introducción
2. Validez de contenido
3. Validez de constructo
  - 3.1. Validez multimétodo-multirasgo
  - 3.2. Análisis factorial
4. Validez relativa al criterio
  - 4.1. Coeficiente de validez
  - 4.2. Relaciones entre validez y fiabilidad: fórmulas de atenuación
  - 4.3. Validez y longitud del test
  - 4.4. Validez y homogeneidad de las muestras
  - 4.5. Modalidades del coeficiente de validez
  - 4.6. Estimación del criterio
  - 4.7. Validez de criterio: pronósticos mediante baterías de predictores

**Tema 09.03.05| TEORÍA DEL RASGO****LATENTE**

1. Introducción
2. Conceptos básicos
  - 2.1. Dimensionalidad
  - 2.2. Independencia local
  - 2.3. Curva característica del ítem
  - 2.4. Escala de aptitud
  - 2.5. Función de información del test
3. Modelos de la teoría del rasgo latente
  - 3.1. Modelos de error binomial
  - 3.2. Modelos de Poisson
  - 3.3. Modelos de ojiva normal
  - 3.4. Modelos logísticos

---

**BIBLIOGRAFÍA COMENTADA**  
**WEBGRAFÍA COMENTADA**  
**PREGUNTAS PIR DE CONVOCATORIAS**  
**ANTERIORES**

# 01. ESTADÍSTICA

No incluimos de la página 10 a la página 74.



## Tema 09.01.06] FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL

### ORIENTACIONES

*En este tema se plantean los conceptos fundamentales de la estadística inferencial, así como los métodos inferenciales más comunes: puntual y por intervalos. Se explica este último método de forma general, para luego aplicarlo a contrastes frecuentes en los siguientes temas. Es un tema del que suelen caer varias preguntas, sobre todo acerca de la estimación por intervalos y sobre los tipos de muestreo.*

### ASPECTOS ESENCIALES

1. *El muestreo probabilístico o aleatorio es aquel en el que todos los sujetos tienen la misma probabilidad de ser elegidos.*
2. *Existen distintos métodos para conseguir un muestreo probabilístico, entre los que se encuentran el muestreo de conglomerados o el muestreo estratificado.*
3. *En la estimación puntual de parámetros se da un único valor a dicho parámetro, por lo que no se puede establecer el error que se va a cometer.*
4. *Las características ideales de un buen estimador son que sea insesgado, consistente, eficiente y suficiente.*
5. *La estimación por intervalos se basa en la región de rechazo a partir de la hipótesis nula y la estimación de un intervalo de posibles estimaciones del parámetro.*

### PREGUNTAS REPRESENTATIVAS

231/--PS/2008. Para poder describir las propiedades de una población a partir de las propiedades contenidas en una muestra, es necesario que:

- 1) La muestra se haya extraído de forma aleatoria.
- 2) La población contenga muchos elementos.
- 3) La muestra sea representativa de esa población.
- 4) Contenga al menos diez sujetos.
- 5) Sea suficientemente grande.

PIR 08, RC 3 (también en PIR 06 –35–).

228/--PS/2008. En el contraste de hipótesis, el error tipo I:

- 1) Se evita siempre que la muestra sea suficientemente grande.
- 2) Tiene una probabilidad “beta”.
- 3) Es el que se comete cuando se mantiene una hipótesis nula que debía haberse rechazado.
- 4) Es cuando se rechaza una hipótesis nula que en realidad era falsa.
- 5) Se comete al rechazar una hipótesis nula que debía haberse mantenido (por ser verdadera en realidad).

PIR 08, RC 5 (también en PIR 99 –45–, PIR 93 –76–).

190/--PS/95. En un artículo en el que se encuentra que la media de las mujeres en aptitud espacial es de 57 y la de los hombres 60 se informa de que no hay diferencias significativas en tal aptitud entre hombres y mujeres ( $t_{90} = 1,6$ ;  $p > 0,05$ ). ¿Qué significa esto?:

- 1) Que la diferencia entre las medias poblacionales de hombres y mujeres no es lo suficientemente grande para ser tenida en consideración.
- 2) Que la diferencia entre las medias muestrales de hombres y mujeres no es lo suficientemente grande para ser tenida en consideración.
- 3) Que la información encontrada es compatible con la hipótesis de que las medias poblacionales de hombres y mujeres son idénticas.
- 4) Que la información encontrada es compatible con la hipótesis de que las medias muestrales de hombres y mujeres son iguales.
- 5) Que la información encontrada es compatible con la hipótesis de que la diferencia entre las medias poblacionales de hombres y mujeres es pequeña.

PIR 95, RC 3 (también en PIR 93 –73–).

## Tema 09.01.06] FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL

1. Introducción a la inferencia estadística
  - 1.1. Conceptos básicos
  - 1.2. Clases de muestreo aleatorio
2. Estimación puntual de parámetros
  - 2.1. Propiedades deseables de un estimador
3. Comprobación de hipótesis estadísticas e intervalos confidenciales
  - 3.1. Formulación de la hipótesis nula y alternativa
  - 3.2. Determinación del nivel de significación o  $\alpha$
  - 3.3. Estudiar las características de la población
  - 3.4. Especificar el tipo de muestreo realizado y el tamaño de la muestra o de las muestras
  - 3.5. Seleccionar el estadístico de contraste adecuado al caso
  - 3.6. Atender a la distribución muestral del estadístico de contraste
  - 3.7. Determinar la región crítica
  - 3.8. Rechazar o aceptar la hipótesis
  - 3.9. Determinar el intervalo confidencial del parámetro
4. El metaanálisis

### 1. INTRODUCCIÓN A LA INFERENCIA ESTADÍSTICA

La inferencia estadística es un conjunto de técnicas y procedimientos que pretende obtener y deducir conclusiones generales aplicadas a poblaciones, a partir de los resultados obtenidos en muestras **representativas** (PIR 06, 35; PIR 08, 234) de dichas poblaciones.

El investigador, salvo raras excepciones, siempre va a desarrollar su trabajo con muestras. Efectuará análisis estadísticos en dichas muestras (Estadística descriptiva) y, basándose en unos niveles determinados de probabilidad, elevará generalizaciones acerca del valor de los parámetros poblacionales (Estadística inferencial).

#### 1.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Ya nos referimos a ellos en el primer tema de Estadística (3.1.1), pero vamos a volver a retomarlos en este apartado:

##### **Población:**

Es aquel conjunto de objetos, sujetos o cosas que poseen, todos ellos, las mismas características, y además son

indiferenciables entre sí, aunque cada elemento tenga sus propias características.

##### **Muestra:**

Es aquel subconjunto de elementos que poseen las mismas características que aquéllos de la población de la cual proceden. El método o proceso de selección de los sujetos en la muestra se denomina muestreo.

##### **Muestra representativa:**

Para que podamos hacer inferencias válidas sobre una población, la muestra debe ser un "ejemplar típico" de la población de la que ha sido extraída, con características similares. Obviamente, siempre cabrá un error (aleatorio), pues si seleccionamos 100 muestras de una población, nos encontraremos que los estadísticos pueden diferir de unas a otras. El ideal es que la muestra sea una especie de "población a escala reducida", donde las proporciones se mantengan invariantes. Para lograr esto la estadística ha desarrollado una serie de estrategias de obtención de muestras o muestreo.

##### **Muestreo aleatorio o probabilístico:**

La principal estrategia de obtención de muestras representativas es el muestreo aleatorio o selección aleatoria de elementos de la población. Éste tiene lugar cuando todos y cada uno de los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser seleccionados para constituir una o varias muestras (PIR 06, 33; PIR 03, 60). El hecho de ser aleatorio, hace que la probabilidad de que un elemento forme parte de la muestra sea constante, y por lo tanto podremos calcular el error muestral (PIR 06, 31). Al número de elementos de la población se lo designa con letra mayúscula (**N**), al número de elementos de la muestra con la letra minúscula (**n**).

#### 1.2. CLASES DE MUESTREO ALEATORIO

Vamos a considerar en este apartado los distintos tipos de muestreo posibles en función de factores como tipo de población (finita vs infinita), táctica de selección (reposición vs sin reposición), etc. Cada uno de ellos implica consecuencias distintas.

##### 1.2.1. Muestreo aleatorio sin reposición en una población finita

Supongamos una población compuesta por un número de elementos finito (**N**). De ella extraemos una muestra de tamaño (**n**) mediante el siguiente procedimiento: extraemos

un primer sujeto al azar, extraemos un segundo sujeto también al azar sin devolver al primero, extraemos un tercer sujeto al azar sin devolver los dos anteriores, etc. Así continuamos hasta completar una muestra n.

Supongamos que la muestra la hemos elegido para investigar en la población la variable X (Inteligencia general). Podemos considerar cada extracción como la aplicación de n variables aleatorias X ("valor asumible en inteligencia por un sujeto extraído en primer lugar (X<sub>1</sub>), valor asumible en inteligencia por un sujeto extraído en segundo lugar (X<sub>2</sub>), ....., valor asumible en inteligencia por un sujeto extraído en enésimo lugar (X<sub>n</sub>).

Ahora bien, como la población es finita y no reponemos los elementos que se extraen, la probabilidad de que la variable aleatoria X asuma un determinado valor para un sujeto está condicionada por los valores de los sujetos que han sido extraídos con anterioridad a él. En pocas palabras, como no reponemos los elementos, ante cada nueva extracción nos encontramos con una nueva población. Esto traducido matemáticamente nos indica que las variables aleatorias X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ....., X<sub>n</sub> **no son independientes** entre sí.

### 1.2.2. Muestreo aleatorio con reposición en una población finita

Si tras cada extracción devolvemos al sujeto a la población, no alteramos para nada la probabilidad del resto de los elementos, pues mantenemos la población tal y como estaba al inicio del muestreo.

La consecuencia de este procedimiento es que las sucesivas variables aleatorias definidas por cada extracción son independientes unas de otras, por lo que la función de probabilidad conjunta es igual al producto de las funciones de probabilidad marginales:

$$g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = f_1(x_1) f_2(x_2) \dots f_n(x_n)$$

Además se verifica otra propiedad, esto es, que las funciones de probabilidad marginales de las variables aleatorias correspondientes a cada extracción son iguales a la función de probabilidad de la variable aleatoria X:

$$f_1(x_1) = f_2(x_2) = \dots = f_n(x_n) = f(x)$$

### 1.2.3. Muestreo aleatorio en población infinita

La reposición o no reposición de un elemento al formar una muestra es algo que sólo debemos de tener en cuenta cuando nos hallamos con una población finita. Si por el contrario, la población contiene infinitos valores apenas se

va a ver modificada aunque no repongamos los elementos seleccionados, pues la probabilidad de que sean seleccionados el resto se mantiene prácticamente inalterable.

Por lo tanto, sea cual sea el método de muestreo, si la población es infinita se verifica independencia entre las n variables aleatorias correspondientes a las n extracciones.

### 1.2.4. Muestreo aleatorio simple

De acuerdo a lo expuesto en los apartados anteriores, diremos que los valores (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, ....., x<sub>n</sub>), tomados, respectivamente, por las variables aleatorias (X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, ....., X<sub>n</sub>) constituyen una muestra aleatoria simple, si estas mismas variables aleatorias tienen la misma función de probabilidad o función de densidad de probabilidad y son independientes. Llamaremos también muestra aleatoria simple al conjunto de estas n variables aleatorias sujetas a las dos condiciones expuestas.

Llamaremos muestreo aleatorio simple, por tanto, a todo proceso mediante el cual obtenemos una muestra aleatoria simple. Este tipo de muestreo exigirá, obviamente, bien una población infinita (no importando si se reponen o no los elementos), bien una población finita, pero con reposición de elementos.

El muestreo aleatorio simple (m.a.s.) es el más empleado en estadística, pues conlleva independencia entre las variables, condición muy importante en la estadística inferencial.

### 1.2.5. Otros tipos de muestreos

Metodológicamente hablando, podríamos establecer otra clasificación:

#### Muestreo aleatorio estratificado:

Supongamos una población N que es dividida en (K) estratos para estudiar una característica dada. (Podemos dividir la población en clases sociales para estudiar la variable inteligencia). De cada uno de los (K) estratos poblacionales extraemos un número de sujetos u observaciones que van a conformar subestratos muestrales, cuya suma es el número total de elementos de la muestra (n):

$$\begin{array}{c} N_1 + N_2 + \dots + N_k = N \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ n_1 + n_2 + \dots + n_k = n \end{array}$$

Si el muestreo está bien hecho obtenemos una muestra, y éste es el objetivo, donde los estratos poblacionales están correctamente representados manteniéndose sus proporciones.

Imaginemos que queremos extraer una muestra de una población en la que sabemos que existe un 60% de hombres, y 40% de mujeres. Podríamos, para estar seguros que respetamos las proporciones, coger en nuestra muestra al 60% de hombres y el 40% de mujeres.

#### **Muestreo aleatorio de conglomerados:** (PIR 06, 37)

En vez de considerar los N elementos de la población para obtener la muestra, consideramos sólo grupos o conglomerados de elementos para extraer aleatoriamente uno o varios de ellos de entre la totalidad de conglomerados.

Un muestreo aleatorio por conglomerados realizado en varias fases o etapas, recibe el nombre de muestreo polietápico. Las etapas son las siguientes:

- 1) Se divide a la población en k conglomerados y se selecciona uno o varios de ellos (unidades muestrales primarias).
- 2) En la segunda etapa, los conglomerados seleccionados se dividen en conglomerados menores y se vuelve a seleccionar uno o varios de ellos (unidades muestrales secundarias).
- 3) Se repite la operación y se continúa así hasta que se considere necesario.
- 4) En la última fase se utiliza como muestra todos los elementos de los conglomerados definitivamente seleccionados.

Imaginemos que queremos trabajar con los colegios públicos de Madrid. El problema es que no podemos coger todos los colegios, por lo que decidimos dividir Madrid en distritos (conglomerados), y elegir aleatoriamente algunos de ellos, centrándonos únicamente en los colegios de los distritos elegidos. Si optamos por un muestreo polietápico, dividiríamos esos distritos en manzanas, por ejemplo, y escogeríamos sólo algunas manzanas para centrarnos en los colegios de dichas manzanas.

#### **Muestreo aleatorio sistemático:**

Dividimos el número de elementos de la población por el número de elementos que deseamos tener en nuestra muestra:

$$N / n = K$$

A continuación, dentro de los K primeros elementos de la población seleccionamos uno al azar (supongamos que

tenemos una lista ordenada). A ese primer elemento lo llamamos (r). Ahora bien, el método sistemático implica que el segundo elemento será (r + K), el tercero (r + 2K), el cuarto (r + 3K) y así hasta completar los n elementos de la muestra.

#### **Muestreos no aleatorios:**

Algunos de los muestreos no aleatorios más utilizados serían:

- **Muestreo intencional:** el muestreo no es aleatorio sino que se rige por un criterio experto en la selección de la muestra.
- **Muestreo incidental o sin norma:** se toma la muestra que se tiene a disposición.
- **Muestreo bola de nieve:** un sujeto de la muestra nos conseguirá entrevista con más sujetos de la misma muestra, y a la que en principio el experimentador no tendría acceso. Este método se utiliza mucho cuando las muestras son difícilmente accesibles (gente sin hogar, por ejemplo).

## **2. ESTIMACIÓN PUNTUAL DE PARÁMETROS**

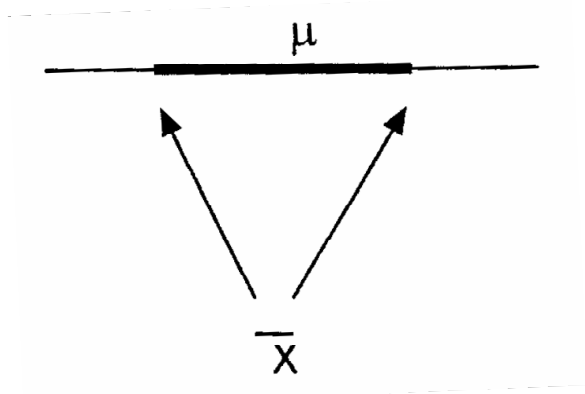
La inferencia estadística lo que pretende realizar son estimaciones partiendo de los estadísticos de la muestra. Básicamente hay **dos tipos de estimaciones:**

- Acerca de parámetros (siempre desconocidos).
- Acerca de la distribución de las poblaciones (en ocasiones interesa saber cómo una característica determinada se distribuye en la población: normalmente, según Student, Fisher, etc.).

Además de dos tipos o clases de estimaciones, existirían **dos grandes métodos** de estimación acerca de los parámetros de una población:

- Estimación por intervalos.
- Estimación puntual.

La **estimación por intervalos** es la más utilizada y en la que más nos detendremos cuando la abordemos en el próximo apartado. Cuando realizamos una estimación por intervalos acerca de un parámetro, partimos del valor de un estadístico, pero proponemos un intervalo dentro del cual habría una gran probabilidad de encontrar el parámetro.



Cuando determinamos un intervalo de valores en el cual es posible que se encuentre el parámetro, lo hacemos con una determinada probabilidad o **nivel de confianza**. A continuación presentamos una tabla con los niveles de confianza más habituales y su equivalencia en niveles de significación:

NIVEL DE CONFIANZA (N.C.)	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (N.S.)
95	0,05
99	0,01
999	0,001

En la **estimación puntual** de un parámetro se intenta obtener un único valor como estimación de un parámetro desconocido. La terminología matemática que se suele emplear es la siguiente:

PARÁMETRO	$\theta$
ESTIMADOR	$\hat{\theta}$
ESTIMACIÓN	$\hat{\theta}$

Un parámetro sería, por ejemplo, el valor esperado de la variable  $X$  en la población:  $(\mu_x)$ ; el estimador de este parámetro podría ser (son posibles otros) el estadístico media aritmética  $(\bar{X})$ ; la estimación sería el valor concreto que la media aritmética asume en la muestra seleccionada  $(\bar{x})$ .

### 2.1. PROPIEDADES DESEABLES DE UN ESTIMADOR

Cuando se selecciona un estimador hay que tener en cuenta una serie de características que lo hacen óptimo en la estimación de parámetros. No nos vamos a detener a explicar en qué consiste cada una de las propiedades, por ser una tarea compleja y que añade poca significación al concepto de estimación. El lector podrá encontrar, si quiere más información, una descripción pormenorizada de estas

propiedades en la bibliografía que le proponemos. Aquí pretendemos sólo enumerarlas:

#### Carencia de sesgo:

Un estimador de un parámetro es insesgado si el valor esperado del estimador es el parámetro. Esta es una característica propia del estimador. Así, sabemos que la media es un estimador muy insesgado, mientras que la varianza no lo es. De hecho, con muestras pequeñas es mejor utilizar la versión insesgada de la varianza (cuasivarianza) (PIR 04, 85) si queremos utilizarla como estimador.

#### Consistencia:

Expresado en un lenguaje no matemático, la consistencia alude a la capacidad del estimador de proporcionar una estimación muy cercana al verdadero valor del parámetro.

#### Eficiencia:

Dados dos estimadores de un parámetro  $\theta$ , es más eficiente el de menor varianza.

#### Suficiencia:

Se considera que un estimador es suficiente respecto a un parámetro  $\theta$  si él sólo basta para estimarlo (proporciona suficiente información) (PIR 00, 18).

Dados dos estadísticos potenciales estimadores de un parámetro, elegiremos aquél que más propiedades satisfaga.

## 3. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS E INTERVALOS CONFIDENCIALES

En el apartado anterior adelantábamos que la mayor parte de las inferencias en estadística acerca de los parámetros de una población, se realizaban estimando un intervalo donde es muy probable localizar el parámetro. En este apartado vamos a desarrollar esta idea y sus aplicaciones en la comprobación de hipótesis. Es en este punto donde la estadística resulta de gran ayuda para que el investigador pueda generalizar los resultados de sus investigaciones a la población a la que pertenece la muestra de su experimento.

Las hipótesis estadísticas pueden hacer referencia al valor de la media de una variable aleatoria, diferencia de medias, y, por supuesto, respecto a otros parámetros, tanto si la población de referencia es normal, como si no lo es.

No obstante hay que seguir unos pasos para realizar un contraste, que básicamente, con las naturales diferencias en función del parámetro y del tipo de contraste, son los siguientes:

- 1) Formulación de la hipótesis nula y alternativa.
- 2) Determinación del nivel de significación o  $\alpha$ .
- 3) Estudiar las características de la población, especialmente la distribución de probabilidad que sigue.
- 4) Especificar el tipo de muestreo realizado y el tamaño de la muestra o de las muestras (si se trata de un contraste acerca de diferencias de parámetros).
- 5) Seleccionar el estadístico de contraste adecuado al caso. Este estadístico se obtiene a partir de la muestra y nos servirá para contrastar la hipótesis nula frente a la hipótesis alternativa.
- 6) Atender a la distribución muestral del estadístico de contraste (nos va a indicar qué tipo de tabla utilizar para determinar la región crítica: Normal, Student, Fisher, etc.).
- 7) Determinar la región crítica, la cual se va a derivar del nivel de significación.
- 8) Rechazar o aceptar la hipótesis nula según el valor del estadístico de contraste, obtenido según una muestra concreta, caiga dentro o fuera de la región crítica.
- 9) Determinar el intervalo confidencial del parámetro, de acuerdo a los datos de la muestra, y en función del nivel de significación.

Iremos desgranando cada uno de estos puntos a continuación.

### 3.1. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS NULA Y ALTERNATIVA

Una hipótesis estadística es toda afirmación acerca de la distribución de probabilidad de una o varias variables aleatorias. Estas afirmaciones suelen referirse bien a la forma de la distribución de una variable en la población, bien a los parámetros de la distribución de esa variable en la población (media, varianza, proporciones, coeficientes de correlación, etc.).

En este apartado nos vamos a limitar al segundo tipo de hipótesis o afirmaciones, por lo que en adelante entenderemos por hipótesis estadística, aquella hipótesis referida a

los parámetros de una distribución, supuesta la forma de esta última.

En este contexto cabe hablar de distintos tipos de hipótesis:

#### 1) En función del grado de especificación de los valores de los parámetros:

##### Hipótesis simple:

Es aquella en la que se especifica claramente el valor de un parámetro o de una diferencia de parámetros. Como ejemplo, las siguientes hipótesis se consideran simples:

$$\mu_x = 30 \quad \mu_1 - \mu_2 = 5 \quad \sigma_x^2 = 10 \quad \sigma_1^2 - \sigma_2^2 = 7$$

##### Hipótesis compuesta:

Es aquella en que no se precisa el valor de un parámetro o de la diferencia de parámetros:

$$\mu_x > 30 \quad \mu_1 - \mu_2 \neq 5 \quad \sigma_x^2 < 10 \quad \sigma_1^2 - \sigma_2^2 < 7$$

#### 2) En función del papel que desempeña en el contraste estadístico:

##### Hipótesis nula ( $H_0$ ):

Es la hipótesis que, provisionalmente, el investigador acepta como verdadera y que sólo puede rechazar, en favor de la hipótesis alternativa, cuando los datos experimentales le demuestren que es falsa. Por definición, esta hipótesis no se puede aceptar. Se rechaza o se mantiene, porque ya está aceptada desde el principio de la investigación.

El proceso por el que se rechaza la hipótesis nula se denomina "falsación" o "refutación" (PIR 07, 32).

##### Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):

Es la hipótesis que acompaña a la hipótesis nula (son posibles varias alternativas, aunque lo más frecuente es una sola). Es la aspirante a suplantar o reemplazar a la nula, y sólo cuando los datos nos obliguen a rechazar la hipótesis nula.

A continuación exponemos algunos ejemplos de hipótesis nulas y alternativas:

$$\begin{array}{ll} H_0: \mu_1 - \mu_2 = 5 & H_0: \sigma_x^2 \geq 10 \\ H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 5 & H_1: \sigma_x^2 < 10 \end{array}$$

### 3.2. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SIGNIFICACIÓN O ALFA

Después de establecer la hipótesis nula y alternativa, el experimentador tendrá que determinar cuánto es el riesgo que está dispuesto a asumir. Así, fijará el nivel de significación o alfa, con su correspondiente nivel de confianza asociado. Estos valores asociados no dejan de ser probabilidades, y por lo tanto su suma será 1. Los niveles de significación y de confianza más comunes son los siguientes:

Nivel de significación	Nivel de confianza
0.05	0.95
0.01	0.99
0.001	0.999

Explicándolo en otros términos, el nivel de significación sería el error que el experimentador asume que puede cometer. Así, en el primer caso, asumiría un error de hasta un 5% (de cada 100 afirmaciones que el experimentador hiciera en relación a rechazar la hipótesis nula, se podría equivocar en 5). Evidentemente, este nivel de significación lleva asociado un nivel de confianza, que sería la seguridad con la que el experimentador mantendría la hipótesis nula. En el caso del primer ejemplo, sería un 95%.

Podríamos seguir el mismo razonamiento con 0.01 y con 0.001. Como se puede comprobar, cuanto más pequeño es alfa, menos errores cometerá el investigar en relación al rechazo de la hipótesis nula.

Este nivel de significación lo fija el investigador en este punto, antes de poner a prueba las hipótesis, por lo que él podrá elegir cuánto riesgo puede asumir.

Muy ligado al nivel de significación y al nivel de confianza están los distintos tipos de errores que podemos cometer al tomar decisiones en cuanto a la hipótesis nula.

Cuando realizamos un contraste estadístico nos arriesgamos a cometer dos tipos de errores que vienen muy bien representados por la siguiente tabla:

	H <sub>0</sub> VERDADERA	H <sub>0</sub> FALSA
ACEPTAMOS H <sub>0</sub>	Decisión correcta: 1 - $\alpha$	Error tipo II: $\beta$
RECHAZAMOS H <sub>0</sub>	Error tipo I: $\alpha$	Decisión correcta: 1 - $\beta$

El primer error que podemos cometer o **tipo I**, es el rechazar la hipótesis nula siendo ésta verdadera (PIR 08, 226);

siempre se van a manejar valores muy bajos para que este error sea muy pequeño. Cuanto menor sea la probabilidad de error, más generalizable a la población será la conclusión del experimentador.

El segundo tipo de error que podemos cometer, es el de aceptar la hipótesis nula siendo ésta falsa, o, lo que es lo mismo, el de no aceptar la hipótesis alternativa siendo verdadera.

En cuanto a las **decisiones correctas**, encontramos dos tipos:

1. Aceptar la hipótesis nula, siendo verdadera; la probabilidad asociada a este acierto 1 -  $\alpha$ , obviamente. Esta probabilidad es también la asociada al intervalo de confianza, recibiendo la denominación de nivel de confianza (generalmente expresada en porcentaje).

2. Rechazar la hipótesis nula, siendo falsa, o, lo que es lo mismo, siendo la hipótesis alternativa verdadera. La probabilidad de este tipo de acierto será (1 -  $\beta$ ). Este tipo de probabilidad se conoce también como **potencia de la prueba**.

Al investigador le interesa disminuir las probabilidades de error ( $\alpha$  y  $\beta$ ). Pero cuando uno disminuye el otro crece, y viceversa. Si quiere disminuir ambos errores simultáneamente el investigador tendría que aumentar el tamaño de la muestra excesivamente, lo cual a veces es inviable. El investigador debe decidir entonces cuál es el tipo de error que menos quiere cometer, para entonces disminuir su probabilidad a costa de que la del otro aumente.

La potencia de una prueba va a variar si cambiamos el valor de la hipótesis alternativa, manteniendo constante el de la nula. El resultado es que podemos obtener una gráfica con los distintos valores de la potencia según cambien los valores de la hipótesis alternativa. A medida que vamos tomando en la hipótesis alternativa valores más alejados de la hipótesis nula, la potencia será mayor, lo que podemos observar en la **curva de potencias**.

### 3.3. ESTUDIAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN, ESPECIALMENTE LA DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD QUE SIGUE

En el caso de que la muestra sea lo suficientemente grande, habitualmente supondremos que ésta se distribuye según la distribución normal en las variables estudiadas.

Para los cálculos estadísticos, se considerará una muestra grande a partir de 30 sujetos.

### 3.4. ESPECIFICAR EL TIPO DE MUESTREO REALIZADO Y EL TAMAÑO DE LA MUESTRA O DE LAS MUESTRAS

En este punto el investigador deberá definir su muestra, así como el tipo de muestreo que ha seguido. Lo más habitual es que se siga un muestreo aleatorio simple.

### 3.5. SELECCIONAR EL ESTADÍSTICO DE CONTRASTE ADECUADO AL CASO

El estadístico de contraste, por ser un estadístico, no tiene en sí mismo ningún parámetro desconocido, ya que está basado en la muestra. Dependiendo de qué tipo de muestra tengamos, y de qué tipo de contraste queramos hacer, utilizaremos un estadístico u otro. Más adelante veremos distintos tipos de estadísticos en los contrastes más frecuentes.

Este estadístico de contraste lo utilizaremos para tomar decisiones con respecto a la hipótesis nula.

### 3.6. ATENDER A LA DISTRIBUCIÓN MUESTRAL DEL ESTADÍSTICO DE CONTRASTE

En este punto no nos estamos refiriendo a la distribución que sigue nuestra muestra, sino a cómo se distribuye el estadístico de contraste. Esta distribución sería hacia la que se acercaría en el caso de poder aplicar el estadístico de contraste en todas las posibles muestras de la población.

En general es sencillo saber la distribución de los distintos estadísticos, ya que tienen el mismo nombre. Así, el estadístico  $t$  se distribuye según  $t$ , el estadístico  $F$  se distribuye según  $F$ , el estadístico  $\chi^2$  se distribuye según  $\chi^2$ , etc. El estadístico  $z$  se distribuye según la normal.

A nivel práctico, este dato nos va a facilitar saber qué tabla de distribución vamos a tener que utilizar para tomar decisiones respecto a la hipótesis nula. Dichas tablas se facilitan en cualquier manual de estadística inferencial, normalmente como anexos.

Llevando el valor del estadístico de contraste, que hemos obtenido a partir de nuestra muestra, a dicha tabla, obtendremos la probabilidad de error tipo I REAL, es decir, la verdadera probabilidad de rechazar la hipótesis nula siendo ésta correcta, al margen de la que el experimentador ha fijado anteriormente (punto 3.2).

A dicho error, por diferenciarlo de alfa, lo llamaremos  $p$  o nivel crítico.

### 3.7. DETERMINACIÓN DE LA REGIÓN CRÍTICA

A continuación construiremos dos regiones sobre el segmento rectilíneo que representan los posibles valores del estimador del parámetro. Estas dos regiones se producen sobre la hipótesis nula. El método para construir estos segmentos se denomina **método de bisección de Stevens**. Así se producen dos regiones, llamadas región crítica y no crítica.

La región no crítica sería la probabilidad de decisión correcta en el caso de que la hipótesis nula sea verdadera. A esta región también se la denomina región de aceptación.

A la región crítica se la conoce también como región de rechazo, puesto que cuando el valor del estimador cae dentro de ella se procede a rechazar la hipótesis nula y a aceptar la hipótesis alternativa. La región crítica o de rechazo lleva siempre aparejada una probabilidad conocida como  $\alpha$ , que previamente habríamos fijado (punto 3.2).

Obviamente la probabilidad de la región de aceptación o no crítica, aquella donde si "cae" el estimador hace más probable a la hipótesis nula, viene definida por  $(1 - \alpha)$ . Las dos regiones son por tanto complementarias, esto es, mutuamente exclusivas y exhaustivas.

La región crítica siempre es única, no obstante puede estar "acumulada" en una sola cola o en dos colas (en este caso la probabilidad de cada cola es  $\alpha/2$ ). En este último caso la cola inferior de la región crítica viene delimitada por el límite inferior o punto crítico inferior. La otra cola, viene delimitada por el límite superior o punto crítico superior.

Aunque las dos regiones se definan sobre la hipótesis nula, el dónde poner la región de rechazo nos lo va a marcar la hipótesis alternativa (PIR 00, 15).

En resumen, según el tipo de región crítica son posibles tres tipos de contrastes estadísticos:

#### 1. Bilateral:

La región crítica consta de dos colas. Se rechazará la hipótesis nula siempre que el valor del estadístico de contraste sea menor o igual que el límite inferior, o sea mayor o igual que el límite superior.

Un contraste estadístico será bilateral cuando la hipótesis alternativa implique una afirmación del tipo:

$$\mu_1 - \mu_2 \neq 5 \quad \sigma_x^2 \neq 10$$

En este caso  $\alpha$  se dividirá por la mitad, habiendo una probabilidad de caer en cada cola de la distribución (región de rechazo) de  $\alpha/2$ .

## 2. Unilateral izquierdo:

La región crítica consta de una sola cola que se encuentra concentrada a la izquierda; se rechazará la hipótesis nula cuando el valor del estadístico de contraste sea menor o igual que el punto crítico inferior.

Un contraste será unilateral izquierdo cuando la hipótesis alternativa plantease un valor menor que la nula, es decir, venga expresada en los siguientes términos:

$$\mu_1 - \mu_2 < 5 \sigma_x^2 < 10$$

## 3. Unilateral derecho:

La región crítica consta de una sola cola que se concentra a la derecha; se rechaza la hipótesis nula si el valor del estadístico de contraste es mayor o igual que el punto crítico. Este tipo de contraste se produce cuando la hipótesis alternativa afirma que el valor del parámetro (o de la diferencia de parámetros) es mayor que un determinado valor (PIR 06, 29).

Cuando la distribución de probabilidad empleada para realizar el contraste de hipótesis es **asimétrica**, también se realizará un contraste **unilateral**.

La razón de utilizar este tipo de contrastes es que siguiendo estas normas se optimizan las potencias.

## 3.8. DECISIÓN CON RESPECTO A LA HIPÓTESIS NULA

Para rechazar o no la hipótesis nula tendremos que comparar el error tipo I que el experimentador había fijado ( $\alpha$ ), con el error tipo I real, que obtenemos a partir de las tablas (p).

Así, si p es mayor que  $\alpha$  significará que vamos a cometer más error del que estamos dispuestos a asumir, ya que la probabilidad de error tipo I real es mayor que alfa. Cuando esta situación se da, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo que la mantendremos.

En el caso de que p sea menor o igual que  $\alpha$  significa que vamos a cometer realmente menos error del que estamos dispuestos a asumir (o justo estamos en el límite en el caso de que ambos valores sean el mismo), por lo que

estaremos en condiciones de correr el riesgo y rechazar la hipótesis nula.

## 3.9. DETERMINACIÓN DEL INTERVALO CONFIDENCIAL DEL PARÁMETRO

En el caso de haber rechazado la hipótesis nula, estaremos en condiciones de establecer un intervalo en el que, con una alta probabilidad, caerá el parámetro que estamos intentando estimar.

Cuando hablábamos de la estimación puntual de parámetros presentábamos un punto, un valor, como estimación del parámetro, sin establecer probabilidades de error; aquí, en cambio, presentamos un intervalo de valores, con un determinado grado de probabilidad, que pretenden ser estimaciones del parámetro.

Así, el **intervalo confidencial** será el intervalo de estimaciones probables con una probabilidad asociada a partir del estimador de la muestra (PIR 05, 85). Dicha probabilidad se denomina nivel de confianza o coeficiente confidencial, y será  $1 - \alpha$ . Llamaremos límites confidenciales a los dos valores extremos del intervalo.

Si multiplicamos por 100 el nivel de confianza, obtenemos el porcentaje de las muestras cuyos resultados estarían dentro del intervalo que vamos a estimar. Así, si nuestro nivel de confianza es de 0.99, significa que si extraemos un gran número de muestras del mismo tamaño, cada una con sus respectivos estadísticos y sus intervalos confidenciales, el 99% de los intervalos confidenciales atraparán el valor del parámetro, y el 1% no lo contendrá.

El intervalo confidencial será mejor cuanto más estrecho sea, ya que las estimaciones serán más precisas (es mejor decir que el parámetro estará entre 80-82 que decir que estará entre 50-100), aunque cuanto más estrecho sea el intervalo, menor nivel de confianza vamos a tener, ya que cuanto más precisas son las estimaciones, menos muestras van a caer en dicho intervalo.

La única manera de estrechar el intervalo confidencial sin que el nivel de confianza se vea reducido es aumentar el número de personas que componen la muestra. Esto es lógico si pensamos que cuantas más personas tengamos en nuestra muestra, más nos acercaremos a la población, y por lo tanto más precisas serán nuestras estimaciones.

## 4. EL META-ANÁLISIS

El meta-análisis es una técnica que consta de un grupo de procedimientos cuantitativos para evaluar los resultados de

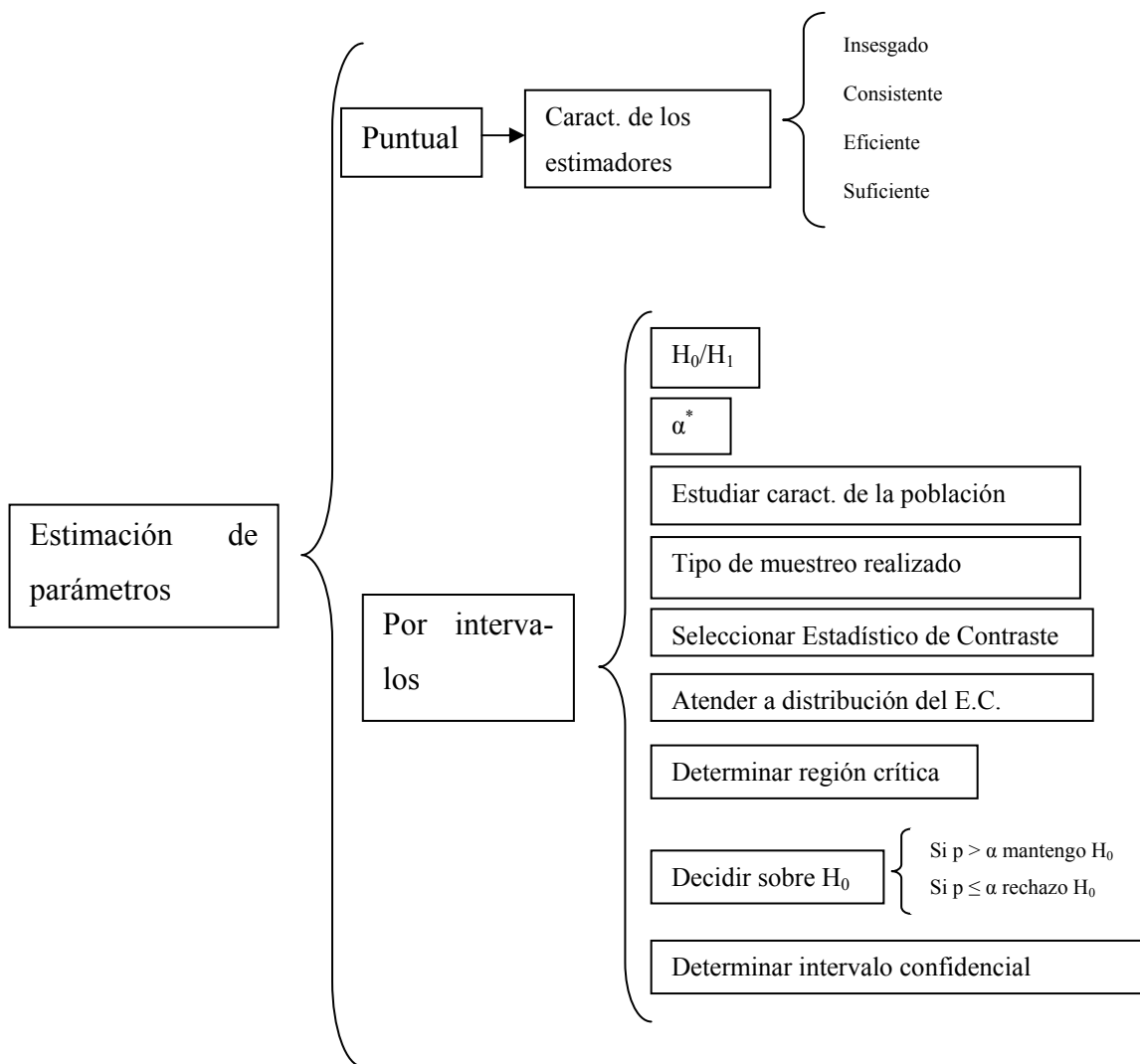
un conjunto de estudios científicos (PIR 08, 227). Este método fue propuesto para revisiones, como una estrategia alternativa a la evaluación narrativa tradicional y a la cualitativa (la clásica revisión de bibliografía). La característica principal del mismo es que proporciona un “análisis de los análisis”, que permite analizar cuantitativamente los resultados de los estudios empíricos realizados en un área teniendo en cuenta el tamaño de las muestras y que los estudios sean comparables (en términos de diseño y definiciones operativas). Así, ofrece un resultado cuantitativo de la magnitud y significación de los efectos analizados en las variables estudiadas, permitiendo un resumen de los efectos significativos de una variable a partir del análisis de los resultados obtenidos en un determinado número de estudios referentes a un mismo problema.

El modo más común de evaluar la bibliografía utilizando la técnica del meta-análisis es calcular el denominado **tamaño del efecto**, que proporciona unos datos comunes y comparables a las investigaciones que se incluyen en el análisis. La información de los contrastes de hipótesis es bastante modesta (aceptación/rechazo) y posiblemente engañosa (el nivel de significación está afectado por tamaño muestral, decisiones del experimentador, se hacen interpretaciones excesivas...), por lo que es aconsejable complementar, o reemplazar en el caso del meta-análisis, el resultado cualitativo de los contrastes de hipótesis (significativo/no significativo) por un indicador cuantitativo que hable de la magnitud del efecto encontrado.

En la diferencia de medias, el tamaño del efecto viene dado por la diferencia entre las medias del grupo experimental y el grupo control dividido por la desviación típica del grupo control o de la muestra formada por ambos grupos. El estadístico resultante se denomina el índice  $\omega^2$ . Este estadístico informa de la proporción de varianza en la distribución total que puede explicarse por la variable estudiada. Además, se puede obtener otro parámetro del meta-análisis, el índice  $d$ , que refleja la magnitud de las diferencias entre dos grupos. En caso de más de dos tratamientos experimentales, la medida de la magnitud o tamaño del efecto experimental viene dada por la prueba eta cuadrado ( $\eta^2$ ), e indica la proporción de la variabilidad total explicada por el efecto de los tratamientos. Todos estos índices permiten comparaciones de los resultados entre diversos estudios. En general, si los valores son elevados nos indican que las diferencias entre grupos son también importantes. En el caso de analizar correlaciones, el tamaño del efecto es el valor de la correlación misma. Se debe tener en cuenta, de cualquier modo, el tamaño de las muestras que puede afectar a estos estadísticos.

El meta-análisis se ha convertido en un método básico de evaluación de la eficacia de los tratamientos o de la comparación de los resultados experimentales. Una de las críticas más importantes que ha recibido esta técnica es que, como cualquier otra técnica metodológica, es inexacta y no está libre de problemas y sesgos. En primer lugar, para realizar un meta-análisis hay que tomar decisiones sobre qué estudios se introducirán y cuáles se rechazarán. En los primeros meta-análisis que se realizaron no había reglas claras para la selección de estudios y la toma de decisiones, por lo que se obtenía una gran disparidad de resultados en los mismos. Con el paso de los años, la situación ha cambiado, elaborando reglas específicas para su aplicación y la selección de estudios. Además, es importante considerar que el meta-análisis no puede ser utilizado para crear información relevante si se basa en estudios pobremente diseñados.

**ESQUEMA DE CONTENIDOS**



\*

	H <sub>0</sub> verdadera	H <sub>0</sub> falsa
Mantengo H <sub>0</sub>	Decisión correcta (1-α) Nivel de confianza	Error tipo II (β)
Rechazo H <sub>0</sub>	Error tipo I (α) Nivel de significación	Decisión correcta (1-β) Potencia de la prueba

No incluimos de la página 86 a la página 108.



**PREGUNTAS PIR****TEMA 6**

<b>Apartado del tema</b>	<b>(Año) N° pregunta</b>
<i>Muestreo</i>	(98) 33 (99) 49 (03) 60 (06) 31, 33, 35, 37 (08) 3
<i>Estimación puntual</i>	(96) 49 (98) 41 (04) 85
<i>Propiedades de los estimadores</i>	(97) 37 (98) 39 (99) 57 (00) 18
<i>Nivel de significación</i>	(93) 71 (94) 31
<i>Nivel de confianza</i>	(96) 46, 48 (98) 43
<i>Potencia</i>	(94) 47 (99) 51
<i>Hipótesis</i>	(07) 32
<i>Tipos de errores estadísticos</i>	(93) 76 (97) 35 (99) 45 (08) 226
<i>Método de bisección de Stevens</i>	(95) 192
<i>Distribución muestral de la media/estadístico</i>	(96) 39 (98) 258 (99) 55
<i>Intervalo confidencial</i>	(05) 85
<i>Meta-análisis</i>	(08) 227

No incluimos de la página 110 a la página 277.

## BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

MARTÍNEZ HERNÁNDEZ, M. **Métodos y diseños de investigación en psicología**. Ed. Complutense. Madrid, 1994.

Libro muy básico en el que se explican de forma detallada las técnicas de control de variables extrañas, además de analizar uno a uno los diseños experimentales clásicos. Además, se mencionan y explican diferentes ejemplos, por lo que el lector puede aclarar sus dudas teóricas con ejemplos reales de investigación.

ANGUERA, M<sup>a</sup> T. **Métodos de investigación en Psicología**. Ed. Síntesis. Madrid, 1998.

Además de abordar la metodología experimental, también se expone la metodología cuasiexperimental, la de encuestas y la metodología cualitativa. De este último apartado nunca han preguntado en el examen PIR, aunque el alumno puede ampliar desde este manual. Con respecto a la parte de metodología cuasiexperimental y de encuestas, sí que las preguntas formuladas en el examen se pueden contestar con este manual.

AMÓN, J. **Estadística para psicólogos I. Estadística descriptiva**. Ed. Pirámide. Madrid, 1999.

Libro fundamental para entender la parte de estadística descriptiva. Aunque quizá se centra demasiado en demostraciones matemáticas de los teoremas, prácticamente la totalidad de preguntas planteadas acerca de estadística descriptiva en el examen PIR se encuentran en este libro. Todos los estadísticos aparecen explicados al detalle.

AMÓN, J. **Estadística para psicólogos II. Probabilidad. Estadística inferencial**. Ed. Pirámide. Madrid, 2002.

Segundo volumen del libro expuesto anteriormente. En esta parte se abordan las áreas de probabilidad y estadística inferencial. Al igual que el primer volumen, es un manual de referencia en la formulación de preguntas PIR. No es necesario pararse en las demostraciones matemáticas, sino que es mucho más funcional estudiar los conceptos.

BOTELLA, J. y cols. **Análisis de datos en Psicología I**. Ed. Pirámide. Madrid, 2001.

Libro en el que se da información muy similar al libro de Amón, aunque sí que es cierto que incluye algunos cuadros explicativos muy clarificadores de conceptos. También aparecen ejemplos que pueden ayudar al alumno a entender algunos conceptos teóricos.

BOTELLA, J. y cols. **Análisis de datos en Psicología II**. Ed. Pirámide. Madrid, 1999.

En este volumen se expone el área de estadística inferencial. Además, aporta el análisis inferencial de datos cuasi-cuantitativos y cualitativos. En el examen PIR nunca han preguntado por este tipo de estudios, pero es un buen volumen en el caso de querer ampliar la materia.

MARTÍNEZ ARIAS, R. **Psicometría: teoría de los tests psicológicos y educativos**. Ed. Síntesis, 1996.

Libro en el que se detallan, de forma clara y concisa, las bases para el análisis psicométrico de los tests. La estructura del libro es similar a la seguida en los apuntes, por lo que es relativamente sencillo encontrar información en él. Es un libro de referencia a la hora de formular preguntas en el examen PIR.