

Proyecto 2: Clasificación de Riesgo Cardiovascular

Introducción a la Ciencia de Datos

Estudiante: Hazel Shamed Sánchez Chávez
Institución: Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT)
Profesor: Dr. Marco Antonio Aquino López

1. Introducción

En el ámbito de la salud pública, las enfermedades cardiovasculares (ECV) constituyen una de las principales causas de mortalidad a nivel global, representando aproximadamente el 32 % de todas las defunciones según la Organización Mundial de la Salud. La identificación temprana de individuos en riesgo representa un desafío crítico para los sistemas de salud, con implicaciones significativas en la reducción de la carga asistencial y la mejora de resultados clínicos.

Este proyecto se enfoca en el desarrollo de un modelo predictivo de clasificación de riesgo cardiovascular utilizando el dataset *"Heart Disease"* del repositorio UCI Machine Learning, que contiene registros clínicos y biomédicos de 303 pacientes. La base de datos integra signos clínicos, parámetros de laboratorio y características electrocardiográficas, proporcionando una base multidimensional para el análisis.

Las ECV representan condiciones patológicas que afectan el corazón y los vasos sanguíneos, incluyendo enfermedad coronaria, enfermedad cerebrovascular y cardiopatía reumática. La naturaleza multifactorial de estas patologías demanda aproximaciones analíticas capaces de integrar diversos predictores, desde factores de riesgo convencionales hasta marcadores específicos de función cardíaca.

El objetivo central de este proyecto es construir un clasificador binario que permita discriminar entre pacientes con presencia y ausencia de enfermedad cardiovascular, utilizando únicamente variables accesibles mediante exámenes clínicos rutinarios. Este enfoque pretende superar las limitaciones de los métodos diagnósticos invasivos, optimizando la asignación de recursos diagnósticos especializados.

La implementación exitosa de este modelo podría servir como herramienta de apoyo a la decisión clínica, facilitando la estratificación prioritaria de pacientes y contribuyendo a estrategias de prevención secundaria más efectivas en el manejo de enfermedades cardiovasculares.

2. Exploración inicial de los datos

2.1. Base de datos *Heart Disease*.

El dataset "Heart Disease", de 303 filas por 13 columnas (mas etiquetas), fue recopilado principalmente por la **Cleveland Clinic Foundation** bajo la dirección del Dr. Robert Detrano, M.D., Ph.D., con la colaboración de múltiples instituciones internacionales incluyendo el Hungarian Institute of Cardiology de Budapest, University Hospital de Zurich y University Hospital de Basel. Los datos fueron donados al UCI Machine Learning Repository en 1988, donde están disponibles públicamente con el identificador 45.

El estudio se condujo como una investigación observacional multicéntrica entre 1979 y 1988, abarcando aproximadamente 10 años de recolección de datos. La población del estudio consistió en 303 pacientes referidos para evaluación coronaria en las instituciones participantes. El criterio de referencia para el diagnóstico fue la angiografía coronaria, definiendo como caso positivo la presencia de $\geq 50\%$ de estrechamiento diametral.

El dataset original contenía 76 variables recolectadas, pero para el análisis estándar se seleccionaron 14 atributos que incluyen signos clínicos, parámetros de laboratorio y características electrocardiográficas.

2.2. Variables del Dataset

Al descargar el dataset, las variables categoricas ya vienen dadas de forma numerica, asignando un valor entero a cada categoría de cada variable. Esto facilita la manipulación y calculos de los datos. Presentamos una tabla resumen de las variables del dataset:

Cuadro 1: Variables del Dataset Heart Disease

| Atributo | Tipo | Descripción | Valores |
|----------|------------|--|---|
| age | Continuo | Edad en años | 29-77 |
| sex | Categorico | Sexo | 0 = fem, 1 = masc |
| cp | Categorico | Tipo de dolor torácico | 1-4 |
| trestbps | Continuo | Presión arterial en reposo (mm Hg) | 94-200 |
| chol | Continuo | Colesterol sérico (mg/dl) | 126-564 |
| fbs | Categorico | Glicemia en ayunas >120 mg/dl | 0 = no, 1 = sí |
| restecg | Categorico | Resultado ECG en reposo | 0-2 |
| thalach | Continuo | Frecuencia cardíaca máxima alcanzada | 71-202 |
| exang | Categorico | Angina inducida por ejercicio | 0 = no, 1 = sí |
| oldpeak | Continuo | Depresión ST inducida por ejercicio | 0-6.2 |
| slope | Categorico | Pendiente del segmento ST en ejercicio | 1-3 |
| ca | Continuo | Número de vasos principales coloreados | 0-3 |
| thal | Categorico | Tipo de defecto talio | 3 = normal, 6 = defecto, 7 = reversible |
| num | Objetivo | Diagnóstico de enfermedad | 0 = no, 1-4 = sí |

Estos signos clínicos, parámetros de laboratorio y características electrocardiográficas se interpretan desde el punto de vista médico de la siguiente manera:

- El dolor torácico (cp) se clasifica en cuatro tipos: anginoso típico (dolor opresivo por esfuerzo), atípico, no anginoso y ausente.
- El colesterol sérico (chol) cuantifica los lípidos en sangre en *mg/dl*.
- La glicemia en ayunas (fbs) indica diabetes si supera *120mg/dl*.
- El electrocardiograma en reposo (restecg) detecta anomalías ST-T o hipertrofia ventricular.
- La frecuencia cardíaca máxima (thalach) registra el pico de esfuerzo.
- La angina inducida por ejercicio (exang) señala dolor durante la prueba de esfuerzo.
- La depresión del segmento ST (oldpeak) mide en milivolts la isquemia miocárdica durante el ejercicio.
- La pendiente del segmento ST (slope) evalúa si es ascendente (normal), plana o descendente (patológica).
- Los vasos principales coloreados (ca) indican cuántas arterias coronarias tienen obstrucción 50% en angiografía.
- La prueba de talio (thal) evalúa perfusión cardíaca: normal, defecto fijo (infarto) o reversible (isquemia).
- El diagnóstico (num) clasifica la severidad de la enfermedad desde 0 (ausente) hasta 4 (severa).

A continuación, se presentan las estadísticas descriptivas de estas variables:

Cuadro 2: Estadísticas Descriptivas del Dataset

| | age | sex | cp | trestbps | chol | fb | restecg | thalach | exang | oldpeak | slope | ca | thal |
|-------|------|------|------|----------|--------|------|---------|---------|-------|---------|-------|------|------|
| count | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 303 | 299 | 301 |
| mean | 54.4 | 0.68 | 3.16 | 131.69 | 246.69 | 0.15 | 0.99 | 149.61 | 0.33 | 1.04 | 1.60 | 0.67 | 4.73 |
| std | 9.04 | 0.47 | 0.96 | 17.60 | 51.78 | 0.36 | 0.99 | 22.88 | 0.47 | 1.16 | 0.62 | 0.94 | 1.94 |
| min | 29 | 0 | 1 | 94 | 126 | 0 | 0 | 71 | 0 | 0.00 | 1 | 0 | 3 |
| 25 % | 48 | 0 | 3 | 120 | 211 | 0 | 0 | 134 | 0 | 0.00 | 1 | 0 | 3 |
| 50 % | 56 | 1 | 3 | 130 | 241 | 0 | 1 | 153 | 0 | 0.80 | 2 | 0 | 3 |
| 75 % | 61 | 1 | 4 | 140 | 275 | 0 | 2 | 166 | 1 | 1.60 | 2 | 1 | 7 |
| max | 77 | 1 | 4 | 200 | 564 | 1 | 2 | 202 | 1 | 6.20 | 3 | 3 | 7 |

2.3. Consideraciones Adicionales

Es importante señalar que el dataset presenta algunos valores faltantes en los atributos **ca** y **thal**. La distribución de la variable objetivo muestra que de los 303 pacientes, 164 no presentaban enfermedad cardiovascular (valor 0), mientras que 139 presentaban diversos grados de enfermedad (valores 1-4), esto indica que las clases son desbalanceadas.

Entre las limitaciones del dataset se debe considerar su contexto temporal (datos de 1979-1988), donde los criterios diagnósticos y prácticas clínicas pueden diferir de los estándares actuales. Además, la muestra representa una población específica de pacientes referidos para angiografía, lo que puede introducir sesgos de selección. Cabe resaltar que el dataset no incluye factores de riesgo modernos como proteína C reactiva o score cálcico coronario.

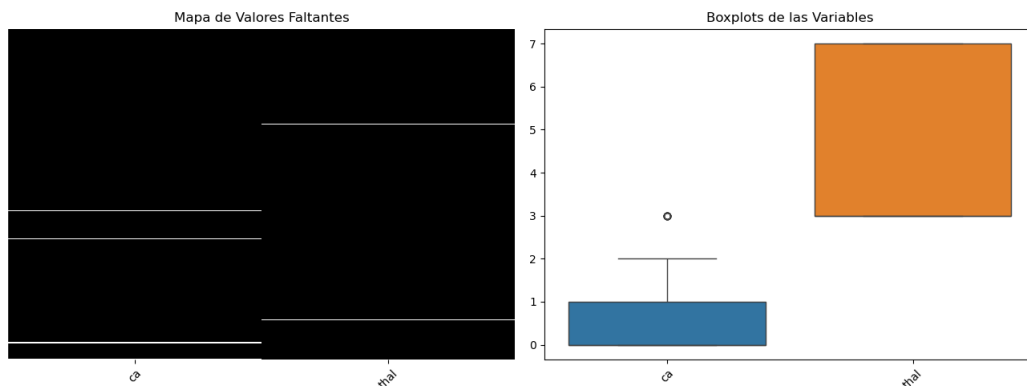
3. Preprocesamiento

El preprocesamiento tiene como finalidad transformar la base de datos *Heart Disease* en una matriz de diseño adecuado para el modelado supervisado. En particular, buscamos,

- homogenizar la escala de las variables numéricas para algoritmos sensibles a la magnitud,
- separar correctamente predictores X y respuesta y evitando fugas de información.

3.1. Preparación y limpieza

Como mencionamos anteriormente, las variables **ca** y **thal** presentan valores faltantes. A continuación, mostramos de forma grafica como se distribuyen estos valores faltantes en el dataset y a su vez analizamos la posible presencia de outliers a través de boxplots.

Figura 1: Valores faltantes y boxplots de **ca** y **thal**

A simple vista observamos que los datos faltantes no siguen un patrón específico, por lo que optamos por eliminar las filas con valores faltantes, resultando en un total de 297 observaciones. En cuanto a los outliers, considerando también la siguiente tabla, no se observan valores extremos evidentes que justifiquen una eliminación, por lo que los conservamos para el análisis posterior.

Cuadro 3: Distribución de Variables Categóricas

| Variable | Valor | Frecuencia |
|----------|-------|------------|
| ca | 0.0 | 176 |
| | 1.0 | 65 |
| | 2.0 | 38 |
| | 3.0 | 20 |
| thal | 3.0 | 166 |
| | 7.0 | 117 |
| | 6.0 | 18 |

Por otro lado, se seleccionó StandardScaler para el preprocesamiento de los datos debido a su idoneidad en el contexto de variables biomédicas. Este método transforma las características restándoles la media y escalándolas por la desviación estándar, resultando en una distribución con media cero y varianza unitaria. Esta estandarización es crucial para algoritmos sensibles a la escala, como la regresión logística y las redes neuronales, ya que acelera la convergencia y asegura que los coeficientes o pesos se ajusten de manera equilibrada. A diferencia de MinMaxScaler, que es sensible a valores atípicos, StandardScaler preserva la forma original de la distribución y maneja mejor los rangos variables de las características (como colesterol: 126-564 y presión arterial: 94-200). Dado que los valores atípicos en datos biomédicos suelen ser clínicamente relevantes y no errores de medición, StandardScaler resulta el balance óptimo entre robustez y preservación de la información.

4. Clasificación y evaluación de modelos

5. Conclusiones