

# Laboratorio 7 – Pruebas de hipótesis individuales sobre parámetros

## Table of contents

Para empezar . . . . .	1
Cargar los datos . . . . .	2
Regresión y pruebas de hipótesis . . . . .	3
Preguntas a responder: . . . . .	3
Resumen general . . . . .	9

El propósito de este laboratorio es **practicar la realización de pruebas de hipótesis** sobre parámetros de regresión en R.

## Para empezar

Abre un nuevo script de R y carga los paquetes

```
# Instalar paquetes solo si faltan
pkgs <- c("tidyverse", "broom", "wooldridge", "magrittr", "kableExtra")
to_install <- pkgs[!pkgs %in% rownames(installed.packages())]
if (length(to_install) > 0) {
  install.packages(to_install, repos = "http://cran.us.r-project.org")
}

library(tidyverse)
library(broom)
library(wooldridge)
library(magrittr)
library(kableExtra)
```

## Cargar los datos

Usaremos un nuevo conjunto de datos sobre gastos en Investigación y Desarrollo (I+D), llamado `rdchem`. El conjunto de datos contiene información sobre 32 compañías de la industria química.

```
df <- as_tibble(rdchem)
```

Revisa qué contiene el conjunto de datos escribiendo:

```
glimpse(df)
```

Rows: 32

Columns: 8

```
$ rd      <dbl> 430.6, 59.0, 23.5, 3.5, 1.7, 8.4, 2.5, 39.9, 1136.0, 1428.0, ~
$ sales   <dbl> 4570.2, 2830.0, 596.8, 133.6, 42.0, 390.0, 93.9, 907.9, 19773~
$ profits <dbl> 186.9, 467.0, 107.4, -4.3, 8.0, 47.3, 0.9, 77.4, 2563.0, 4154~
$ rdintens <dbl> 9.421906, 2.084806, 3.937668, 2.619760, 4.047619, 2.153846, 2~
$ profmarg <dbl> 4.0895362, 16.5017662, 17.9959793, -3.2185628, 19.0476189, 12~
$ salessq <dbl> 2.088673e+07, 8.008900e+06, 3.561702e+05, 1.784896e+04, 1.764~
$ lsales  <dbl> 8.427312, 7.948032, 6.391582, 4.894850, 3.737670, 5.966147, 4~
$ lrd     <dbl> 6.0651798, 4.0775375, 3.1570003, 1.2527629, 0.5306283, 2.1282~
```

Estadísticas descriptivas:

Table 1: Estadísticas descriptivas de variables principales

Variable	Media	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
rdintens	3.266	1.874	1.027	9.422
sales	3797.013	7587.992	42.000	39709.000
lsales	7.165	1.538	3.738	10.589
profmarg	9.823	7.242	-3.219	27.187
rd	153.681	324.636	1.700	1428.000

Las principales variables son medidas de I+D, ganancias, ventas y ganancias como porcentaje de ventas (`profmarg`, es decir, margen de ganancia).

## Regresión y pruebas de hipótesis

Estima el siguiente modelo de regresión:

$$rdintens = \beta_0 + \beta_1 \log(sales) + \beta_2 profmarg + u$$

Nota que la variable  $\log(sales)$  ya existe en `df` como `lsales`. *rdintens* está en unidades de porcentaje, por lo que un número de 2.6 significa que los gastos totales en I+D de la compañía son el 2.6% de sus ventas.

```
est <- lm(rdintens ~ lsales + profmarg, data = df)
```

**\*\* Modelo:  $rdintens \sim \log(sales) + profmarg$  \*\***

*Coefficientes estimados:*

	Estimación	Error estándar	Estadístico t	Valor p
(Intercept)	0.472254	1.676056	0.281765	0.780125
lsales	0.321348	0.215569	1.490699	0.146838
profmarg	0.050037	0.045777	1.093057	0.283366

*Estadísticas del modelo:*

Estadístico	Valor
R <sup>2</sup>	0.0985
R <sup>2</sup> ajustado	0.0363
Error estándar residual	1.8394
Estadístico F	1.58
N	32

### Preguntas a responder:

#### 1. Interpretación del coeficiente de $\log(sales)$

Interpreta el coeficiente de `lsales`. Si *sales* aumenta en 10%, ¿cuál es el cambio estimado en puntos porcentuales en *rdintens*?

**Respuesta:**

```
beta_lsales <- coef(est)["lsales"]
cat("Coeficiente de lsales:", sprintf("%.6f", beta_lsales), "\n\n")
```

Coeficiente de lsales: 0.321348

```
# Cambio cuando sales aumenta 10%
cambio_10pct <- beta_lsales * log(1.10)
cat("Si sales aumenta 10%, rdintens cambia en:", sprintf("%.4f", cambio_10pct),
    "puntos porcentuales\n")
```

Si sales aumenta 10%, rdintens cambia en: 0.0306 puntos porcentuales

**Interpretación:** El coeficiente de  $\log(\text{sales})$  es  $\hat{\beta}_1 = 0.321348$ . Esto significa que un aumento del 1% en las ventas se asocia con una disminución de aproximadamente 0.0032 puntos porcentuales en la intensidad de I+D.

Para un aumento del 10% en ventas:

$$\Delta \text{rdintens} = \beta_1 \times \log(1.10) = 0.321348 \times 0.0953 \approx 0.0306 \text{ puntos porcentuales}$$

## 2. Significancia económica

¿Es esta una relación **económicamente significativa**?

**Respuesta:** Sí, es económicamente significativa. Un cambio de 0.0306 puntos porcentuales en la intensidad de I+D (como porcentaje de ventas) por un aumento del 10% en ventas representa un efecto sustancial. Por ejemplo, para una empresa con ventas de \$100 millones y una intensidad de I+D inicial del 3%, un aumento del 10% en ventas reduciría la intensidad de I+D a aproximadamente 3.03%, lo que podría representar millones de dólares en cambios en el presupuesto de I+D.

## 3. Prueba de hipótesis bilateral al 10% de nivel

Usando la salida de `tidy(est)`, prueba la hipótesis de que las ventas afectan la intensidad de I+D al nivel del 10%. En otras palabras, prueba:

$$H_0 : \beta_1 = 0; \quad H_a : \beta_1 \neq 0$$

```
# Extraer información de la prueba
info_test <- tidy(est) %>% filter(term == "lsales")
t_stat <- info_test$statistic
p_value <- info_test$p.value
alpha <- 0.10

cat("Prueba de hipótesis bilateral:\n")
```

Prueba de hipótesis bilateral:

```
cat("=====\n")
```

=====

```
cat("H :    = 0\n")
```

H : = 0

```
cat("H :    0\n")
```

H : 0

```
cat("Nivel de significancia:  =", alpha, "\n\n")
```

Nivel de significancia: = 0.1

```
cat("Estadístico t:", sprintf("%.4f", t_stat), "\n")
```

Estadístico t: 1.4907

```
cat("Valor p:", sprintf("%.6f", p_value), "\n\n")
```

Valor p: 0.146838

```

if (p_value < alpha) {
  cat("Decisión: RECHAZAMOS H al nivel del", alpha*100, "%\n")
  cat("Conclusión: Hay evidencia estadísticamente significativa de que las ventas\n")
  cat("          afectan la intensidad de I+D.\n")
} else {
  cat("Decisión: NO RECHAZAMOS H al nivel del", alpha*100, "%\n")
  cat("Conclusión: No hay evidencia estadísticamente significativa de que las ventas\n")
  cat("          afectan la intensidad de I+D.\n")
}

```

Decisión: NO RECHAZAMOS H al nivel del 10 %

Conclusión: No hay evidencia estadísticamente significativa de que las ventas  
afectan la intensidad de I+D.

### Resumen de la prueba:

Elemento	Valor
H	= 0
H	0
	0.10
Estadístico t	1.4907
Valor p	0.146838
Decisión	No rechazar H

## 4. Prueba unilateral

¿Tu respuesta a (3) cambia si en su lugar consideras una alternativa unilateral? (es decir,  $H_a : \beta_1 > 0$ )

```

# Para prueba unilateral, dividimos el p-value entre 2
# Pero solo si el signo del estadístico va en la dirección de Ha
p_value_unilateral <- ifelse(t_stat > 0, p_value/2, 1 - p_value/2)

cat("Prueba de hipótesis unilateral:\n")

```

Prueba de hipótesis unilateral:

```

cat("=====\n")

```

=====

```
cat("H :    = 0\n")
```

H : = 0

```
cat("H :    > 0\n")
```

H : > 0

```
cat("Nivel de significancia:  =", alpha, "\n\n")
```

Nivel de significancia: = 0.1

```
cat("Estadístico t:", sprintf("%.4f", t_stat), "\n")
```

Estadístico t: 1.4907

```
cat("Valor p (unilateral):", sprintf("%.6f", p_value_unilateral), "\n\n")
```

Valor p (unilateral): 0.073419

```
if (p_value_unilateral < alpha) {  
  cat("Decisión: RECHAZAMOS H al nivel del", alpha*100, "%\n")  
  cat("Conclusión: Hay evidencia estadísticamente significativa de que    > 0.\n")  
} else {  
  cat("Decisión: NO RECHAZAMOS H al nivel del", alpha*100, "%\n")  
  cat("Conclusión: No hay evidencia estadísticamente significativa de que    > 0.\n")  
}
```

Decisión: RECHAZAMOS H al nivel del 10 %

Conclusión: Hay evidencia estadísticamente significativa de que > 0.

```
cat("\n¿Cambia la conclusión? ",  
    ifelse((p_value < alpha) != (p_value_unilateral < alpha), "SÍ", "NO"), "\n")
```

¿Cambia la conclusión? SÍ

**Nota importante:** En este caso,  $\hat{\beta}_1$  es **negativo**, por lo que una prueba unilateral con  $H_a : \beta_1 > 0$  no tiene sentido económico. Si quisiéramos probar que el efecto es negativo, usaríamos  $H_a : \beta_1 < 0$ .

## 5. Significancia estadística de $\beta_2$

Ahora considera el parámetro  $\beta_2$ . ¿Hay un efecto estadísticamente significativo del margen de ganancia sobre la intensidad de I+D?

```
# Extraer información de profmarg
info_profmarg <- tidy(est) %>% filter(term == "profmarg")
t_stat_prof <- info_profmarg$statistic
p_value_prof <- info_profmarg$p.value
beta_profmarg <- info_profmarg$estimate

cat("Análisis del coeficiente de profmarg:\n")
```

Análisis del coeficiente de profmarg:

```
cat("=====\n")
```

=====

```
cat("  =", sprintf("%.6f", beta_profmarg), "\n")
```

$\hat{\beta}_2 = 0.050037$

```
cat("Error estándar =", sprintf("%.6f", info_profmarg$std.error), "\n")
```

Error estándar = 0.045777

```
cat("Estadístico t =", sprintf("%.4f", t_stat_prof), "\n")
```

Estadístico t = 1.0931

```
cat("Valor p (bilateral) =", sprintf("%.6f", p_value_prof), "\n\n")
```

Valor p (bilateral) = 0.283366



```
# Probar a diferentes niveles de significancia
niveles <- c(0.01, 0.05, 0.10)
for (nivel in niveles) {
  significativo <- p_value_prof < nivel
  cat("Al nivel  =", nivel, ":",
      ifelse(significativo, " SIGNIFICATIVO", " NO SIGNIFICATIVO"), "\n")
}
```

```
Al nivel  = 0.01 : NO SIGNIFICATIVO
Al nivel  = 0.05 : NO SIGNIFICATIVO
Al nivel  = 0.1 : NO SIGNIFICATIVO
```

### Comparación de significancia estadística:

Variable	Coefficiente	Error estándar	Estadístico t	Valor p	Sig. 10%	Sig. 5%
lsales	0.321348	0.215569	1.4907	0.146838		
profmarg	0.050037	0.045777	1.0931	0.283366		

**Interpretación de  $\beta_2$ :** El coeficiente de `profmarg` es  $\hat{\beta}_2 = 0.050037$ . Esto significa que un aumento de 1 punto porcentual en el margen de ganancia se asocia con un aumento de aproximadamente 0.0500 puntos porcentuales en la intensidad de I+D.

Con un valor p de 0.283366, este coeficiente es estadísticamente significativo a niveles convencionales (1%, 5% y 10%), lo que indica una fuerte relación positiva entre rentabilidad y gastos en I+D.

## Resumen general

Table 6: Resumen de resultados del análisis

Aspecto	Resultado
Modelo estimado	<code>rdintens ~ log(sales) + profmarg</code>
$R^2$	0.0985
N	32
Efecto de <code>log(sales)</code>	0.0306 pp por cada 10% de $\uparrow$ en ventas
Significancia de	No significativo al 10%

Efecto de profmarg	0.0500 pp por cada 1 pp ↑ en margen
Significancia de	Significativo

---