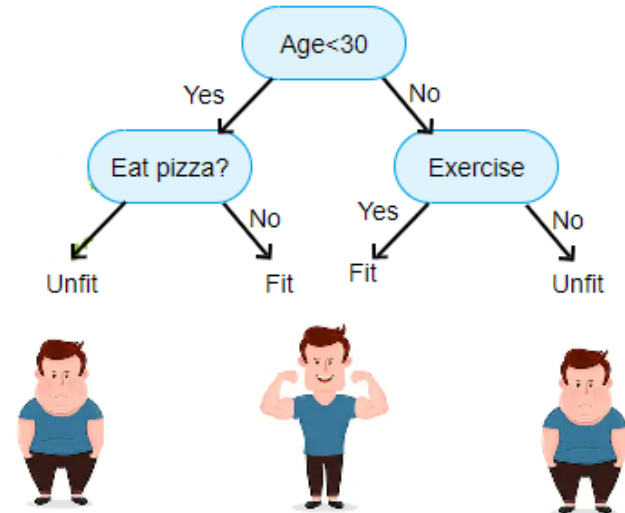


# Árboles de Decisión

## *Decision Trees*

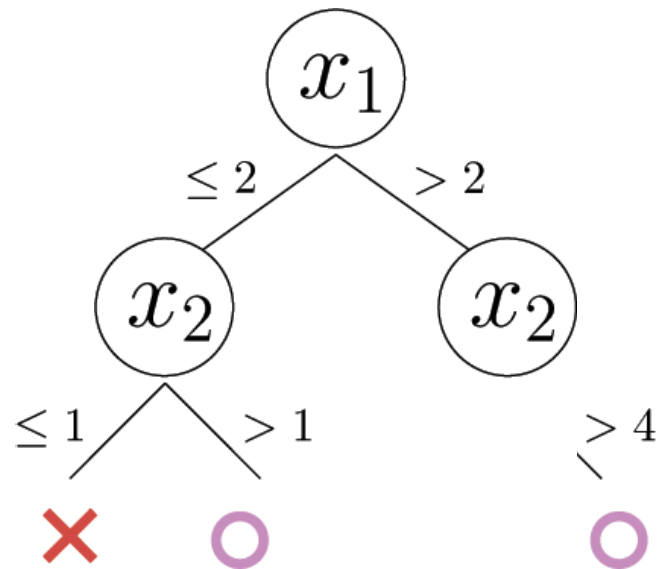
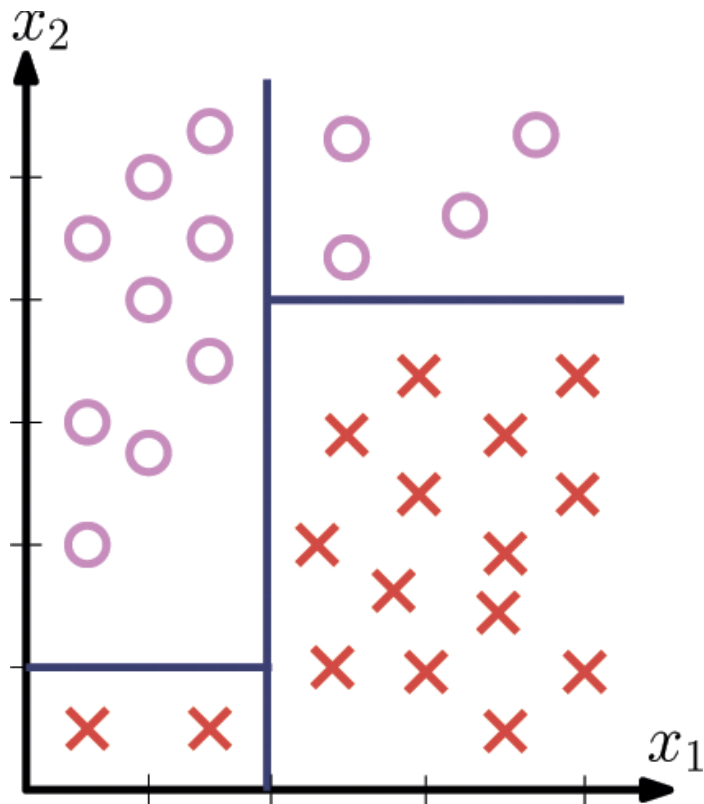
Rafael Zambrano

[rafazamb@gmail.com](mailto:rafazamb@gmail.com)



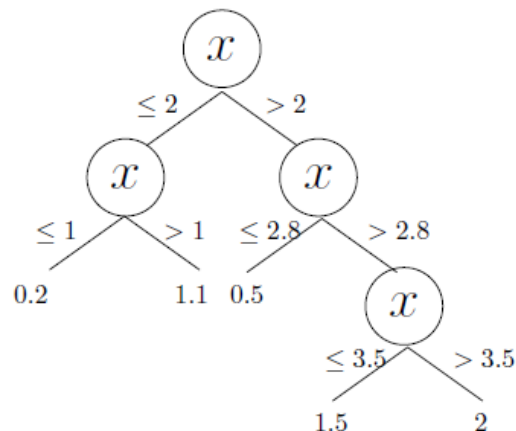
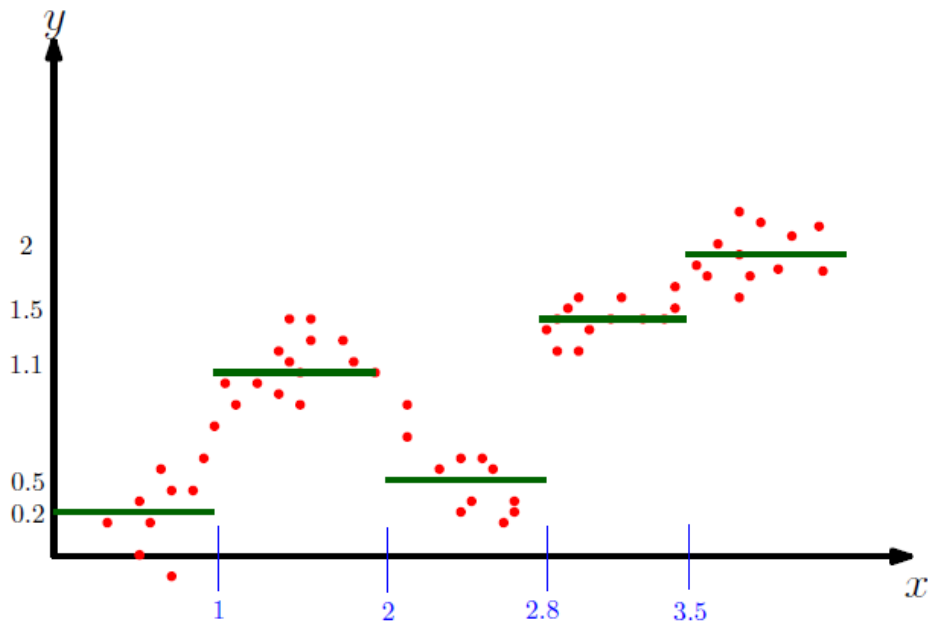
# Árboles de decisión

Clasificación



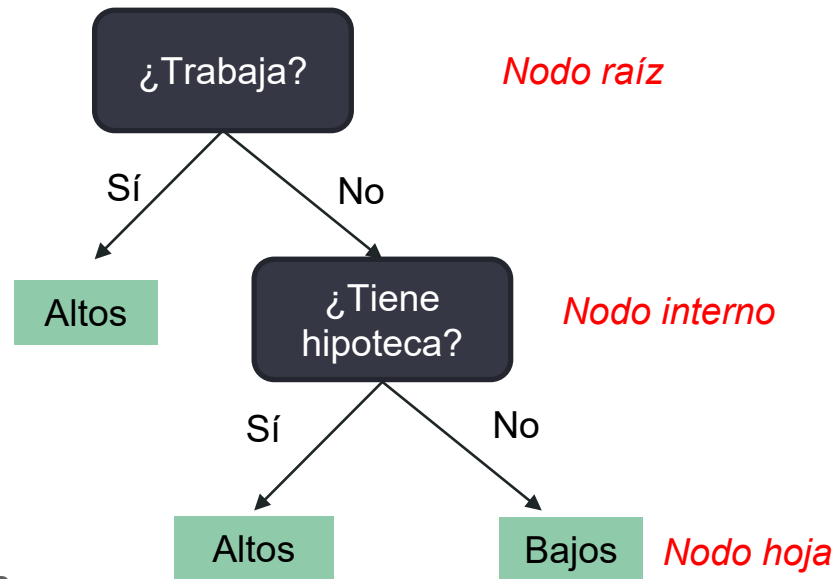
# Árboles de decisión

## Regresión



# Árboles de decisión

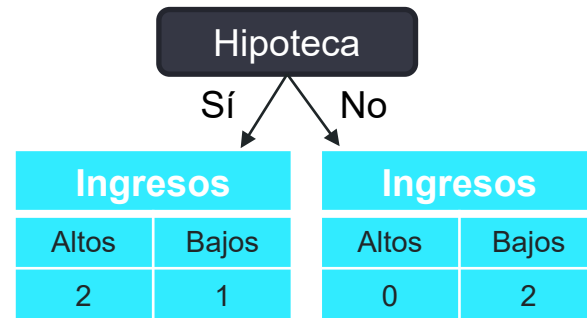
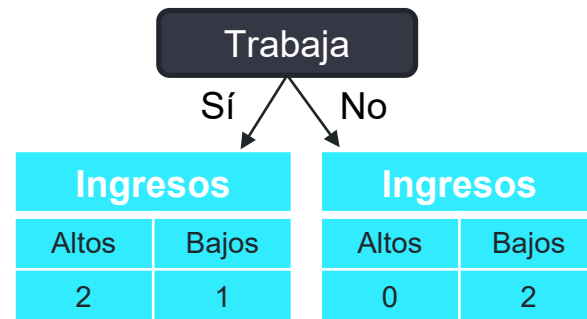
Cliente	Edad	Trabaja	Hipoteca	Ingresos
A	32	SÍ	SÍ	Altos
B	25	SÍ	SÍ	Altos
C	48	NO	NO	Bajos
D	67	NO	SÍ	Bajos
E	18	SÍ	NO	Bajos



- Pueden utilizarse en regresión y clasificación
- ¿Qué variable utilizar para segmentar en cada nodo?

# Árboles de decisión

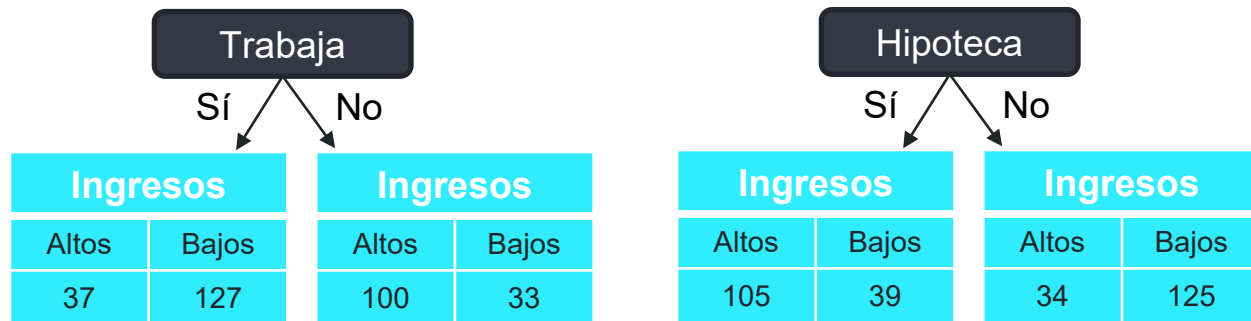
Cliente	Edad	Trabaja	Hipoteca	Ingresos
A	32	SÍ	SÍ	Altos
B	25	SÍ	SÍ	Altos
C	48	NO	NO	Bajos
D	67	NO	SÍ	Bajos
E	18	SÍ	NO	Bajos



- Hay que medir cómo de bien separan las variables candidatas a la variable objetivo

# Árboles de decisión

- Imaginemos que para un dataset completo obtenemos los siguientes resultados

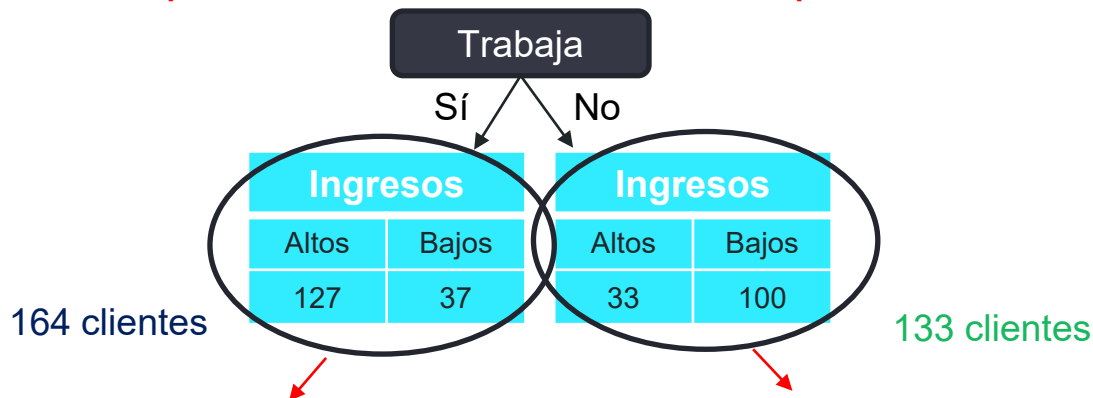


- Normalmente, ninguna de las variables consigue separar perfectamente a la variable objetivo (existe impureza)
- La métrica más común para medir impurezas se conoce como “**Gini**”

# Árboles de decisión

- Impureza de Gini, para cada nodo hoja:

1- (probabilidad de la clase 1)<sup>2</sup> - (probabilidad de la clase 2)<sup>2</sup>



$$1 - \left( \frac{127}{127 + 37} \right)^2 - \left( \frac{37}{37 + 127} \right)^2 = 0.35$$

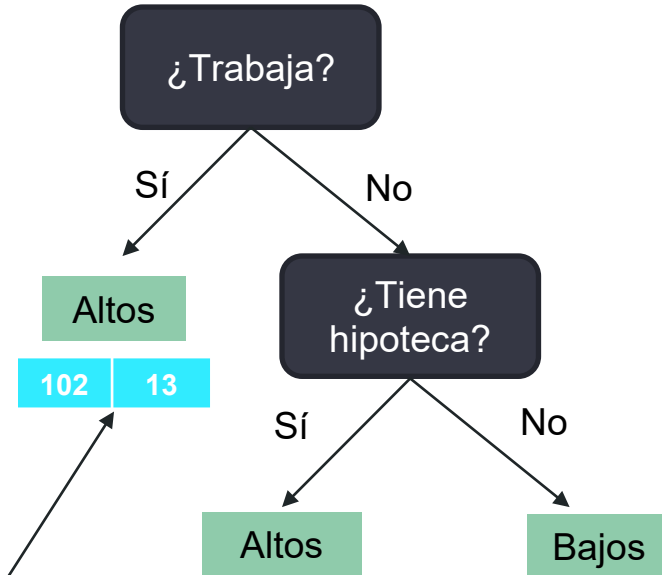
$$1 - \left( \frac{33}{33 + 100} \right)^2 - \left( \frac{100}{33 + 100} \right)^2 = 0.37$$

- Impureza de Gini total de la variable "Trabaja":

$$0.35 \cdot \left( \frac{164}{164 + 133} \right) + 0.37 \cdot \left( \frac{133}{164 + 133} \right) = 0.36$$

# Árboles de decisión

- Impureza de Gini total de la variable “Trabaja”: 0.360
- Impureza de Gini total de la variable “Hipoteca”: 0.364
- La variable “trabaja” tiene menos impureza, por lo que funciona mejor a la hora de separar la variable objetivo, utilizándose como nodo raíz
- Este proceso se repite en los nodos intermedios con las variables distintas a la del nodo raíz
- Un nodo se convierte en hoja cuando ninguna variable separa mejor el resultado de ese nodo



$$\text{Gini (nodo): } 1 - \left(\frac{102}{102+13}\right)^2 - \left(\frac{13}{102+13}\right)^2 = 0.2$$

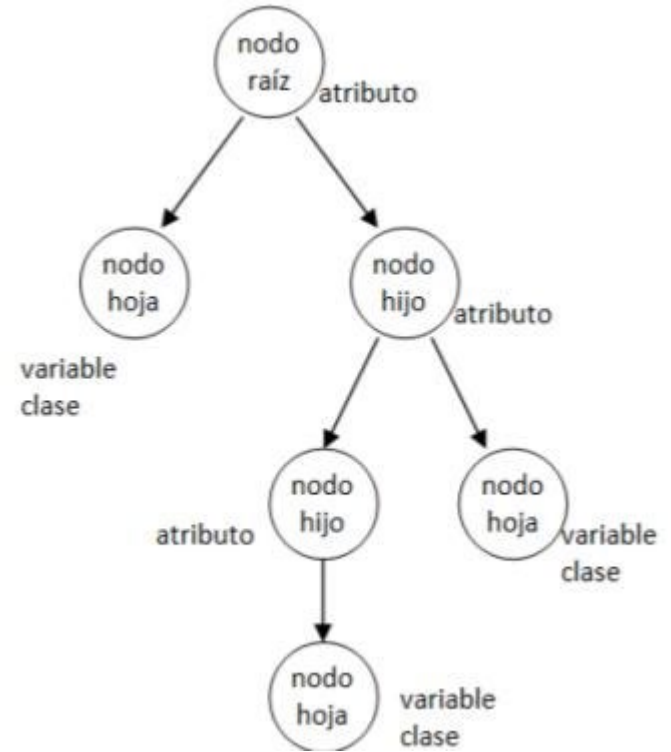
Gini ("Hipoteca") > 0.2



# Árboles de decisión

Pasos para construir un árbol de decisión:

1. Calcular el índice de Gini para cada variable
2. Si el nodo en sí tiene el menor Gini, se convierte en hoja
3. Si utilizar una variable para separar mejora el resultado, se utilizará la variable con el menor Gini

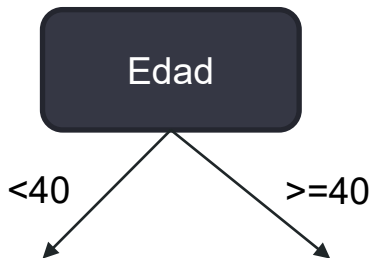


# Árboles y variables numéricas

Edad	Ingresos
32	Altos
25	Altos
48	Bajos
67	Bajos
18	Bajos

¿Cómo determinar cuál es el mejor corte para dividir el target?

- 1) Ordenar de menor a mayor
- 2) Calcular la media para pares adyacentes
- 3) Calcular el índice Gini para cada media
- 4) Escoger el corte que tenga el menor Gini



Edad	Ingresos
18	Bajos
25	Altos
32	Altos
48	Bajos
67	Bajos

21.5

28.5

40

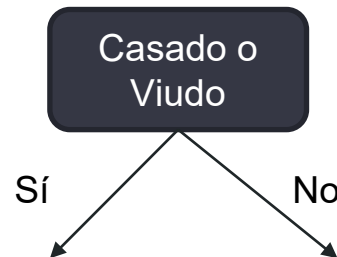
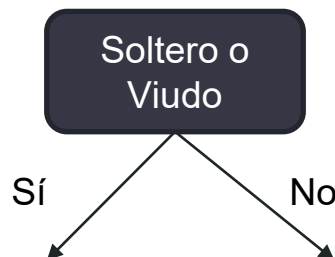
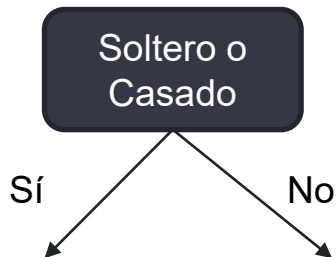
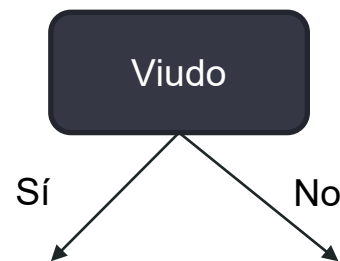
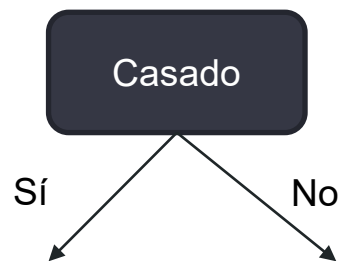
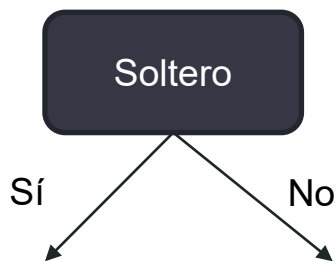
57.5

Gini (21.5) = 0.3  
Gini (28.5) = 0.47  
**Gini (40) = 0.27**  
Gini (57.5) = 0.4

# Árboles y variables categóricas

Estado civil	Ingresos
Soltero	Altos
Casado	Altos
Viudo	Bajos
Casado	Bajos
Soltero	Bajos

Se calcula el índice Gini para todas las combinaciones y se escoge el menor



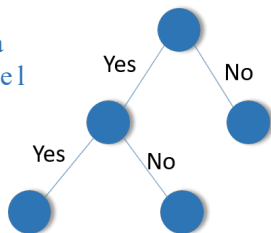
# Árboles de Decisión

EJEMPLO: Queremos clasificar los ingresos de los jugadores en dos categorías: ALTOS y BAJOS



Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

¿Qué variable utilizar para segmentar en cada nodo del árbol?



# Árboles de Decisión

- Hay que medir cómo de bien separan las variables candidatos a la variable objetivo
- Normalmente, ninguna de las variables consigue separar perfectamente a la variable objetivo (existe impureza)
- La métrica más común para medir impurezas se conoce como “ **Gini**”

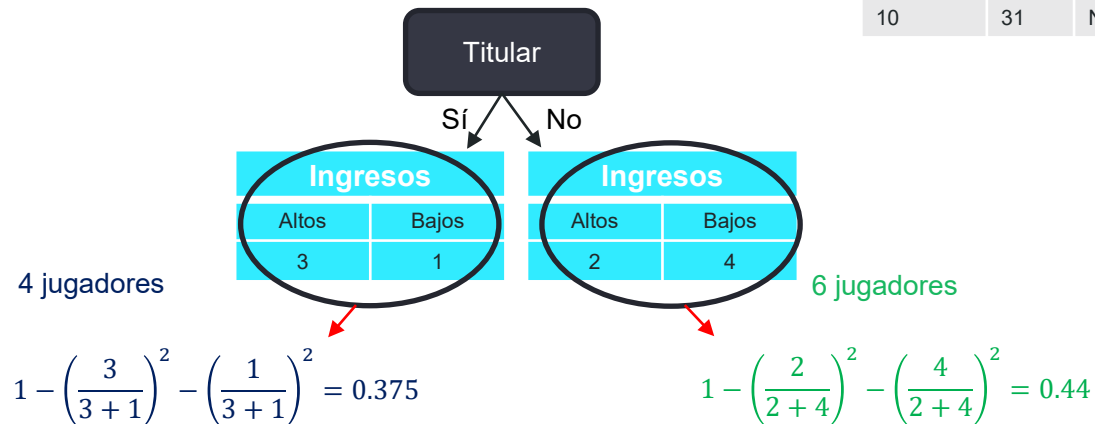
Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

¿Qué variable tiene menos impureza?

# Árboles de Decisión

- Impureza de Gini, para cada nodo:

1- (probabilidad de la clase 1)<sup>2</sup> - (probabilidad de la clase 2)<sup>2</sup>



$$0.375 \cdot \left(\frac{4}{10}\right) + 0.44 \cdot \left(\frac{6}{10}\right) = \mathbf{0.414}$$

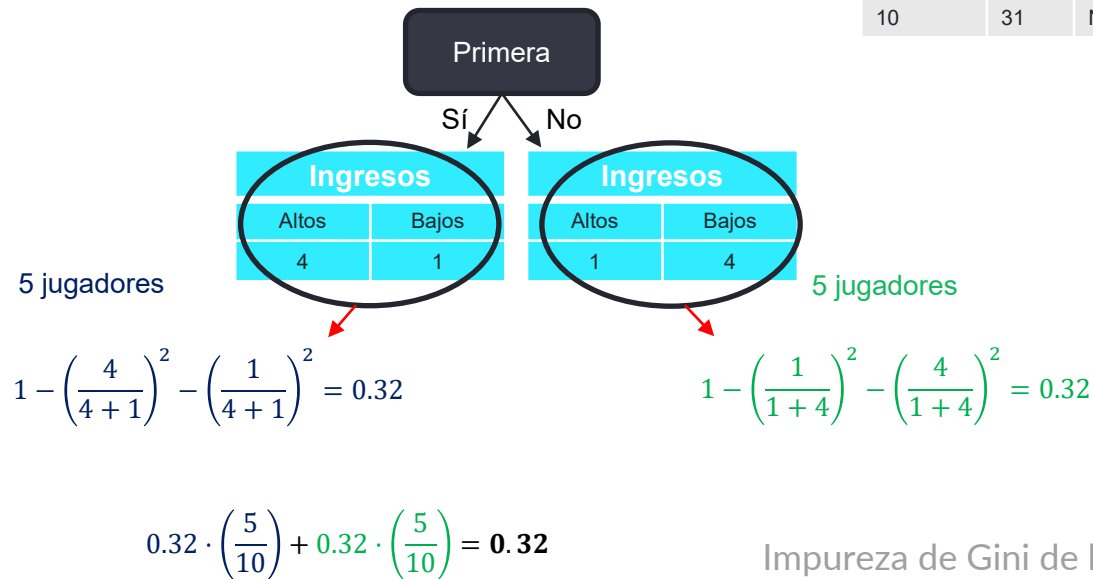
Impureza de Gini de la variable “**Titular**”

Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

# Árboles de Decisión

- Impureza de Gini, para cada nodo:

1- (probabilidad de la clase 1)<sup>2</sup> - (probabilidad de la clase 2)<sup>2</sup>



Impureza de Gini de la variable “Primera”

Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

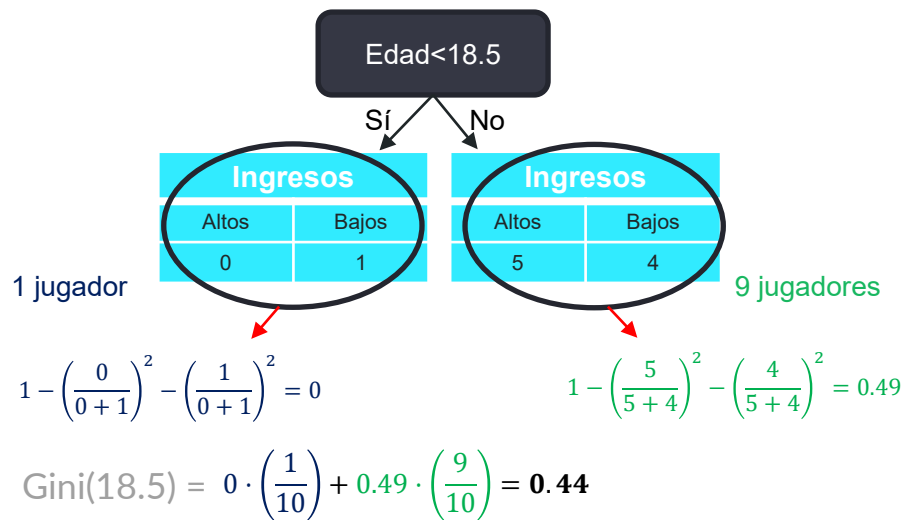
# Árboles de Decisión

## En variables numéricas:

1. Ordenar de menor a mayor
2. Calcular la media para pares adyacentes
3. Calcular el índice Gini para cada media
4. Escoger el que tenga el menor Gini

Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

Edad	INGRESOS
18	BAJOS
19	ALTOS
19	BAJOS
20	ALTOS
20	BAJOS
24	BAJOS
28	ALTOS
29	ALTOS
30	ALTOS
31	BAJOS



Gini(18.5) = 0.44  
 Gini(19) = 0.44  
 Gini(19.5) = 0.48  
 Gini(20) = 0.48  
 Gini(22) = 0.48  
**Gini(26) = 0.42**  
 Gini(28.5) = 0.48  
 Gini(29.5) = 0.5  
 Gini(30.4) = 0.44



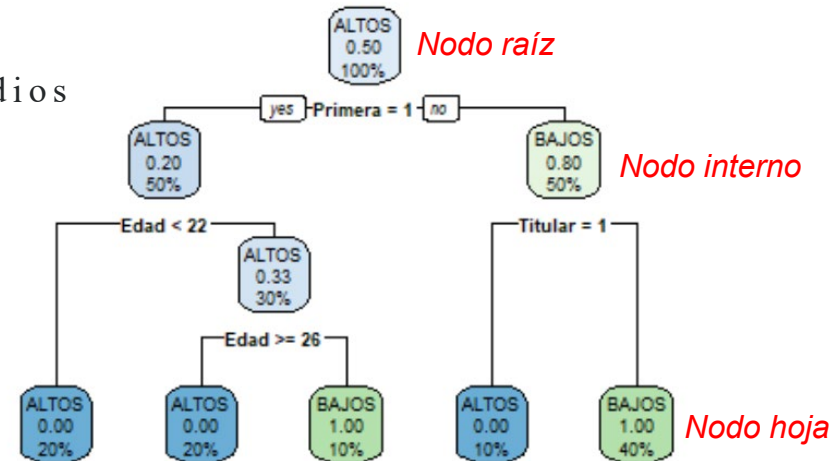
# Árboles de Decisión

- Impureza Gini de la variable “ **Edad** ”: 0.42
- Impureza Gini de la variable “ **Primera** ”: **0.32**
- Impureza Gini de la variable “ **Titular** ”: 0.41

Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

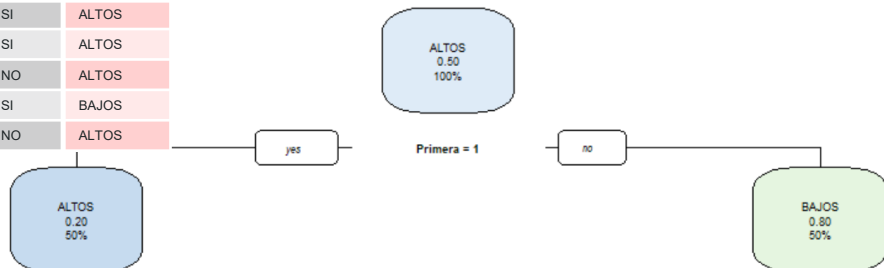
⇒ La variable “Primera” tiene menos impureza, por lo que funciona mejor a la hora de separar la variable objetivo, utilizándose como nodo raíz

- Este proceso se repite en los nodos intermedios
- Un nodo se convierte en hoja cuando ninguna variable separa mejor el resultado de ese nodo



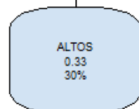
# Árboles de Decisión

Edad	Primera	Titular	INGRESOS
19	SI	SI	ALTOS
20	SI	SI	ALTOS
28	SI	NO	ALTOS
24	SI	SI	BAJOS
29	SI	NO	ALTOS

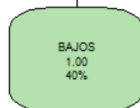
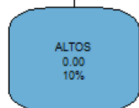
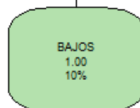
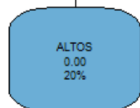
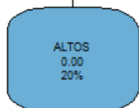


Edad < 22

Edad	Primera	Titular	INGRESOS
19	SI	SI	ALTOS
20	SI	SI	ALTOS



Edad >= 26



Jugador	Edad	Primera	Titular	INGRESOS
1	19	SI	SI	ALTOS
2	20	SI	SI	ALTOS
3	20	NO	NO	BAJOS
4	19	NO	NO	BAJOS
5	28	SI	NO	ALTOS
6	24	SI	SI	BAJOS
7	18	NO	NO	BAJOS
8	29	SI	NO	ALTOS
9	30	NO	SI	ALTOS
10	31	NO	NO	BAJOS

# ¡Gracias!

Contacto: Rafael Zambrano

[rafazamb@gmail.com](mailto:rafazamb@gmail.com)