

# Sesión Multinomial

## Contents

<b>FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES - PUCP</b> . . . . .	<b>1</b>
Base de Datos . . . . .	3
<b>Pregunta de investigación</b>	<b>4</b>
<b>Modelo 1</b>	<b>4</b>
Paso 1: Preparar la data . . . . .	4
Paso 2: Modelo logístico . . . . .	6
Paso 3: Interpretación de coeficientes con efectos marginales . . . . .	8
Paso 4: Recordando la ecuación . . . . .	8
<b>Modelo 2</b>	<b>9</b>
Paso 1: Preparación de data . . . . .	10
Paso 2: Modelo logístico . . . . .	11
Paso 3: Interpretación de coeficientes con efectos marginales . . . . .	13
Paso 4: Recordamos la ecuación . . . . .	13
<b>COMPARAR MODELOS</b>	<b>14</b>



**FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES - PUCP**

**Curso: POL 304 - Estadística para el análisis político 2 | Semestre 2023 - 2**

**Jefas de Práctica: Karina Alcántara y Lizette Crispín**

# MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

## BINARIA

VD: Dicotómica (2 categorías)

## MULTINOMIAL

VD: 3 o + categorías

## ORDINAL

VD: Ordinal

## ECUACIÓN

$$\frac{p_1}{p_3} = \frac{\exp(\beta_{01} + (\beta_1 * X_1) + (\beta_2 * X_2) \dots)}{1 + \exp(\beta_{01} + (\beta_1 * X_1) + (\beta_2 * X_2) \dots)}$$

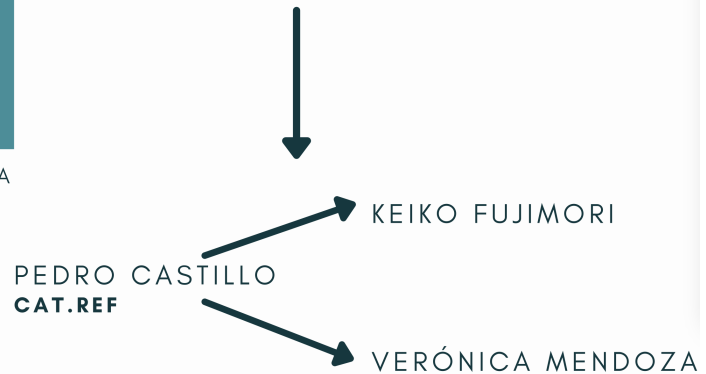
$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{\exp(\beta_{02} + (\beta_1 * X_1) + (\beta_2 * X_2) \dots)}{1 + \exp(\beta_{02} + (\beta_1 * X_1) + (\beta_2 * X_2) \dots)}$$

# CATEGORÍA DE REFERENCIA

PROBABILIDAD QUE SE DÉ EN UNA CATEGORÍA FRENTE A OTRA CATEGORÍA

## INTENCIÓN DE VOTO

- PEDRO CASTILLO
- KEIKO FUJIMORI
- VERÓNICA MENDOZA



## Base de Datos

La base de datos a trabajar combina los datos obtenidos en el Democracy Index ([https://en.wikipedia.org/wiki/Democracy\\_Index](https://en.wikipedia.org/wiki/Democracy_Index)) y el Index of Economic Freedom ([https://en.wikipedia.org/wiki/Index\\_of\\_Economic\\_Freedom](https://en.wikipedia.org/wiki/Index_of_Economic_Freedom)). Lo que veremos en esta clase es la relación entre el tipo de régimen político (democracia, democracia fallida y dictadura) con algunas variables económicas.

Todo esto para comprobar el supuesto: *¿una economía liberal influye en el nivel de democracia?*

Llamemos a las librerías

```
library(rio)
library(car)
library(nnet)
library(DescTools)
library(RVAideMemoire)
library(marginaleffects)
```

Exploremos la data:

```
demofree <- import("https://github.com/schrodingercase/primary/raw/master/demofree.xlsx")
```

```
## New names:
## * `` -> `...1`
```

```
str(demofree) #Ver estructura de la base de datos
```

```
## 'data.frame':   158 obs. of  21 variables:
## $ ...1          : chr  "1" "2" "3" "4" ...
## $ Country       : chr  "Afghanistan" "Albania" "Algeria" "Angola" ...
```

```
## $ Property Rights : chr "48.3" "57.1" "37.9" "36.9" ...
## $ Judicial Effectiveness : chr "30.0" "33.0" "35.0" "14.3" ...
## $ Government Integrity : chr "24.8" "38.8" "28.3" "15.1" ...
## $ Tax Burden : chr "91.4" "85.9" "75.4" "87.3" ...
## $ Gov't Spending : chr "79.2" "74.6" "52.6" "85.7" ...
## $ Fiscal Health : chr "99.9" "86.3" "17.3" "71.9" ...
## $ Business Freedom : chr "54.7" "65.7" "63.0" "57.7" ...
## $ Labor Freedom : chr "61.6" "52.1" "50.5" "61.1" ...
## $ Monetary Freedom : chr "81" "81.2" "76.2" "59.6" ...
## $ Trade Freedom : chr "66.0" "88.4" "66.2" "66.2" ...
## $ Investment Freedom : chr "10" "70" "30" "30" ...
## $ Financial Freedom : chr "10" "70" "30" "40" ...
## $ Regime type : chr "Authoritarian" "Flawed democracy" "Authoritarian" "Authori
## $ Electoral process and pluralism: num 3.42 7 3.08 2.25 9.17 7.5 10 9.58 0.5 0.83 ...
## $ Fuctioning of government : num 0.64 5.36 2.5 2.86 5.36 5 8.57 7.5 2.86 2.71 ...
## $ Political participation : num 3.89 4.44 4.44 5.56 6.67 6.11 7.78 8.33 3.33 2.78 ...
## $ Political culture : num 2.5 6.25 5 5 5.63 3.13 8.75 6.88 3.75 4.38 ...
## $ Civil liberties : num 3.82 7.35 3.82 2.65 7.94 5 9.71 8.53 2.94 1.76 ...
## $ Overall score : num 2.85 6.08 3.77 3.66 6.95 5.35 8.96 8.16 2.68 2.49 ...
```

## Pregunta de investigación

¿Existe alguna relación entre el tipo de régimen político y las variables “Trade freedom” sistema económico con mayor libertad de comercio y “Property Rights” Derecho a la propiedad privada?

- VD= Regimen Político
- VI= Trade Freedom (Libertad de comercio) y Property Rights (Derecho a la propiedad privada)

## Modelo 1

### Paso 1: Preparar la data

#### 1.1. Limpieza de data e identificación de las variables

```
demofree$regimen <- demofree$`Regime type`
demofree$property <- demofree$`Property Rights`
demofree$tradefree <- demofree$`Trade Freedom`
```

Eliminamos casos perdidos

```
demofree <- demofree[complete.cases(demofree$regimen),]
```

Comencemos con la variable dependiente:

```
table(demofree$regimen)
```

```
##
##      Authoritarian Flawed democracy    Full democracy    Hybrid regime
##              52              51              22              33
```

Ojo, con Hybrid regime y Flawed democracy

```
demofree$regimen <- recode(demofree$regimen, "'Full democracy' = 3; 'Hybrid regime' = 2; 'Flawed democracy' = 1; 'Authoritarian' = 0")
table(demofree$regimen)
```

```
##
##  1  2  3
## 52 84 22
```

Volvemos factor la variable para poder etiquetarla nuevamente

```
demofree$regimen <- as.factor(demofree$regimen)
levels(demofree$regimen) <- c("Dictadura", "Democracia fallida", "Democracia")
```

```
table(demofree$regimen)
```

```
##
##      Dictadura Democracia fallida      Democracia
##              52              84              22
```

```
demofree$property <- as.numeric(demofree$property)
demofree$tradefree <- as.numeric(demofree$tradefree)
```

## 1.2. Elegir la línea base

La línea de base o baseline sirve para tener una referencia al interpretar los resultados del modelo. En este caso nuestra dependiente fue recodificada en “Democracia”, “Democracia fallida”, “Dictadura”. Entonces, “Democracia fallida” al estar en el medio es nuestra baseline.

Verificamos qué ha considerado R

```
contrasts(demofree$regimen)
```

```
##              Democracia fallida Democracia
## Dictadura              0              0
## Democracia fallida      1              0
## Democracia              0              1
```

Con el siguiente comando establecemos la categoría de referencia. en *ref* mencionamos cómo se llama esta categoría, por eso es importante tener bien etiquetadas las variables.

```
demofree$regimen <- relevel(demofree$regimen , ref = "Democracia fallida")
```

## Paso 2: Modelo logístico

### 2.1 Realizar modelo logístico

No olvidemos cual es nuestra línea de base para la interpretación.

```
mod1 <- multinom(regimen ~ property + tradefree, data = demofree)
```

```
## # weights: 12 (6 variable)
## initial value 173.580742
## iter 10 value 106.123891
## iter 20 value 105.309757
## final value 105.300936
## converged
```

```
summary(mod1)
```

```
## Call:
## multinom(formula = regimen ~ property + tradefree, data = demofree)
##
## Coefficients:
##             (Intercept)    property    tradefree
## Dictadura      6.015109 -0.02654594 -0.07105396
## Democracia    -13.772977  0.15297576  0.01435271
##
## Std. Errors:
##             (Intercept)    property    tradefree
## Dictadura      1.403839  0.01604789  0.02271007
## Democracia      5.496404  0.03784344  0.07256821
##
## Residual Deviance: 210.6019
## AIC: 222.6019
```

### 2.2: Relación de las variables

Un primer paso sería ver el signo de los coeficientes para determinar la relación entre la variable independiente y la variable dependiente

#### Derechos de propiedad

- Coeficiente (dictadura) :-0.02654594

Si un país aumenta en un punto el indicador de derechos a la propiedad, la probabilidad de que sea dictadura a que sea democracia fallida disminuye

- Coeficiente (democracia): 0.15297576

Si un país aumenta en un punto el indicador de derechos a la propiedad, la probabilidad de que sea democracia a que sea democracia fallida aumenta

#### Libertad económica

- Coeficiente(dictadura) :-0.07105396

Si un país aumenta en un punto indicador de libre comercio, la probabilidad de que sea dictadura a que sea democracia fallida disminuye.

- Coeficiente(democracia):0.01435271

Si un país aumenta en un punto el indicador de libre comercio, la probabilidad de que sea democracia a que sea democracia fallida aumenta

### 2.3: Significancia de las variables

Se debe realizar variable por variable

```
#install.packages("RVAideMemoire")
test.multinom(mod1,property) # Se coloca test.multinom(nombredelmodelo,variableindependiente1)
```

```
##                               Coeff          SE Odds.ratio          z Pr(>|z|)
## Dictadura|Democracia fallida -0.026546 0.016048      0.9738 -1.6542 0.09809
## Democracia|Democracia fallida 0.152976 0.037843      1.1653 4.0423 5.292e-05
## Democracia|Dictadura         0.179520 0.040454      1.1966 4.4377 9.095e-06
##
## Dictadura|Democracia fallida .
## Democracia|Democracia fallida ***
## Democracia|Dictadura         ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Para la variable property, de la dos comparaciones con nuestra categoría de referencia, la única significativa es cuando se compara democracia con democracia fallida.

```
test.multinom(mod1,tradefree)
```

```
##                               Coeff          SE Odds.ratio          z Pr(>|z|)
## Dictadura|Democracia fallida -0.071054 0.022710      0.93141 -3.12874 0.001756
## Democracia|Democracia fallida 0.014353 0.072568      1.01446 0.19778 0.843215
## Democracia|Dictadura         0.085393 0.074352      1.08914 1.14850 0.250764
##
## Dictadura|Democracia fallida **
## Democracia|Democracia fallida
## Democracia|Dictadura
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
# Se coloca test.multinom(nombredelmodelo,variableindependiente2)
```

Para la variable tradefree, de la dos comparaciones con nuestra categoría de referencia, la única significativa es cuando se compara dictadura con democracia fallida.

### Paso 3: Interpretación de coeficientes con efectos marginales

Con los efectos marginales podemos medir la probabilidad de que ocurra cada escenario (democracia, democracia fallida o dictadura). Para la interpretación usamos el estimado.

```
Marg1=marginaleffects(mod1,type = "probs")
summary(Marg1)[c(1,2,4)]
```

```
##
##           Group      Term Estimate
## Democracia      property  0.00958
## Democracia      tradefree  0.00141
## Democracia fallida property -0.00423
## Democracia fallida tradefree  0.00998
## Dictadura       property -0.00535
## Dictadura       tradefree -0.01139
##
## Columns: term, group, estimate
```

- Cuando en un país el índice de derecho a la propiedad incrementa un punto, la probabilidad de que este país presente una democracia aumenta en promedio 0.00958.
- Cuando en un país el índice de libertad de comercio incrementa un punto, la probabilidad de que este país presente una democracia aumenta en promedio 0.00141.
- Cuando en un país el índice de derecho a la propiedad incrementa un punto, la probabilidad de que este país presente una democracia fallida disminuye en promedio 0.00423.
- Cuando en un país el índice de derecho a la propiedad incrementa un punto, la probabilidad de que este país presente una democracia fallida aumenta en promedio 0.00998

### Paso 4: Recordando la ecuación

$$\pi_{dictadura} = \frac{e^{(6.015109 - 0.02654594 \text{property} - 0.07105396 \text{tradefree})}}{1 + e^{(6.015109 - 0.02654594 \text{property} - 0.07105396 \text{tradefree})}}$$
$$\pi_{democracia} = \frac{e^{(-13.772977 + 0.15297576 \text{property} + 0.01435271 \text{tradefree})}}{1 + e^{(-13.772977 + 0.15297576 \text{property} + 0.01435271 \text{tradefree})}}$$

Usemos los siguientes valores:

- Property = 50
- Tradefree = 60

Probabilidad de que sea **dictadura**



```
Num1<-exp(6.118423-0.02654594*50-0.07105396*60)
Deno1<-1+Num1
ProbDictadura<-Num1/Deno1
ProbDictadura
```

```
## [1] 0.6289905
```

Si un país tiene 50 de índice de derecho a la propiedad y 60 de índice de libertad de comercio, tiene un 0.62 de probabilidad de ser una dictadura.

Probabilidad de que sea **democracia**

```
Num2 <- exp(-13.772977+0.15297576*50+0.01435271*60)
Deno2<-1+Num2
ProbDemo<-Num2/Deno2
ProbDemo
```

```
## [1] 0.005152915
```

Si un país tiene 50 de índice de derecho a la propiedad y 60 de índice de libertad de comercio, tiene un 0.005 de probabilidad de ser una democracia

¿Cuál es la probabilidad de que sea una **democracia fallida**?

$$\pi_{dem_{fallida}} = 1 - \pi_{dictadura} - \pi_{democracia}$$

```
1-ProbDictadura-ProbDemo
```

```
## [1] 0.3658566
```

Si un país tiene 50 de índice de derecho a la propiedad y 60 de índice de libertad de comercio, tiene un 0.366 de probabilidad de ser una democracia fallida

## Modelo 2

¿Qué sucede si añadimos a nuestras variables independientes una categórica?



La libertad comercial (Business Freedom) es muchas veces reconocida como una variable indispensable en toda democracia. ¿Cuánto afectaría al modelo? Vamos a crear un modelo agregando esta variable al modelo

## Paso 1: Preparación de data

Cambiamos el nombre de la variable

```
demofree$busfree <- demofree$`Business Freedom`
```

La volvemos numérica porque también es un indicador numérico, pero la volveremos dummy para así poder analizarla como categórica.

```
demofree$busfree <- as.numeric(demofree$busfree)
summary(demofree$busfree)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##    18.20   54.40   62.80   63.46   74.50   96.20
```

Para fines prácticos, dividamos esta variable en países con poca libertad comercial y con mucha libertad comercial.

Libertad comercial: Poca Libertad comercial Mucha

```
demofree$busfreef <- ifelse(demofree$busfree<=74.50, "Poca", "Mucha")
table(demofree$busfreef)
```

```
##
## Mucha Poca
##    40   118
```

**Volvemos “Dummy”** Utilizamos el paquete fastDummies para dicotomizar las variables, en select\_columns indicamos qué variable queremos dicotomizar

```
library(fastDummies)
```

```
## Thank you for using fastDummies!
```

```
## To acknowledge our work, please cite the package:
```

```
## Kaplan, J. & Schlegel, B. (2023). fastDummies: Fast Creation of Dummy (Binary) Columns and Rows from
```

```
demofree <- dummy_cols(demofree, select_columns = c("busfreef"))
```

```
names(demofree)
```

```
## [1] "...1"
## [3] "Property Rights"
## [5] "Government Integrity"
## [7] "Gov't Spending"
## [9] "Business Freedom"
## [11] "Monetary Freedom"
## [13] "Investment Freedom"
## [15] "Regime type"
## [16] "Country"
## [17] "Judicial Effectiveness"
## [18] "Tax Burden"
## [19] "Fiscal Health"
## [20] "Labor Freedom"
## [21] "Trade Freedom"
## [22] "Financial Freedom"
## [23] "Electoral process and pluralism"
```

```
## [17] "Fuctioning of government"      "Political participation"
## [19] "Political culture"             "Civil liberties"
## [21] "Overallscore"                 "regimen"
## [23] "property"                     "tradefree"
## [25] "busfree"                      "busfreef"
## [27] "busfreef_Mucha"               "busfreef_Poca"
```

```
table(demofree$busfreef_Poca)
```

```
##
##      0      1
## 40 118
```

```
table(demofree$busfreef_Mucha)
```

```
##
##      0      1
## 118  40
```

## Paso 2: Modelo logístico

```
mod2<- multinom(regimen ~ property + tradefree + busfreef_Poca, data = demofree)
```

```
## # weights:  15 (8 variable)
## initial value 173.580742
## iter  10 value 106.010358
## iter  20 value 103.908845
## iter  30 value 103.901620
## final  value 103.901117
## converged
```

```
summary(mod2)
```

```
## Call:
## multinom(formula = regimen ~ property + tradefree + busfreef_Poca,
##      data = demofree)
##
## Coefficients:
##              (Intercept)    property  tradefree busfreef_Poca
## Dictadura      7.719501 -0.03774142 -0.07454554  -1.0531380
## Democracia  -13.207954  0.14741855  0.01448272   -0.2906452
##
## Std. Errors:
##              (Intercept)    property  tradefree busfreef_Poca
## Dictadura      1.799337  0.01776684  0.02318019    0.6329986
## Democracia      5.733181  0.04076099  0.07219180    0.7317200
##
## Residual Deviance: 207.8022
## AIC: 223.8022
```

## 2.2. Relación de las variables

### Derechos de propiedad

- Coeficiente (dictadura) :-0.03774142

Si un país aumenta en un punto el indicador de derechos a la propiedad, la probabilidad de que sea dictadura a que sea democracia fallida disminuye

- Coeficiente (democracia): 0.14741855

Si un país aumenta en un punto el indicador de derechos a la propiedad, la probabilidad de que sea democracia a que sea democracia fallida aumenta

### Libertad económica

- Coeficiente(dictadura) :-0.07454554

Si un país aumenta en un punto indicador de libre comercio, la probabilidad de que sea dictadura a que sea democracia fallida disminuye

- Coeficiente(democracia):0.01448272

Si un país aumenta en un punto el indicador de libre comercio, la probabilidad de que sea democracia a que sea democracia fallida aumenta

### Poca libertad de comercio

- Coeficiente(busfreef\_Poca): -1.0531380

Cuando un país sí tiene poca libertad de comercio (es 1), la probabilidad de que sea dictadura a que sea democracia fallida disminuye.

- Coeficiente(busfreef\_Poca): -0.2906452

Cuando un país sí tiene poca libertad de comercio (es 1), la probabilidad de que sea democracia a que sea democracia fallida disminuye.

## 2.1: Significancia de las variables

```
test.multinom(mod2,property) # Se colocar test.multinom(nombredelmodelo,variableindependiente1)
```

```
##                               Coeff          SE Odds.ratio          z Pr(>|z|)
## Dictadura|Democracia fallida -0.037741 0.017767    0.96296 -2.1243 0.0336482
## Democracia|Democracia fallida 0.147419 0.040761    1.15884  3.6167 0.0002984
## Democracia|Dictadura         0.185168 0.043629    1.20342  4.2442 2.194e-05
##
## Dictadura|Democracia fallida *
## Democracia|Democracia fallida ***
## Democracia|Dictadura         ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
test.multinom(mod2,tradefree)
```

```
##
## Dictadura|Democracia fallida -0.074546 0.023180 0.92817 -3.2159 0.0013 **
## Democracia|Democracia fallida 0.014483 0.072192 1.01459 0.2006 0.8410
## Democracia|Dictadura 0.089013 0.074139 1.09310 1.2006 0.2299
## ---
## Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
# Se coloca test.multinom(nombredelmodelo,variableindependiente2)
```

### Paso 3: Interpretación de coeficientes con efectos marginales

```
Marg2<-marginaleffects(mod2,type = "probs")
summary(Marg2)[c(1,2,4)]
```

```
##
##          Group      Term Estimate
## Democracia      busfreef_Poca -0.00974
## Democracia      property      0.00934
## Democracia      tradefree      0.00151
## Democracia fallida busfreef_Poca 0.16931
## Democracia fallida property     -0.00223
## Democracia fallida tradefree     0.01022
## Dictadura      busfreef_Poca -0.15957
## Dictadura      property     -0.00710
## Dictadura      tradefree     -0.01172
##
## Columns: term, group, estimate
```

### Paso 4: Recordamos la ecuación

Usemos los siguientes valores:

- Property = 50
- Tradefree= 60
- Busfreef= 1

Probabilidad de que sea dictadura

```
Num1<-exp(7.719501-0.037741424*50-0.07454554*60-1.0531380*1)
Deno1<-1+Num1
ProbDictadura<-Num1/Deno1
ProbDictadura
```

```
## [1] 0.5760452
```

Probabilidad de que sea democracia

```
Num2<- exp(-13.207954+0.14741855*50+0.01448272*60-0.2906452*1)
Deno2<-1+Num2
ProbDemo<-Num2/Deno2
ProbDemo
```

```
## [1] 0.005175098
```

Probabilidad de que sea democracia fallida

```
1-ProbDictadura-ProbDemo
```

```
## [1] 0.4187797
```

## COMPARAR MODELOS

### AIC

Debemos elegir el que arroje un menor valor. Ojo! Solo se usa para comparar modelos.

```
AIC(mod1) #GANADOR
```

```
## [1] 222.6019
```

```
AIC(mod2)
```

```
## [1] 223.8022
```

¿Predice bien mi modelo? Revisemos qué tan bien estarían categorizados mis países según mi modelo 1.

```
table(demofree$regimen)
```

```
##
## Democracia fallida      Dictadura      Democracia
##                84                52                22
```

```
table(demofree$regimen,predict(mod1))
```

```
##
##                Democracia fallida Dictadura Democracia
## Democracia fallida                62         15         7
## Dictadura                        21         31         0
## Democracia                        6          0        16
```

Vemos que ha categorizado a la mayoría de países bien por cada categorías.

Esto también podemos verlo en porcentaje

```
prop.table(table(demofree$regimen,predict(mod1)),1)
```

```
##  
##               Democracia fallida Dictadura Democracia  
## Democracia fallida      0.73809524 0.17857143 0.08333333  
## Dictadura              0.40384615 0.59615385 0.00000000  
## Democracia             0.27272727 0.00000000 0.72727273
```

## PSEUDO R CUADRADO

```
PseudoR2(mod1, which = c("Nagelkerke"))
```

```
## Nagelkerke  
## 0.5381166
```

```
PseudoR2(mod2, which = c("Nagelkerke"))
```

```
## Nagelkerke  
## 0.5491341
```

Según el Pseudo R2, los modelos tienen un nivel de ajuste muy parecido.