Aplicación de Ciencia de Datos en la Optimización de modelos predictivos para la estimación de mortalidad en Ictus Isquémico

Luis Téllez Ramírez
Jesús Martínez Gómez
Juan Manuel García Torrecillas

Universidad de Castilla La Mancha

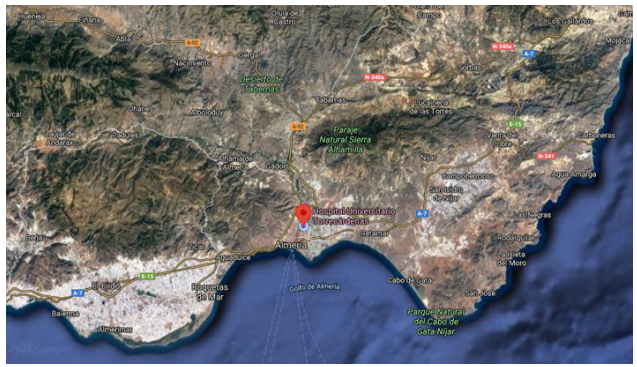
Defensa del TFM 20/21

Índice

Antes de empezar

- TFM completamente distinto.

(a)



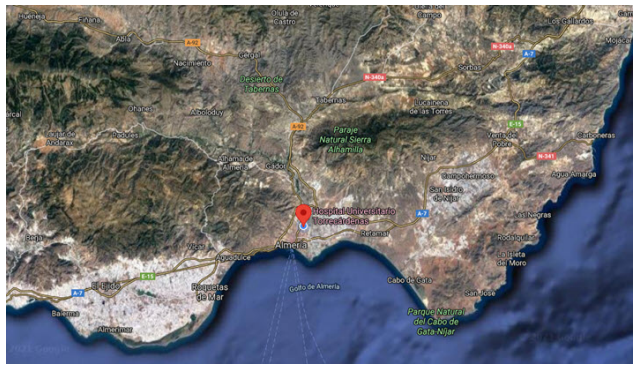
(b)

- Problema abierto a día de hoy (abierto a sugerencias).
- Grupo de investigación (Juan Manuel García Torrecillas).
- Usar las técnicas obtenidas a lo largo del máster.
- Aportar otro enfoque nuevo y diferente.

Antes de empezar

- TFM completamente distinto.

(c)



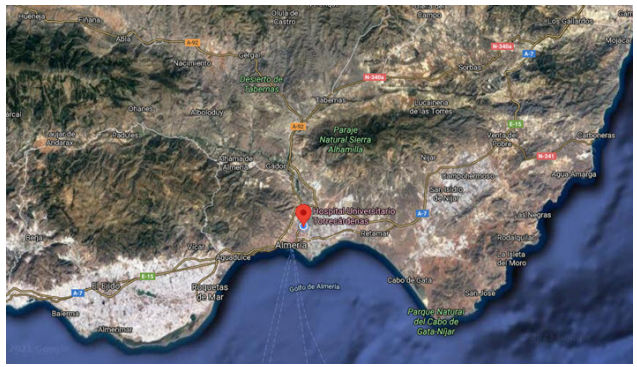
(d)

- Problema abierto a día de hoy (abierto a sugerencias).
- Grupo de investigación (Juan Manuel García Torrecillas).
- Usar las técnicas obtenidas a lo largo del máster.
- Aportar otro enfoque nuevo y diferente.

Antes de empezar

- TFM completamente distinto.

(e)



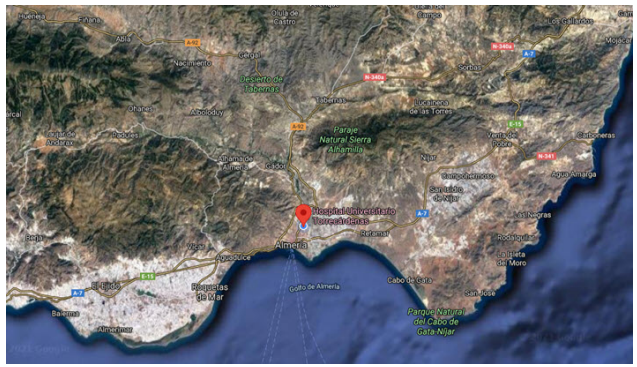
(f)

- Problema abierto a día de hoy (abierto a sugerencias).
- Grupo de investigación (Juan Manuel García Torrecillas).
- Usar las técnicas obtenidas a lo largo del máster.
- Aportar otro enfoque nuevo y diferente.

Antes de empezar

- TFM completamente distinto.

(g)



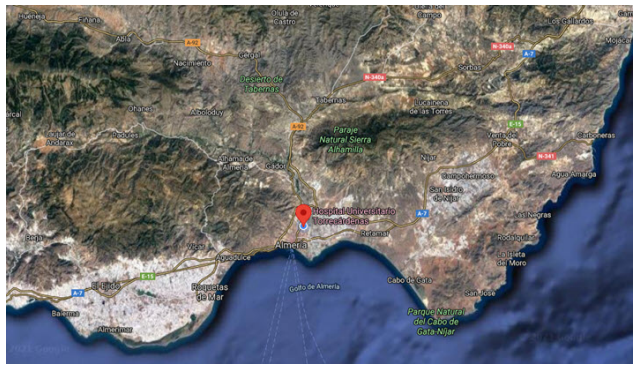
(h)

- Problema abierto a día de hoy (abierto a sugerencias).
- Grupo de investigación (Juan Manuel García Torrecillas).
- Usar las técnicas obtenidas a lo largo del máster.
- Aportar otro enfoque nuevo y diferente.

Antes de empezar

- TFM completamente distinto.

(i)



(j)

- Problema abierto a día de hoy (abierto a sugerencias).
- Grupo de investigación (Juan Manuel García Torrecillas).
- Usar las técnicas obtenidas a lo largo del máster.
- Aportar otro enfoque nuevo y diferente.

¿Por qué es un problema?

- El ictus isquémico supone la segunda causa de mortalidad en nuestro país en la población general [1].
- La primera causa de mortalidad en la mujer [1].
- A nivel mundial el ictus es la segunda causa de mortalidad y la tercera más común en los países industrializados [2].
- La mortalidad hospitalaria se sitúa en torno al 12.9 % [3].

¿Por qué es un problema?

- El ictus isquémico supone la segunda causa de mortalidad en nuestro país en la población general [1].
- La primera causa de mortalidad en la mujer [1].
- A nivel mundial el ictus es la segunda causa de mortalidad y la tercera más común en los países industrializados [2].
- La mortalidad hospitalaria se sitúa en torno al 12.9 % [3].

¿Por qué es un problema?

- El ictus isquémico supone la segunda causa de mortalidad en nuestro país en la población general [1].
- La primera causa de mortalidad en la mujer [1].
- A nivel mundial el ictus es la segunda causa de mortalidad y la tercera más común en los países industrializados [2].
- La mortalidad hospitalaria se sitúa en torno al 12.9 % [3].

¿Por qué es un problema?

- El ictus isquémico supone la segunda causa de mortalidad en nuestro país en la población general [1].
- La primera causa de mortalidad en la mujer [1].
- A nivel mundial el ictus es la segunda causa de mortalidad y la tercera más común en los países industrializados [2].
- La mortalidad hospitalaria se sitúa en torno al 12.9 % [3].

¿Por qué se puede/debe estudiar?

- Se han detectado una serie de factores de riesgo que permiten estimar la probabilidad de fallecer o presentar secuelas [3].
- Ya existen trabajos que permiten desarrollar modelos predictivos para estimar dicha mortalidad [4][5].
- Un plan integral de actuaciones desde la llegada del paciente aumenta las probabilidades de recuperación de este.
- El tiempo, las medidas, la formación y el equipo que presta atención se ha demostrado ser un factor determinante en la tasa de mortalidad intrahospitalaria.

¿Por qué se puede/debe estudiar?

- Se han detectado una serie de factores de riesgo que permiten estimar la probabilidad de fallecer o presentar secuelas [3].
- Ya existen trabajos que permiten desarrollar modelos predictivos para estimar dicha mortalidad [4][5].
- Un plan integral de actuaciones desde la llegada del paciente aumenta las probabilidades de recuperación de este.
- El tiempo, las medidas, la formación y el equipo que presta atención se ha demostrado ser un factor determinante en la tasa de mortalidad intrahospitalaria.

¿Por qué se puede/debe estudiar?

- Se han detectado una serie de factores de riesgo que permiten estimar la probabilidad de fallecer o presentar secuelas [3].
- Ya existen trabajos que permiten desarrollar modelos predictivos para estimar dicha mortalidad [4][5].
- Un plan integral de actuaciones desde la llegada del paciente aumenta las probabilidades de recuperación de este.
- El tiempo, las medidas, la formación y el equipo que presta atención se ha demostrado ser un factor determinante en la tasa de mortalidad intrahospitalaria.

¿Por qué se puede/debe estudiar?

- Se han detectado una serie de factores de riesgo que permiten estimar la probabilidad de fallecer o presentar secuelas [3].
- Ya existen trabajos que permiten desarrollar modelos predictivos para estimar dicha mortalidad [4][5].
- Un plan integral de actuaciones desde la llegada del paciente aumenta las probabilidades de recuperación de este.
- El tiempo, las medidas, la formación y el equipo que presta atención se ha demostrado ser un factor determinante en la tasa de mortalidad intrahospitalaria.

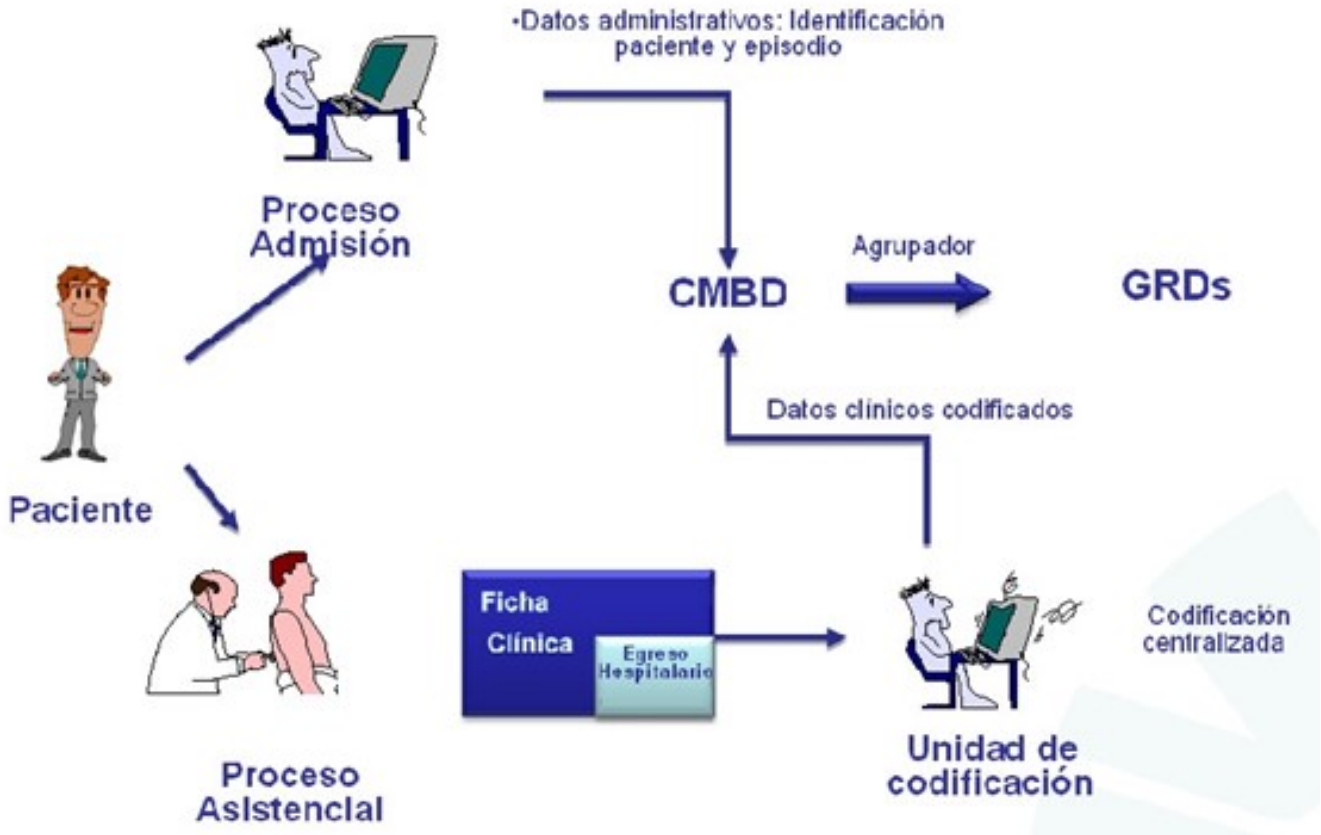
Hipótesis del trabajo

- Es posible identificar determinadas variables contenidas en el CMBD asociadas a la mortalidad intrahospitalaria de pacientes con ictus no lisado.
- Es posible elaborar un modelo predictivo de mortalidad intrahospitalaria basado en dichas variables.

Hipótesis del trabajo

- Es posible identificar determinadas variables contenidas en el CMBD asociadas a la mortalidad intrahospitalaria de pacientes con ictus no lisado.
- Es posible elaborar un modelo predictivo de mortalidad intrahospitalaria basado en dichas variables.

CMBD


•Datos administrativos: Identificación paciente y episodio
Proceso Admisión
CMBD
Agrupador
GRDs
Datos clínicos codificados
Paciente
Ficha Clínica
Egreso Hospitalario
Codificación centralizada
Proceso Asistencial
Unidad de codificación

Objetivos del proyecto y TFM

- Validación externa, Recalibración de los coeficientes, Trasladar y transferir a todos los niveles asistenciales implicados en la atención del ictus este modelo.

TFM

- Realizar una revisión metodológica de los pasos seguidos. Respaldando los resultados con una metodología diferente.
- Traer nuevas técnicas utilizadas en la Ciencia de Datos.
- Desarrollo de nuevos modelos de estimación de mortalidad con los que se espera igualar o mejorar los resultados, tanto para **pre-ingreso** del paciente, como para **post-ingreso**, lo que se corresponderá con los **escenarios A y B.**

Objetivos del proyecto y TFM

- Validación externa, Recalibración de los coeficientes, Trasladar y transferir a todos los niveles asistenciales implicados en la atención del ictus este modelo.

TFM

- Realizar una revisión metodológica de los pasos seguidos. Respaldando los resultados con una metodología diferente.
- Traer nuevas técnicas utilizadas en la Ciencia de Datos.
- Desarrollo de nuevos modelos de estimación de mortalidad con los que se espera igualar o mejorar los resultados, tanto para **pre-ingreso** del paciente, como para **post-ingreso**, lo que se corresponderá con los **escenarios A y B.**

Objetivos del proyecto y TFM

- Validación externa, Recalibración de los coeficientes, Trasladar y transferir a todos los niveles asistenciales implicados en la atención del ictus este modelo.

TFM

- Realizar una revisión metodológica de los pasos seguidos. Respaldando los resultados con una metodología diferente.
- Traer nuevas técnicas utilizadas en la Ciencia de Datos.
- Desarrollo de nuevos modelos de estimación de mortalidad con los que se espera igualar o mejorar los resultados, tanto para **pre-ingreso** del paciente, como para **post-ingreso**, lo que se corresponderá con los **escenarios A y B.**

Objetivos del proyecto y TFM

- Validación externa, Recalibración de los coeficientes, Trasladar y transferir a todos los niveles asistenciales implicados en la atención del ictus este modelo.

TFM

- Realizar una revisión metodológica de los pasos seguidos. Respaldando los resultados con una metodología diferente.
- Traer nuevas técnicas utilizadas en la Ciencia de Datos.
- Desarrollo de nuevos modelos de estimación de mortalidad con los que se espera igualar o mejorar los resultados, tanto para **pre-ingreso** del paciente, como para **post-ingreso**, lo que se corresponderá con los **escenarios A y B.**

Índice

*"La principal diferencia entre un Data Scientist **Junior** y un **Senior** radica en que, mientras uno prueba distintos modelos para cercar el problema, el otro se comprueba qué está ocurriendo en los datos."*

2 escenarios

- **Escenario A:** Se realizará todo el proceso utilizando únicamente variables seleccionadas por criterio experto.
- **Escenario B:** Nos preguntamos si podemos mejorar los resultados obtenidos en A, utilizando toda la base de datos, y algoritmos de selección de variables de ciencia de datos.

Pasos a seguir

- Normalizar nombres de columnas.
- Eliminación de observaciones con algún valor faltante.
- Transformación de variables categóricas y booleanas.

2 escenarios

- **Escenario A:** Se realizará todo el proceso utilizando únicamente variables seleccionadas por criterio experto.
- **Escenario B:** Nos preguntamos si podemos mejorar los resultados obtenidos en A, utilizando toda la base de datos, y algoritmos de selección de variables de ciencia de datos.

Pasos a seguir

- Normalizar nombres de columnas.
- Eliminación de observaciones con algún valor faltante.
- Transformación de variables categóricas y booleanas.

2 escenarios

- **Escenario A:** Se realizará todo el proceso utilizando únicamente variables seleccionadas por criterio experto.
- **Escenario B:** Nos preguntamos si podemos mejorar los resultados obtenidos en A, utilizando toda la base de datos, y algoritmos de selección de variables de ciencia de datos.

Pasos a seguir

- Normalizar nombres de columnas.
- Eliminación de observaciones con algún valor faltante.
- Transformación de variables categóricas y booleanas.

2 escenarios

- **Escenario A:** Se realizará todo el proceso utilizando únicamente variables seleccionadas por criterio experto.
- **Escenario B:** Nos preguntamos si podemos mejorar los resultados obtenidos en A, utilizando toda la base de datos, y algoritmos de selección de variables de ciencia de datos.

Pasos a seguir

- Normalizar nombres de columnas.
- Eliminación de observaciones con algún valor faltante.
- Transformación de variables categóricas y booleanas.

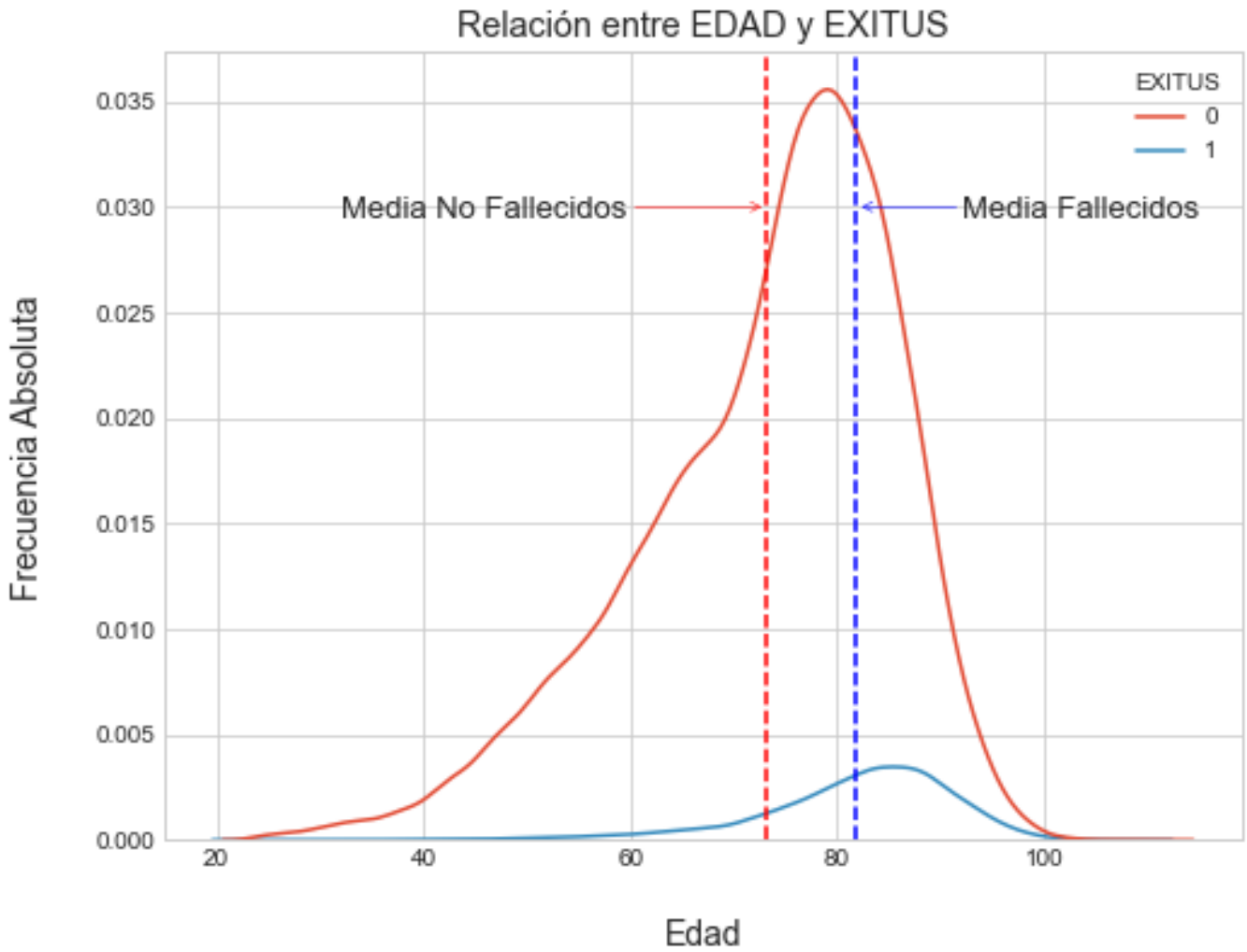
2 escenarios

- **Escenario A:** Se realizará todo el proceso utilizando únicamente variables seleccionadas por criterio experto.
- **Escenario B:** Nos preguntamos si podemos mejorar los resultados obtenidos en A, utilizando toda la base de datos, y algoritmos de selección de variables de ciencia de datos.

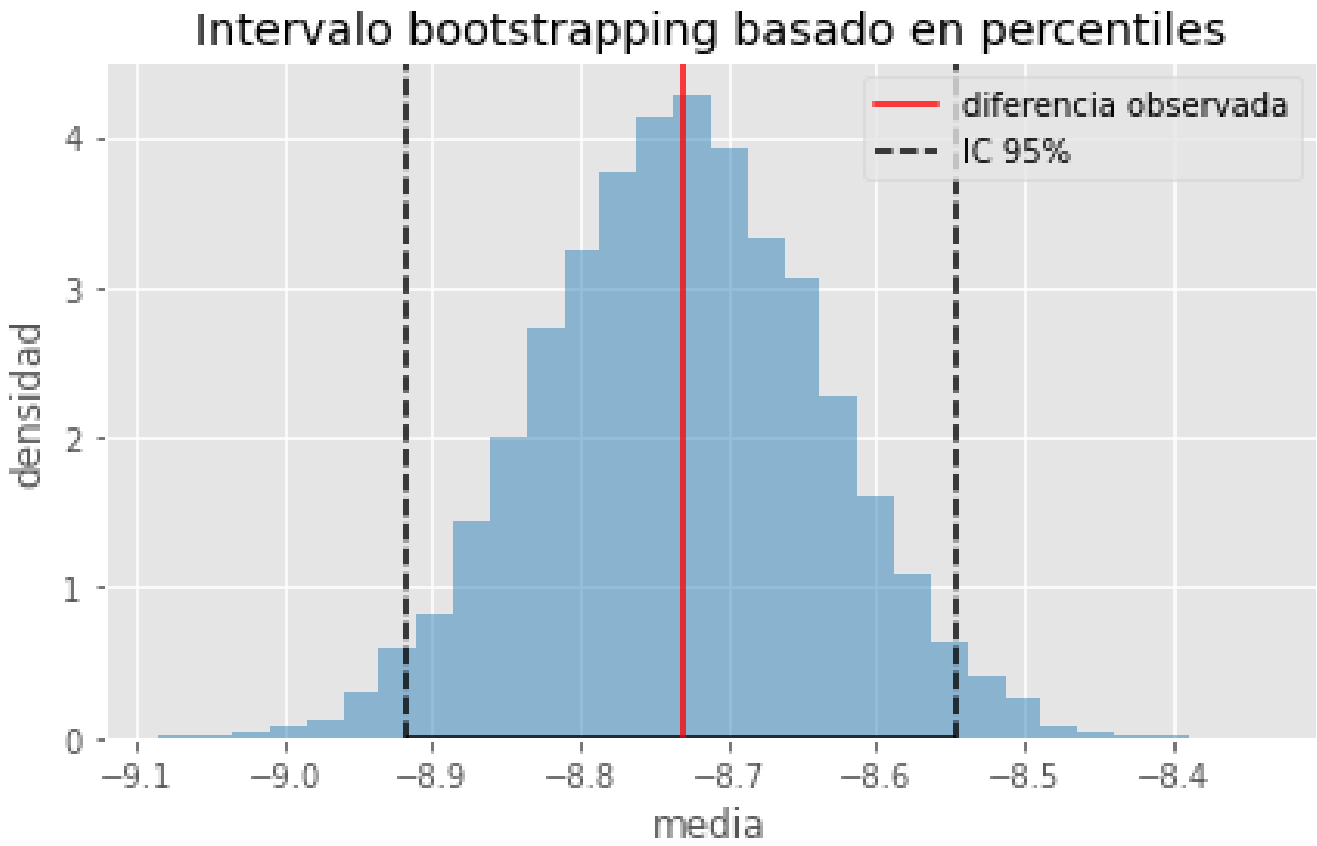
Pasos a seguir

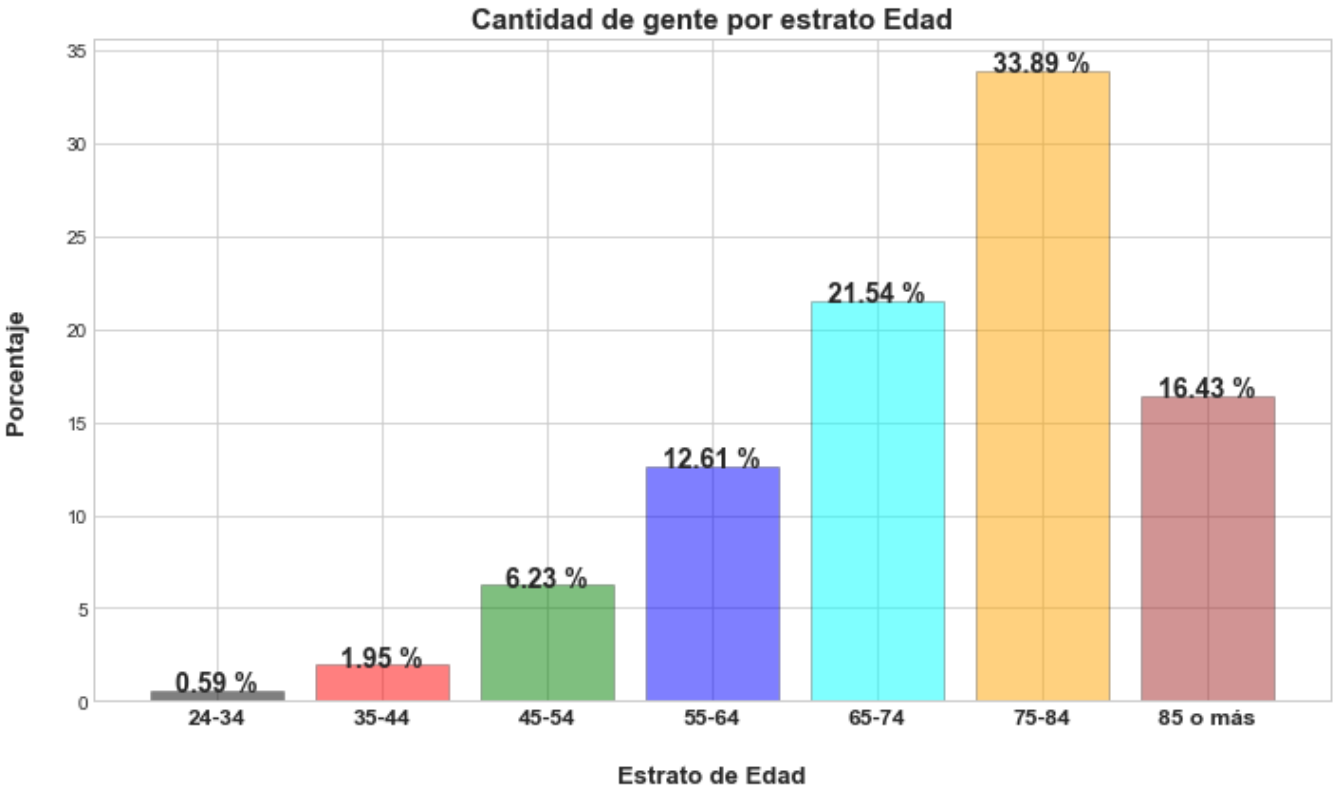
- Normalizar nombres de columnas.
- Eliminación de observaciones con algún valor faltante.
- Transformación de variables categóricas y booleanas.

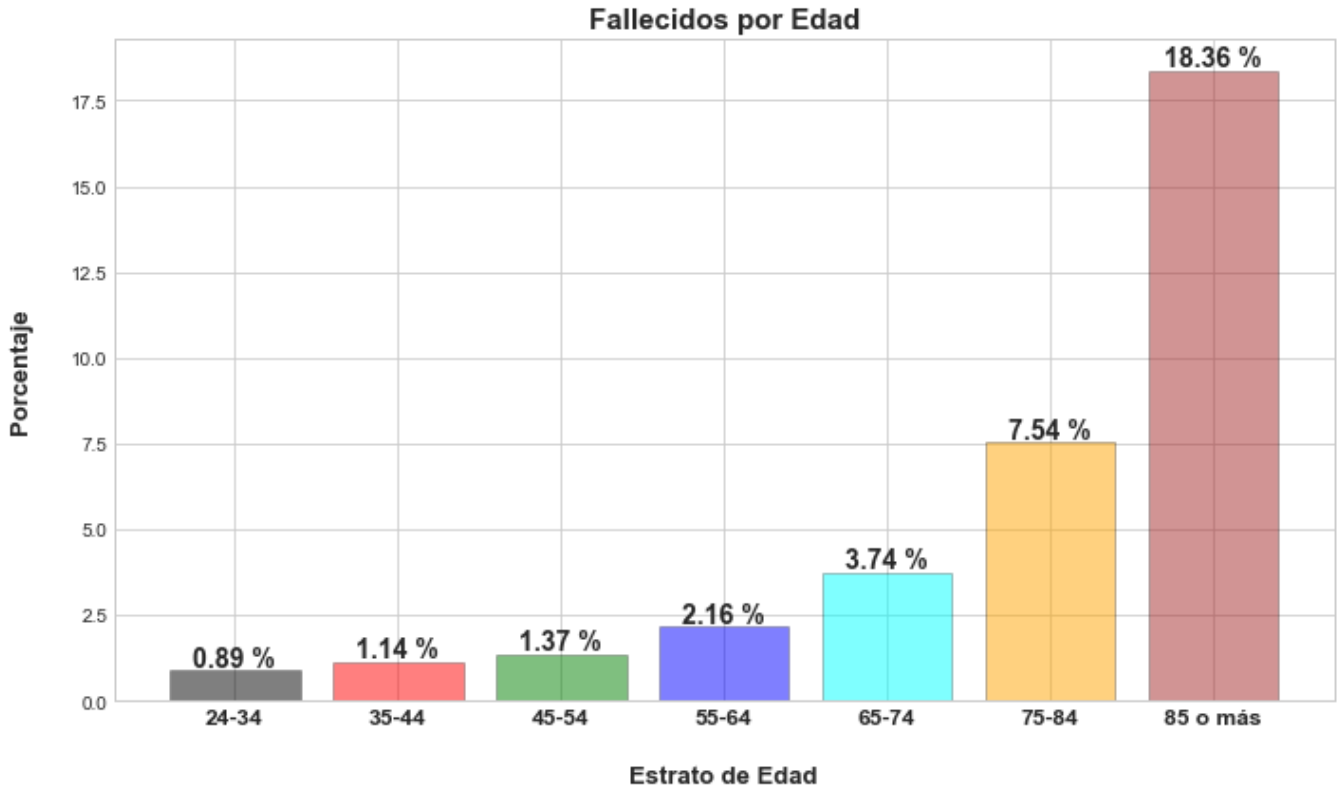
Edad


Relación entre EDAD y EXITUS
EXITUS
0
1
Media No Fallecidos
Media Fallecidos
Frecuencia Absoluta
0.035
0.030
0.025
0.020
0.015
0.010
0.005
0.000
20
40
60
80
100
Edad

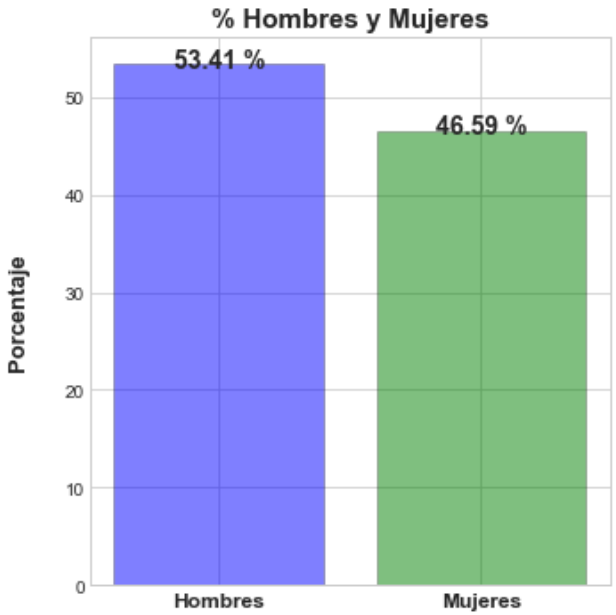
Diferencia edad entre grupos



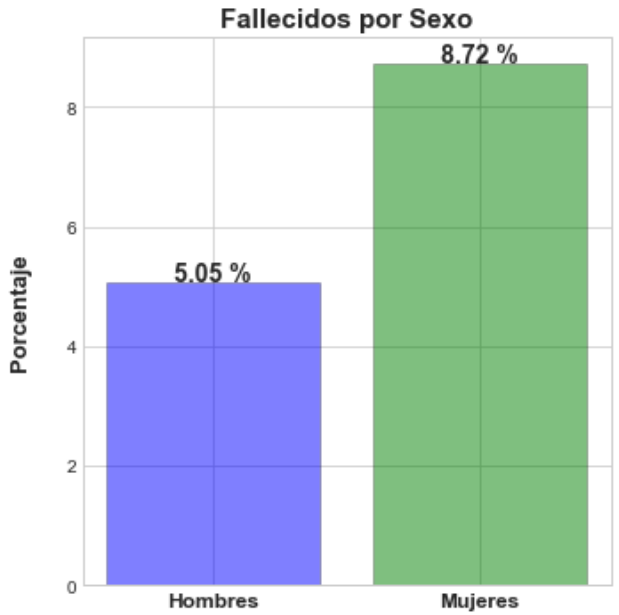

Cantidad de gente por estrato Edad
Porcentaje
Estrato de Edad
0
5
10
15
20
25
30
35
0.59 %
1.95 %
6.23 %
12.61 %
21.54 %
33.89 %
16.43 %
24-34
35-44
45-54
55-64
65-74
75-84
85 o más


Fallecidos por Edad
Porcentaje
0.0
2.5
5.0
7.5
10.0
12.5
15.0
17.5
0.89 %
1.14 %
1.37 %
2.16 %
3.74 %
7.54 %
18.36 %
24-34
35-44
45-54
55-64
65-74
75-84
85 o más
Estrato de Edad

Fallecidos por sexo

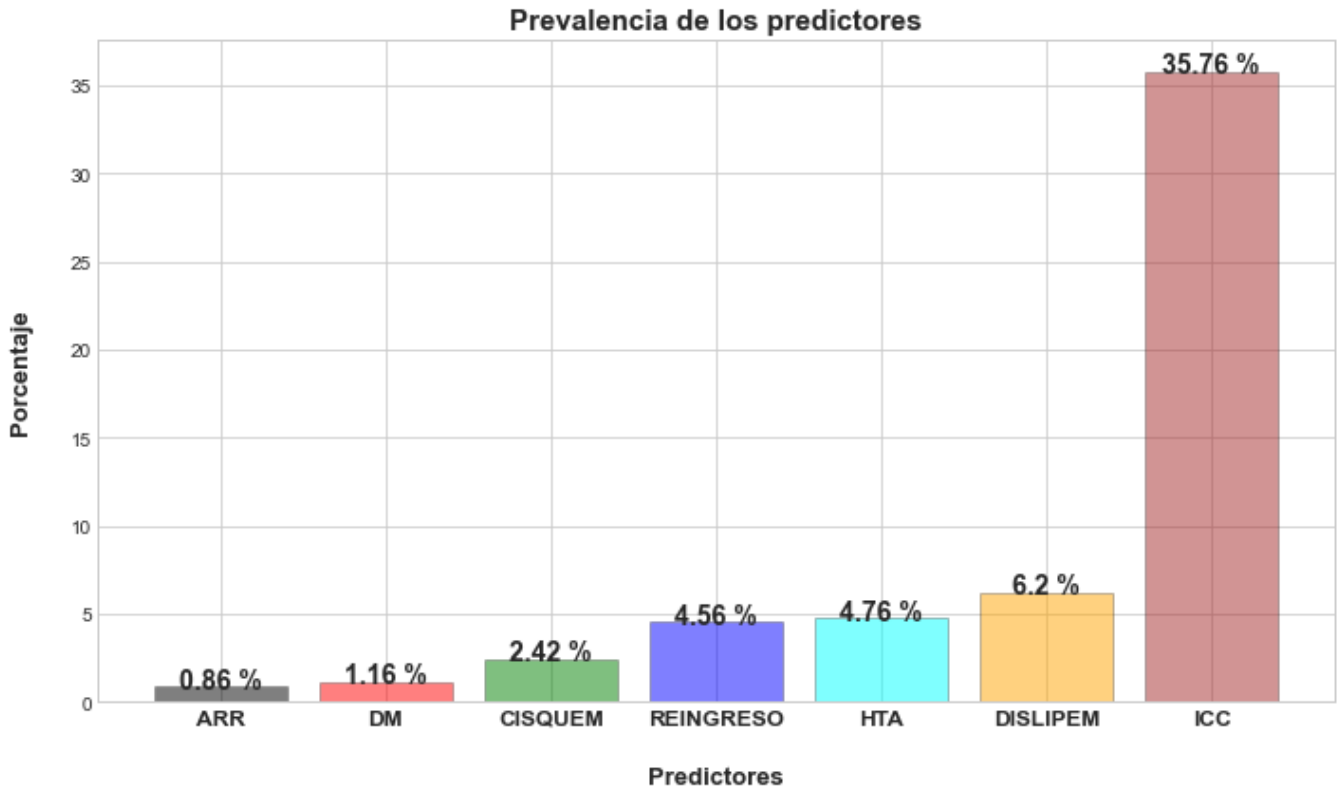


(k)

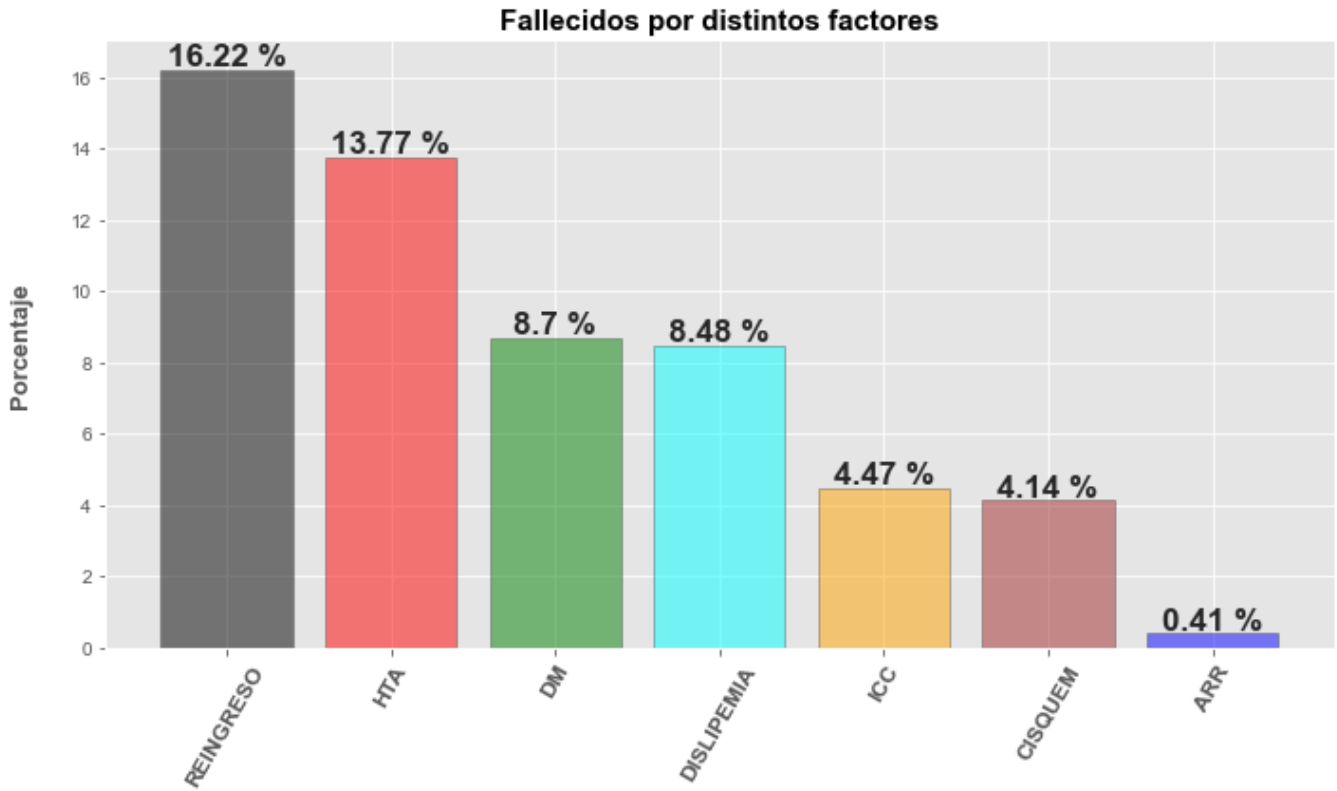


(l)

Prevalencia de los predictores



Fallecidos por predictor



- Debido a la distribución de la variable objetivo (93 % - 7 %), no tiene sentido usar la métrica **Accuracy**.
- Necesitamos minimizar la cantidad de falsos negativos, lo que equivale a optimizar el **recall**.
- También es importante no descuidar la precisión (optimización costo-eficiencia). Pero es mucho peor tener falsos positivos que falsos negativos.
- La curva **ROC** nos ayudará a estudiar la habilidad de discriminación del modelo entre las 2 clases.
- Mediremos también el **F1-Score** y veremos cómo se comporta con la matriz de confusión.
- Incluso **balanced-acc**:

$$\frac{TNR + TPR}{2}$$

- Debido a la distribución de la variable objetivo (93 % - 7 %), no tiene sentido usar la métrica **Accuracy**.
- Necesitamos minimizar la cantidad de falsos negativos, lo que equivale a optimizar el **recall**.
- También es importante no descuidar la precisión (optimización costo-eficiencia). Pero es mucho peor tener falsos positivos que falsos negativos.
- La curva **ROC** nos ayudará a estudiar la habilidad de discriminación del modelo entre las 2 clases.
- Mediremos también el **F1-Score** y veremos cómo se comporta con la matriz de confusión.
- Incluso **balanced-acc**:

$$\frac{TNR + TPR}{2}$$

- Debido a la distribución de la variable objetivo (93 % - 7 %), no tiene sentido usar la métrica **Accuracy**.
- Necesitamos minimizar la cantidad de falsos negativos, lo que equivale a optimizar el **recall**.
- También es importante no descuidar la precisión (optimización costo-eficiencia). Pero es mucho peor tener falsos positivos que falsos negativos.
- La curva **ROC** nos ayudará a estudiar la habilidad de discriminación del modelo entre las 2 clases.
- Mediremos también el **F1-Score** y veremos cómo se comporta con la matriz de confusión.
- Incluso **balanced-acc**:

$$\frac{TNR + TPR}{2}$$

- Debido a la distribución de la variable objetivo (93 % - 7 %), no tiene sentido usar la métrica **Accuracy**.
- Necesitamos minimizar la cantidad de falsos negativos, lo que equivale a optimizar el **recall**.
- También es importante no descuidar la precisión (optimización costo-eficiencia). Pero es mucho peor tener falsos positivos que falsos negativos.
- La curva **ROC** nos ayudará a estudiar la habilidad de discriminación del modelo entre las 2 clases.
- Mediremos también el **F1-Score** y veremos cómo se comporta con la matriz de confusión.
- Incluso **balanced-acc**:

$$\frac{TNR + TPR}{2}$$

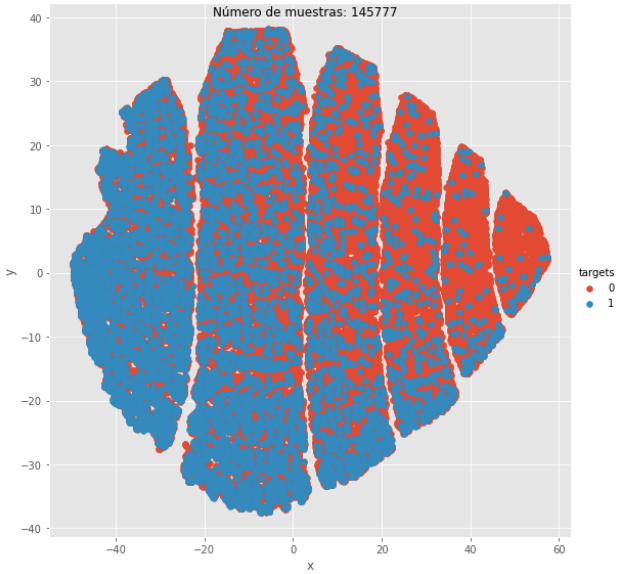
- Debido a la distribución de la variable objetivo (93 % - 7 %), no tiene sentido usar la métrica **Accuracy**.
- Necesitamos minimizar la cantidad de falsos negativos, lo que equivale a optimizar el **recall**.
- También es importante no descuidar la precisión (optimización costo-eficiencia). Pero es mucho peor tener falsos positivos que falsos negativos.
- La curva **ROC** nos ayudará a estudiar la habilidad de discriminación del modelo entre las 2 clases.
- Mediremos también el **F1-Score** y veremos cómo se comporta con la matriz de confusión.
- Incluso **balanced-acc**:

$$\frac{TNR + TPR}{2}$$

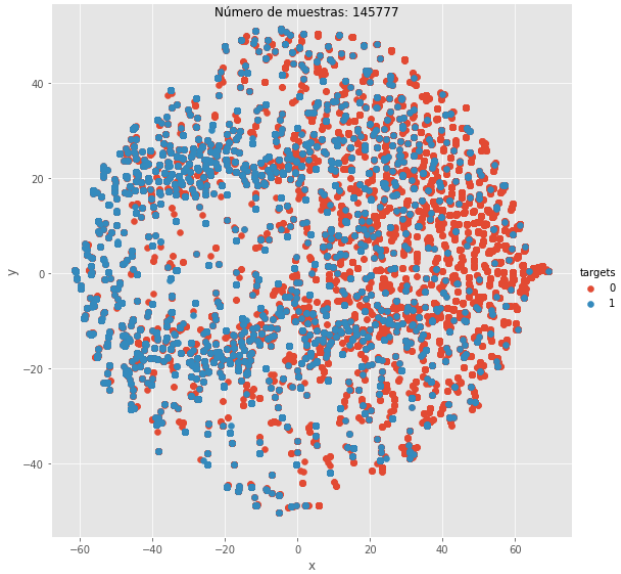
- Debido a la distribución de la variable objetivo (93 % - 7 %), no tiene sentido usar la métrica **Accuracy**.
- Necesitamos minimizar la cantidad de falsos negativos, lo que equivale a optimizar el **recall**.
- También es importante no descuidar la precisión (optimización costo-eficiencia). Pero es mucho peor tener falsos positivos que falsos negativos.
- La curva **ROC** nos ayudará a estudiar la habilidad de discriminación del modelo entre las 2 clases.
- Mediremos también el **F1-Score** y veremos cómo se comporta con la matriz de confusión.
- Incluso **balanced-acc**:

$$\frac{TNR + TPR}{2}$$

- Finalmente, tenemos 36 variables, división train 85 % - test 15 % (establecemos random_state = 44, estratificada).
- Método de entrenamiento y evaluación: **Validación cruzada con Holdout** (GridSearchCV).



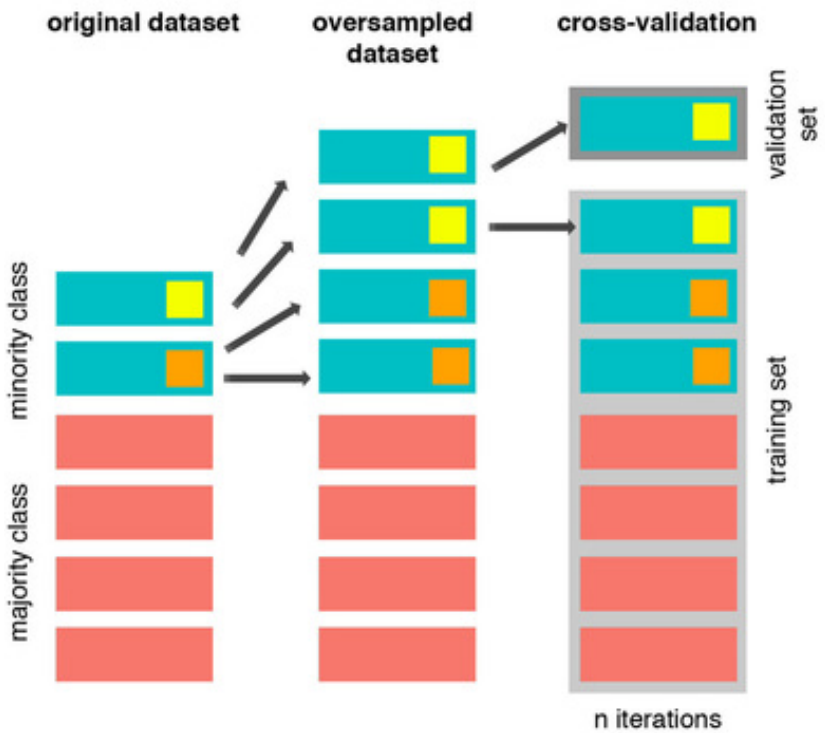
(m) escenario A



(n) escenario B

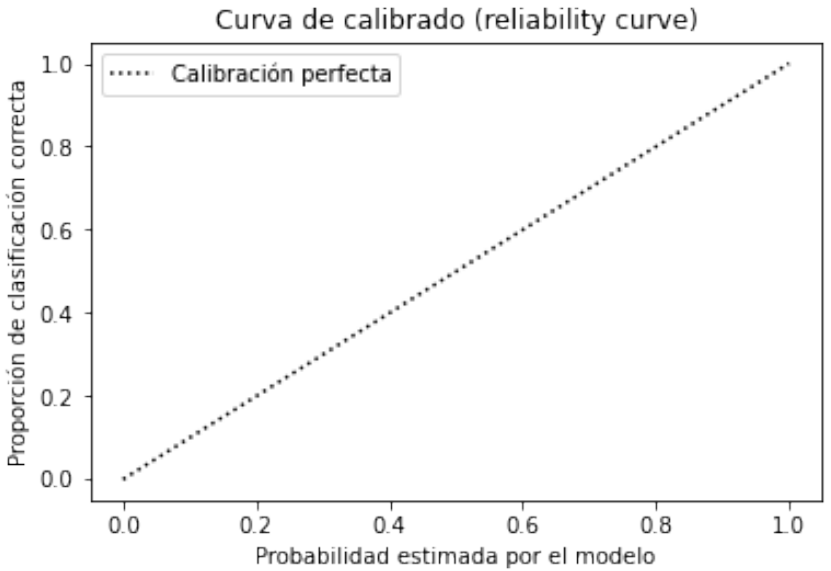
Índice

- Ignorar el problema.
- Submuestrear la clase mayoritaria.
- Sobremuestrear la clase minoritaria.



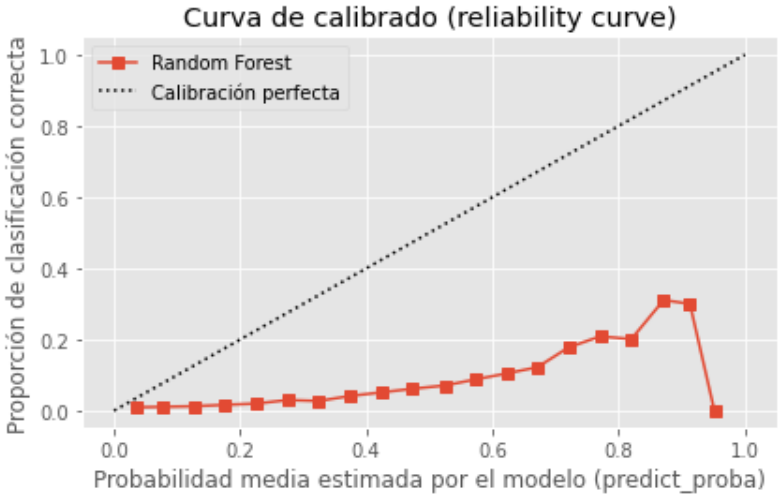
Calibrado del modelo

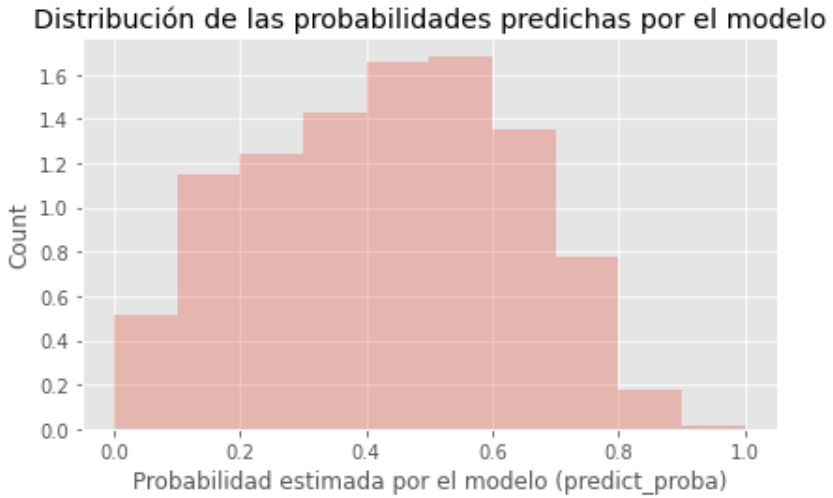
Un modelo calibrado es aquel en el que, el valor estimado de probabilidad, puede interpretarse directamente como la confianza que se tiene de que la clasificación predicha es correcta.



Objetivo

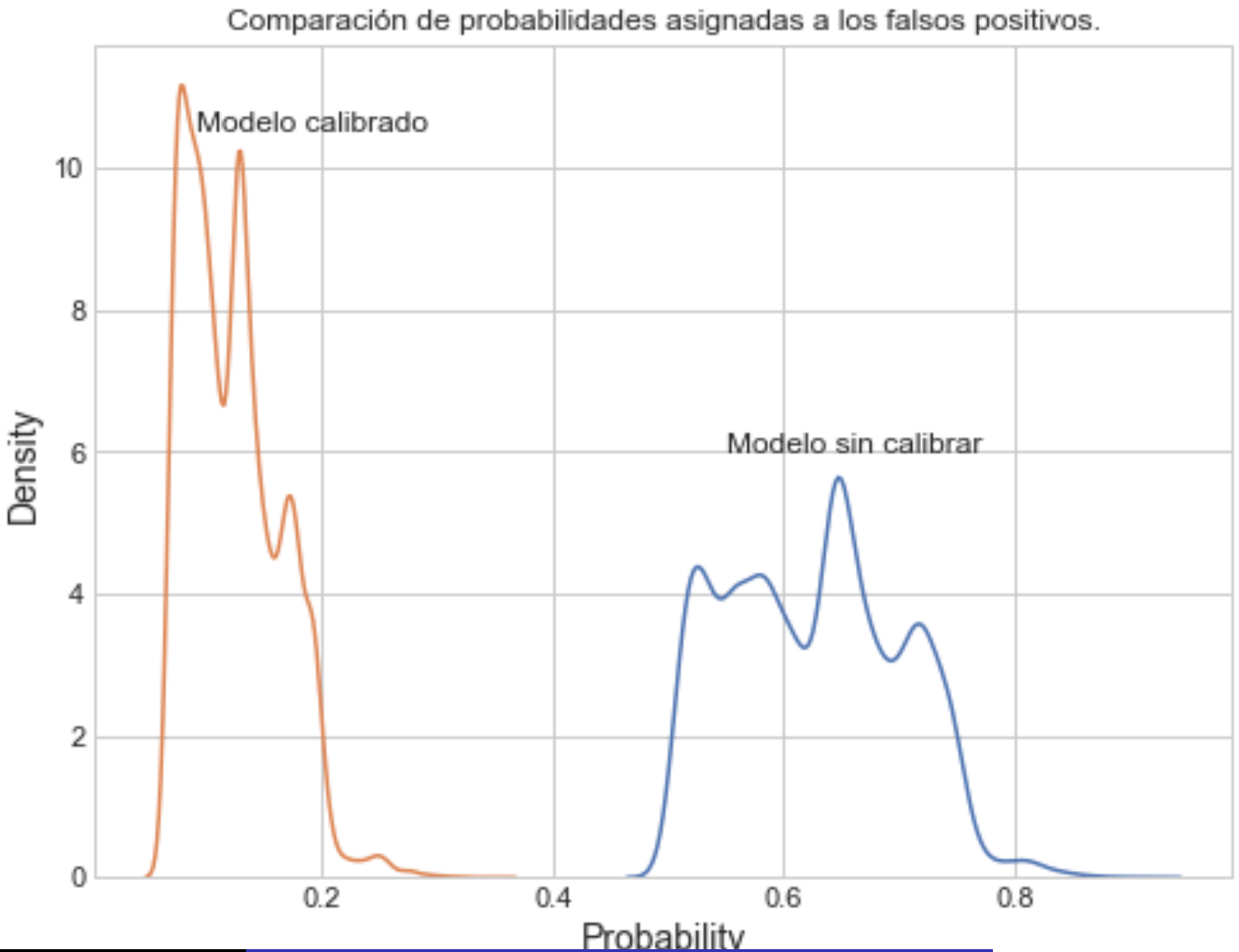
- Hacer buenas estimaciones del riesgo de mortalidad.





Modelo calibrado vs normal

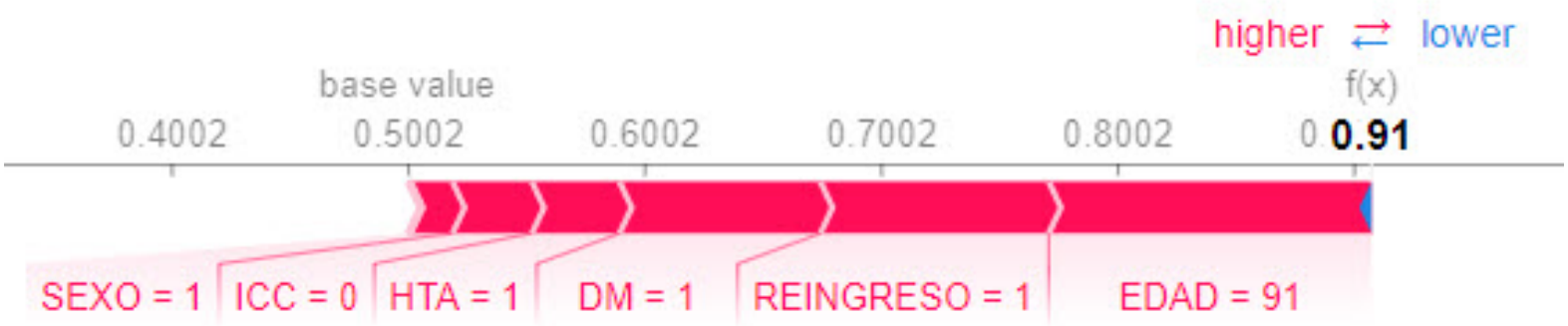
- Estimaciones sobre falsos positivos.



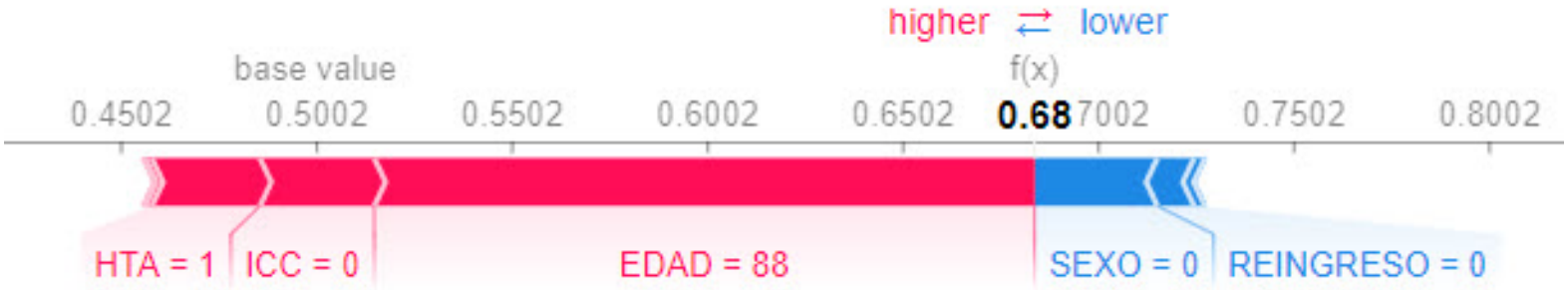
Modelo calibrado vs normal

- Distribución de probabilidad total.

¿Falsos positivos?



(ñ)



(o)

- **Objetivo:** Encontrar la combinación de predictores que da lugar al mejor modelo (randomforest, f1).
- **Funcionamiento:**
  - Creación de población de P individuos (combinación de predictores).
  - Calcular fitness de cada individuo (métrica de calidad).
  - Crear una población vacía y repetir los pasos hasta crear P nuevos indivuduos:
    - Seleccionar dos individuos de la población existente
    - Cruzar los dos individuos seleccionados para generar un nuevo descendiente (crossover).
    - Aplicar un proceso de mutación aleatorio sobre el nuevo individuo.
    - Añadir el nuevo individuo a la nueva población.
  - Reemplazar la antigua población de la nueva.
  - Si no se cumple el criterio de parada, volver al paso 2.

- **Objetivo:** Encontrar la combinación de predictores que da lugar al mejor modelo (randomforest, f1).
- **Funcionamiento:**
  - Creación de población de P individuos (combinación de predictores).
  - Calcular fitness de cada individuo (métrica de calidad).
  - Crear una población vacía y repetir los pasos hasta crear P nuevos indivuduos:
    - Seleccionar dos individuos de la población existente
    - Cruzar los dos individuos seleccionados para generar un nuevo descendiente (crossover).
    - Aplicar un proceso de mutación aleatorio sobre el nuevo individuo.
    - Añadir el nuevo individuo a la nueva población.
  - Reemplazar la antigua población de la nueva.
  - Si no se cumple el criterio de parada, volver al paso 2.

- **Objetivo:** Encontrar la combinación de predictores que da lugar al mejor modelo (randomforest, f1).
- **Funcionamiento:**
  - Creación de población de P individuos (combinación de predictores).
  - Calcular fitness de cada individuo (métrica de calidad).
  - Crear una población vacía y repetir los pasos hasta crear P nuevos indivuduos:
    - Seleccionar dos individuos de la población existente
    - Cruzar los dos individuos seleccionados para generar un nuevo descendiente (crossover).
    - Aplicar un proceso de mutación aleatorio sobre el nuevo individuo.
    - Añadir el nuevo individuo a la nueva población.
  - Reemplazar la antigua población de la nueva.
  - Si no se cumple el criterio de parada, volver al paso 2.

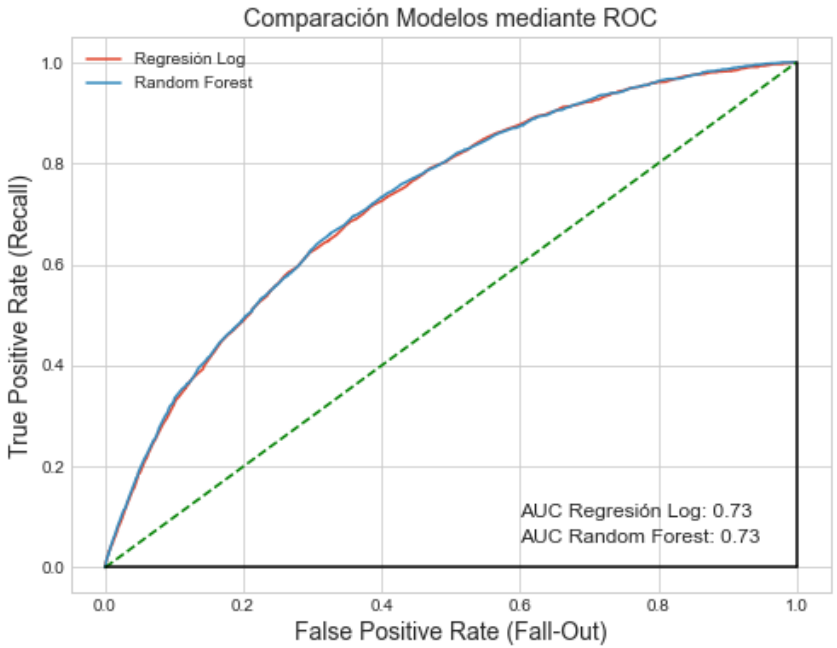
- **Objetivo:** Encontrar la combinación de predictores que da lugar al mejor modelo (randomforest, f1).
- **Funcionamiento:**
  - Creación de población de P individuos (combinación de predictores).
  - Calcular fitness de cada individuo (métrica de calidad).
  - Crear una población vacía y repetir los pasos hasta crear P nuevos indivuduos:
    - Seleccionar dos individuos de la población existente
    - Cruzar los dos individuos seleccionados para generar un nuevo descendiente (crossover).
    - Aplicar un proceso de mutación aleatorio sobre el nuevo individuo.
    - Añadir el nuevo individuo a la nueva población.
  - Reemplazar la antigua población de la nueva.
  - Si no se cumple el criterio de parada, volver al paso 2.

- **Objetivo:** Encontrar la combinación de predictores que da lugar al mejor modelo (randomforest, f1).
- **Funcionamiento:**
  - Creación de población de P individuos (combinación de predictores).
  - Calcular fitness de cada individuo (métrica de calidad).
  - Crear una población vacía y repetir los pasos hasta crear P nuevos indivuduos:
    - Seleccionar dos individuos de la población existente
    - Cruzar los dos individuos seleccionados para generar un nuevo descendiente (crossover).
    - Aplicar un proceso de mutación aleatorio sobre el nuevo individuo.
    - Añadir el nuevo individuo a la nueva población.
  - Reemplazar la antigua población de la nueva.
  - Si no se cumple el criterio de parada, volver al paso 2.

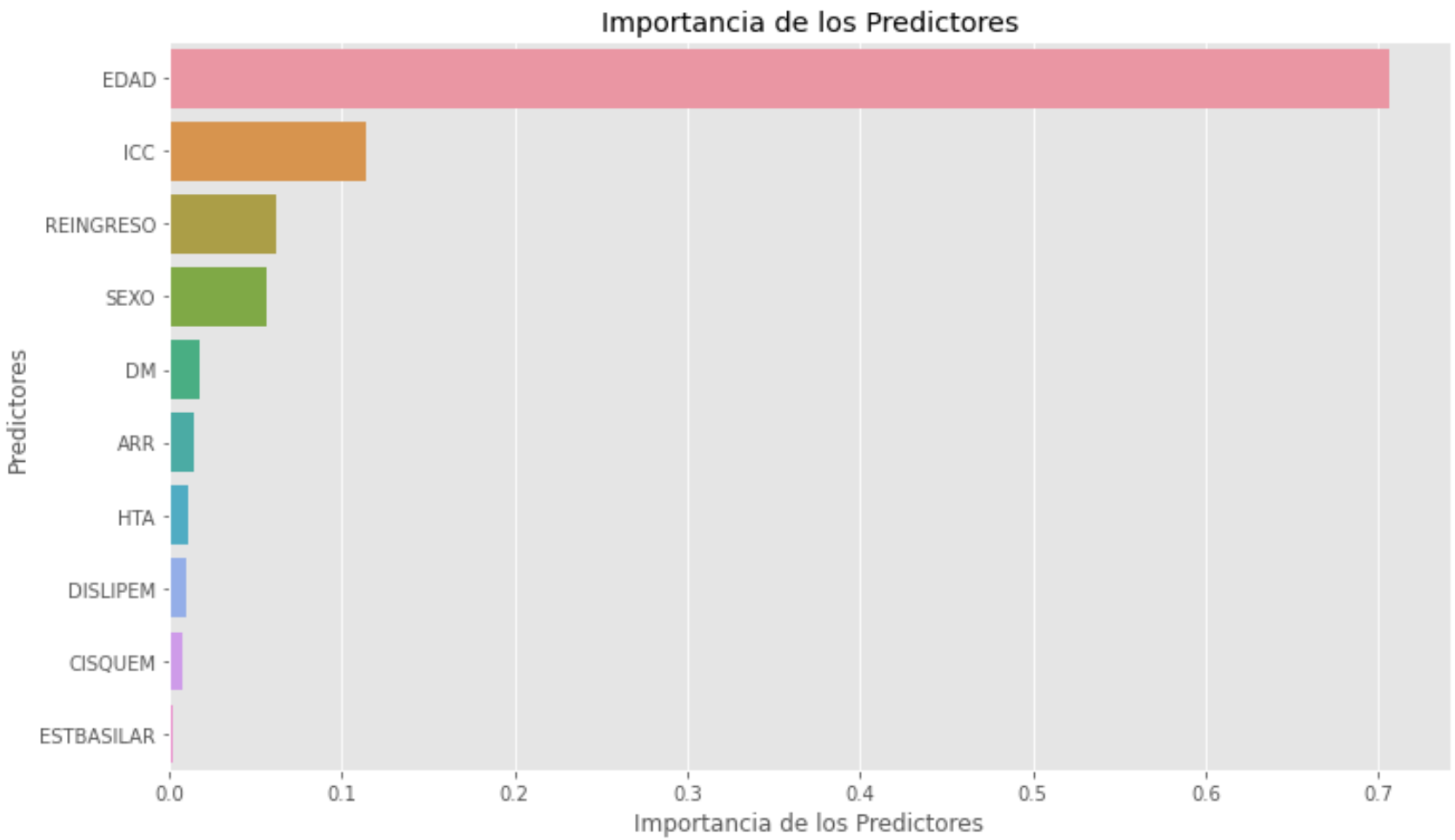
Índice

Modelos Utilizados

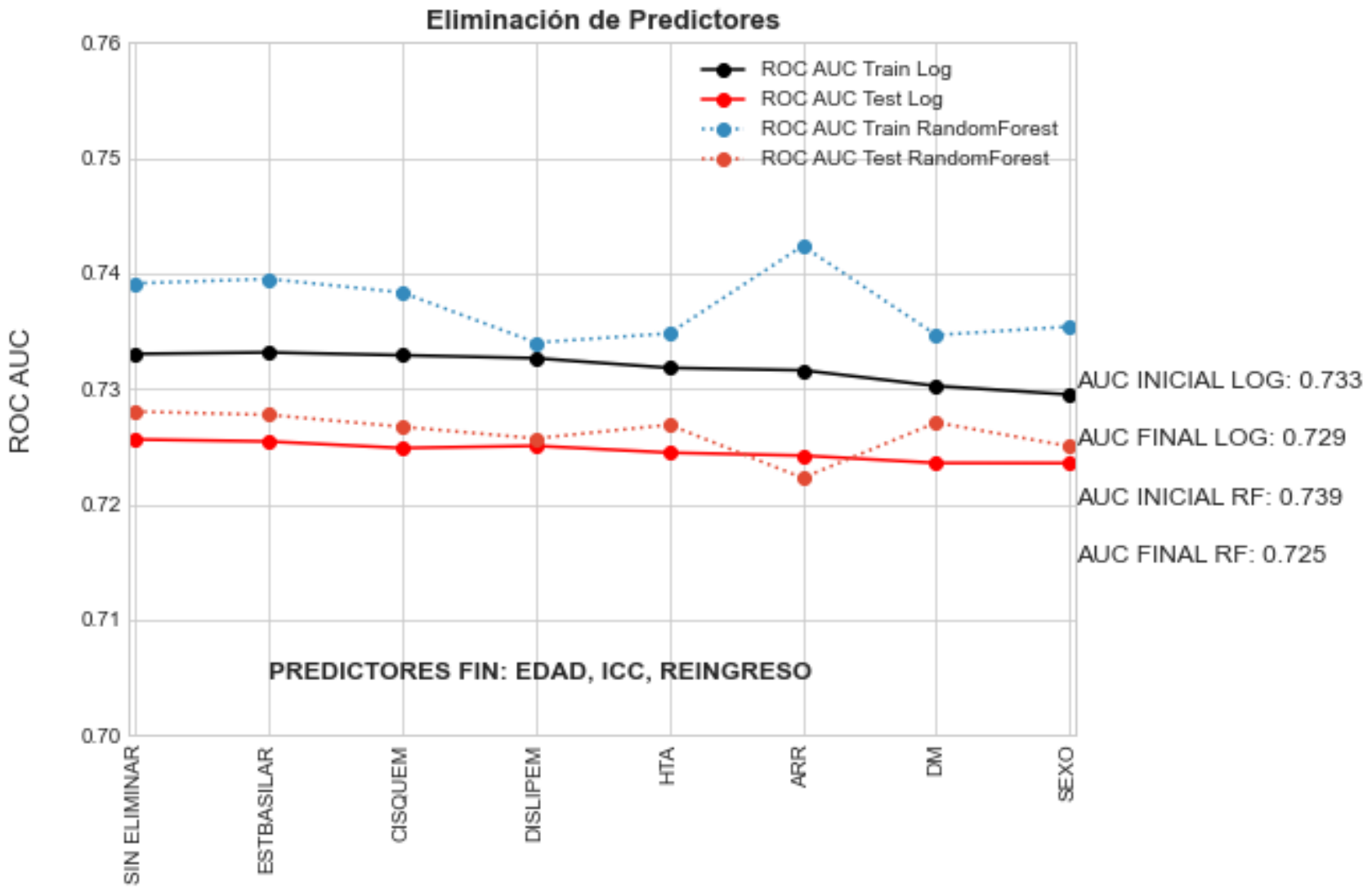
- Regresión logística balanceada.
- Pipeline Random Undersample + Regresión logística.
- Random Forest Balanceado.
- Pipeline Random Undersample + Random Forest.



Importancia de los predictores



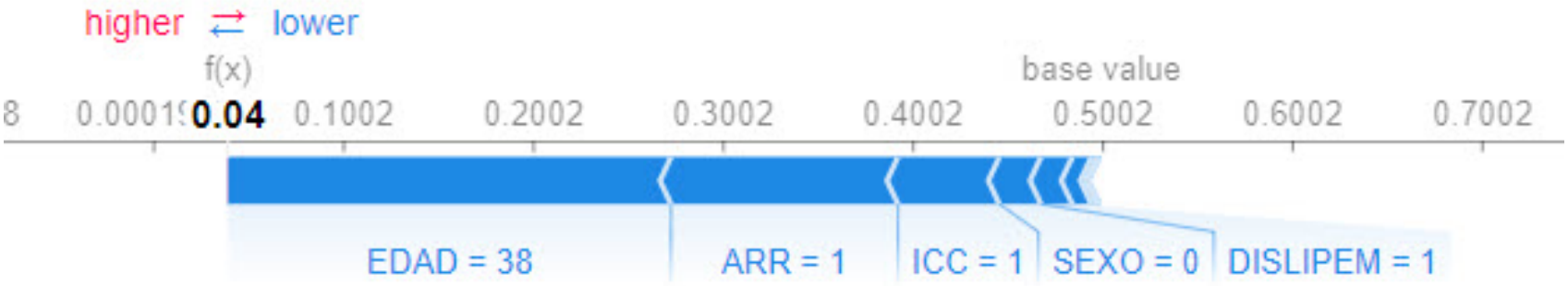
Eliminación Recursiva de predictores



Métricas de los modelos

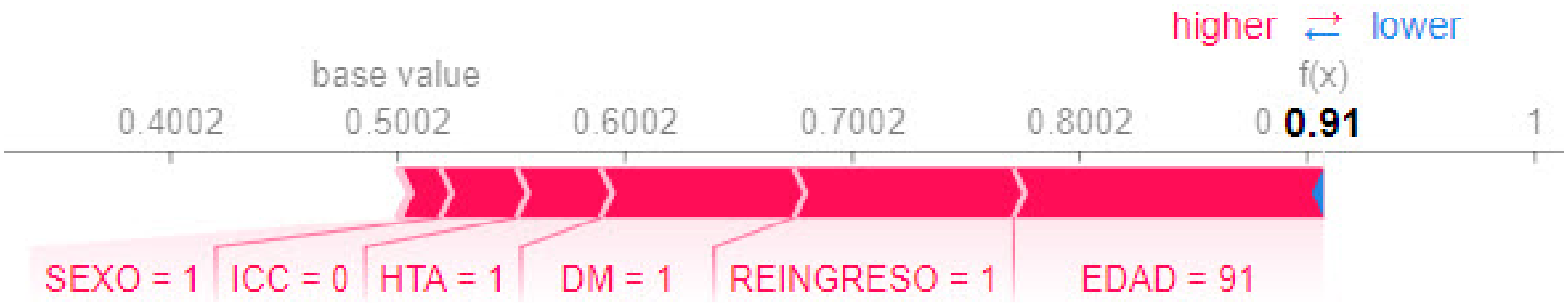
	Accuracy	Balanced accuracy	F1-Score	AUROC	Precision	Recall
Balanced Logistic Regression	0.633756	0.671532	0.208851	0.732837	0.122282	0.715214
Random Undersample + Logistic Regression	0.637426	0.671994	0.209760	0.732947	0.123003	0.711966
Balanced random forest	0.651886	0.673818	0.213537	0.733811	0.126013	0.699178
Under-sampling + Random forest	0.639648	0.661089	0.204715	0.712233	0.120337	0.685882

Métricas de los modelos



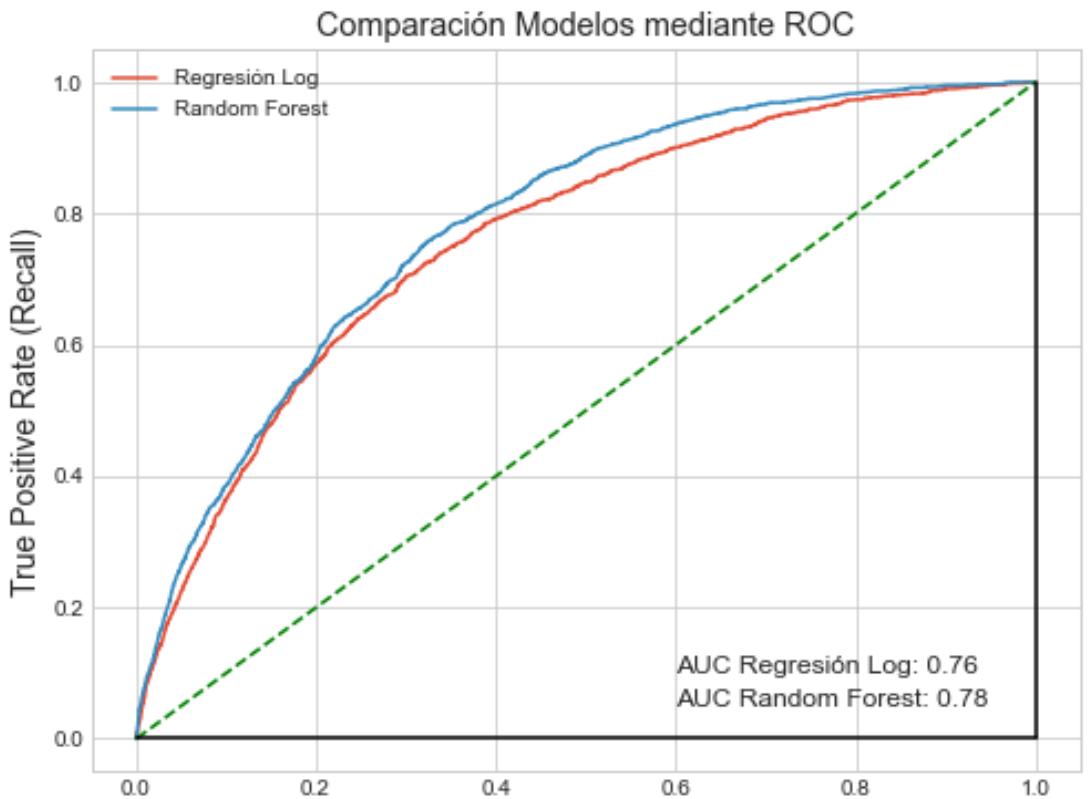
Métricas de los modelos

Métricas de los modelos



Variables del algoritmo selección genética

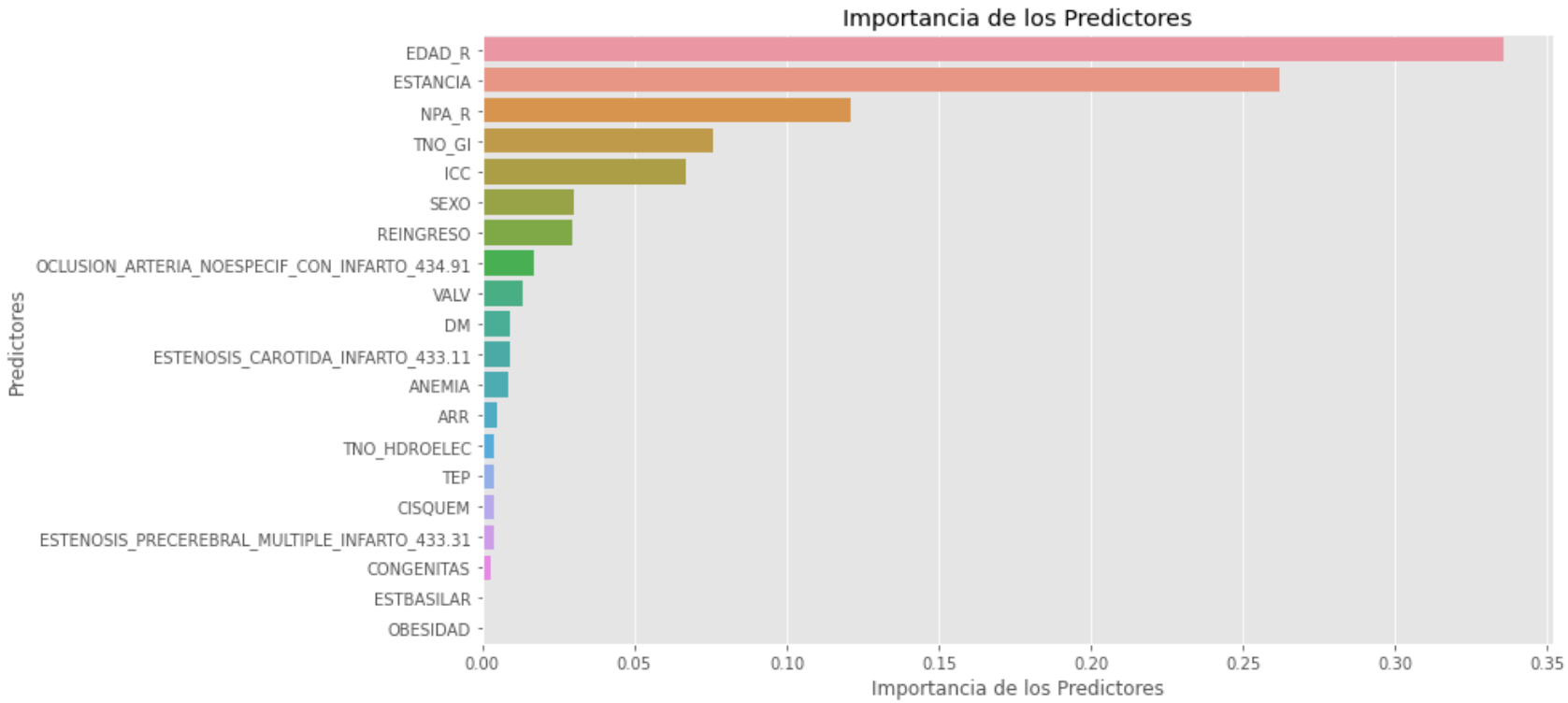
- Regresión logística balanceada.
- Pipeline Random Undersample + Regresión logística.
- Random Forest Balanceado.
- Pipeline Random Undersample + Random Forest.



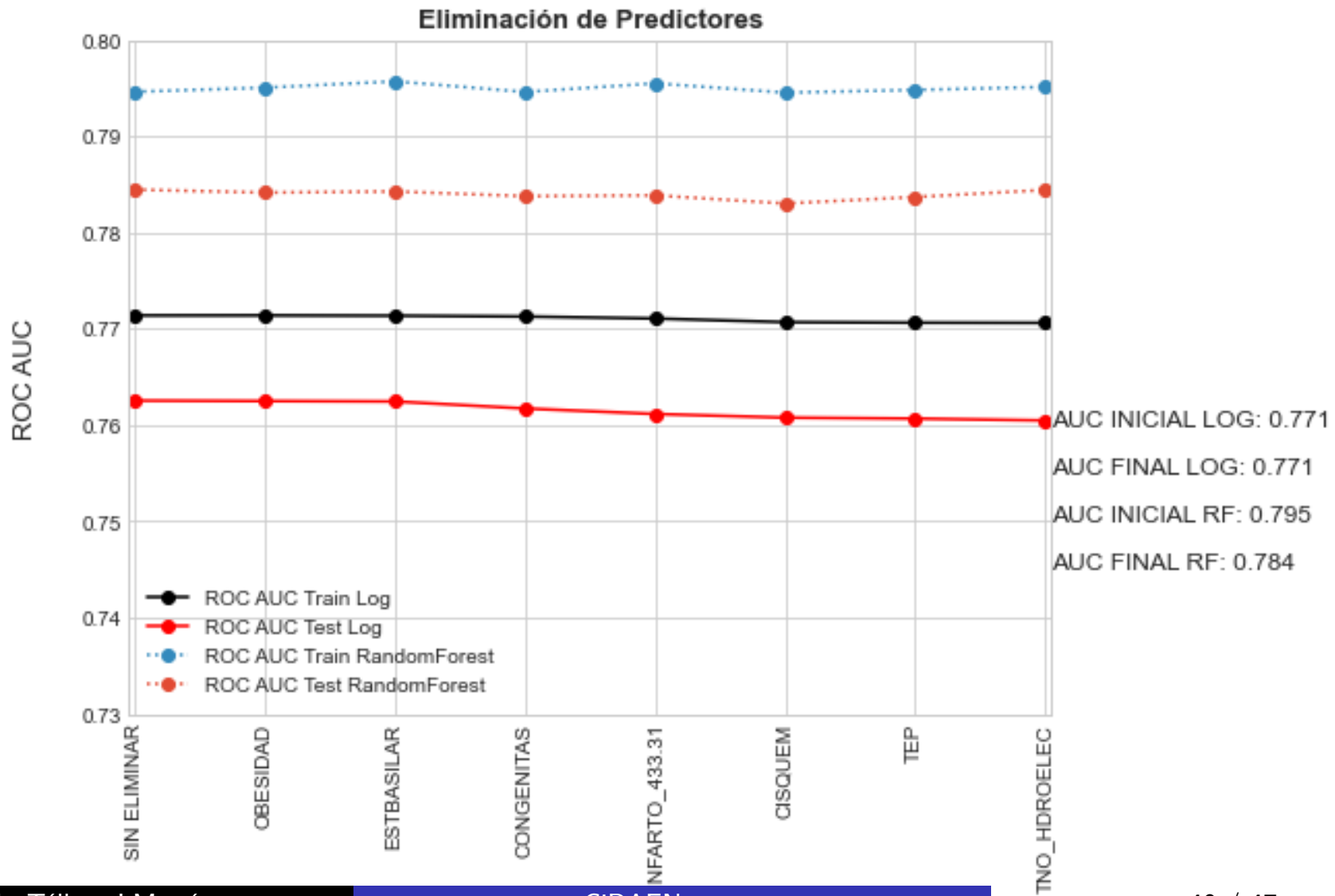
Resultado modelos

	Accuracy	Bal-Acc	F1-Score	AUROC	Precis.	Recall
Balanced Logistic Regression	0.680313	0.703465	0.235936	0.770848	0.140699	0.730236
Random Undersample + Logistic Regression	0.683414	0.703810	0.236999	0.770645	0.141567	0.727394
Balanced random forest	0.688579	0.716228	0.245163	0.788986	0.146609	0.748200
Under-sampling + Random forest	0.671052	0.679860	0.220933	0.737112	0.131527	0.690045

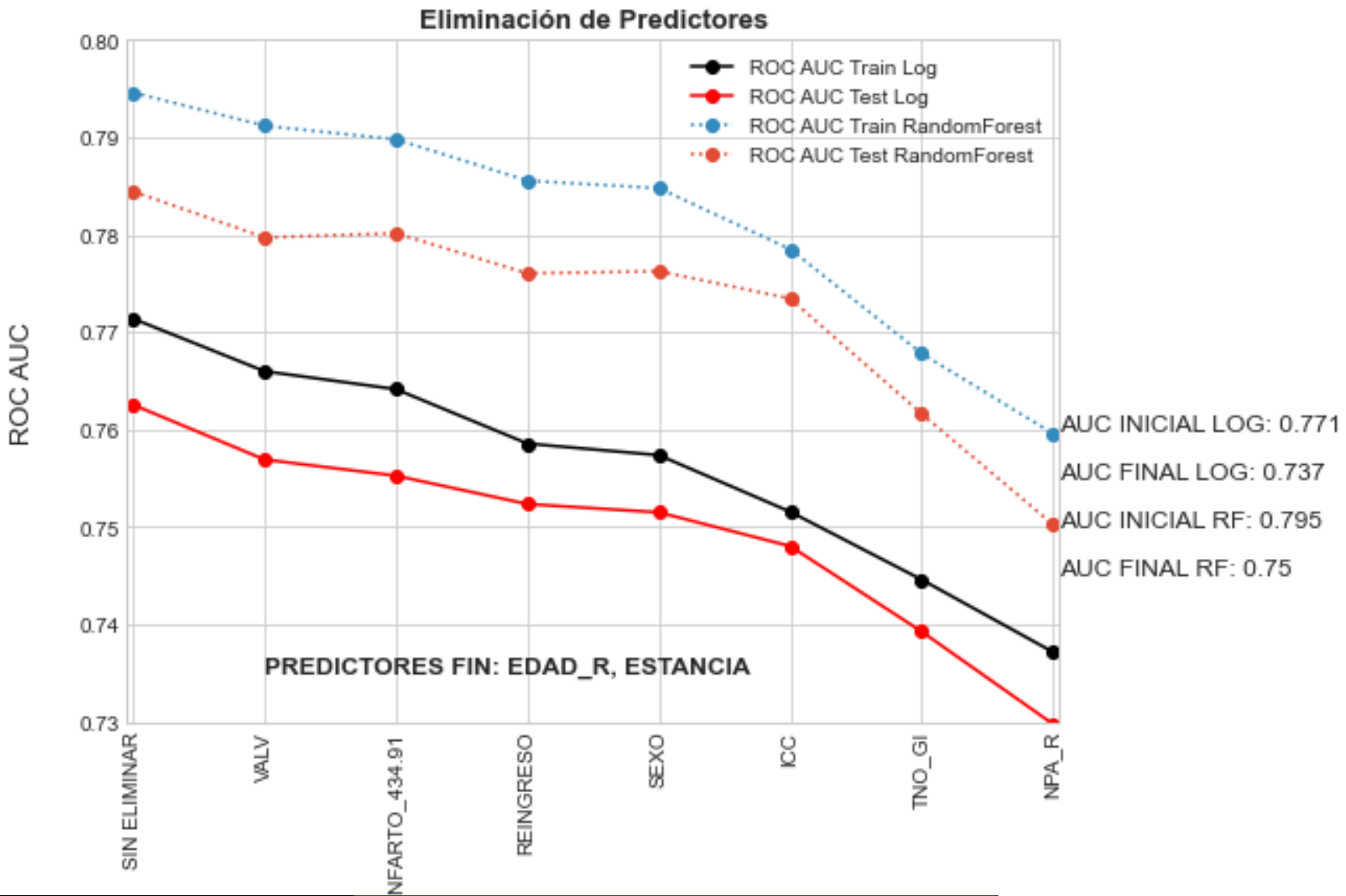
Importancia modelo



Eliminación recursiva



Eliminación recursiva



Conclusiones

- Hemos conseguido desarrollar un modelo que teniendo el mismo número de variables que el del escenario A, mejora los resultados.
- Eliminar variables cuya importancia del modelo es menor a 0,01 no afecta al resultado de éste.

- ¿Qué modelo poner en producción?
- Servicios AWS
  - SageMaker.
  - API Gateway, S3, Lambdas, DynamoDB.

Conclusiones

- Hemos conseguido desarrollar un modelo que teniendo el mismo número de variables que el del escenario A, mejora los resultados.
- Eliminar variables cuya importancia del modelo es menor a 0,01 no afecta al resultado de éste.

- ¿Qué modelo poner en producción?
- Servicios AWS
  - SageMaker.
  - API Gateway, S3, Lambdas, DynamoDB.

Conclusiones

- Hemos conseguido desarrollar un modelo que teniendo el mismo número de variables que el del escenario A, mejora los resultados.
- Eliminar variables cuya importancia del modelo es menor a 0,01 no afecta al resultado de éste.

- ¿Qué modelo poner en producción?
- Servicios AWS
  - SageMaker.
  - API Gateway, S3, Lambdas, DynamoDB.

Conclusiones

- Hemos acercado técnicas propias de Ciencia de Datos a la medicina, donde se espera que tengan una buena acogida y una futura aplicación.
- Se ha realizado una aproximación a un problema que está abierto.
- De cara al futuro se espera poder desplegar todo lo desarrollado de manera que se puedan seguir optimizando estos modelos. Usando nuevos datos con los que validaremos y recalibraremos los modelos.

Bibliografía I

Nos hemos basado en los siguientes documentos:


Joaquín Amat.
Algoritmo genético de selección de predictores.
Web,
https://www.cienciadedatos.net/documentos/py03$_s$*eleccion*$_p$*redictore*


Comes E Oliveres M Targa C Balcells M et al Arboix A, García-Eroles L.
Importancia del perfil cardiovascular en la mortalidad hospitalaria de los infartos cerebrales.
Revista espanola de cardiologia, 2008.

Bibliografía II


Ministerio de Sanidad.
Estrategia en Ictus del Sistema Nacional de Salud: Ministerio de Sanidad y Política Social.
Editorial Universidad de Almería, España, 2009.


Bennett DA Anderson CS. Feigin VL, Lawes CM.
"Stroke epidemiology: a review of population-based studies of incidence, prevalence, and case-fatality in the late 20th century".
The Lancet Neurology, 2003.


Whisnant JP.
Modeling of risk factors for ischemic stroke.
The Willis Lecture. Stroke; a journal of cerebral circulation., 2013.

Bibliografía III

Scikit-learn.
Documentación de Scikit-learn.
Scikit-learn, https://scikit-learn.org/stable/, 2021.

Dai D Olson DM Reeves MJ Saver JL et al Smith EE, Shobha N.
A risk score for in-hospital death in patients admitted with ischemic or hemorrhagic stroke.
Journal of the American Heart Association, 2013.

Juan Manuel García Torrecillas.
Memoria de Registro del Modelo a Validar, Modelo predictivo para la mortalidad hospitalaria en el ictus isquémico no lisado.
Hospital Torrecárdenas, 2020.

¡Muchas gracias por su atención!