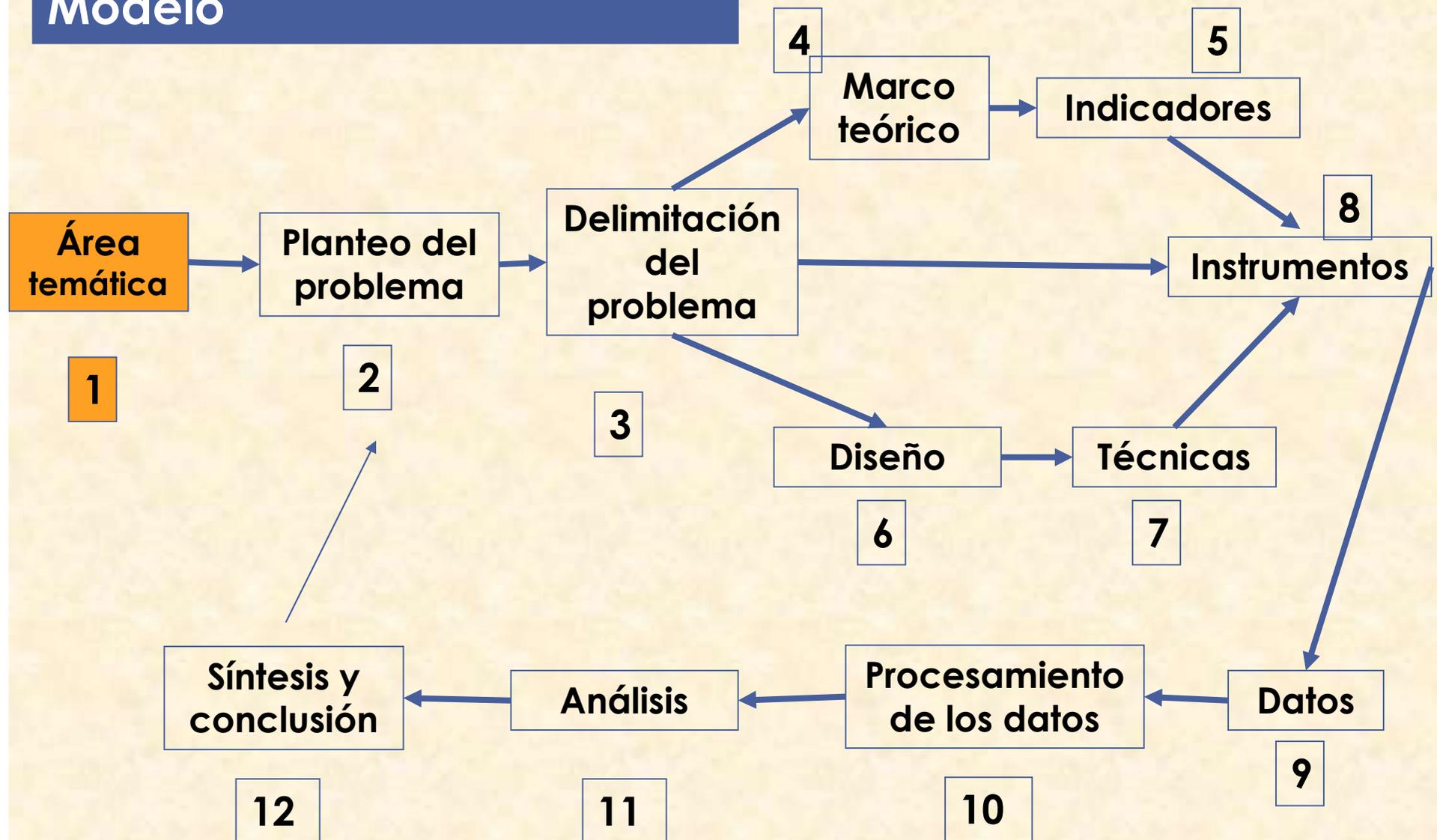




# METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**Silvana M Montenegro**  
Dra en Cs Biomédicas  
CIUNR– Fac de Ciencias Médicas  
Universidad Nacional de Rosario  
[smontene@unr.edu.ar](mailto:smontene@unr.edu.ar)

# El proceso de investigación Modelo



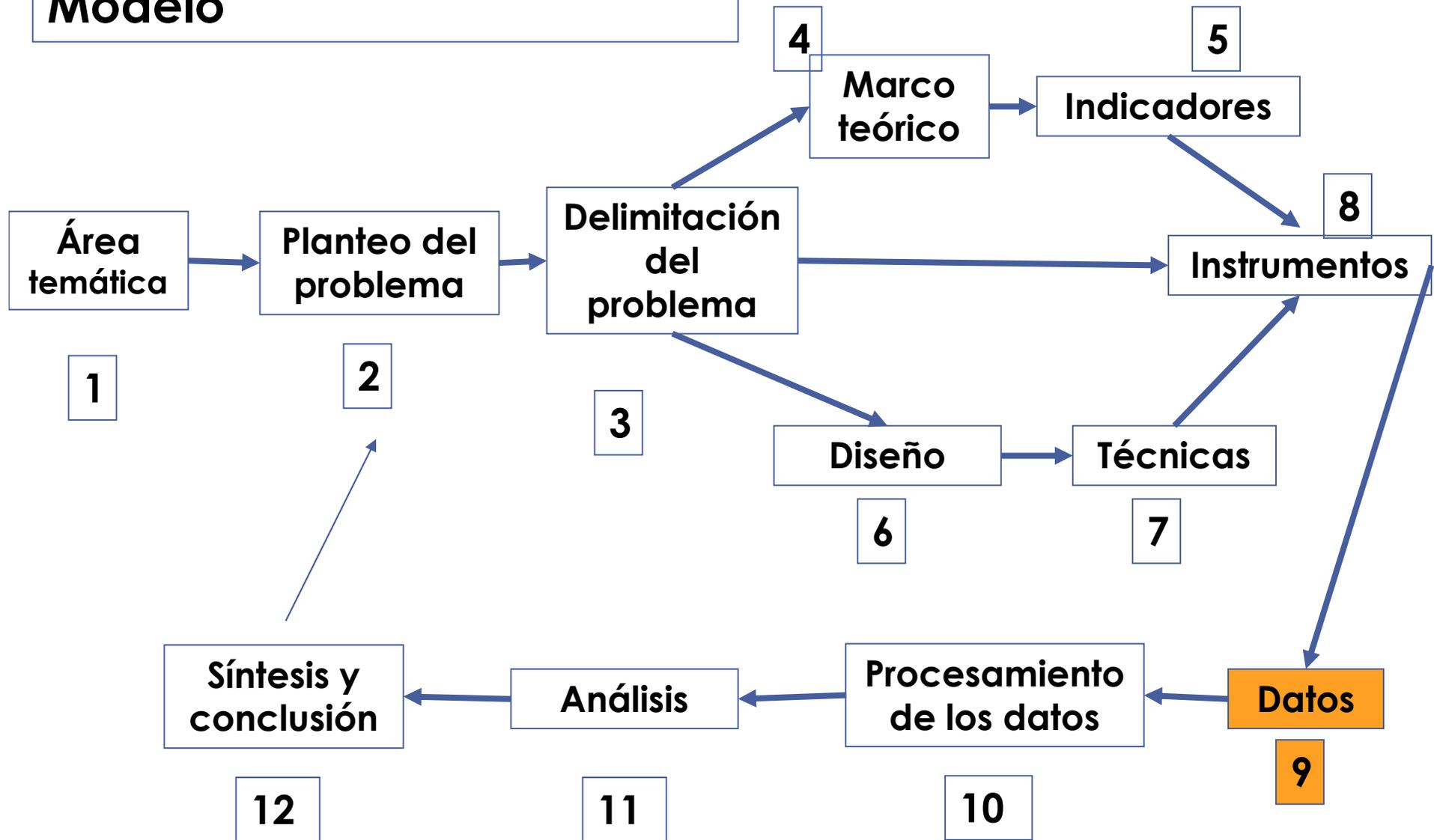
# CONCEPTOS BÁSICOS



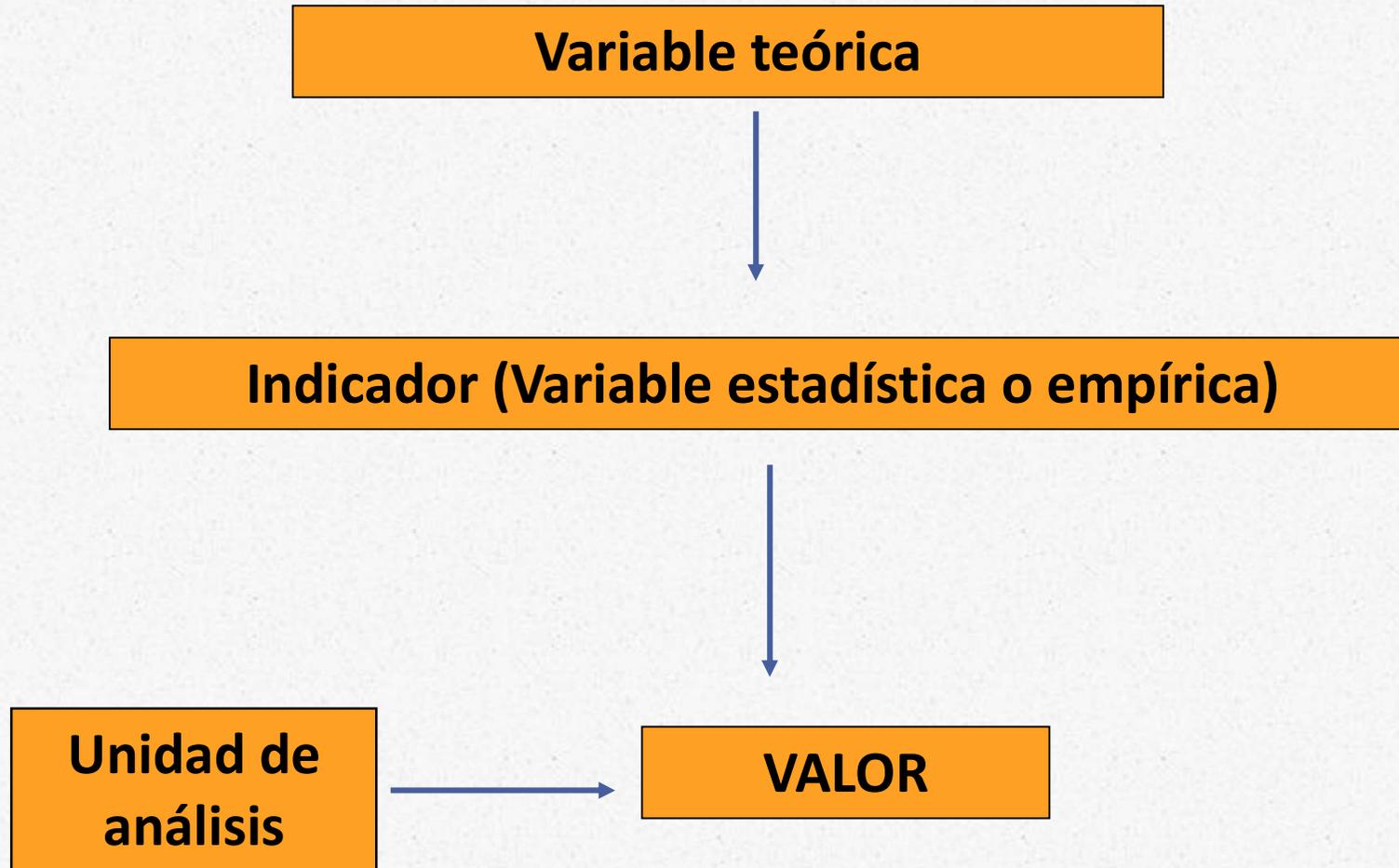
Tabla 1. Niveles de población

Fuente: Rebagliato M, Ruiz I, Arranz M, *Metodología de Investigación en epidemiología*. Edic. Díaz de Santos, Madrid, 1996.

# El proceso de investigación Modelo



# Componentes del dato



# ESTADISTICA

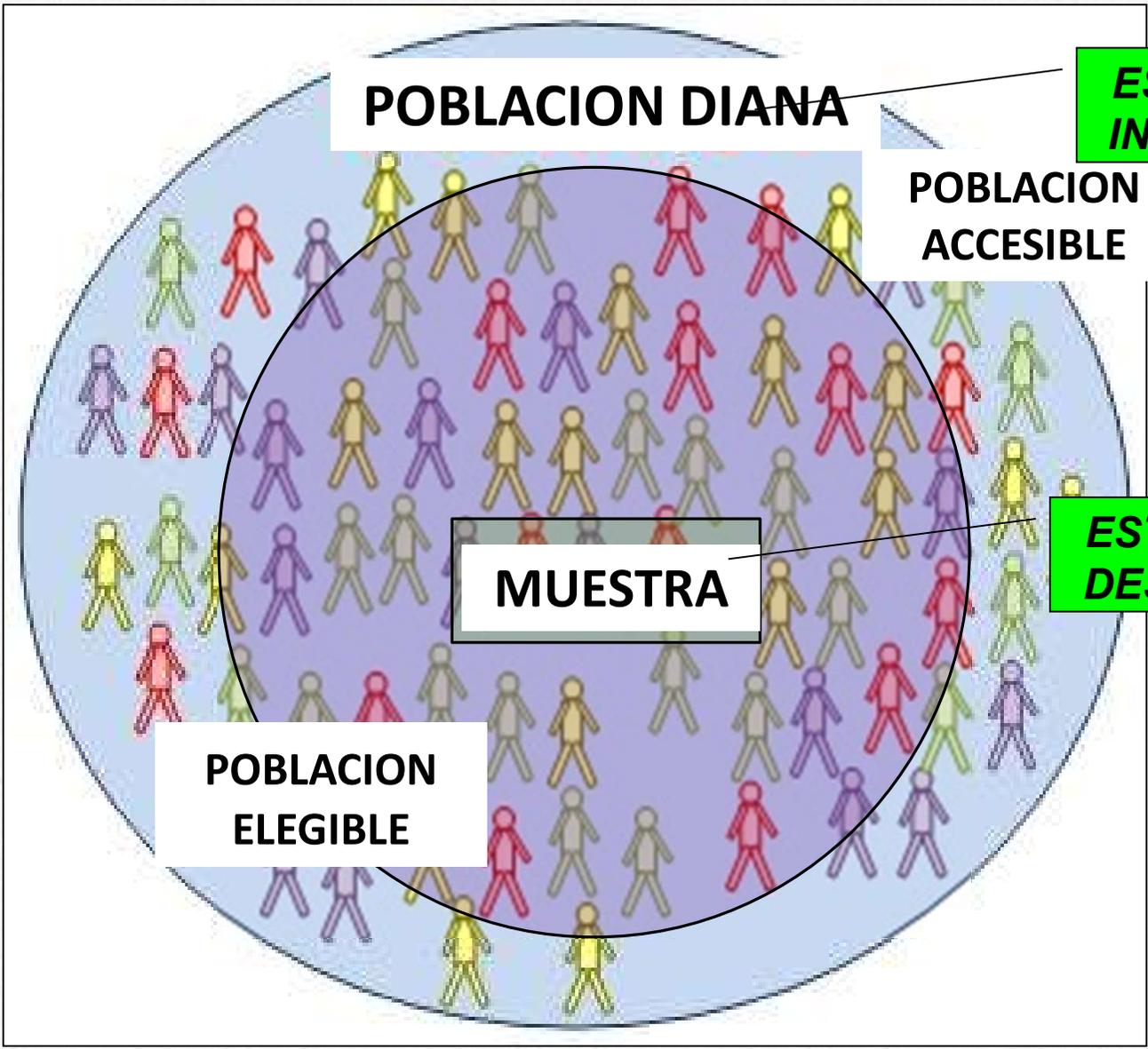
```
graph TD; A[ESTADISTICA] --> B[DESCRIPTIVA]; A --> C[INFERENCIAL]; B --- D[Describe y analiza una muestra, sin pretender sacar conclusiones de tipo general]; C --- E[Permite inferir o inducir leyes de comportamiento de una población.]
```

## DESCRIPTIVA

*Describe y analiza una muestra, sin pretender sacar conclusiones de tipo general*

## INFERENCIAL

*Permite inferir o inducir leyes de comportamiento de una población.*



**POBLACION DIANA**

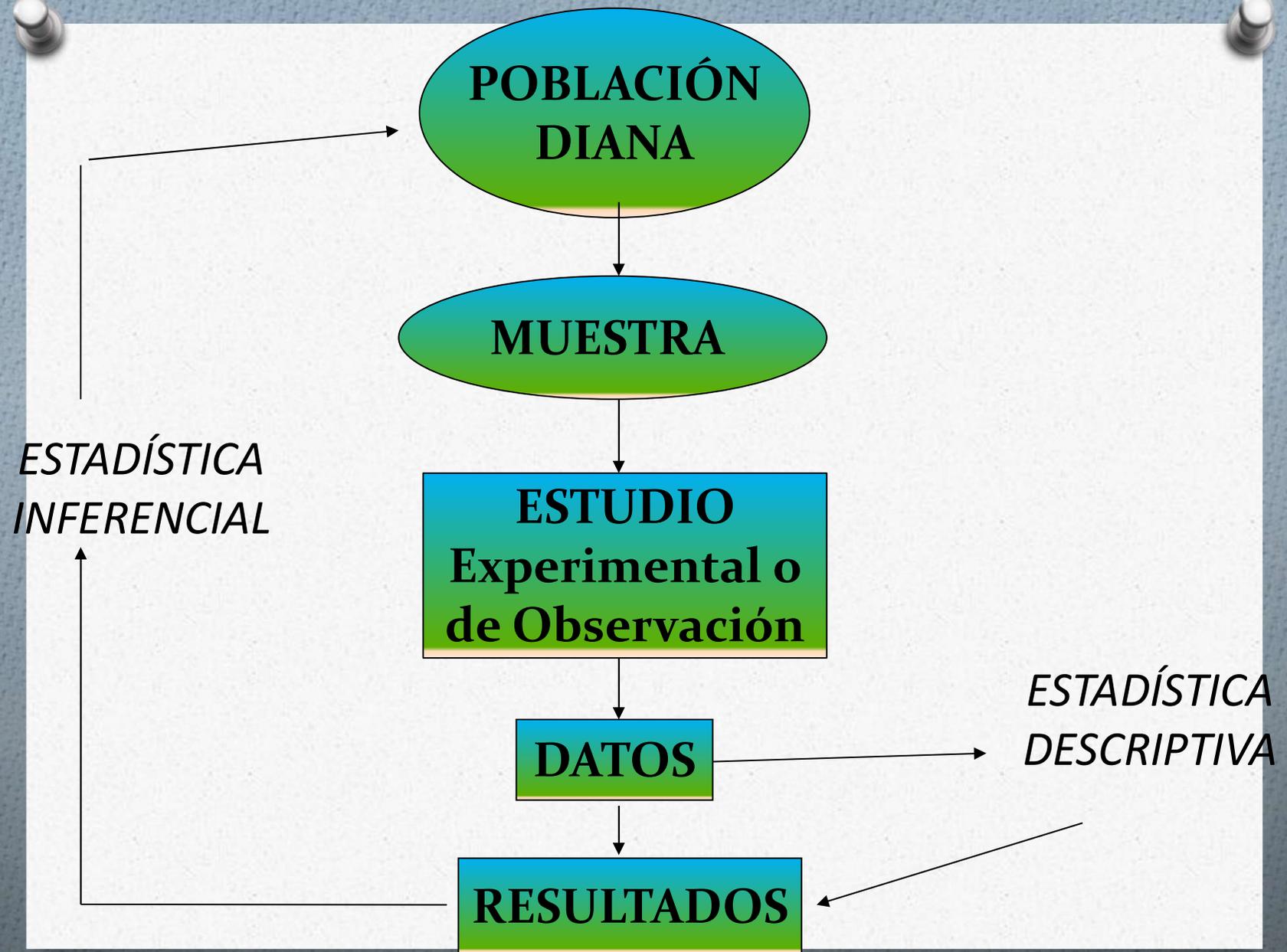
**ESTADÍSTICA INFERENCIAL**

**POBLACION ACCESIBLE**

**MUESTRA**

**ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA**

**POBLACION ELEGIBLE**





**ESTADISTICA  
INFERENCIAL**

## **inferencia**

f. Deducción de una cosa a partir de otra, conclusión.

**Inferencia** es la **acción y efecto de inferir** (deducir algo, sacar una consecuencia de otra cosa, conducir a un resultado). La inferencia surge a partir de una evaluación mental entre distintas expresiones que, al ser relacionadas como abstracciones, permiten trazar una implicación lógica.

***Como se puede observar es fundamental en el razonamiento inferencial el análisis y estudio de la información muestral, ya que todo surge a partir de lo que revelan los datos muestrales***

***El proceso de inferencia está sujeto a errores.***

**La diferencia entre los valores de la muestra y los de la población crea incertidumbre acerca de los valores muestrales.**

Los procedimientos estadísticos no eliminan los errores en la inferencia. Lo que hacen es que los **valores de los errores** sean cuantificables mediante afirmaciones de probabilidad.

**Estadística  
inferencial**

Pregunta de investigación



POBLACIÓN DIANA

Accesibilidad/viabilidad



POBLACIÓN ACCESIBLE

Criterios de selección



POBLACIÓN ELEGIBLE

Tipo y tamaño muestral



MUESTRA

No colaboración/pérdidas



PARTICIPANTES

**Estadística  
descriptiva**

Tabla 1. Niveles de población

Fuente: Rebagliato M, Ruiz I, Arranz M, *Metodología de Investigación en epidemiología*. Edic. Díaz de Santos, Madrid, 1996.

# ESTADÍSTICA INFERENCIAL: ¿Cómo surge?

**CIENCIAS FORMALES:** No necesitan contacto con el mundo real  
(MATEMÁTICAS)

**CIENCIAS FÁCTICAS:**

- Necesitan observar el mundo real
- Exige trabajar con muestras
- Las diferencias existentes entre las observaciones (y en las muestras) incorporan incertidumbre
  - En las ciencias empíricas deterministas (una misma causa siempre produce un mismo resultado): FÍSICA
  - En las ciencias empíricas aleatorias (una misma causa no siempre produce un mismo resultado): MEDICINA, ECONOMÍA, SOCIOLOGÍA, ETC...



**ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

## INFERENCIA

```
graph LR; A[INFERENCIA] --> B[ESTIMACIÓN]; A --> C[PRUEBA DE HIPÓTESIS]
```

### ESTIMACIÓN

De la muestra estimamos los valores de los parámetros en la población y esto lo hacemos:

- mediante un valor fijo y entonces decimos que tenemos un *estimador puntual* o
- mediante un intervalo de posibles valores y le llamamos *estimación por intervalo* o *intervalo de confianza*.

### PRUEBA DE HIPÓTESIS

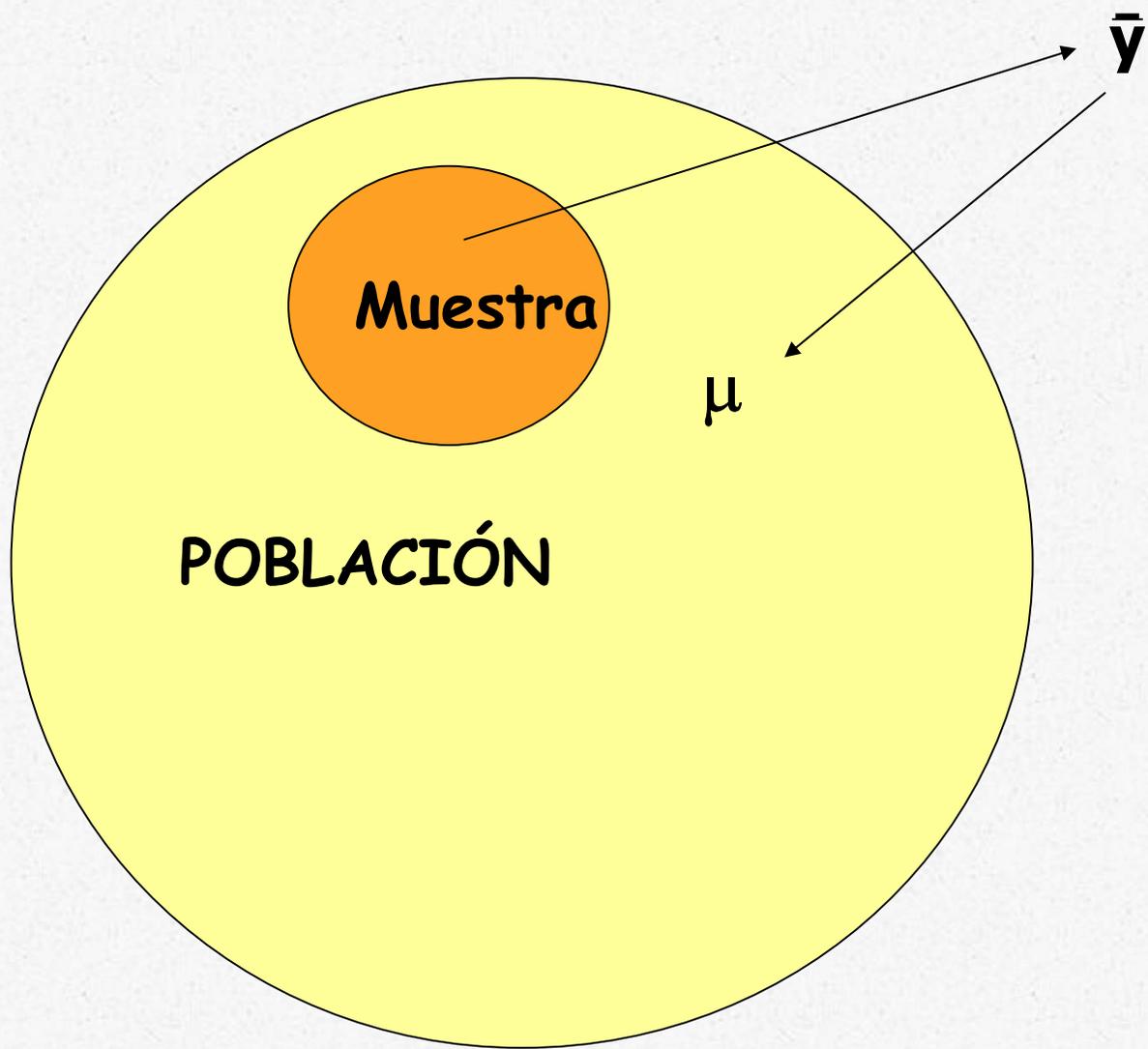
La palabra prueba aquí se debe entender como una puesta a prueba de la hipótesis para ver si la declaramos falsa o verdadera.

Una prueba de hipótesis estadística es una prueba fundamentalmente empírica.

Se trata de confrontar la hipótesis con los hechos.

# ESTIMACIÓN PUNTUAL

La estimación de un parámetro o de un valor poblacional, dada por un solo número se denomina *estimación puntual* de ese parámetro o valor poblacional.



## INFERENCIA

```
graph LR; A[INFERENCIA] --> B[ESTIMACIÓN]; A --> C[PRUEBA DE HIPÓTESIS]
```

### ESTIMACIÓN

De la muestra estimamos los valores de los parámetros en la población y esto lo hacemos:

- mediante un valor fijo y entonces decimos que tenemos un *estimador puntual* o
- mediante un intervalo de posibles valores y le llamamos *estimación por intervalo* o *intervalo de confianza*.

### PRUEBA DE HIPÓTESIS

La palabra prueba aquí se debe entender como una puesta a prueba de la hipótesis para ver si la declaramos falsa o verdadera.

Una prueba de hipótesis estadística es una prueba fundamentalmente empírica.

Se trata de confrontar la hipótesis con los hechos.

# Estimación por intervalo de confianza

La estimación de un parámetro o de un valor poblacional dada por dos números que definen un intervalo que, con un cierto grado de probabilidad, puede afirmarse que contiene a ese parámetro o valor poblacional, se denomina ***estimación por intervalo de confianza***.

## INFERENCIA

```
graph LR; A[INFERENCIA] --> B[ESTIMACIÓN]; A --> C[PRUEBA DE HIPÓTESIS]
```

### ESTIMACIÓN

De la muestra estimamos los valores de los parámetros en la población y esto lo hacemos:

- mediante un valor fijo y entonces decimos que tenemos un *estimador puntual* o
- mediante un intervalo de posibles valores y le llamamos *estimación por intervalo* o *intervalo de confianza*.

### PRUEBA DE HIPÓTESIS

La palabra prueba aquí se debe entender como una puesta a prueba de la hipótesis para ver si la declaramos falsa o verdadera.

Una prueba de hipótesis estadística es una prueba fundamentalmente empírica.

Se trata de confrontar la hipótesis con los hechos.

# PRUEBAS DE HIPÓTESIS

**HIPÓTESIS.-** Es una afirmación sobre una población, que puede someterse a pruebas al extraer una muestra aleatoria.

HIPÓTESIS - en el contexto estadístico, es una afirmación sobre el valor de un parámetro.

**PRUEBA DE HIPÓTESIS.-** Formular una hipótesis y luego contrastarla

- *Para que la prueba tenga interés debe tratarse de un parámetro con un significado muy claro-*
- La afirmación puede ser falsa o verdadera. Al proponer una hipótesis estadística no estamos pensando que esa hipótesis sea verdadera. El objetivo de la prueba es, precisamente, decidir si la muestra indica que la hipótesis es falsa o es verdadera.

## En las pruebas de hipótesis estadísticas

1. se examina un conjunto de datos muestrales y
2. basados en distribuciones de probabilidad,
3. se decide aceptar o rechazar la hipótesis planteada

## En las pruebas de hipótesis estadísticas

1. se examina un conjunto de datos muestrales y
2. basados en distribuciones de probabilidad,
3. se decide aceptar o rechazar la hipótesis planteada

burnout\_red.sav - SPSS Data Editor

File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Window Help



1 : cansanc 26

	ficha_	edad	sexo	años_pro	e_civil	cansanc	desperso	realiza
1	1	32	Masculin	5	casado	26	5	38
2	2	56	Masculin	30	separado	18	12	48
3	3	40	Femenin	12	casado	16	11	40
4	4	27	Masculin	3	separado	28	13	29
5	5	29	Masculin	3	casado	42	17	28
6	6	40	Femenin	14	casado	49	8	34
7	7	47	Masculin	19	casado	17	10	35
8	8	27	Masculin	2	separado	43	12	46
9	9	44	Masculin	16	casado	44	6	30
10	10	50	Masculin	25	separado	22	7	29
11	11	30	Masculin	3	casado	28	12	37
12	12	30	Masculin	4	separado	44	5	46
13	13	28	Femenin	2	separado	35	8	28
14	14	32	Femenin	4	casado	42	22	30
15	15	29	Masculin	3	separado	42	12	20

## En las pruebas de hipótesis estadísticas

1. se examina un conjunto de **datos muestrales** y
2. basados en distribuciones de probabilidad,
3. se decide **aceptar** o **rechazar** la hipótesis planteada

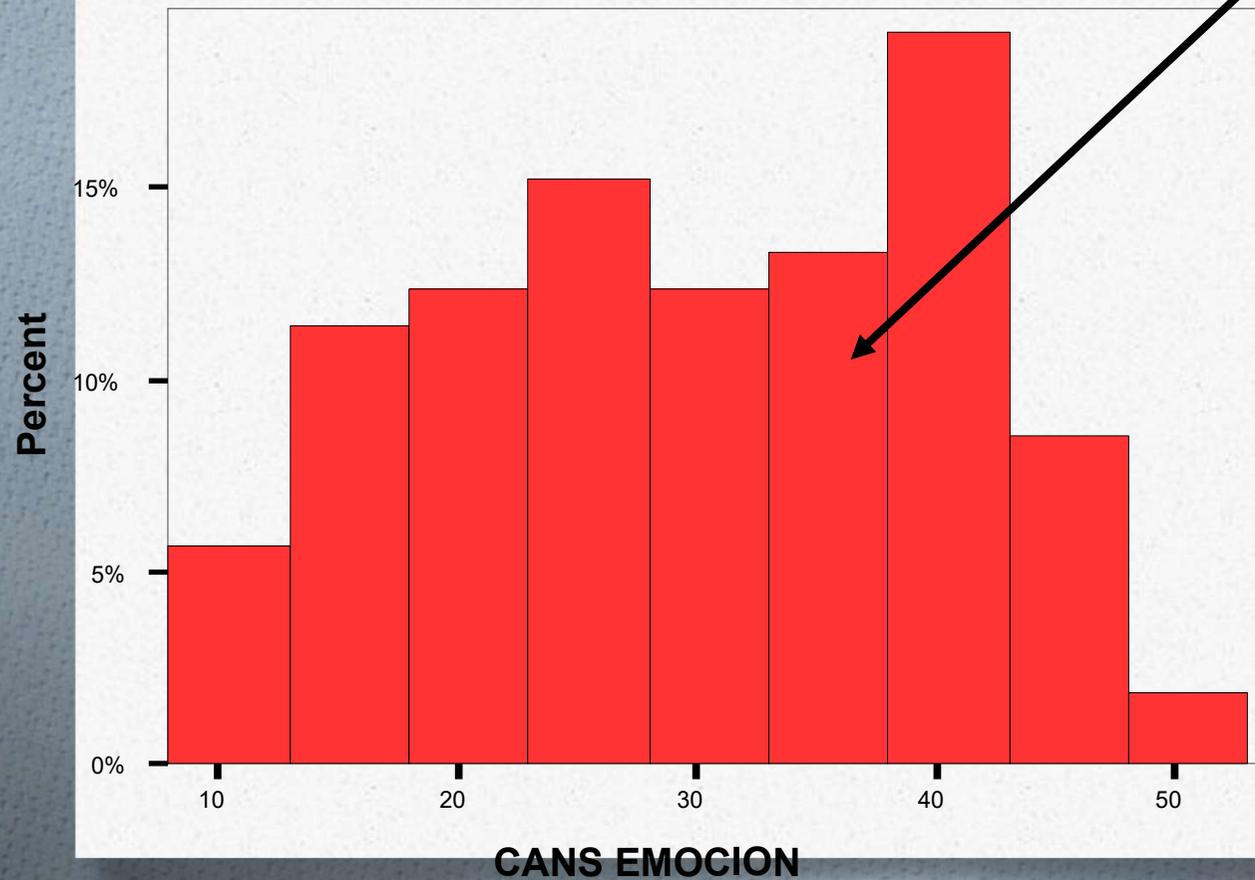
# PROBABILIDAD

Es la medida de verosimilitud de un suceso

- $P(\text{suceso seguro}) = 1$
- $P(\text{suceso imposible}) = 0$

# Histograma

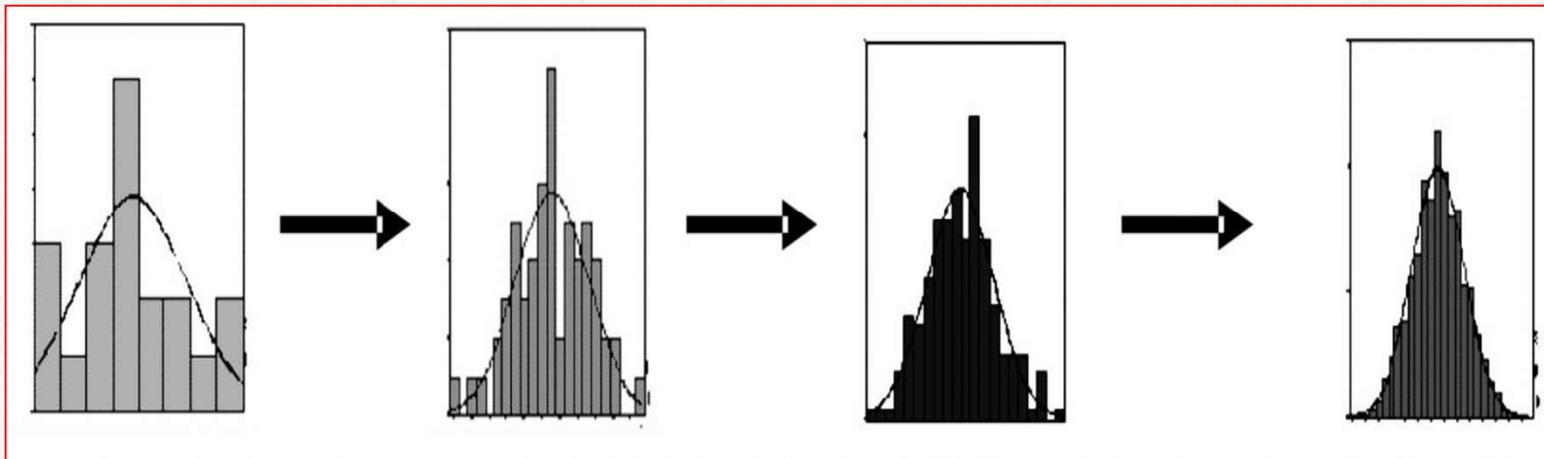
## Frecuencias relativas



Área = frecuencia  
relativa  $\cong$   
probabilidad

# HISTOGRAMAS

Si :  $n \rightarrow \infty$  y el ancho de los intervalos  $\rightarrow 0$



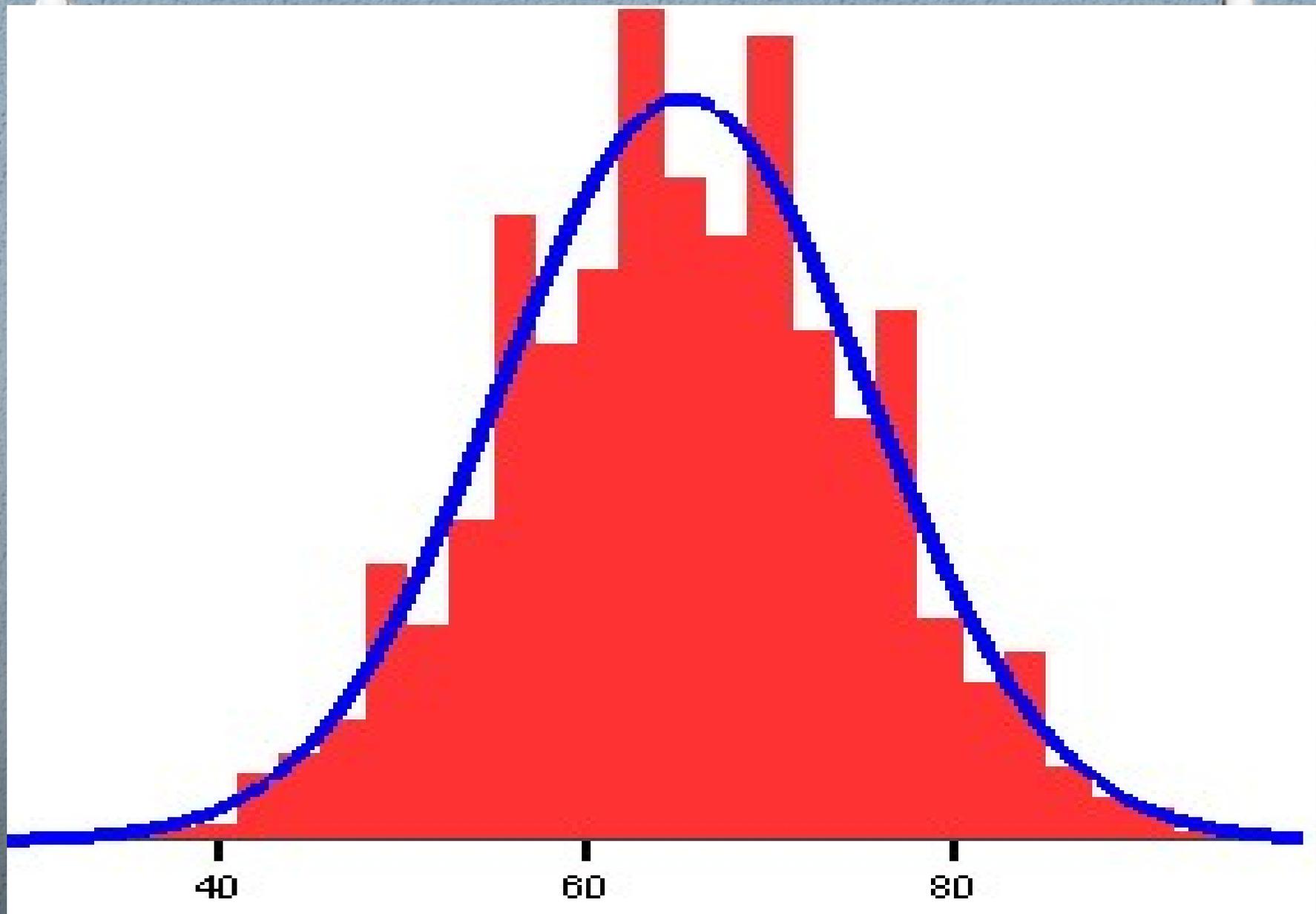
**DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ABSOLUTAS**



**DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS RELATIVAS**



**DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD**



Algunas distribuciones de probabilidad o modelos probabilísticos:

*Distribución Normal o de Gauss*

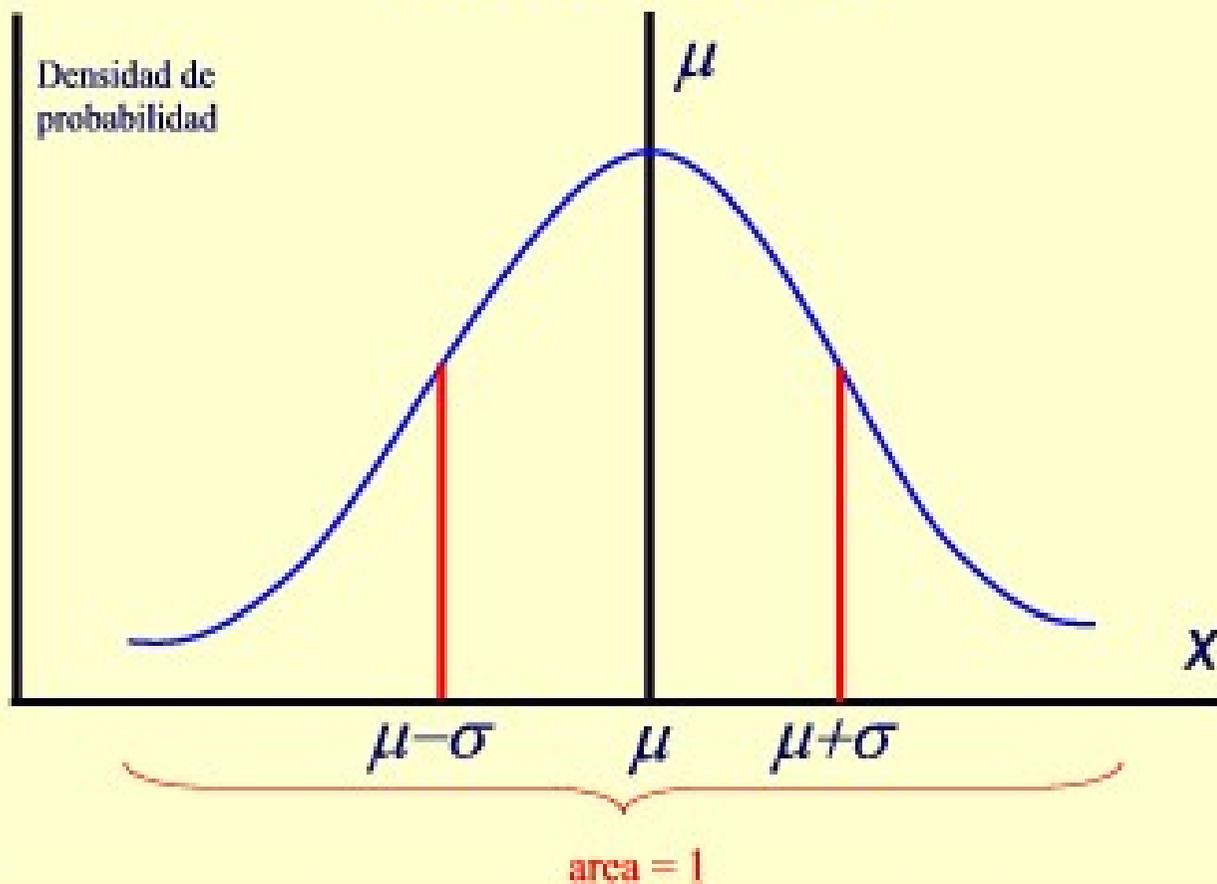
*Distribución de la media de la muestra*

*Distribución “t” de student*

*Distribución  $\chi^2$*

*Distribución  $F$*

## Distribución normal



# ¿Cómo hacer estadística inferencial?

## CONTRASTE DE HIPÓTESIS

• **Objetivo:** *detectar la existencia de un efecto significativo*

• **Etapas:**

1. Definición de una hipótesis científica: *respuesta a un problema*

2. Definición de una hipótesis estadística: *hipótesis nula*

3. Construcción de un estadístico de contraste que:

- *Proporcione información sobre la hipótesis a contrastar*
- *Del cuál conozca su distribución bajo el supuesto de cumplimiento de la Hipótesis nula*

4. Cálculo del estadístico de contraste en la muestra

5. Aplicación de la regla de decisión (nivel de significación y nivel de confianza):

- *Si el valor del estadístico calculado es probable, suponiendo la hipótesis cierta, se acepta la hipótesis*
- *Si el valor del estadístico calculado es improbable, suponiendo la hipótesis cierta, se rechaza la hipótesis*

## ALGUNAS PRUEBAS DE HIPOTESIS ESTADISTICAS EMPLEADAS EN TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nivel de medición	Requisitos	Dos Muestras	K Muestras	Relación entre variables
Intervalos – Razón	C/supuestos	<u>Independientes</u> - Test “t”  <u>Relacionadas</u> - Test t” (apareado)	ANOVA: - 1 criterio - 2 o más con interacción - -----	- Regresión  - Correlación “r” - simple - múltiple - parciales
Nominal-Ordinal  Frecuencias	S/supuestos	<u>Independientes-</u> $\chi^2$ - Mna - U (M-W) - -----  <u>Relacionadas</u> - Signo - ----	<u>Independientes</u> - $\chi^2$ - Mna - K-W - G (Sokal)  <u>Relacionadas</u> - Q - Friedman - -----	- r Spearman  - $\tau$ Kendall  -Conting: $\chi^2$

## ALGUNAS PRUEBAS DE HIPOTESIS ESTADISTICAS EMPLEADAS EN TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nivel de medición	Requisitos	Dos Muestras	K Muestras	Relación entre variables
<b>Intervalos – Razón</b>	<b>C/supuestos</b>	<u>Independientes</u> - Test “t”  <u>Relacionadas</u> - Test t” (apareado)	ANOVA: - 1 criterio - 2 o más con interacción - -----	- Regresión  - Correlación “r” - simple - múltiple - parciales
Nominal-Ordinal  Frecuencias	<b>S/supuestos</b>	<u>Independientes-</u> $\chi^2$ - Mna - U (M-W) - -----  <u>Relacionadas</u> - Signo - ----	<u>Independientes</u> - $\chi^2$ - Mna - K-W - G (Sokal)  <u>Relacionadas</u> - Q - Friedman - -----	- r Spearman  - $\tau$ Kendall  -Conting: $\chi^2$

## **DOS MUESTRAS INDEPENDIENTES**

- Con supuestos → test “t”
- Sin supuestos → “U” Mann Whitney

## Efecto de la lidocaína intravenosa sobre el control del dolor y el consumo de opiáceos en el postoperatorio

Dres. Santiago Ayala \*, Pablo Castromán †

En el período postoperatorio se valoró la intensidad del dolor por medio de la Escala Verbal Numérica (EVN) donde cero significa sin dolor y diez corresponde a un dolor insoportable.

Para el análisis estadístico de los datos de EVN y la Escala de Ramsay se utilizó el Wilcoxon Signed Rank Test, y para los datos vinculados a la administración de morfina el test de t para muestras independientes, en una población con distribución normal y varianza homogénea.

En todos los casos se consideró como significativo un valor de  $p < 0,05$ .

# **PASOS PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE HIPÓTESIS**

- 1. Información numérica**
- 2. Supuestos**
- 3. Enunciado de la hipótesis**
- 4. Especificación de la estadística de prueba**
- 5. Distribución de la estadística de prueba**
- 6. Regla de decisión - Elección del nivel de significación:**
- 7. Cálculo de la estadística de prueba**
- 8. Decisión estadística**
- 9. Decisión clínica/biológica**

# 1 - Información numérica

GRUPO A  
(LIDOCAÍNA)

$$n_A = 13$$

$$\bar{y}_A = \text{mg}$$

$$S_A = \text{mg}$$

GRUPO B  
(CONTROL)

$$n_B = 10$$

$$\bar{y}_B = \text{mg}$$

$$S_B = \text{mg}$$

## 2 - Supuestos

Ambas muestras provienen de poblaciones normalmente distribuidas con variancias homogéneas

### 3. Enunciado de las hipótesis

**H0 o Hipótesis nula:** es la hipótesis que se verifica mediante el desarrollo de la prueba

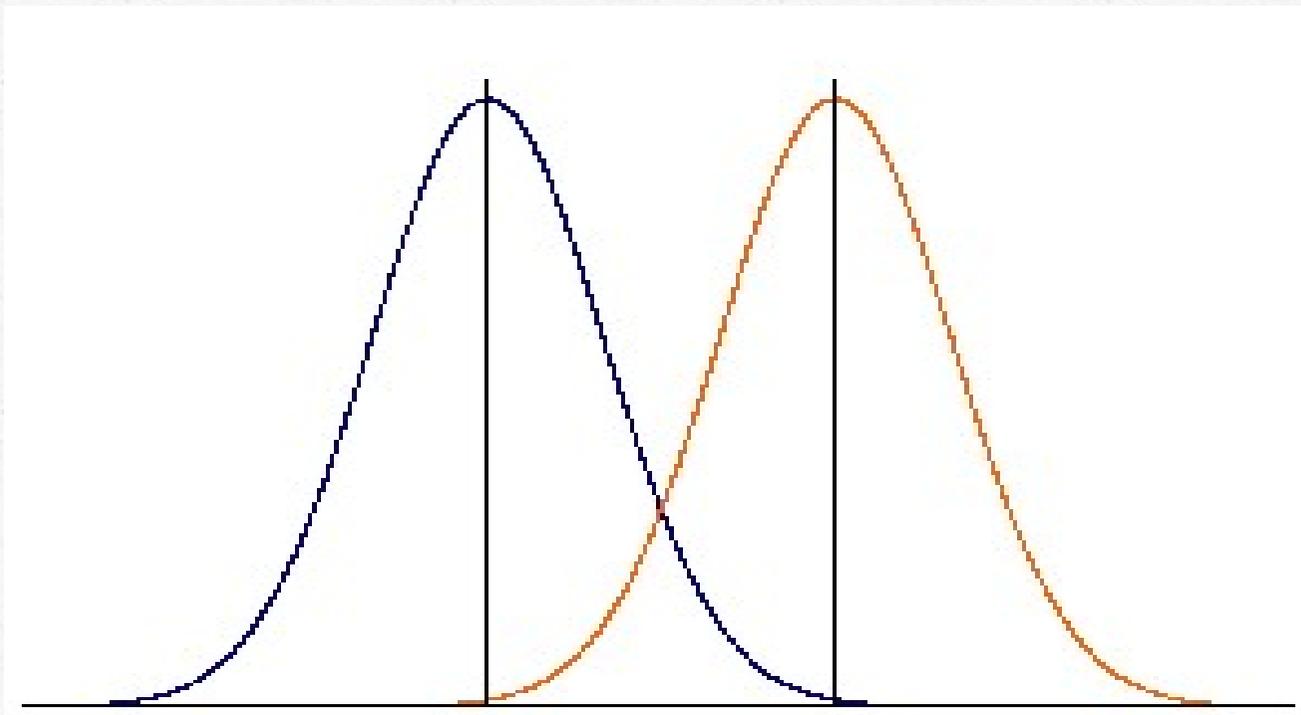
**HA o Hipótesis alternativa:** es aquella que puede ser cierta de no cumplirse la H0

### **3- Enunciado de las hipótesis**

$$H_0 : \mu_A = \mu_B$$

$$H_A : \mu_A \neq \mu_B$$

$H_0$  ó  $H_A$ ?



El razonamiento implicado en la *decisión* es semejante a lo que sucede en un juicio

- Un individuo llevado a juicio puede ser:

**INOCENTE o CULPABLE**

- La ley *supone* su

**INOCENCIA**

- Luego de presentadas las pruebas, el jurado puede encontrar al acusado:

**NO CULPABLE o CULPABLE**

# Riesgos al tomar decisiones

Se juzga a un individuo por la *presunta* comisión de un delito

- $H_0$ : Hipótesis nula
  - Es inocente
- $H_1$ : Hipótesis alternativa
  - Es culpable

Los datos pueden refutarla.

La que se acepta si las pruebas no indican lo contrario.

Rechazarla por error tiene graves consecuencias.



No debería ser aceptada sin una gran evidencia a favor.

Rechazarla por error tiene consecuencias consideradas menos graves que la anterior.

# Tipos de error al tomar una decisión

		Realidad	
		Inocente	Culpable
Veredicto	INNOCENT →	OK	ERROR Menos grave
	← GUILTY	ERROR Muy grave	OK

Al tomar la decisión de *no rechazo* o *rechazo* de  $H_0$  en base a la información de una *muestra*, puede suceder:

$H_0$	DECISIÓN	
	No rechazar	Rechazar
Verdadera	<i>Correcta</i>	<i>Error de tipo I</i>
Falsa	<i>Error de tipo II</i>	<i>Correcta</i>

Los errores tipo I y tipo II están asociados a una *probabilidad de cometerlos*.

**Nivel de significación:** es la probabilidad de cometer un error de tipo I y se representa mediante la letra griega  $\alpha$  (alfa).

La probabilidad de cometer un error de tipo II se designa mediante la letra griega  $\beta$  (beta)

En una prueba de hipótesis se elige el valor de  $\alpha$  : en general se suele utilizar  $5\%=0.05$ ;  $1\%=0.01$  o  $1\text{‰}=0.001$ .

# No se puede tener todo



- Para un tamaño muestral fijo, no se pueden reducir a la vez ambos tipos de error.
- Para reducir  $\beta$ , hay que aumentar el tamaño muestral.

# **PASOS PARA REALIZAR UNA PRUEBA DE HIPÓTESIS**

- 1. Información numérica**
- 2. Supuestos**
- 3. Enunciado de la hipótesis**
- 4. Especificación de la estadística de prueba**
- 5. Distribución de la estadística de prueba**
- 6. Regla de decisión - Elección del nivel de significación:**
- 7. Cálculo de la estadística de prueba**
- 8. Decisión estadística**
- 9. Decisión clínica/biológica en el contexto de la investigación**
- 10. Conclusión**

#### **4. Especificación de la estadística de prueba:**

Dado que se trata de un experimento comparativo simple en el cual se plantea la comparación de dos medias poblacionales, la estadística de prueba es:

$$t = \frac{(\bar{y}_A - \bar{y}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}}}$$

**5. Distribución de la estadística de prueba:** Si la hipótesis nula  $H_0$  es verdadera, la estadística de prueba "t" se distribuye como una "t" de Student con  $(13+10-2 = 21)$  grados de libertad.

## 6. Regla de decisión - Elección del nivel de significación:

Sea  $\alpha = 0.05$ . Buscamos en la tabla el valor de la "t"  $\alpha = 0.05$  y 21 grados de libertad.

Se establece que:

- . Se rechazará la  $H_0$  si  $|t|_{\text{calculado}} \geq t_{0.05;21}$
- . No se rechazará la  $H_0$  si  $|t|_{\text{calculado}} < t_{0.05;21}$

## 7. Cálculo de la estadística de prueba

$$t = \frac{(\bar{y}_A - \bar{y}_B) - (\mu_A - \mu_B)}{\sqrt{\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}}}$$

$$t=3.369$$

## 8. Decisión estadística:

Rechazar porque  $|t|_{\text{calculado}} \geq t_{0.05;21}$

## **9. Decisión en el contexto de la investigación**

Mediante la prueba de hipótesis estadística se ha tomado una decisión que sólo es una parte de la evidencia que influirá en la conclusión científica, debiendo articularse con toda la información pertinente que disponga el investigador.

## 10. Conclusión biológica

El consumo de morfina hasta lograr una EVN igual o menor de 4 fue significativamente menor en el grupo lidocaína que en el grupo control ( $p < 0,05$ ). Se requirieron  $5,1 \pm 3,6$  mg en el grupo lidocaína y  $9,6 \pm 2,5$  mg en el grupo control (figura 2).

*Interpretación del significado estadístico y de su relevancia en el contexto de investigación: diferencias estadísticas pueden no tener significado biológico*

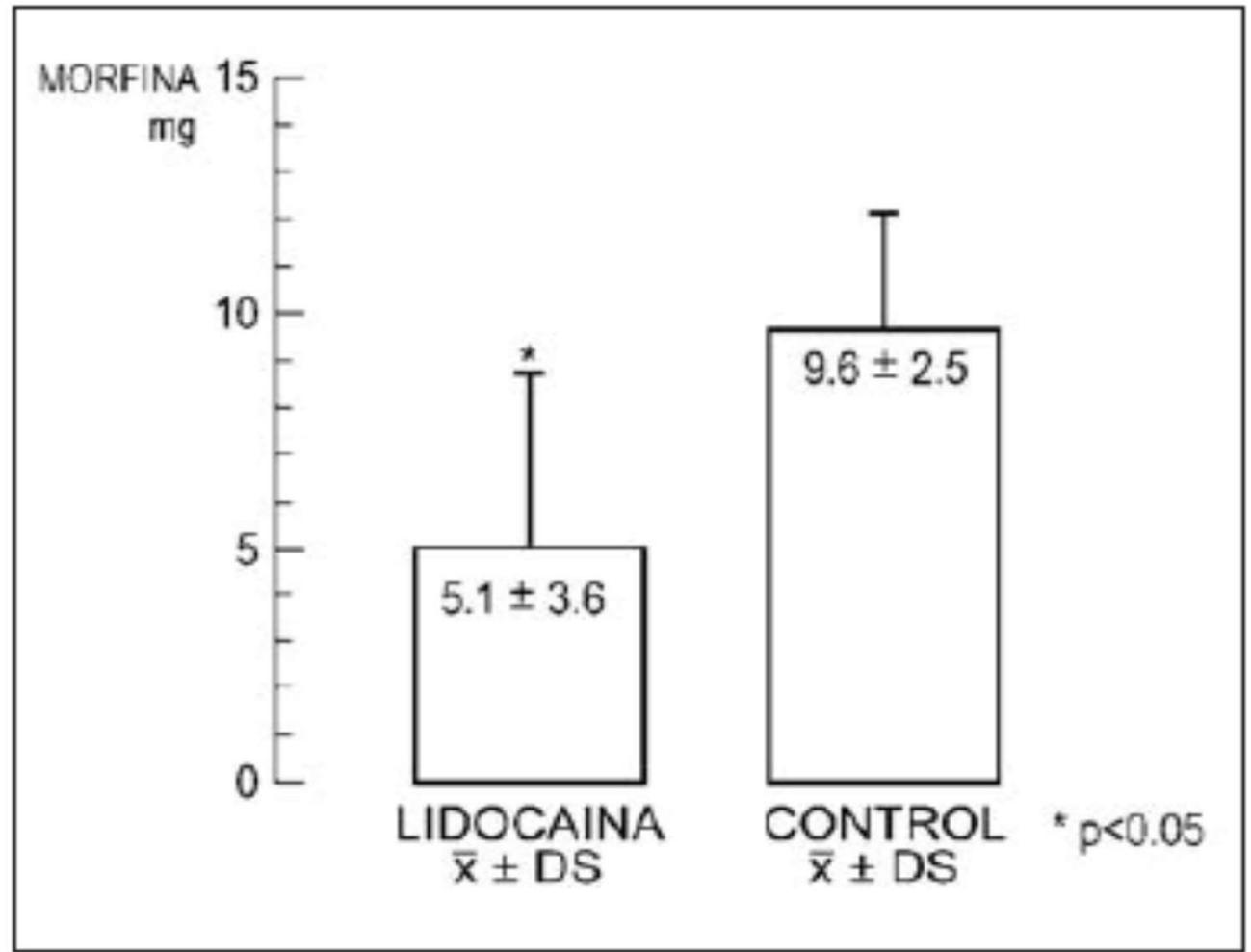


Figura 2. Consumo de morfina hasta lograr EVN ≤ 4.

## ALGUNAS PRUEBAS DE HIPOTESIS ESTADISTICAS EMPLEADAS EN TRABAJOS DE INVESTIGACION

Nivel de medición	Requisitos	Dos Muestras	K Muestras	Relación entre variables
Intervalos – Razón	C/supuestos	<u>Independientes</u> - Test “t”  <u>Relacionadas</u> - Test t” (apareado)	ANOVA: - 1 criterio - 2 o más con interacción - -----	- Regresión  - Correlación “r” - simple - múltiple - parciales
Nominal-Ordinal  Frecuencias	S/supuestos	<u>Independientes-</u> $\chi^2$ - Mna - U (M-W) - -----  <u>Relacionadas</u> - Signo - ----	<u>Independientes</u> - $\chi^2$ - Mna - K-W - G (Sokal)  <u>Relacionadas</u> - Q - Friedman - -----	- r Spearman  - $\tau$ Kendall  -Conting: $\chi^2$

