

# **Clasificación: Aspectos Prácticos**

Medidas para evaluar y comparar el  
rendimiento de los clasificadores

Carlos Cano

Elena Ruiz

Inteligencia de Negocio  
Grado en Ingeniería Informática

# Precisión y Matriz de Confusión

- Precisión o *Accuracy*: dividir las predicciones correctas entre el número total de predicciones.
  - Ejemplo:  $Acc = 0.803$  significa que nuestro modelo acierta en el 80.3% de los casos

$$Acc = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

- Matriz de Confusión

		PREDICCIÓN	
		POSITIVO	NEGATIVO
CLASE REAL	POSITIVO	True Positives (TP)	False Negatives (FN)
	NEGATIVO	False Positives (FP)	True Negatives (TN)

# Paradoja del *Accuracy*

- Suponemos que evaluamos tres modelos para nuestro problema de cáncer de mama:
  - Modelo 1: Predice siempre 'No'  $\rightarrow Acc = 201/286 = 0.7028$
  - Modelo 2: Predice siempre 'Sí'  $\rightarrow Acc = 85/286 = 0.2972$
  - Modelo 3: Árbol de decisión  $\rightarrow Acc = 0.6923$

¿Cuál es el mejor modelo?

# Paradoja del *Accuracy*

Predice siempre 'No'

Clase / pred	NO	SI
NO	201	0
SI	85	0
Total	286	0

Predice siempre 'Sí'

Clase / pred	NO	SI
NO	0	201
SI	0	85
Total	0	286

Árbol de decisión

Clase / pred	NO	SI
NO	188	13
SI	75	10
Total	263	23

# Paradoja de *Accuracy*

- ¿Es siempre *accuracy* una buena medida del *poder predictivo*?
- ¿Por qué en este problema el *accuracy* no es efectivo?

## EL PROBLEMA DE LAS CLASES NO BALANCEADAS

Cuando las clases no están completamente balanceadas conviene emplear otras medidas de evaluación que tienen en cuenta la distribución del error entre clases

# ***Sensitivity y Specificity***

- True Positive Rate (TPR), *Recall* o *Sensitivity*: predicciones positivas correctas entre el nº total de positivos

$$TPR = \frac{TP}{P} = \frac{TP}{TP + FN}$$

- True Negative Rate (TNR) o *Specificity*: predicciones negativas correctas entre el nº total de negativos

$$TNR = \frac{TN}{N} = \frac{TN}{TN + FP}$$

# ***False Positive Rate y False Negative Rate***

- False Positive Rate (FPR): predicciones positivas incorrectas entre nº total de negativos

$$\mathbf{FPR = \frac{FP}{N} = \frac{FP}{TN + FP}}$$

- False Negative Rate (FNR): predicciones negativas incorrectas entre nº total de positivos

$$\mathbf{FNR = \frac{FN}{P} = \frac{FN}{TP + FN}}$$

# ***Positive Predictive Value***

- Positive Predictive Value (PPV) o *Precision*: predicciones positivas correctas entre el nº total de predicciones positivas

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP}$$



# Resultados Caso Práctico

	TPR	TNR	FPR	FNR
Siempre NO	0	1	0	1
Siempre SI	1	0	1	0
Árbol de decisión	0,12	0,94	0,065	0,85

Ninguna de estas métricas por sí misma, individualmente, es representativa del poder predictivo del clasificador. Es necesario combinarlas

# ***Receiver Operating Characteristic Curve (Curva ROC)***

- En problemas complejos un clasificador aumentará el número de *True Positives* (TP) a costa de incrementar también el de *False Positives* (FP) –no al mismo ritmo.
- Se busca un clasificador que sea capaz de incrementar TP a un ritmo (mucho) mayor que FP.

# ***Receiver Operating Characteristic Curve (Curva ROC)***

- Los gráficos ROC son gráficos bidimensionales en los cuales se representa FPR (*False Positive Rate*) en el eje X y TPR (*True Positive Rate*) en el eje Y.
- Un gráfico ROC muestra el compromiso entre beneficio (*True Positives*) y coste (*False Positives*).

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27(8), 861-874.

# ***Receiver Operating Characteristic Curve (Curva ROC)***

Dos tipos de clasificadores:

- A. Discretos: solo devuelven una etiqueta de clase para cada ejemplo de test.
- B. No discretos: devuelven probabilidades o *scores*.

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27(8), 861-874.

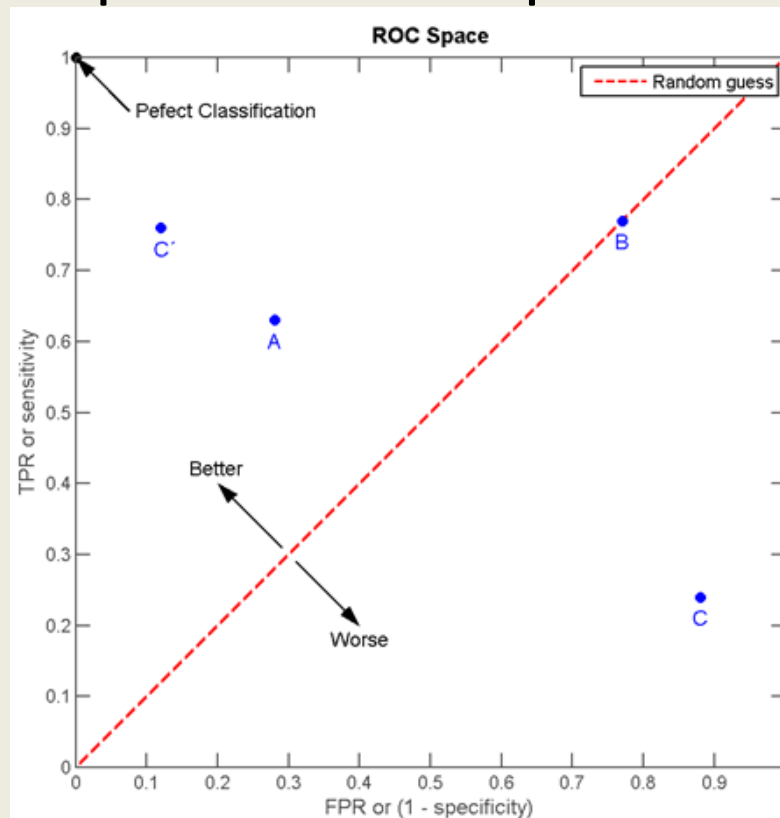
# ***Receiver Operating Characteristic Curve (Curva ROC)***

Dos tipos de clasificadores:

- A. Discretos: solo devuelven una etiqueta de clase para cada ejemplo de test.
  - Tienen valores concretos de TPR y FPR que se corresponden con un único punto en el espacio ROC (*punto ROC*)
  - Un punto es mejor que otro si está al noroeste de él.

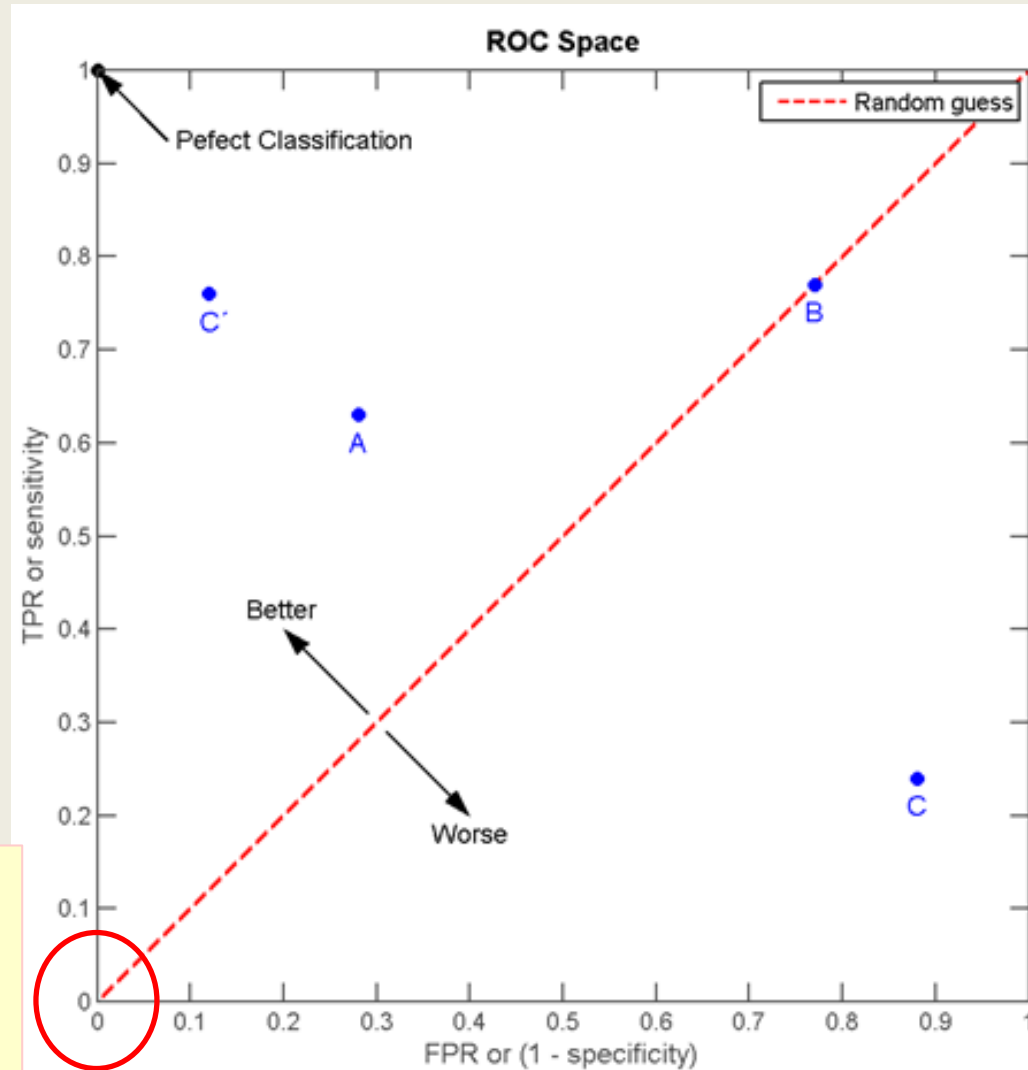
# Curva ROC

- Clasificadores discretos: a cada clasificador le corresponde un punto en el espacio ROC



By ROC\_space.png: Indonderivative work: Kai walz (talk) - ROC\_space.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8326140>

# Curva ROC

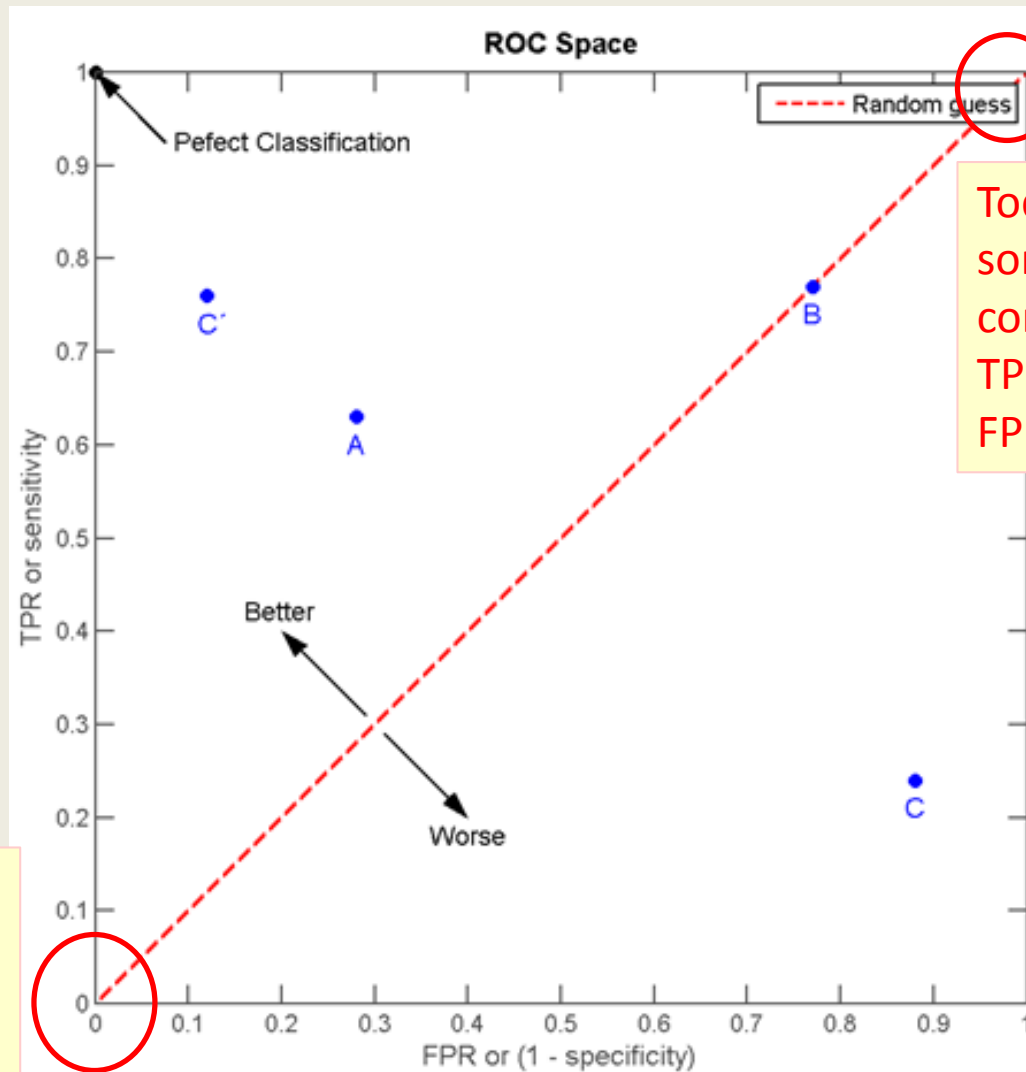


Ningún ejemplo es clasificado como positivo

TPR = 0

FPR = 0

# Curva ROC



Ningún ejemplo es clasificado como positivo

TPR = 0

FPR = 0

Todos los ejemplos son clasificados como positivos

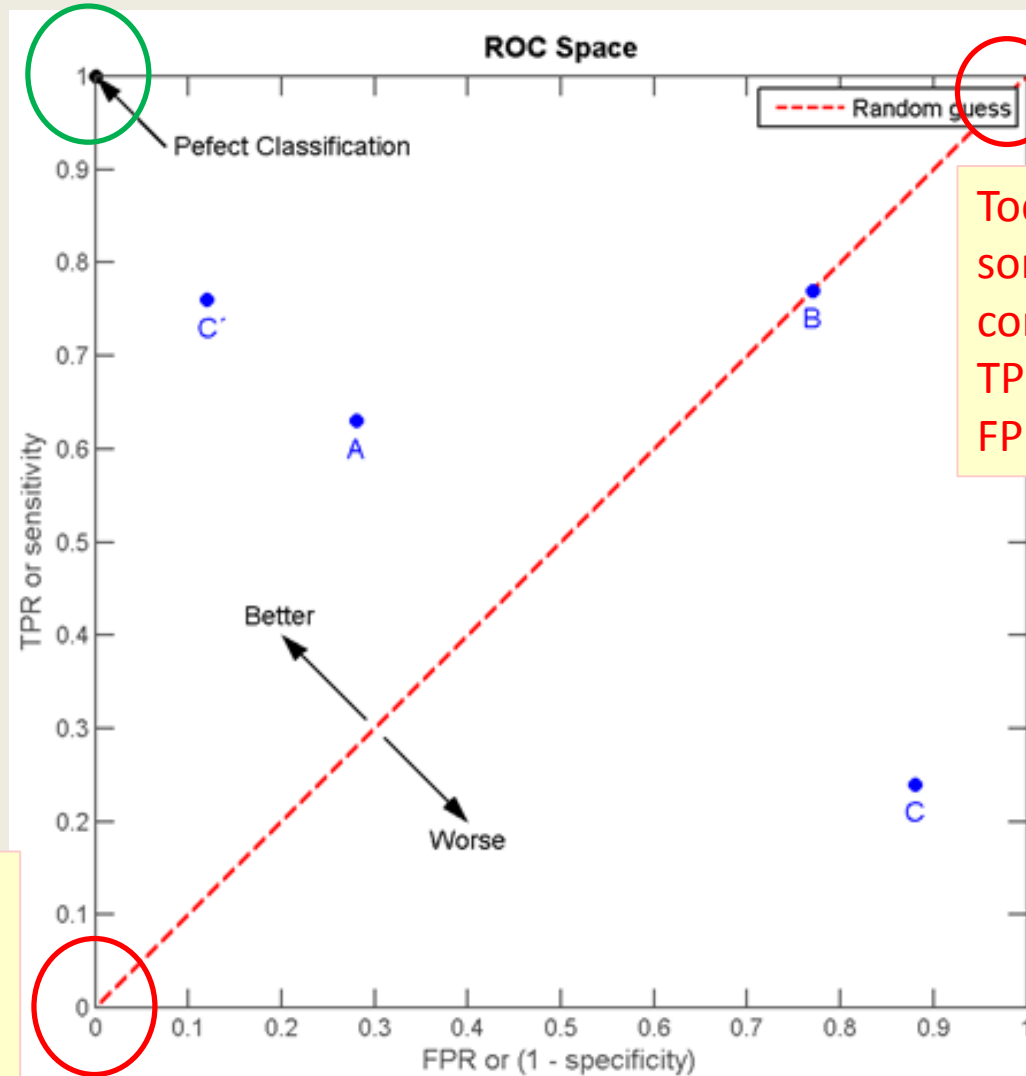
TPR = 1

FPR = 1



# Curva ROC

Clasificación  
Perfecta



Ningún ejemplo es  
clasificado como  
positivo

TPR = 0

FPR = 0

Todos los ejemplos  
son clasificados  
como positivos  
TPR = 1  
FPR = 1

# Curva ROC

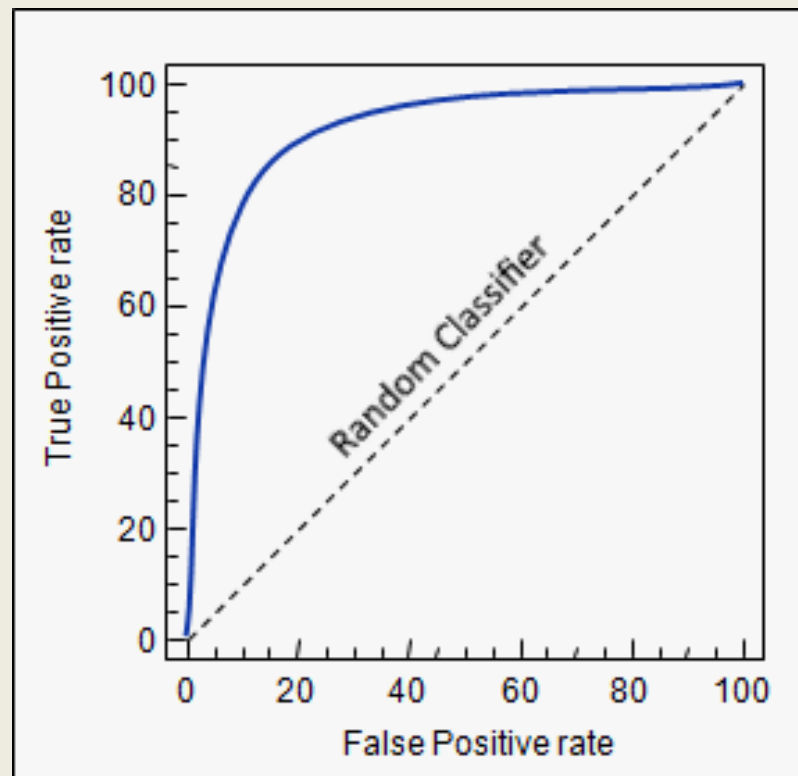
Dos tipos de clasificadores:

B. Clasificadores no discretos: devuelven probabilidades o scores.

- Se pueden discretizar fijando un umbral
- Conceptualmente, si variamos dicho umbral desde  $-\infty$  hasta  $+\infty$  podemos dibujar los puntos de la curva ROC
- Para cada valor del umbral tengo una discretización distinta (como un clasificador discreto distinto)

# Curva ROC

- Clasificadores no discretos: para cada posible valor del umbral tengo un TPR y un FPR.



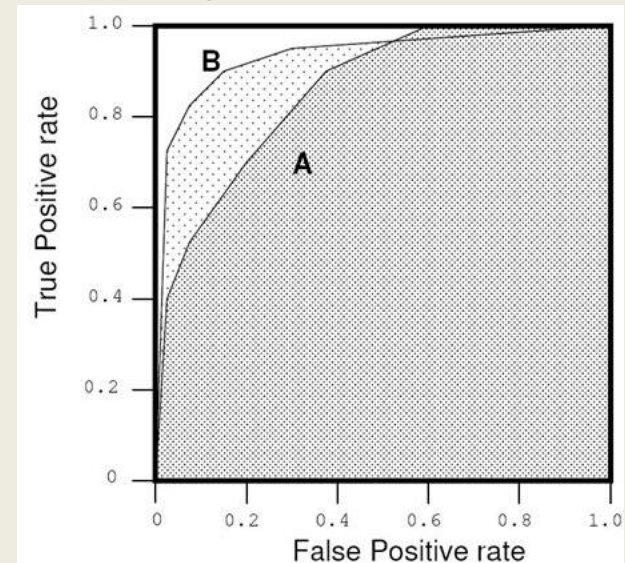
# *Area Under Curve (AUC)*

- Una curva ROC es una representación bidimensional del rendimiento de un clasificador
- El área bajo la curva ROC (AUC) permite representar en un único valor el rendimiento del clasificador. Esto puede resultar útil para realizar comparativas entre clasificadores

$$AUC = \frac{1 + TPR - FPR}{2}$$

Máximo AUC posible = 1

AUC del clasificador aleatorio = 0.5



# Resultados Caso Práctico

$$AUC = \frac{1 + TPR - FPR}{2}$$

	TPR	TNR	FPR	FNR	AUC
Siempre NO	0	1	0	1	0,5
Siempre SI	1	0	1	0	0,5
Árbol de decisión	0,12	0,94	0,065	0,85	0,53

AUC trata de maximizar el acierto en ambas clases con un buen balance entre ambas

# ***G-mean***

- *G-mean*: media geométrica de TPR y TNR

$$\mathbf{Gmean} = \sqrt{\frac{TP}{TP + FN} \cdot \frac{TN}{TN + FP}} = \sqrt{TPR \cdot TNR}$$

G-mean trata de maximizar el acierto en ambas clases con un buen balance entre ambas

# Resultados Caso Práctico

$$Gmean = \sqrt{\frac{TP}{TP + FN} \cdot \frac{TN}{TN + FP}} = \sqrt{TPR \cdot TNR}$$

	TPR	TNR	FPR	FNR	AUC	G-mean
Siempre NO	0	1	0	1	0,5	0
Siempre SI	1	0	1	0	0,5	0
Árbol de decisión	0,12	0,94	0,065	0,85	0,53	0,33

G-mean, al igual que AUC, trata de maximizar el acierto en ambas clases (Siempre NO y Siempre SI coinciden en ambas medidas)

Sin embargo, en ciertos problemas puede que consideremos más relevantes los errores en una clase que en otra.

# ***F1-score***

- *F1-score*: media armónica de PPV y TPR (también llamado *F-score* o *F-measure*)

$$F1 = 2 \cdot \frac{PPV \cdot TPR}{PPV + TPR}$$

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$F1 = \frac{2 \cdot TP}{2 \cdot TP + FP + FN}$$



# Resultados Caso Práctico

$$F1 = \frac{2 \cdot TP}{2 \cdot TP + FP + FN}$$

	TPR	TNR	FPR	FNR	AUC	G-mean	F1
Siempre NO	0	1	0	1	0,5	0	0
Siempre SI	1	0	1	0	0,5	0	0,46
Árbol de decisión	0,12	0,94	0,065	0,85	0,53	0,33	0,19

F1-score penaliza más los errores al clasificar ejemplos positivos (FN) que los errores al clasificar ejemplos negativos (FP) [Siempre SI es el que consigue mejor F1]

# ***G-measure***

- *G-measure*: media geométrica de PPV y TPR

$$*Gmeasure* = \sqrt{\frac{TP}{TP + FP} \cdot \frac{TP}{TP + FN}} = \sqrt{PPV \cdot TPR}$$

# Resultados Caso Práctico

$$Gmeasure = \sqrt{\frac{TP}{TP + FP} \cdot \frac{TP}{TP + FN}} = \sqrt{PPV \cdot TPR}$$

	TPR	TNR	FPR	FNR	AUC	G-mean	F1	G-measure
Siempre NO	0	1	0	1	0,5	0	0	0
Siempre SI	1	0	1	0	0,5	0	0,46	0,297
Árbol de decisión	0,12	0,94	0,065	0,85	0,53	0,33	0,19	0,052

G-measure, de forma similar a F1-score, penaliza más los errores al clasificar ejemplos positivos (FN) que los errores al clasificar ejemplos negativos (FP) [Siempre SI es el que consigue un G-measure más alto]

# Bibliografía

- <https://sci2s.ugr.es/imbalanced>
- <https://machinelearningmastery.com/classification-accuracy-is-not-enough-more-performance-measures-you-can-use/>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Sensitivity\\_and\\_specificity](https://en.wikipedia.org/wiki/Sensitivity_and_specificity)
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27(8), 861-874.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Receiver\\_operating\\_characteristic#Area\\_under\\_the\\_curve](https://en.wikipedia.org/wiki/Receiver_operating_characteristic#Area_under_the_curve)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/F1\\_score](https://en.wikipedia.org/wiki/F1_score)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Fowlkes%E2%80%93Mallows\\_index](https://en.wikipedia.org/wiki/Fowlkes%E2%80%93Mallows_index)