

Clasificacion de Pistachos

En este trabajo se intentara clasificar la variedad de pistacho a partir de multiples características acerca la morfología y forma de estos. Especificamente las variedades Siit y Kirmizi .

Los pasos que se seguirán son los siguientes:

1. Preprocesamiento y analisis exploratorio: revisaremos el balanceo de los datos, removeremos dimensiones de estos que no aporten a la clasificacion, removeremos outliers.
2. Analisis exploratorio: realizaremos un analisis breve de las correlaciones entre las variables.
3. Definiremos variables dependientes e independientes, trataremos las variables dummy, separamos los sets de entrenamiento y testeo.
4. Aplicaremos multiples tecnicas de clasificacion, como Regresion Logistica, kNN e intentaremos encontrar la cantidad mas optima de vecinos mas cercanos, Maquina de Soporte Vectorial, Naive Bayes, Arboles de Decision, Random Forest e intentaremos encontrar la cantidad mas optima de arboles de decision.
5. Conclusiones, comparacion de resultados.

El dataset utilizado fue extraido de [Kaggle - pistachio types detection](#), aunque no esta claro cual es el origen de este mismo, ya que hay varios sitios web y papers que utilizan identicos datasets por ejemplo: [Kaggle - pistachio image dataset](#) o en el paper [Classification of Pistachio Species Using Improved k-NN Classifier](#)

```
In [ ]: import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import math
import seaborn as sns
from scipy import stats
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from matplotlib.colors import ListedColormap
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from sklearn.naive_bayes import GaussianNB
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.metrics import (
    confusion_matrix, precision_score, accuracy_score,
    recall_score, f1_score, roc_auc_score, classification_report,
)
import warnings
warnings.filterwarnings("ignore")
```

Revisando el dataset

Las siguientes definiciones de cada feature se pueden encontrar en el paper mencionado anteriormente.

<https://www.mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/9686/9178>

El dataset a utilizar posee 12 columnas numericas acerca la morfologia de los pistachos:

1. **AREA** : area del pistacho.
2. **PERIMETER** : longitud del borde del pistacho.
3. **MAJOR_AXIS** : longitud del eje que cruza a lo largo del pistacho.
4. **MINOR_AXIS** : longitud del eje que cruza a lo ancho del pistacho.
5. **ECCENTRICITY** : grado de desviacion de una seccion conica con respecto a una circunferencia.
6. **EQDIASQ** : es la relacion $\sqrt{4 * \text{area} / \pi}$.
7. **SOLIDITY** : es la relacion $\text{area} / \text{perimetro}$.
8. **CONVEX_AREA** : número de píxeles en el polígono convexo más pequeño que puede contener el área de un pistacho.
9. **EXTENT** : es la relacion $\text{area} / \text{area_rectangulo}$ donde area_rectangulo es el area del rectangulo que contiene al pistacho.
10. **ASPECT_RATIO** : es la relacion $\text{MAJOR_AXIS} / \text{MINOR_AXIS}$.
11. **ROUNDNESS** : es la relacion $4 * \pi * \text{AREA} / \text{perimetro}^2$.
12. **COMPACTNESS** : es la relacion $\text{EQDIASQ} / \text{MAJOR_AXIS}$.

Tambien posee 4 columnas numericas acerca de la forma de los pistachos:

13. **SHAPEFACTOR_1** : es la relacion $\text{MAJOR_AXIS} / \text{AREA}$.
14. **SHAPEFACTOR_2** : es la relacion $\text{MINOR_AXIS} / \text{AREA}$.
15. **SHAPEFACTOR_3** : es la relacion $\text{AREA} / (\text{MAJOR_AXIS}/2) * (\text{MAJOR_AXIS}/2) * \pi$.
16. **SHAPEFACTOR_4** : es la relacion $\text{AREA} / (\text{MINOR_AXIS}/2) * (\text{MINOR_AXIS}/2) * \pi$.

Y una columna categorica:

17. **Class** : variedad de pistacho, puede ser **kirmizi_pistachio** o **siit_pistachio**

A continuacion podemos observar un pistacho con algunas características mencionadas:

 pistachio features

Podemos observar a continuacion como esta compuesto el dataset mas en detalle, como la cantidad de registros que tenemos, valores medios, etc:

```
In [ ]: dataset = pd.read_csv('./content/pistachio.csv')
dataset.describe()
```

Out[]:

	AREA	PERIMETER	MAJOR_AXIS	MINOR_AXIS	ECCENTRICITY	EQDIASQ
count	1718.000000	1718.000000	1718.000000	1718.000000	1718.000000	1718.000000
mean	79871.952852	1421.797588	446.206444	238.193128	0.840347	317.790000
std	12968.217051	373.408835	31.885328	30.426445	0.049026	26.571699
min	29808.000000	858.363000	321.425500	133.509600	0.504900	194.814600
25%	71898.500000	1169.633225	426.554100	217.875475	0.817500	302.562375
50%	79795.000000	1260.785500	448.453150	235.888750	0.850250	318.744650
75%	88980.000000	1599.479000	467.515200	257.433625	0.875375	336.590000
max	124008.000000	2755.049100	535.642200	383.046100	0.946000	397.356100

Preprocesado de datos y Analisis Exploratorio

A continuacion analizaremos el dataset para ver si es necesario realizar algun tipo de preprocesamiento para eliminar outliers o balancear el dataset, tambien analizaremos que correlaciones podemos encontrar entre las variables.

Balanceo de datos

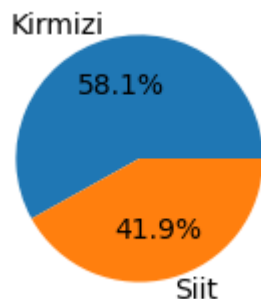
Empezemos analizando cuantos datos tenemos de cada clase de pistacho, esto es importante para saber si debemos balancear el dataset o no.

De no estar balanceado el dataset, podriamos tener problemas a la hora de entrenar los modelos, ya que podrian aprender a clasificar solo una clase y no la otra.

Ademas de esto, podria ocasionar que obtengamos una precision erronea, ya que si tenemos 90% de pistachos A y 10% de pistachos B, un modelo que siempre clasifique a todos por A tendria un 90% de precision, pero no seria un buen modelo.

```
In [ ]: plt.figure(figsize = (2, 2))
plt.pie(
    dataset['Class'].value_counts(),
    labels=['Kirmizi', 'Siit'],
    autopct='%1.1f%%',
)
```

```
Out[ ]: ([<matplotlib.patches.Wedge at 0x7fef58744b20>,
<matplotlib.patches.Wedge at 0x7fef587471c0>],
[Text(-0.2765972019687502, 1.0646567464976957, 'Kirmizi'),
Text(0.2765973016491072, -1.064656720600792, 'Siit')],
[Text(-0.15087120107386373, 0.5807218617260157, '58.1%'),
Text(0.15087125544496752, -0.580721847600432, '41.9%')])
```



Podemos observar que la cantidad de pistachos de cada clase es mas o menos similar, cercanos al 50% de cada variedad, por lo cual no es necesario balancear el dataset.

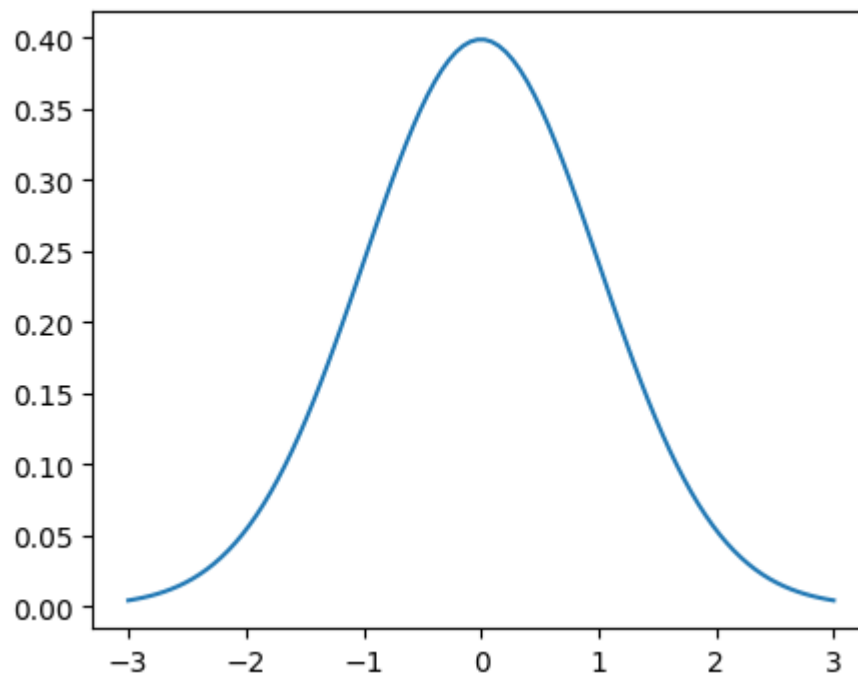
Distribucion de los datos

A continuacion procederemos a observar la distribucion de los datos, esto puede sernos de utilidad para:

1. Nos da un primer vistazo de como se pueden clasificar ambas categorias de pistachios.
2. Saber si los datos estan normalmente distribuidos o no, importante para decidir si aplicar **Desviacion Estandar** y **Z-Score** o **Rango intercuartilico (IQR)** y **Percentil** en caso de que no lo esten, para remover outliers.
3. Seleccionar las variables donde mas se diferencian ambas categorias.

Antes de continuar, vale aclarar que una distribucion normal ideal, tambien llamada Campana de Gauss tiene la siguiente forma:

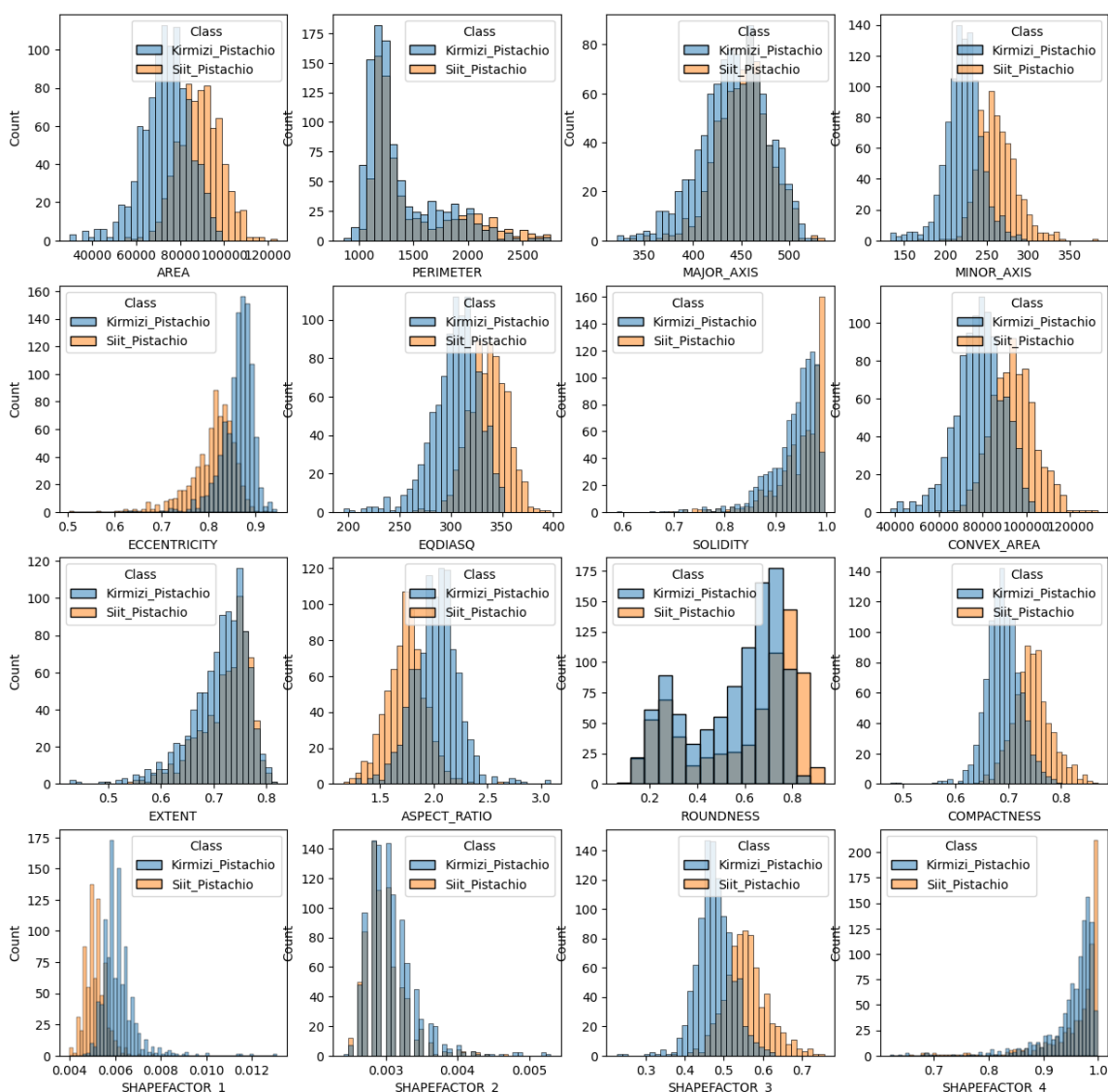
```
In [ ]: # https://stackoverflow.com/a/10138308/15648632
mu = 0
variance = 1
sigma = math.sqrt(variance)
x = np.linspace(mu - 3*sigma, mu + 3*sigma, 100)
y = stats.norm.pdf(x, mu, sigma)
fig = plt.figure(figsize=(5, 4))
plt.plot(x, y)
plt.show()
```



Aclarado esto, continuamos con el ploteado de las distribuciones de los datos:

```
In [ ]: fig, ax = plt.subplots(4, 4, figsize=(15, 15))
fig.suptitle('Distribución de los datos')
for i, column in enumerate(dataset.columns[:-1]):
    sns.histplot(
        data=dataset,
        x=column,
        hue='Class',
        ax=ax[i//4][i%4],
    )
plt.show()
```

Distribución de los datos



En la mayoría de las variables, como por ejemplo en `AREA` , `CONVEX_AREA` , `ECCENTRICITY` , `SHAPEFACTOR_3` y otras, se observa que:

1. Efectivamente los datos están normalmente distribuidos.
2. Se forman dos Campanas de Gauss, una para cada categoría, si separamos ambas categorías tendríamos dos valores medios en cada variable, se debe tener en cuenta esto para la limpieza de los outliers.

También se puede observar que los datos en las variables `PERIMETER` , `MAJOR_AXIS` , `SOLIDITY` , `EXTENT` , `ROUNDNESS` , `SHAPEFACTOR_2` , `SHAPEFACTOR_4` tienen una distribución similar entre ambas categorías, podemos proceder a eliminar estas variables para simplificar el modelo.

```
In [ ]: columnas_a_remover = [
    'PERIMETER', 'MAJOR_AXIS', 'SOLIDITY',
    'EXTENT', 'ROUNDNESS', 'SHAPEFACTOR_2',
    'SHAPEFACTOR_4',
```

```
]
dataset = dataset.drop(columns=columnas_a_remover)
```

Vemos que columnas quedaron finalmente

```
In [ ]: for col in dataset.columns:
        print(col)
```

```
AREA
MINOR_AXIS
ECCENTRICITY
EQDIASQ
CONVEX_AREA
ASPECT_RATIO
COMPACTNESS
SHAPEFACTOR_1
SHAPEFACTOR_3
Class
```

Deteccion de outliers

Procederemos a analizar si existen outliers y de ser asi, eliminarlos ya que tener valores anormalmente altos o anormalmente bajos podrian afectar en el entendimiento de los datos y afectar al entrenamiento de los modelos.

Ya que los datos estan normalmente distribuidos, aplicaremos el metodo de **Desviacion Estandar** y **Z-Score**.

La **Desviacion Estandar** es una medida que se utiliza para cuantificar la variación o la dispersión de un conjunto de datos numéricos, una desviacion baja indica que los datos estan muy cerca de la media y una desviacion alta indica que los datos estan mas dispersos y alejados de la media.

El **Z-Score** es el numero de desviaciones estandar de un valor en relacion con la media, puede ser desde -3 hasta +3.

Procedemos a remover los outliers con **Z-Score**, por lo anteriormente mencionado acerca las campanas de Gauss en cada categoria, deberemos separar los datos en dos grupos antes de remover los outliers.

```
In [ ]: kirmizi = dataset[dataset['Class'] == 'Kirmizi_Pistachio']
        siit = dataset[dataset['Class'] == 'Siit_Pistachio']
```

```
In [ ]: def limpiar_outliers_zscore(df: pd.DataFrame) -> pd.DataFrame:
        threshold = 3
        for column in df.columns[:-1]:
            zscore = np.abs(stats.zscore(df[column]))
            df[column] = np.where(zscore > threshold, np.nan, df[column])
        return df.dropna()
        kirmizi = limpiar_outliers_zscore(kirmizi)
        siit = limpiar_outliers_zscore(siit)
```

```
In [ ]: cantidad_inicial = len(dataset)
        dataset = pd.concat([kirmizi, siit])
```

```
cantidad_final = len(dataset)
```

Veamos cuantos outliers fueron removidos en total:

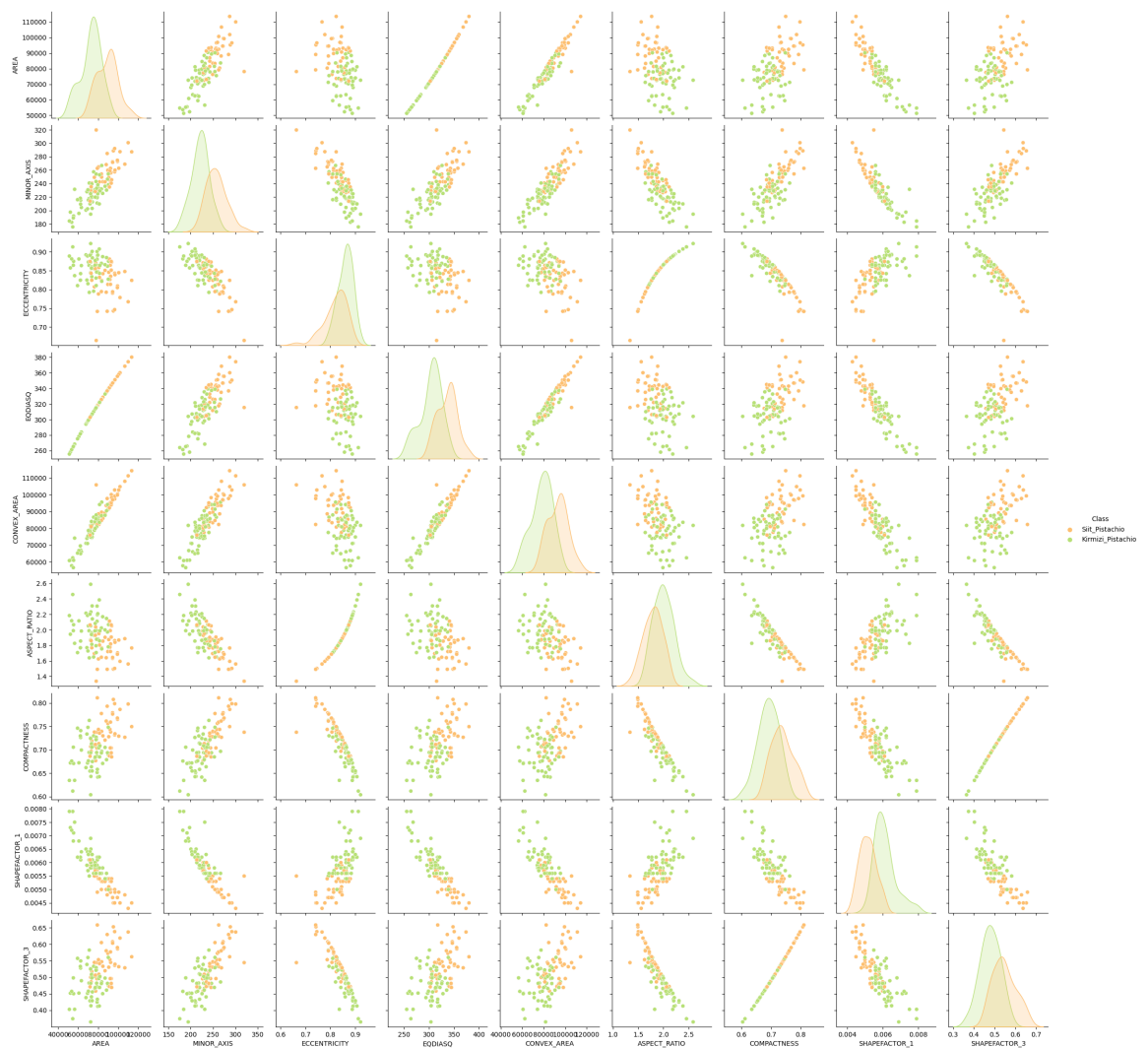
```
In [ ]: porcentaje_removido = (cantidad_inicial - cantidad_final) / cantidad_inicial
print(f'Cantidad de datos removidos: {cantidad_inicial - cantidad_final}
```

Cantidad de datos removidos: 58 (3.38%)

Correlaciones

Ahora procederemos a analizar las correlaciones entre variables, para observar si efectivamente se pueden separar los datos en dos categorias, para esto es necesario que formen dos "nubes" de datos que esten bien diferenciados entre si.

```
In [ ]: columnas = [
    'AREA', 'MINOR_AXIS', 'ECCENTRICITY',
    'EQDIASQ', 'CONVEX_AREA', 'ASPECT_RATIO',
    'COMPACTNESS', 'SHAPEFACTOR_1', 'SHAPEFACTOR_3',
]
sns.pairplot(
    dataset.sample(100),
    hue='Class',
    vars=columnas,
    palette='RdYlGn',
)
plt.show()
```

Podemos observar que efectivamente las categorías de Pistachos se agrupan en "nubes" de datos, lo que significa que podemos separarlos en dos categorías.

Definiendo las variables dependientes e independientes

Ahora pasaremos a definir que variables usaremos como input **X** y cuales como output **y** (la que deseamos predecir) en los modelos.

Como variable independiente X utilizaremos las 9 columnas numericas que diferencian a los pistachos:

```
In [ ]: X = dataset.iloc[:, :9].values
X
```

```
Out[ ]: array([[7.310700e+04, 2.177261e+02, 8.705000e-01, ..., 6.896000e-01,
        6.100000e-03, 4.756000e-01],
        [6.095500e+04, 2.091255e+02, 8.414000e-01, ..., 7.200000e-01,
        6.300000e-03, 5.184000e-01],
        [7.953700e+04, 2.212136e+02, 8.806000e-01, ..., 6.817000e-01,
        5.900000e-03, 4.648000e-01],
        ...,
        [8.480800e+04, 2.358735e+02, 8.728000e-01, ..., 6.799000e-01,
        5.700000e-03, 4.623000e-01],
        [9.027000e+04, 2.698232e+02, 7.774000e-01, ..., 7.903000e-01,
        4.800000e-03, 6.246000e-01],
        [7.878000e+04, 2.393016e+02, 8.481000e-01, ..., 7.013000e-01,
        5.700000e-03, 4.919000e-01]])
```

Antes de determinar la variable dependiente Y, que es la que necesitaremos predecir, vamos a convertir las variables categoricas `Class` en variables ficticias, basicamente creariamos una columna nueva para cada categoria con `1s` y `0s`.

```
In [ ]: df_class = pd.get_dummies(dataset['Class'])
df_class.sample(5)
```

```
Out[ ]:
```

	Kirmizi_Pistachio	Siit_Pistachio
780	0	1
268	1	0
814	1	0
849	1	0
1568	1	0

```
In [ ]: dataset = pd.concat([dataset, df_class], axis=1)
```

Finalmente utilizaremos como variable Y la columna `Kirmizi_Pistachio`:

```
In [ ]: y = dataset['Kirmizi_Pistachio'].values
y
```

```
Out[ ]: array([1, 1, 1, ..., 0, 0, 0], dtype=uint8)
```

Separando datos de entrenamiento y testeo

Separamos los datos en sets para utilizar un porcentaje para el entrenamiento y otro para el testeo del modelo.

```
In [ ]: X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(
        X, y,
        test_size = 0.2,
        random_state = 0,
        )
```

Como ultimo paso en esta etapa vamos estandarizar y escalar los datos

```
In [ ]: sc_X = StandardScaler()
X_train = sc_X.fit_transform(X_train)
```

```
X_test = sc_X.transform(X_test)
X_train, X_test
```

```
Out[ ]: (array([[ -0.27028772, -0.20474649,  0.07726659, ...,  0.14441467,
                0.03937123,  0.11452702],
               [ 0.96837084,  1.60481555, -2.49937583, ...,  2.62265659,
               -1.74307153,  2.75905748],
               [ 0.22731017, -0.59565202,  1.06141715, ..., -0.9334006 ,
               0.18790812, -0.92530439],
               ...,
               [ 2.20110959,  1.12599257,  0.10075467, ...,  0.36193295,
               -1.29746084,  0.33334962],
               [-0.65766034, -1.41217797,  1.4842026 , ..., -1.64705606,
               1.2276664 , -1.57837959],
               [ 0.80820235,  0.11193761,  0.65507336, ..., -0.55457664,
               -0.25770257, -0.56738526]]),
        array([[ 1.1846525 ,  1.22713664, -1.16760167, ...,  1.57416962,
               -1.44599774,  1.59878882],
               [-1.51503285, -0.38269015, -0.31263555, ..., -0.53013638,
               1.37620329, -0.54533337],
               [ 0.57432801,  0.22501199,  0.51179607, ..., -0.67188986,
               -0.10916567, -0.67934101],
               ...,
               [ 0.28550778,  0.0191202 ,  0.10545228, ...,  0.34482477,
               -0.40623946,  0.31638663],
               [ 1.52399959,  1.78572012, -1.25450757, ...,  1.08047646,
               -1.29746084,  1.07123977],
               [-0.52917536, -1.03367217,  1.05437073, ..., -0.93584462,
               0.78205571, -0.92869699]]))
```

Clasificacion con Regresion Logistica

Este metodo de clasificacion basicamente intenta predecir con reglas de la probabilidad que tan probable es que haya un fallo o no, utilizando una funcion sigmoide.

Definimos el modelo y lo entrenamos

```
In [ ]: classifier = LogisticRegression(
        random_state = 0,
    )
classifier.fit(X_train, y_train)
```

```
Out[ ]: LogisticRegression
LogisticRegression(random_state=0)
```

Realizamos predicciones a partir de los datos de testeo

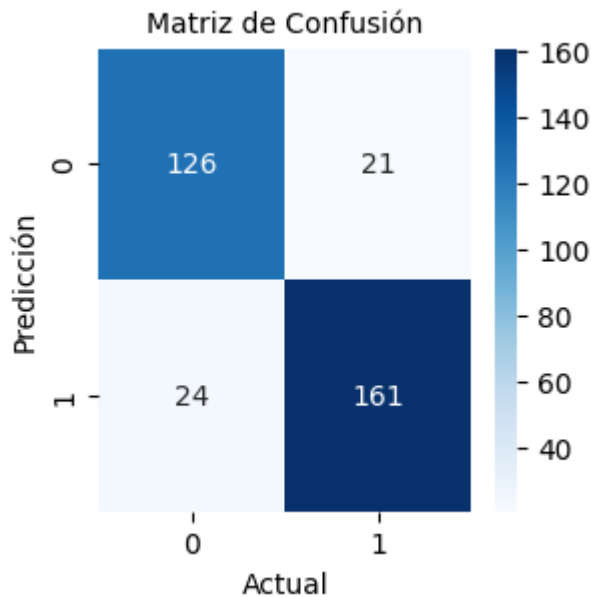
```
In [ ]: y_pred = classifier.predict(X_test)
```

Podemos observar en la matriz de confusion que se obtuvo una buena cantidad de aciertos para ambas categorias

```
In [ ]: def plot_confusion_matrix(y_test, y_pred):
        cm = confusion_matrix(y_test, y_pred)
```

```
plt.figure(figsize = (3, 3))
sns.heatmap(
    cm,
    annot=True,
    fmt='g',
    cmap='Blues',
)
plt.ylabel('Predicción', fontsize=10)
plt.xlabel('Actual', fontsize=10)
plt.title('Matriz de Confusión', fontsize=10)
plt.show()

#
plot_confusion_matrix(y_test, y_pred)
```



A continuación podemos observar con mayor detalle las diferentes métricas obtenidas con el modelo:

- **Exactitud** : se calcula haciendo la sumatoria del error entre el valor real y la predicción, dividido por la cantidad de datos, nos indica que tan cerca está el modelo de la predicción correcta, en un rango del 0 al 1.
- **Precisión** : su fórmula es $\frac{tp}{(tp+fp)}$ donde **tp** son los verdaderos positivos y **fp** los falsos positivos, nos indica en un rango del 0 al 1 que tan bien clasifica el modelo a los verdaderos positivos.
- **Recall** : similar a la **Precisión**, pero tomando en cuenta los falsos negativos, su fórmula es $\frac{tp}{(tp + fn)}$.
- **Puntaje F1** : a diferencia de las anteriores, este puntaje nos indica que tan bien clasifica el modelo a los verdaderos positivos y a los falsos negativos, ya que es la media armónica entre **Precisión** y **Recall**, su fórmula es $2 * (\frac{precision * recall}{precision + recall})$.
- **ROC-AUC** : es el área bajo la curva **ROC**, la curva ROC es la gráfica del ratio de positivos verdaderos y el ratio de falsos positivos.

```
In [ ]: def obtener_metricas_df(nombre_modelo, y_test, y_pred) -> pd.DataFrame:
        return pd.DataFrame({
            'Modelo': [nombre_modelo],
            'Exactitud': [accuracy_score(y_test, y_pred)],
```

```

        'Precisión': [precision_score(y_test, y_pred)],
        'Recall': [recall_score(y_test, y_pred)],
        'Sensibilidad': [recall_score(y_test, y_pred)],
        'Puntaje F1': [f1_score(y_test, y_pred)],
        'ROC-AUC': [roc_auc_score(y_test, y_pred)],
    })
#
rl_metricas_df = obtener_metricas_df('Regresion Logistica', y_test, y_pre
rl_metricas_df

```

```

Out[ ]:

```

	Modelo	Exactitud	Precisión	Recall	Sensibilidad	Puntaje F1	ROC-AUC
0	Regresion Logistica	0.864458	0.884615	0.87027	0.87027	0.877384	0.863707

Los resultados de las metricas obtenidas con los modelos las vamos a ir acumulando para luego compararlas a final del trabajo

```

In [ ]: metricas_df = pd.DataFrame()
metricas_df = pd.concat([metricas_df, rl_metricas_df])

```

Clasificacion con K vecinos mas cercanos (kNN)

Basicamente este metodo de clasificacion intenta predecir si un punto de un dato pertenece a una categoria u otra, basandose en que tan cercanos son a otros puntos de datos, en caso de que un dato este rodeado por diferentes categorias, se realiza una votacion de mayoria.

Para poder encontrar la cantidad optima de vecinos cercanos a tener en cuenta, definiremos una funcion para definir y entrenar el modelo a la que le ingresamos una cantidad de vecinos cercanos a utilizar

```

In [ ]: def knn_classifier(cantidad_vecinos:int):
        model = KNeighborsClassifier(
            n_neighbors = cantidad_vecinos,
            metric = "minkowski",
            p = 2,
        )
        model.fit(X_train, y_train)
        return model

```

Utilizamos esta funcion para crear modelos de kNN con desde 1 hasta 50 vecinos mas cercanos y ploteamos las metricas obtenidas para cada modelo

```

In [ ]: def setup_plot_linea_metricas(model_y_func, max_x:int):
        """Grafico de lineas de las metricas, segun una cantidad x"""
        x = [ i for i in range(1, max_x, 1) ]
        y_acc = []
        y_pre = []
        y_rec = []
        y_f1 = []
        y_rocauc = []
        #
        for i in x:
            y_pred = model_y_func(i).predict(X_test)

```

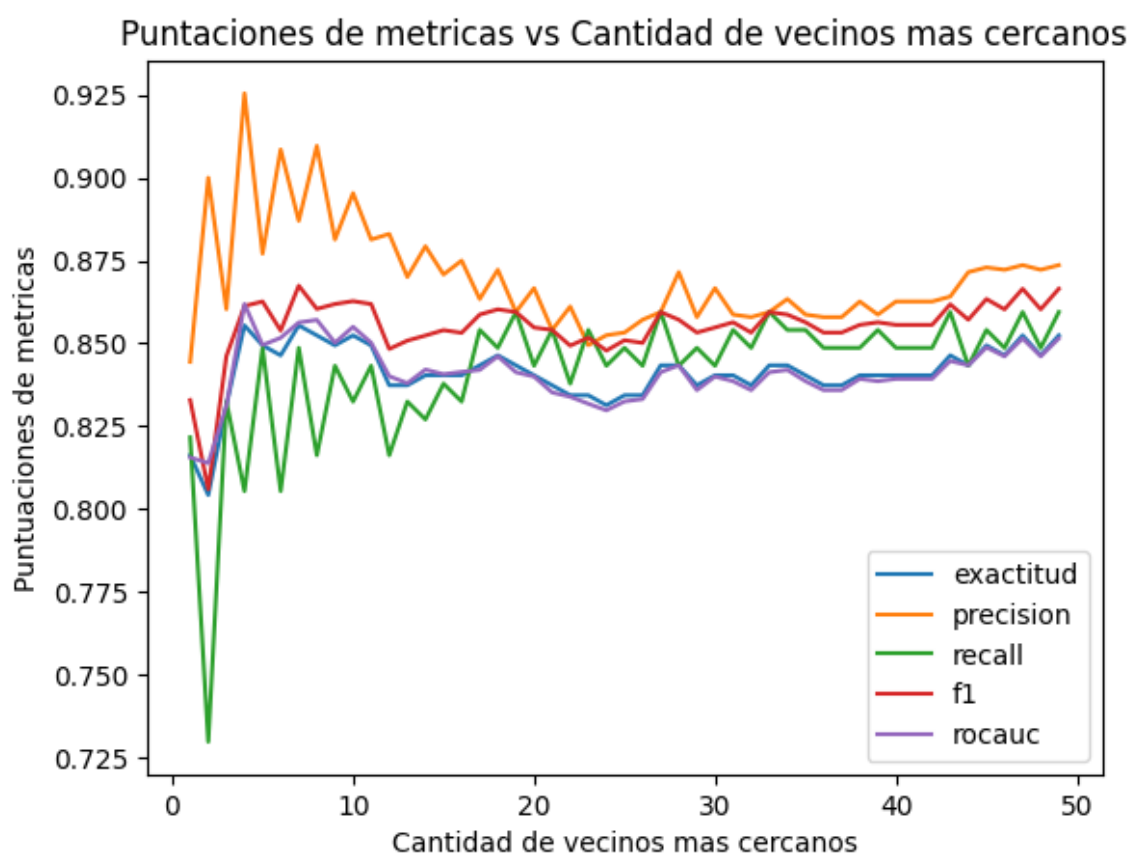
```

y_acc.append(accuracy_score(y_test, y_pred))
y_pre.append(precision_score(y_test, y_pred))
y_rec.append(recall_score(y_test, y_pred))
y_f1.append(f1_score(y_test, y_pred))
y_rocauc.append(roc_auc_score(y_test, y_pred))

#
plt.plot(x, y_acc, label = 'exactitud')
plt.plot(x, y_pre, label = 'precision')
plt.plot(x, y_rec, label = 'recall')
plt.plot(x, y_f1, label = 'f1')
plt.plot(x, y_rocauc, label = 'rocauc')
plt.legend()

#
setup_plot_linea_metricas(knn_classifier, 50)
plt.xlabel("Cantidad de vecinos mas cercanos")
plt.ylabel("Puntuaciones de metricas")
plt.title('Puntaciones de metricas vs Cantidad de vecinos mas cercanos')
plt.show()

```



Podemos observar que mejor la metrica **f1** lo conseguimos con 5 vecinos mas cercanos, por lo que utilizaremos este valor para el modelo final de kNN.

```

In [ ]: classifier = knn_classifier(5)
        y_pred = classifier.predict(X_test)

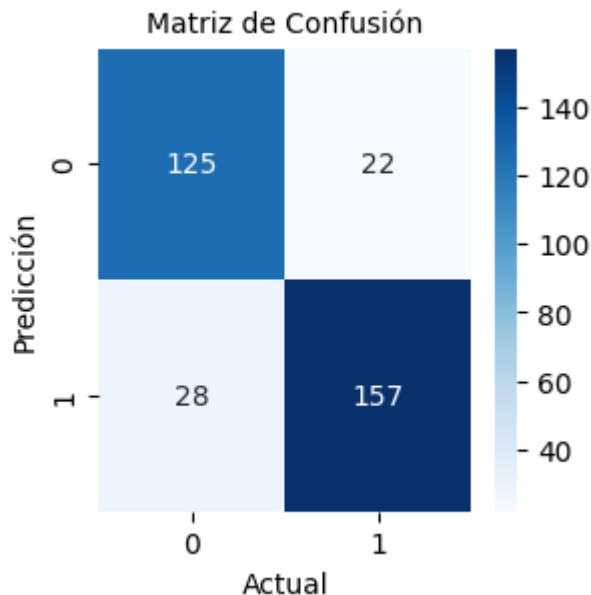
```

Veamos la matrix de confusion resultante utilizando el modelo de kNN con la mas optima cantidad de vecinos cercanos

```

In [ ]: plot_confusion_matrix(y_test, y_pred)

```



Podemos ver que tuvo una buena cantidad de aciertos para ambas categorías

A continuación podemos observar con mayor detalle las diferentes métricas obtenidas con el modelo

```
In [ ]: knn_metricas_df = obtener_metricas_df('knn', y_test, y_pred)
knn_metricas_df
```

```
Out[ ]:   Modelo  Exactitud  Precisión  Recall  Sensibilidad  Puntaje F1  ROC-AUC
0      knn    0.849398   0.877095   0.848649    0.848649    0.862637   0.849494
```

```
In [ ]: metricas_df = pd.concat([metricas_df, knn_metricas_df])
```

Clasificación con Máquina de Soporte Vectorial

Basicamente este método de clasificación intenta predecir una categoría, separando los datos con hiperplanos, el negativo y positivo que son los más cercanos a los datos y el hiperplano óptimo que es el intermedio entre ambos.

Definimos el modelo y lo entrenamos

```
In [ ]: classifier = SVC(
        kernel = "rbf",
        random_state = 0,
    )
classifier.fit(X_train, y_train)
```

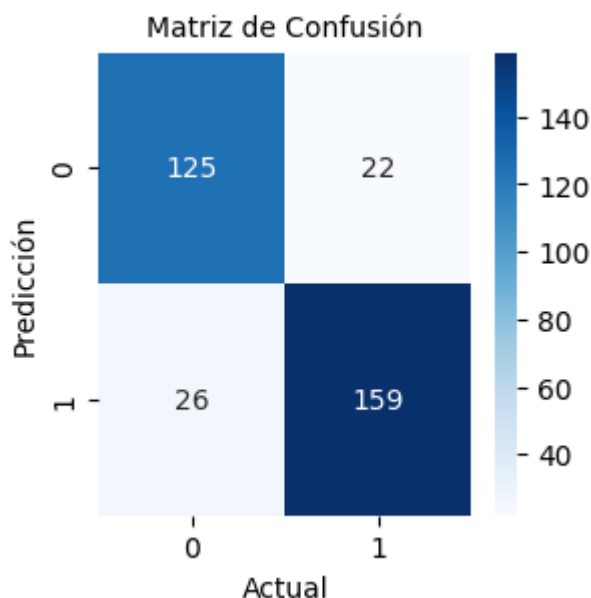
```
Out[ ]: SVC
SVC(random_state=0)
```

Realizamos las predicciones de testeo

```
In [ ]: y_pred = classifier.predict(X_test)
```

Podemos ver que obtuvimos una buena cantidad de aciertos para ambas categorías, lo que indica que el modelo es bueno

```
In [ ]: plot_confusion_matrix(y_test, y_pred)
```



Podemos ver con mayor detalle las diferentes métricas obtenidas con el modelo:

```
In [ ]: msv_metricas_df = obtener_metricas_df('MSV', y_test, y_pred)
msv_metricas_df
```

```
Out[ ]:
```

	Modelo	Exactitud	Precisión	Recall	Sensibilidad	Puntaje F1	ROC-AUC
0	MSV	0.855422	0.878453	0.859459	0.859459	0.868852	0.8549

```
In [ ]: metricas_df = pd.concat([metricas_df, msv_metricas_df])
```

Clasificación con Naive Bayes

Basicamente este método de clasificación utiliza el Teorema de Bayes, el cual intenta predecir cual es la probabilidad de que un evento ocurra comparando las características de este evento vs la probabilidad de que ocurra un evento similar.

Definimos el modelo y lo entrenamos

```
In [ ]: classifier = GaussianNB()
classifier.fit(X_train, y_train)
```

```
Out[ ]:
```

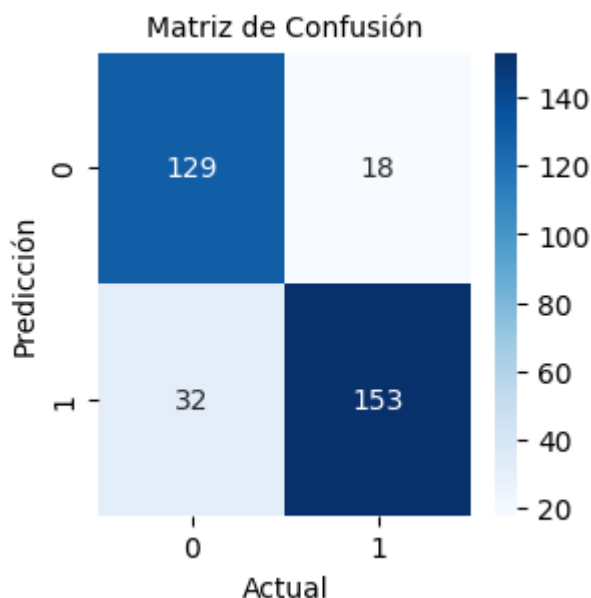
▼ GaussianNB
 GaussianNB()

Realizamos las predicciones de testeo


```
In [ ]: y_pred = classifier.predict(X_test)
```

Podemos ver que el modelo es bueno ya que obtuvimos una buena cantidad de aciertos para ambas categorías

```
In [ ]: plot_confusion_matrix(y_test, y_pred)
```



Podemos ver con mayor detalle las diferentes metricas obtenidas con el modelo:

```
In [ ]: nb_metricas_df = obtener_metricas_df('Naive Bayes', y_test, y_pred)
nb_metricas_df
```

```
Out[ ]:
   Modelo Exactitud Precisión Recall Sensibilidad Puntaje F1 ROC-AUC
0 Naive Bayes  0.849398  0.894737  0.827027    0.827027    0.859551  0.852289
```

```
In [ ]: metricas_df = pd.concat([metricas_df, nb_metricas_df])
```

Clasificación con Árboles de Decisión

Este método de clasificación funciona subdividiendo los datos siguiendo el criterio seleccionado, estas subdivisiones se realizan recursivamente por lo que van formando una estructura de árbol.

Los criterios utilizados en estos modelos básicamente intentan medir la frecuencia con la que un elemento del dataset puede ser mal clasificado cuando es seleccionado aleatoriamente. Puede utilizarse **Entropía** o la **impureza de Gini**.

Definimos el modelo y lo entrenamos, en este caso utilizando el criterio de entropía

```
In [ ]: classifier = DecisionTreeClassifier(
    criterion = "entropy",
    random_state = 0,
```

```
)
classifier.fit(X_train, y_train)
```

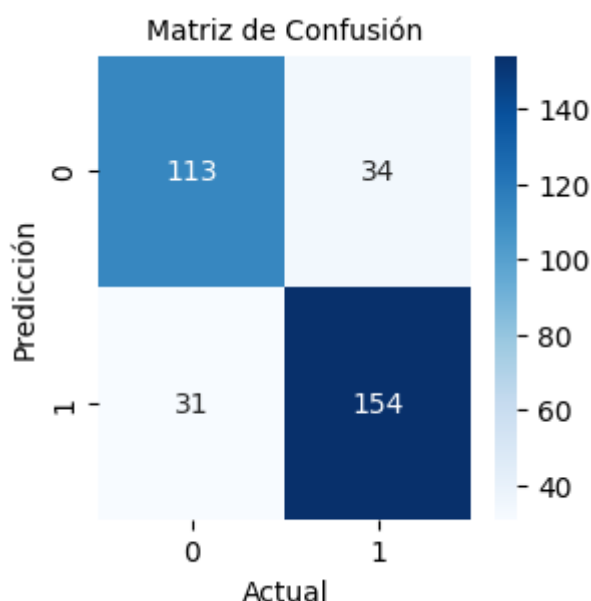
```
Out[ ]: DecisionTreeClassifier
DecisionTreeClassifier(criterion='entropy', random_state=0)
```

Realizamos las predicciones de testeo

```
In [ ]: y_pred = classifier.predict(X_test)
```

Podemos ver que el modelo es muy bueno ya que obtuvimos una buena cantidad de aciertos para ambas categorías

```
In [ ]: plot_confusion_matrix(y_test, y_pred)
```



Vemos en detalle las diferentes metricas obtenidas con el modelo:

```
In [ ]: arboles_metricas_df = obtener_metricas_df('Arboles de Decision', y_test,
arboles_metricas_df)
```

```
Out[ ]:
```

	Modelo	Exactitud	Precisión	Recall	Sensibilidad	Puntaje F1	ROC-AUC
0	Arboles de Decision	0.804217	0.819149	0.832432	0.832432	0.825737	0.80057

```
In [ ]: metricas_df = pd.concat([metricas_df, arboles_metricas_df])
```

Clasificacion con Random Forest

Basicamente este metodo combina multiples arboles de decision en un mismo resultado mediante votacion, obteniendo metricas mejpres que cada uno de los arboles individualmente. Este tipo de metodos que combinan multiples modelos se denominan [Ensemble Learning](#).

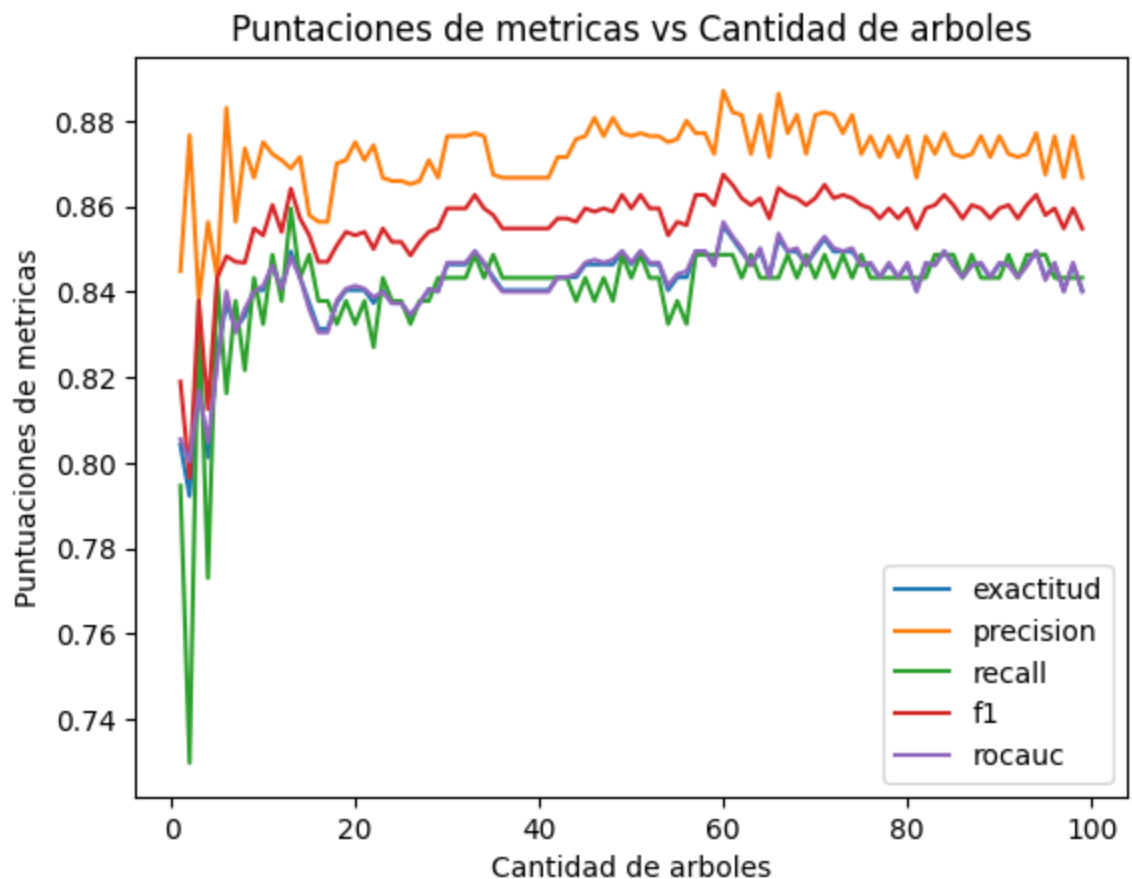
Basicamente el Random Forest logra obtener un rendimiento mejor que un arbol de decision individual, debido a que si aumentamos la complejidad de este ultimo para tener un mejor resultado, obtendremos un overfitting que no es deseado, en cambio combinando multiples arboles simples, podemos obtener mejores resultados sin aumentar la complejidad de cada arbol individualmente.

Al igual que con kNN, vamos a crear un modelo con una cantidad de arboles de decision desde 1 hasta 100 para ver cual es la cantidad optima de estimadores a utilizar

```
In [ ]: def rf_classifier(cantidad_arboles):
        model = RandomForestClassifier(
            n_estimators = cantidad_arboles,
            criterion = "entropy",
            random_state = 0,
        )
        model.fit(X_train, y_train)
        return model
```

Procedemos a hacer las estimaciones y plotear las metricas con cada modelo de random forest (RF)

```
In [ ]: setup_plot_linea_metricas(rf_classifier, 100)
plt.xlabel("Cantidad de arboles")
plt.ylabel("Puntuaciones de metricas")
plt.title('Puntuaciones de metricas vs Cantidad de arboles')
plt.show()
```



Podemos observar como mejoran drasticamente las metricas en un principio, pero luego de los 15 estimadores, se empieza a mantener estables, lo que significa que no

es necesario utilizar mas que esta cantidad de arboles.

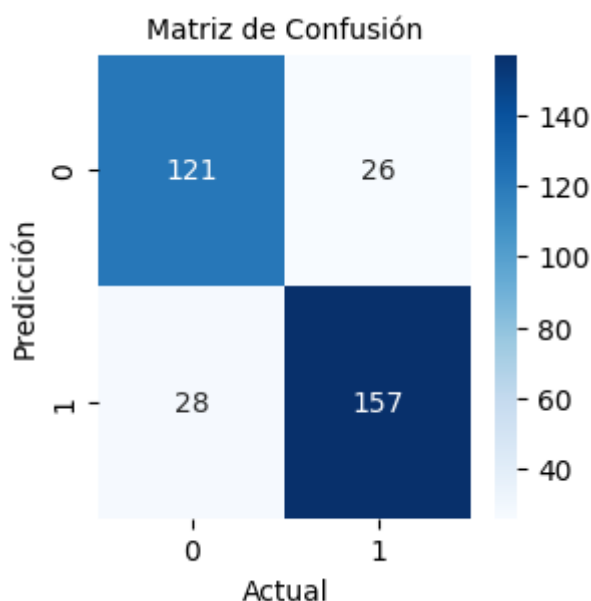
```
In [ ]: classifier = rf_classifier(15)
```

Realizamos nuevamente las predicciones con el ultimo modelo

```
In [ ]: y_pred = classifier.predict(X_test)
```

Procedemos analizar la matriz de confusion para ver la cantidad de aciertos obtenidos con la optima cantidad de arboles

```
In [ ]: plot_confusion_matrix(y_test, y_pred)
```



Vemos en detalle las metricas obtenidas con el ultimo modelo:

```
In [ ]: rf_metricas_df = obtener_metricas_df('Random Forest', y_test, y_pred)
rf_metricas_df
```

```
Out[ ]:
```

	Modelo	Exactitud	Precisión	Recall	Sensibilidad	Puntaje F1	ROC-AUC
0	Random Forest	0.837349	0.857923	0.848649	0.848649	0.853261	0.835889

```
In [ ]: metricas_df = pd.concat([metricas_df, rf_metricas_df])
```

Conclusiones

Finalmente hemos logrado poder clasificar con exito el tipo de pistacho utilizando los metodos de clasificacion Regresion Logistica, kNN, Maquina de Soporte Vectorial, Naive Bayes, Arboles de Decision y Random Forest obteniendo muy buenos resultados en general.

Podemos decir que el mejor modelo para este problema especifico fue el de Regresion Logistica ya que obtuvo un puntaje F1 de 0.87, tenemos en

cuenta esta metrica de entre todas, ya que esta toma en consideracion tanto la Precision como el Recall.

Tambien podemos decir que la seleccion de caracteristicas inicial fue muy buena ya que obtuvimos muy buenos resultados de todas maneras.

In []: `metricas_df`

Out []:

	Modelo	Exactitud	Precisión	Recall	Sensibilidad	Puntaje F1	ROC-AUC
0	Regresion Logistica	0.864458	0.884615	0.870270	0.870270	0.877384	0.863707
0	kNN	0.849398	0.877095	0.848649	0.848649	0.862637	0.849494
0	MSV	0.855422	0.878453	0.859459	0.859459	0.868852	0.854900
0	Naive Beyes	0.849398	0.894737	0.827027	0.827027	0.859551	0.852289
0	Arboles de Decision	0.804217	0.819149	0.832432	0.832432	0.825737	0.800570
0	Random Forest	0.837349	0.857923	0.848649	0.848649	0.853261	0.835889

Referencias

Paper - clasificacion de pistachios con kNN:

<https://www.mattioli1885journals.com/index.php/progressinnutrition/article/view/9686/9178>

Kaggle - pistachio types detection:

<https://www.kaggle.com/datasets/amirhosseinmirzaie/pistachio-types-detection>

Kaggle - pistachio image dataset:

<https://www.kaggle.com/datasets/muratkokludataset/pistachio-image-dataset>