

Analisis de regresión con R

CNE/ISCIII

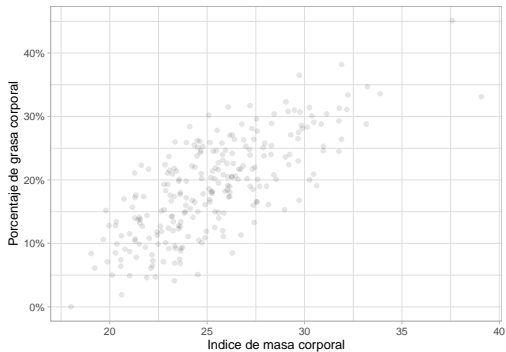
Estructura del curso

- 1 Correlación (`cor`)
- 2 Regresión lineal simple (`lm`)
- 3 Regresión múltiple
- 4 Regresión logística (`glm`)

Section 1

Correlación

Asociación entre dos variables | IMC versus porcentaje de grasa corporal



Objetivos del estudio:

- Etiología (determinar factores de riesgos involucrados en una enfermedad)
- Intervención (impacto de una vacuna en la evolución de una epidemia)
- Predicción (diseñar pruebas diagnosticas para una enfermedad)

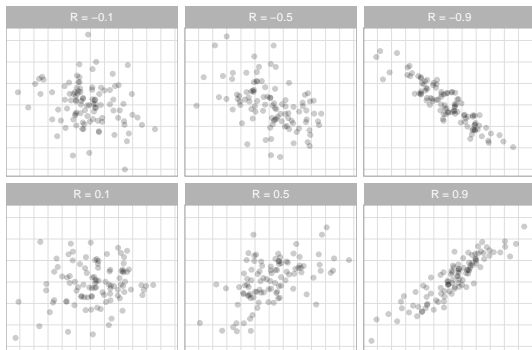
Diseño del estudio:

- Sesgo de confusión (asociación del café con el riesgo de cáncer de pulmón)
- Sesgo de selección (selección de los controles asociada con la exposición)
- Sesgo de medición (demencia asociada con el recuerdo de la exposición)

Coeficiente de correlación de Pearson (R)

Medida (simétrica e invariante por cambio de escala) de asociación lineal entre dos variables X e Y :

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}, \quad -1 \leq R \leq 1$$



Un ejemplo sencillo

```
starwars=read.csv("data/starwars.csv")
str(starwars)
```

```
## 'data.frame':    87 obs. of  3 variables:
## $ name   : chr  "Luke Skywalker" "C-3PO" "R2-D2" "Darth Vader" ...
## $ height: int   172 167 96 202 150 178 165 97 183 182 ...
## $ mass   : num   77 75 32 136 49 120 75 32 84 77 ...
```

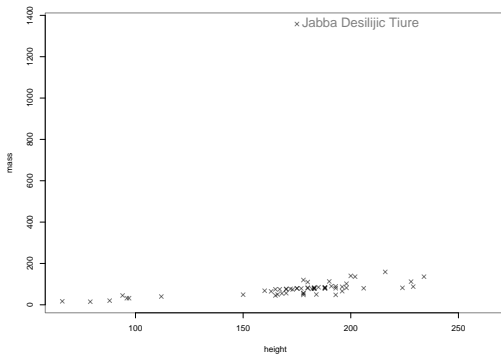
```
# Calculo de la correlación lineal entre peso y altura
cor(starwars$mass, starwars$height)
```

```
## [1] NA
```

```
cor(starwars$mass, starwars$height, use="pairwise.complete.obs")
```

```
## [1] 0.133842
```

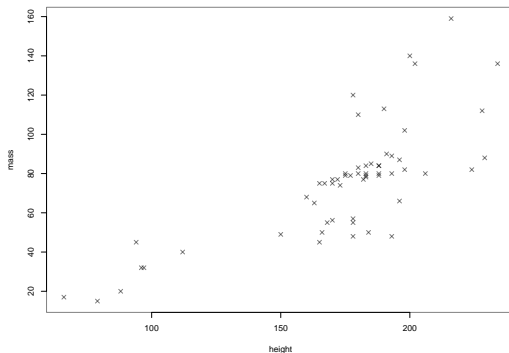
```
plot(mass~height, data=starwars)  
outlier=subset(starwars,mass>1000)  
text(outlier$height,outlier$mass,outlier$name, pos=4, cex=1.5)
```




```
sin.jabba=subset(starwars,mass<1000)  
cor(sin.jabba$mass, sin.jabba$height, use="pairwise.complete.obs")
```

```
## [1] 0.7612612
```

```
plot(mass~height, data=sin.jabba)
```



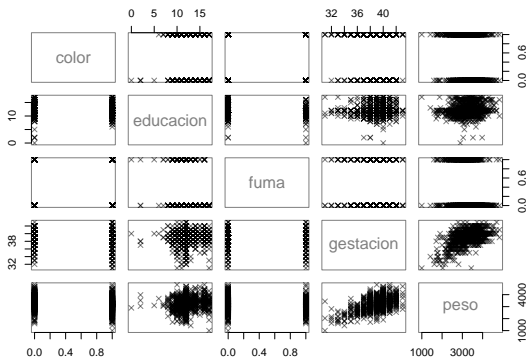
Asociaciones en una base de datos

```
neonatos <- read.csv("data/neonatos.csv")  
str(neonatos) #peso de neonatos según tiempo gestación, color, educación y habito tal
```

```
## 'data.frame':    1092 obs. of  5 variables:  
## $ color      : logi  FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE ...  
## $ educacion: int   0 2 2 2 5 6 7 7 7 8 ...  
## $ fuma       : logi   TRUE FALSE TRUE FALSE TRUE FALSE ...  
## $ gestacion: int   40 38 37 38 40 40 41 39 39 38 ...  
## $ peso      : int   2898 3977 3040 3523 3100 3670 3097 3040 3239 2955 ...  
cor(neonatos)
```

```
##           color  educacion      fuma  gestacion      peso  
## color      1.00000000 -0.14504912  0.04957376 -0.17463028 -0.2566835  
## educacion -0.14504912  1.00000000 -0.22140608  0.06556138  0.1249150  
## fuma       0.04957376 -0.22140608  1.00000000 -0.12360134 -0.2202095  
## gestacion -0.17463028  0.06556138 -0.12360134  1.00000000  0.5385007  
## peso      -0.25668349  0.12491498 -0.22020949  0.53850072  1.0000000
```

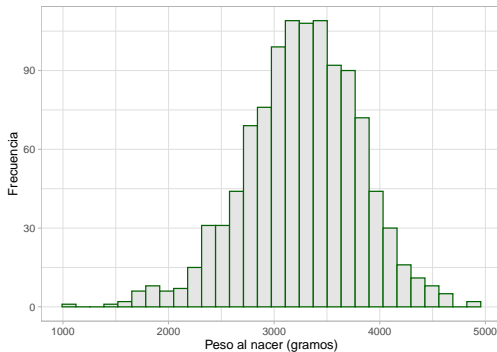
```
pairs(neonatos)
```



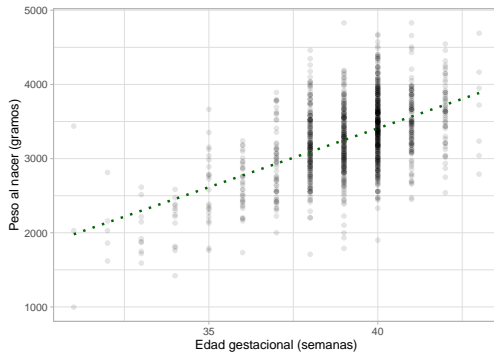
Section 2

Regresión lineal simple

Controlar las variaciones | ¿Porqué no nacemos todos con el mismo peso?



Controlar las variaciones | Efecto de la edad gestacional sobre el peso al nacer

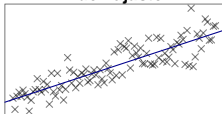


El modelo | Asumiendo un efecto constante

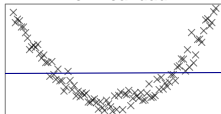
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

donde el residuo ε tiene una **distribución normal de media cero** y desviación típica σ **constante**.

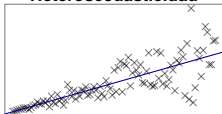
Buen ajuste



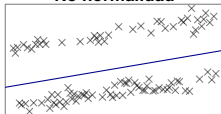
No linealidad



Heteroscedasticidad



No normalidad



Interpretación

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

- β_0 : valor promedio de Y cuando $X = 0$.
- β_1 : cambio promedio en Y cuando X aumenta de una unidad.
- σ : variabilidad de Y no explicada por X .

Ejemplo: Efecto de la gestación sobre el peso al nacer

$$\text{Peso(gramos)} = \beta_0 + \beta_1 \text{Gestación(semanas)} + \varepsilon$$

- β_0 : no se puede aquí interpretar!
- β_1 : variación promedia del peso al aumentar la gestación de una semana.
- σ : variabilidad del peso entre neonatos con la misma edad gestacional.

función lm

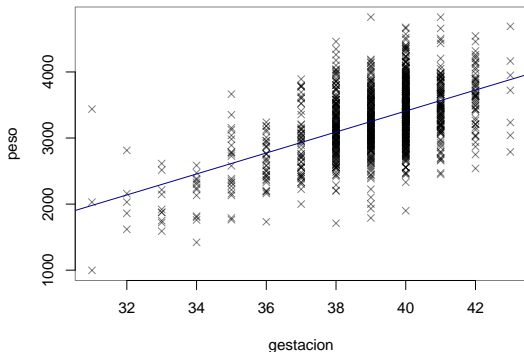
```
simple = lm(peso~gestacion, data=neonatos) # lm: linear model
summary(simple)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = peso ~ gestacion, data = neonatos)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1508.40  -302.41   -12.64    296.86   1580.35
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -2941.381    294.642  -9.983  <2e-16 ***
## gestacion    158.744      7.524   21.099  <2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 454.1 on 1090 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.29, Adjusted R-squared:  0.2893
## F-statistic: 445.2 on 1 and 1090 DF, p-value: < 2.2e-16
```

```
coef(simple) #ordenada en el origen y pendiente
```

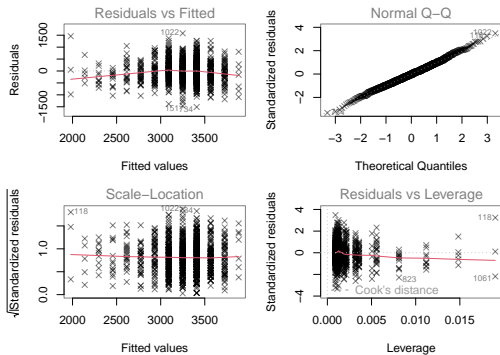
```
## (Intercept)  gestacion  
## -2941.3815    158.7445
```

```
plot(peso~gestacion, data=neonatos)  
abline(reg=simple,col="blue4") #recta de regresión
```



Chequeo de las asunciones

```
par(mfrow=c(2,2))  
plot(simple)
```



|Regresión lineal simple versus test de Student

```
tabaco = lm(peso~fuma, data=neonatos)
summary(tabaco)$coef
```

```
##              Estimate Std. Error    t value    Pr(>|t|)
## (Intercept) 3334.4928   18.20218 183.191961 0.000000e+00
## fumaTRUE    -279.1052   37.44767  -7.453206 1.851559e-13
```

```
t.test(peso~fuma, data=neonatos, var.equal=TRUE) # se asume misma varianza en los do
```

```
##
## Two Sample t-test
##
## data:  peso by fuma
## t = 7.4532, df = 1090, p-value = 1.852e-13
## alternative hypothesis: true difference in means between group FALSE and group TR
## 95 percent confidence interval:
##  205.6275 352.5829
## sample estimates:
## mean in group FALSE  mean in group TRUE
##           3334.493           3055.388
```

Section 3

Regresión múltiple

Regresión con más de un predictor

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

- β_0 : valor promedio de Y cuando $X_1 = X_2 = \dots = X_k = 0$.
- β_j : cambio promedio en Y cuando X_j aumenta de una unidad... y los demás predictores permanecen constantes.
- σ : variabilidad de Y no explicada por los predictores del modelo.

Ejemplo:

$$\text{Peso} = \beta_0 + \beta_1 \text{Gestación} + \beta_2 \text{Raza} + \varepsilon$$

- β_1 : variación del peso al aumentar la gestación de una semana entre neonatos de una misma raza.
- β_2 : diferencia de peso de neonatos de diferente raza y misma edad gestacional.
- σ : variabilidad del peso entre neonatos de misma raza y misma edad gestacional.

Ajuste | Efecto crudo versus efecto ajustado

```
crudo = lm(peso~color, data=neonatos)
summary(crudo)$coef
```

```
##              Estimate Std. Error    t value    Pr(>|t|)
## (Intercept) 3433.6178   24.55239 139.848604 0.000000e+00
## colorTRUE   -280.7689   32.02120  -8.768218 6.856359e-18
```

```
ajustado = lm(peso~gestacion+color, data=neonatos)
summary(ajustado)$coef
```

```
##              Estimate Std. Error    t value    Pr(>|t|)
## (Intercept) -2495.6582 296.848595 -8.407176 1.301190e-16
## gestacion    150.1083   7.496326 20.024244 3.417816e-76
## colorTRUE    -183.5025 27.815521 -6.597125 6.528576e-11
```

¡Interpretar!

Intervalos de confianza | función confint

```
summary(ajustado)$coef
```

##	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
## (Intercept)	-2495.6582	296.848595	-8.407176	1.301190e-16
## gestacion	150.1083	7.496326	20.024244	3.417816e-76
## colorTRUE	-183.5025	27.815521	-6.597125	6.528576e-11

```
confint(ajustado) #cálculo del intervalo de confianza de los coeficientes
```

##	2.5 %	97.5 %
## (Intercept)	-3078.1182	-1913.1983
## gestacion	135.3994	164.8171
## colorTRUE	-238.0805	-128.9244

Predicción | función predict

```
prediccion = predict(ajustado) #por defecto, predicción de Y para valores de X observados  
head(cbind(neonatos,prediccion))
```

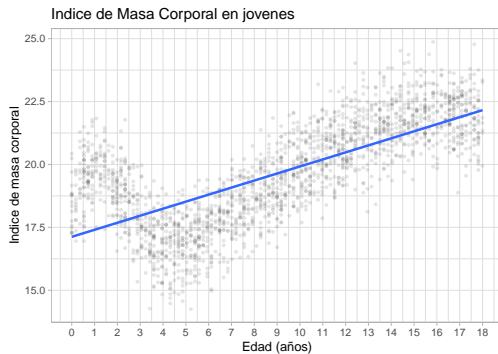
```
##   color educacion  fuma gestacion peso prediccion  
## 1 FALSE         0  TRUE        40 2898   3508.672  
## 2 FALSE         2 FALSE        38 3977   3208.455  
## 3 FALSE         2  TRUE        37 3040   3058.347  
## 4 FALSE         2 FALSE        38 3523   3208.455  
## 5 FALSE         5  TRUE        40 3100   3508.672  
## 6  TRUE         6 FALSE        40 3670   3325.169
```

```
# Predicción fuera de la muestra: peso medio de un neonato negro con 30 semanas de edad  
nuevo = data.frame(gestacion=30, color= TRUE)  
predict(ajustado, newdata = nuevo , interval="confidence")
```

```
##           fit           lwr           upr  
## 1 1824.087 1689.391 1958.783
```

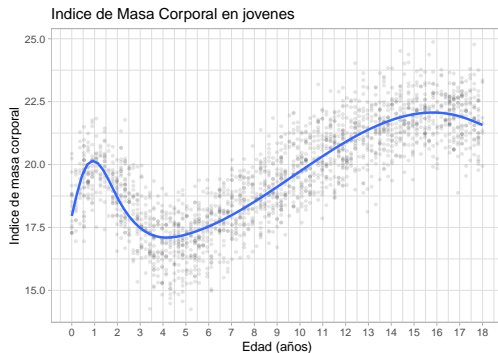
No linealidad

El modelo de regresión lineal simple no se ajusta bien a los datos si el efecto de X no es constante.



El modelo de regresión múltiple es muy flexible y permite estimar efectos no lineales.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \dots + \beta_k X^k + \varepsilon \quad (\text{regresión polinomial / splines})$$
$$= \beta_0 + \beta_1 (\text{X medio}) + \beta_2 (\text{X alto}) + \varepsilon \quad (\text{regresión politómica})$$



| Regresión spline

```
# Estimación del efecto de la gestación
```

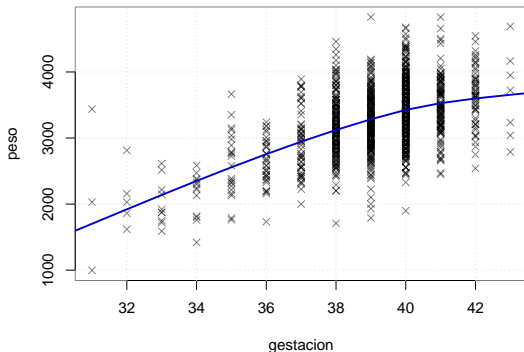
```
fit.spline = lm(peso~ns(gestacion,3), data=neonatos) # require(splines)
```

```
rango=data.frame(gestacion=30:45)
```

```
pred.spline= predict(fit.spline,rango)
```

```
plot(peso~gestacion, data=neonatos); grid()
```

```
lines(rango$gestacion, pred.spline, col="blue3", lwd=2)
```



```
categoriza<-function(x) cut(x, c(0,10,13,20),  
                             labels=c(".primaria",".segundaria",".superior"),  
                             include.lowest=TRUE)  
neonatos$educacion_cat=categoriza(neonatos$educacion)  
table(neonatos$educacion_cat)
```

```
##  
##      .primaria .segundaria   .superior  
##           166           689           237
```

```
summary( fit.politomica <- lm(peso~educacion_cat, data=neonatos))$coef # Estimación
```

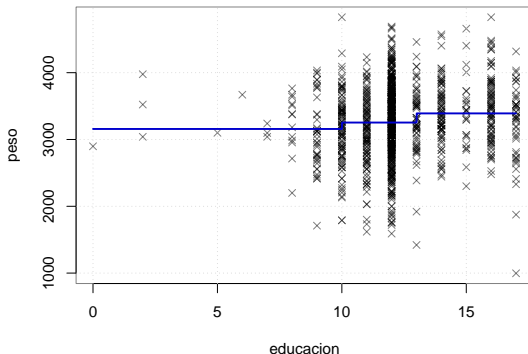
```
##              Estimate Std. Error  t value    Pr(>|t|)  
## (Intercept)      3157.32530    41.46437  76.145497 0.000000e+00  
## educacion_cat.segundaria    96.08108    46.19006   2.080125 3.774751e-02  
## educacion_cat.superior    233.15571    54.06964   4.312138 1.763431e-05
```

```

rango=data.frame(educacion=seq(0,17,.01))
rango$educacion_cat = categoriza(rango$educacion)
pred.politomica= predict(fit.politomica,rango)

plot(peso~educacion, data=neonatos); grid()
lines(rango$educacion,pred.politomica,col="blue3", lwd=2)

```



$$\underbrace{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}_{\text{Variabilidad Total (VT)}} = \underbrace{\sum_i (\hat{y}_i - \bar{y})^2}_{\text{Variabilidad Explicada (VE)}} + \underbrace{\sum_i (\hat{y}_i - y_i)^2}_{\text{Variabilidad No Explicada (VNE)}}$$

```
anova(simple)
```

```
## Analysis of Variance Table
```

```
##
```

```
## Response: peso
```

```
##           Df      Sum Sq  Mean Sq F value    Pr(>F)
```

```
## gestacion    1  91790877 91790877  445.17 < 2.2e-16 ***
```

```
## Residuals 1090 224747921   206191
```

```
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
summary(simple)$r.squared #  $R^2 = VE / VT$  proporción de variabilidad explicada por e
```

```
## [1] 0.289983
```

```
anova(gestacion.tabaco <- lm(peso ~ gestacion + fuma, data = neonatos))
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Response: peso
##           Df      Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
## gestacion   1  91790877 91790877 460.309 < 2.2e-16 ***
## fuma         1   7588895  7588895  38.056 9.674e-10 ***
## Residuals 1089 217159026   199411
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
anova(simple,gestacion.tabaco)
```

```
## Analysis of Variance Table
##
## Model 1: peso ~ gestacion
## Model 2: peso ~ gestacion + fuma
##   Res.Df      RSS Df Sum of Sq      F      Pr(>F)
## 1    1090 224747921
## 2    1089 217159026   1   7588895 38.056 9.674e-10 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```


AIC: Variabilidad residual penalizada por el número de predictores

$$\text{AIC} = n \log(\text{VNE}) + 2k + \text{Constante}$$

donde n es el tamaño muestral y k el número de predictores ($n > k + 1$).

```
for(k in 1:4) {  
  fit=lm(peso~ ns(gestacion,k), data=neonatos)  
  cat("AIC para spline con",k,"grados de libertad:",AIC(fit),"\n")  
}
```

```
## AIC para spline con 1 grados de libertad: 16465.28
```

```
## AIC para spline con 2 grados de libertad: 16453.41
```

```
## AIC para spline con 3 grados de libertad: 16454.91
```

```
## AIC para spline con 4 grados de libertad: 16456.7
```

El modelo que minimiza el AIC es el más parsimonioso: optimiza compromiso entre bondad del ajuste y estabilidad del modelo.

| Selección automatica (¡sólo para fines predictivos!)

```
summary( todo <- lm(peso~., data=neonatos) ) # modelo completo
```

```
##
## Call:
## lm(formula = peso ~ ., data = neonatos)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1452.35  -293.52   -0.63   287.07  1568.08
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   -2220.957    332.187   -6.686 3.67e-11 ***
## colorTRUE      -172.630     27.669   -6.239 6.30e-10 ***
## educacion       -5.257     15.146   -0.347  0.729
## fumaTRUE      -182.257     32.224   -5.656 1.98e-08 ***
## gestacion      144.300      7.435   19.408 < 2e-16 ***
## educacion_cat.segundaria  46.676     54.917    0.850  0.396
## educacion_cat.superior  111.949    102.127    1.096  0.273
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 438.2 on 1085 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.3419, Adjusted R-squared:  0.3383
## F-statistic: 93.95 on 6 and 1085 DF, p-value: < 2.2e-16
```

| Selección automatica (función step)

```
mejor=step(todo, trace=0) # "mejor" modelo con fines de predicción
summary(mejor)
```

```
##
## Call:
## lm(formula = peso ~ color + educacion + fuma + gestacion, data = neonatos)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1456.38  -296.42    1.04   294.37  1570.48
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept) -2365.604    305.399  -7.746 2.17e-14 ***
## colorTRUE   -173.242     27.606  -6.276 5.02e-10 ***
## educacion     9.851       6.599   1.493  0.136
## fumaTRUE    -181.613     32.201  -5.640 2.17e-08 ***
## gestacion   144.635       7.423  19.486 < 2e-16 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 438 on 1087 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.3412, Adjusted R-squared:  0.3387
## F-statistic: 140.7 on 4 and 1087 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Modificación del efecto | Interacción (*)

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 \times X_2 = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_1 & \text{si } X_2 = 0 \\ (\beta_0 + \beta_2) + (\beta_1 + \beta_{12}) X_1 & \text{si } X_2 = 1 \end{cases}$$

```
summary( lm(peso ~ color*educacion, data=neonatos) )$coef
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
## (Intercept)	3299.52876	131.49927	25.091612	5.380434e-110
## colorTRUE	-614.78502	191.37962	-3.212385	1.354991e-03
## educacion	10.61017	10.22406	1.037765	2.996101e-01
## colorTRUE:educacion	28.31774	15.34100	1.845886	6.518022e-02

Interpretación: el peso del neonato “aumenta” en promedio de 10.6g por cada año de estudio de la madre si es blanca y de $10.6 + 28.3 \simeq 29\text{g}$ si la madre es negra.

| Selección automática de interacciones

```
interacciones=lm(peso~(.-educacion_cat)^2, data=neonatos) #todos los modelos con int  
summary(step(interacciones, trace=0))$coef #mejor modelo
```

##	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
## (Intercept)	2604.381140	1982.716064	1.3135422	1.892785e-01
## colorTRUE	-740.634023	169.735199	-4.3634675	1.402506e-05
## educacion	-374.277061	157.095582	-2.3824799	1.736825e-02
## fumaTRUE	-1461.741756	653.059835	-2.2382968	2.540430e-02
## gestacion	25.064585	50.427382	0.4970432	6.192595e-01
## colorTRUE:educacion	41.505578	13.304905	3.1195698	1.859015e-03
## colorTRUE:fumaTRUE	264.895025	67.404243	3.9299459	9.035207e-05
## educacion:gestacion	9.292652	3.994529	2.3263451	2.018395e-02
## fumaTRUE:gestacion	28.561911	16.509816	1.7299957	8.391594e-02

Section 4

Regresión logística

$$\text{Odds} = \frac{P(Y = 1)}{P(Y = 0)}, \quad P(Y = 1) = \frac{\text{Odds}}{1 + \text{Odds}}$$

```
neonatos40=subset(neonatos,gestacion == 40) # neonatos con una edad de gestación de .
neonatos40$peg = (neonatos40$peso <= 2800) # niños pequeños para su edad gestacional
table(neonatos40$peg)
```

```
##
## FALSE  TRUE
##   345    29
```

$$\text{Odds} = \frac{P(\text{PEG} = 1)}{P(\text{PEG} = 0)} = \frac{29}{345}$$

Odds ratio (OR) | Medida de asociación para variables dicotómicas

Definición: Ratio entre el odds de enfermedad dada una exposición particular y el odds de dicha enfermedad en ausencia de esa exposición.

```
xtabs(~ fuma + peg, data=neonatos40)
```

```
##           peg
## fuma      FALSE TRUE
##  FALSE    276   17
##   TRUE     69   12
```

Efecto del hábito tabáquico de la madre sobre el riesgo de PEG:

$$OR = \frac{\text{Odds de PEG en fumadoras}}{\text{Odds de PEG en no fumadoras}} = \frac{12/69}{17/276} = 2.82$$

Interpretación: el riesgo de PEG en madres fumadoras es casi 3 veces mayor que en mujeres no fumadoras!

$$\log(\text{Odds}) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

- $\exp(\beta_0)$: valor promedio del odds cuando $X = 0$
- $\exp(\beta_j)$: cambio relativo en el odds cuando X_j aumenta de una unidad y las demás variables permanecen constantes

Ejemplo: Odds de PEG en función del hábito tabáquico de la madre:

$$\log(\text{Odds}) = \beta_0 + \beta_1 \text{fumadora}$$

- $\exp(\beta_0)$: Odds de PEG entre madres que no fuman
- $\exp(\beta_1)$: efecto (OR) del hábito tabáquico de la madre sobre el odds de PEG

| función glm

```
(12/69)/(17/276) #Cálculo a mano del OR
```

```
## [1] 2.823529
```

```
or = glm(peg~fuma, data=neonatos40, family=binomial) # glm: generalized linear model  
exp(cbind(coef(or), confint(or)))
```

```
##                2.5 %      97.5 %  
## (Intercept) 0.0615942 0.03631059 0.09730624  
## fumaTRUE    2.8235294 1.26184096 6.15040233
```

```
ors = glm(peg~fuma*color, data=neonatos40, family=binomial)  
exp(cbind(coef(ors), confint(ors)))
```

```
##                2.5 %      97.5 %  
## (Intercept)    0.04225353 0.01658271 0.08747496  
## fumaTRUE       6.10752611 1.98784810 19.77160353  
## colorTRUE      1.94278582 0.71832538 5.77573672  
## fumaTRUE:colorTRUE 0.20995353 0.03725610 1.04443963
```

```
require(data.table)
temp=data.table(Titanic)
str(temp)
```

```
## Classes 'data.table' and 'data.frame':  32 obs. of  5 variables:
## $ Class      : chr  "1st" "2nd" "3rd" "Crew" ...
## $ Sex        : chr  "Male" "Male" "Male" "Male" ...
## $ Age        : chr  "Child" "Child" "Child" "Child" ...
## $ Survived: chr  "No" "No" "No" "No" ...
## $ N          : num  0 0 35 0 0 0 17 0 118 154 ...
## - attr(*, ".internal.selfref")=<externalptr>
```

```
titanic=dcast(temp, Class+Sex+Age~Survived, value.var="N")
head(titanic)
```

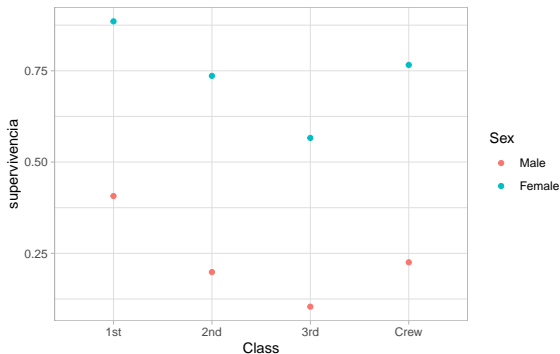
```
##      Class      Sex   Age   No Yes
## 1:    1st Female Adult    4  140
## 2:    1st Female Child    0    1
## 3:    1st   Male Adult  118   57
## 4:    1st   Male Child    0    5
## 5:    2nd Female Adult   13   80
## 6:    2nd Female Child    0   13
```

```
supervivencia = glm(cbind(Yes,No)~., data=titanic, family=binomial)
exp(cbind(coef(supervivencia), confint(supervivencia)))
```

```
##                                2.5 %      97.5 %
## (Intercept) 7.72017801 5.58826444 10.7961800
## Class2nd    0.36128255 0.24530635  0.5291859
## Class3rd    0.16901595 0.12032127  0.2358425
## ClassCrew   0.42414659 0.31152317  0.5774746
## SexMale     0.08891625 0.06724914  0.1166490
## AgeChild    2.89082630 1.79245896  4.6710188
```

Predicción del evento | Supervivencia en la tragedia del Titanic

```
nuevos=expand.grid(Class=c("1st","2nd","3rd","Crew"),  
                    Sex=c("Male","Female"), Age="Adult") #sólo adultos  
nuevos$proba=predict(supervivencia, nuevos, type="response")  
ggplot2::qplot(Class, proba, data=nuevos, color=Sex) #más facil con ggplot2
```



Section 5

Publicación de resultados

```
gtsummary::tbl_regression(supervivencia, exp=TRUE)
```

Characteristic	OR	95% CI	p-value
Class			
1st			
2nd	0.36	0.25, 0.53	<0.001
3rd	0.17	0.12, 0.24	<0.001
Crew	0.42	0.31, 0.58	<0.001
Sex			
Female			
Male	0.09	0.07, 0.12	<0.001
Age			
Adult			
Child	2.89	1.79, 4.67	<0.001

¹ OR = Odds Ratio, CI = Confidence Interval