

# Análisis de datos de plantaciones de olivar y modelado predictivo usando técnicas de machine learning

Miguel Ángel Travado Muñoz  
Gualberto Asencio-Cortés

Data Science and Big Data Lab, Pablo de Olavide University, 41013 Seville, Spain

Proyecto realizado por alumno interno de 3<sup>er</sup> año de Ingeniería Informática de los Sistemas de Información

## Resumen

La posibilidad de recopilar datos de múltiples variables relacionadas con las plantaciones de olivar permite el estudio y el tratamiento de estos con motivo de mejorar el proceso y la toma de decisiones relacionadas con el tratamiento de la oliva. Mediante una serie de fases se realizará un entendimiento y modelado de los datos disponibles, utilizando múltiples estrategias de machine learning. La metodología seguida para las diferentes fases será la CRISP-DM.

## 1. Introducción

La agricultura y la informática son dos disciplinas diferentes, pero existe la posibilidad de que una complemente a la otra. La primera, necesita de eficiencia y previsión para que los resultados sean mejores. En cambio, la informática requiere datos reales para poner a prueba sus capacidades. Gracias a la recogida de múltiples variables independientes o relacionadas del sector agrícola, tenemos la oportunidad de crear un modelo para la predicción y toma de decisiones que ayude a conseguir la mejora de esos aspectos determinantes a la hora de organizar y gestionar plantaciones de olivos. Nuestra tarea como informáticos trata de predecir la cantidad de olivas picadas y moscas de la oliva aparecerán en el plazo de una semana.

## 2. Comprensión de los datos

Tenemos a nuestra disposición un conjunto de datasets que recogen información relevante de 16 plantaciones de olivas diferentes situadas en Andalucía. Cada archivo consta de multitud de atributos recogidos de las plantaciones, que se recolectan de manera semanal, es decir, cada fila hace referencia a una semana. Es importante destacar que los valores de estos atributos no se recogen en igualdad de condiciones, refiriéndose así a que es posible que unos se calculen un día de la semana a una hora en concreto y otros a otra distinta.

dato recogido. Dicho formato se indica de tal manera: *XXXX\_LAST/AVG\_bk\_w-X-sXX*. A continuación, se aclara el significado de cada etiqueta.

- *XXXX* es la etiqueta del atributo recogido. Puede ser cualquier conjunto breve de letras o acrónimo. Más adelante se nombrarán los más importantes.
- *LAST/AVG* son significan último y media señalando si el dato es el último tomado o la media de los datos según el tamaño temporal del atributo.
- *w-X* lo entendemos como el intervalo de tiempo en el que se recoge un dato y el siguiente. Tal y como ya hemos mencionado, cada fila del dataset es una semana, entonces, en nuestro caso el formato para todos los atributos obedecerá el *w-1* ya que cada semana tenemos una instancia nueva.
- *s-XX* determina el plazo temporal en días del atributo. Este es diferente a *w-X* ya que no expresa el intervalo de tiempo entre una instancia y otra del dataset, sino que determina de hace cuanto tiempo es el dato recogido. Por ejemplo, si tenemos un *XXX\_AVG\_bk\_w-1\_s-90* quiere decir que el valor del atributo *XXXX* definirá la media tomada (*AVG*) de hace 90 días (*s-90*).

Para ser precisos, estos atributos tienen un formato específico que determina la condición y el tipo de

Este sería el formato con el que se describen los diferentes atributos de nuestros datasets, que no

explican el sentido ni significado de los atributos en sí; esto se desarrollará en el análisis exploratorio de datos más adelante.

### 3. Preprocesado de datos

La preparación de los datos es una fase esencial en cualquier modelado predictivo que se realice. Es necesario que los datos vayan acordes con la tecnología y estrategias que se usarán en el futuro. El paradigma que utilizaremos en el modelado, en principio, únicamente permite datos en formato numérico, en este caso números de coma flotante.

Existen varias tareas genéricas para preparar los datos disponibles. En primer lugar, la *selección del conjunto de datos* que se nos proporcionan y que tomaremos como veraces y de calidad, antes de realizar ciertas modificaciones necesarias para el modelado. Son 8 datasets que describen el comportamiento de los diferentes atributos, pero, 4 de ellos, la clase será la cantidad de olivas picadas y en los restantes serán la cantidad de moscas de la oliva que se recogen en una trampa de las plantaciones. Son valores representativos, no exactos.

La siguiente tarea consiste en una *limpieza de datos*, las modificaciones necesarias mencionadas anteriormente. Se da la posibilidad de aplicar multitud de técnicas diferentes para transformar los datos de tal manera que faciliten y mejoren el proceso siguiente de modelado predictivo. Principalmente, este proceso se lleva a cabo para corregir o eliminar registros inexactos en un conjunto de datos. De forma general, se identifica y sustituye los datos o registros incompletos, inexactos, corruptos o irrelevantes. Tras este proceso, los datos deben ser coherentes y estar libres de errores, algo esencial para la explotación de los datos.

Las técnicas utilizadas en el conjunto de datasets disponibles relacionadas con la limpieza de datos se enumeran y desarrollan a continuación.

En multitud de situaciones, obtenemos un conjunto de datos en los que no todas las instancias tienen valores para sus atributos. En estos casos, es imprescindible actuar para poder completar nuestro dataset y que no conste falta de datos en él. La

implementación para el modelado no permite valores ausentes así que esta acción es indispensable. Para poder mantener el mayor número de instancias, procederemos a asignar un valor representativo que sustituirá los valores ausentes. Este valor es la media aritmética del atributo en cuestión, así no genera un gran impacto a la hora de analizar los datos. Si existe alguna columna que no tenga ni un solo valor, se eliminará el atributo ya que no aporta nada al modelado ni predicción.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Al igual que realizamos esta imputación, también imputamos cualquier atributo que no sea de tipo numérico, ya que no nos aportará ningún tipo de información en este caso.

Para poder tener unos atributos con valores numéricos dentro de un rango continuo [0, 1] aplicamos una operación matemática a cada columna de manera independiente, llamada homotecia y/o normalización. Para cada valor  $x_i$ , su normalización  $x_i^N$  se define como:

$$x_i^N = \left\{ \frac{x_{i,j} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)}, \forall j \in 1, \dots, n \right\}$$

Al igual que la operación de estandarización, esta transformación es muy recomendable si queremos aplicar modelos de aprendizaje automático, pues las diferencias de escalas y rangos de valores entre los atributos puede perjudicar el entrenamiento de modelos. Sklearn nos facilita procedimientos y funciones para realizar este cálculo.

Otro aspecto interesante que aplicar es la detección de outliers. Esto son valores anómalos que se presentan fuera de la distribución normal de datos. Nos referimos a instancias que difieren mucho en sus atributos a las demás instancias de nuestro conjunto de datos, lo que quiere decir que proporcionan información ‘desproporcionada’ ya que no sigue la tendencia normal, y puede inferir negativamente en la predicción resultante.

Nos centraremos en la aplicación del algoritmo de envolvente elíptica, que presupone que los datos

siguen una distribución normal (distribución gaussiana). En nuestro caso, supondremos que el conjunto de datos relativo a las plantaciones sigue dicha distribución normal, aplicando de forma fiable el algoritmo propuesto.

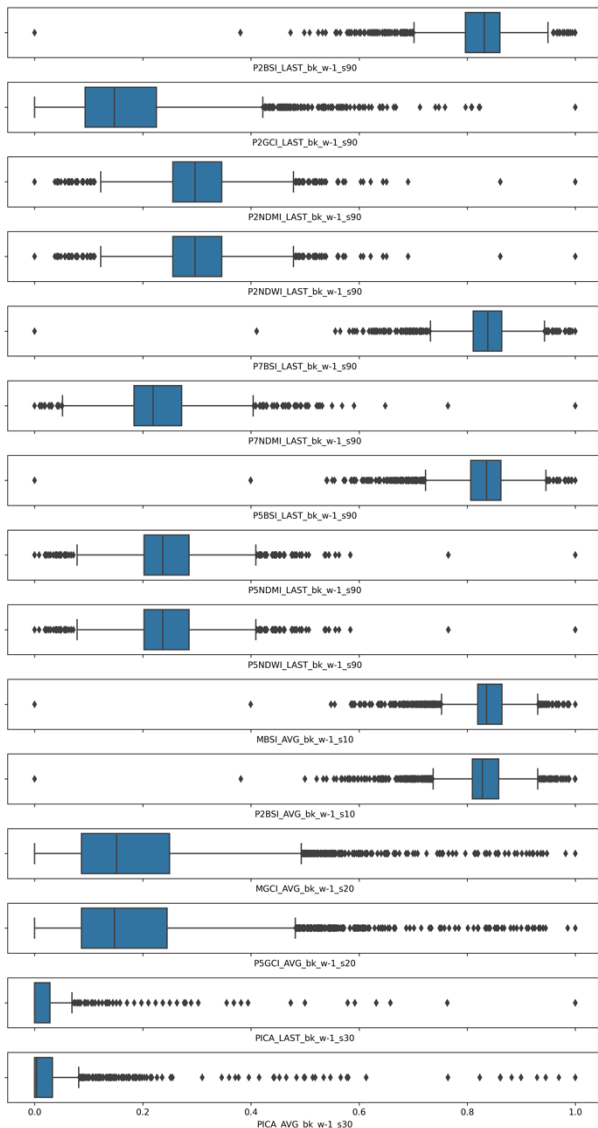


Fig. 1. Gráfico de cajas y bigotes sobre los atributos más importantes de PICA\_H1

Haremos uso de funciones que ofrece Sklearn para proceder con la eliminación de outliers. En primer lugar, entrenaremos un modelo basado en el dataset que queremos analizar, después calcularemos una puntuación sobre la normalidad de cada instancia respecto a la distribución centrada y escalada en la mediana e IQR, respectivamente. Estableceremos un umbral según el percentil que deseemos para obtener

el valor límite que diferencia entre valor aceptable y outliers. Y, por último, eliminaremos aquellas instancias que su puntuación supere ese umbral.

#### 4. Modelado supervisado

Tras comprender y tratar los datos a disposición, es el momento de utilizarlos para un fin determinado. Como se explicó al inicio del análisis, el objetivo principal es el uso del conocimiento disponible para la inferencia de una variable esencial en el tratamiento de la oliva, la cantidad de oliva picada en un momento determinado, así la toma de decisiones es más acertada según en qué fase o situación se encuentre nuestra plantación.

Para poder aprender de los datos, debemos conocer qué tipo de aprendizaje automático nos conviene.

- Aprendizaje supervisado. Este consiste principalmente en el entrenamiento de un modelo para poder reconocer patrones y predecir una variable determinada, llamada clase. Dentro de este aprendizaje existen dos tipos de problemas de inferencia según como se representa la variable de salida. De regresión si esta es numérica o de clasificación si nuestra clase es categórica.
- Aprendizaje no supervisado. Es la parte del aprendizaje automático que se ocupa de los problemas donde no hay una variable de especial interés, sino que busca patrones genéricos del conjunto de datos e intenta identificarlos.

Podemos determinar que es de mayor interés la aplicación de un modelado supervisado para predecir nuestra variable útil. Podemos definir dicha variable como numérica, de manera que el aprendizaje será de regresión.

El modelado es la fase central del proyecto, en el que entrenaremos y pondremos en práctica un modelo de machine learning que nos proporcionará resultado con los que podremos decidir en base a datos obtenidos.

Los algoritmos de aprendizaje automático deben crear un modelo de inferencia a partir del conjunto de datos que relacione los atributos de entrada con el de salida. Por ello, todas las instancias deben tener

un valor determinado para cada atributo, tarea de la que nos hemos encargado en el apartado de preprocesamiento de datos rellenando los valores nulos de instancias con la media aritmética de dicho atributo. Para poder realizar el modelado de predicción, deberemos separar dos conjuntos diferenciados de los datos disponibles, que tendrán funcionalidades esenciales. El primer conjunto de datos es el de entrenamiento con el que entrenaremos al modelo para la inferencia, y, el segundo conjunto, será el de test que servirá para probar la eficacia del modelo entrenado. Los dos conjuntos no pueden compartir ninguna instancia, este aspecto es fundamental para evaluar correctamente el aprendizaje.

### Validación

Llamamos validación al proceso mediante el cual se divide el conjunto de datos en subconjuntos de entrenamiento y test con el objetivo de evaluar de forma adecuada la bondad de los algoritmos de aprendizaje supervisado. La estrategia de validación que seguiremos en el análisis, aunque no sea la más eficaz, es suficiente para este proyecto, será la validación cruzada. Esta no conlleva el inconveniente principal de la validación hold-out, la cual es escasa en representatividad de los resultados al evaluar únicamente un conjunto de test. Esta estrategia elegida posee las características de generalidad y representatividad. Principalmente, dividiremos el conjunto total de datos en K

subconjuntos, e iremos rotando, asignando a uno de estos la función de conjunto de test y los demás serán el conjunto de entrenamiento. La idea es predecir cada subconjunto de datos usando como entrenamiento el resto.

Evaluaremos la eficacia de nuestro modelo mediante métricas de evaluación. Las métricas difieren según sea un problema de regresión o clasificación. El error medio absoluto es una medida de interpretación fácil y directa de los resultados. Nótese que la métrica utilizada es un cálculo de valores absolutos.

La métrica RMSE se basa en las diferencias de valor absoluto entre las predicciones y valores reales. A diferencia que el MAE, que haya una mayor diferencia entre ambos valores provoca un mayor impacto en la medida.

En ocasiones, conocer una métrica de evaluación relativa como el MAPE, que representa la magnitud del error cometido del valor real al que se predice, en forma de proporción.

Por último, definir una métrica de evaluación para la regresión que se usa únicamente para evaluar modelos lineales. Este es el coeficiente de determinación, que recoge la cantidad de variabilidad de la clase que el modelo es capaz de predecir con respecto al total de variabilidad de la clase.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

Explicada la validación y la evaluación de los algoritmos procederemos a explicar los dos que utilizaremos para nuestros modelados supervisados.

### Regresión Lineal Múltiple – RLM

En primer lugar, tenemos la Regresión Lineal Múltiple, la cual pretende encontrar relaciones lineales entre los diferentes atributos y la clase. Definimos esta como múltiple porque se disponen de más de un atributo de entrada, si tuviésemos únicamente uno sería simple. Procederemos con

OLS (*Ordinary Least Square*), que intenta calcular los coeficientes que multiplican los valores de los atributos que relacionan estos con el valor predicho de la clase de cada instancia.

$$\hat{y} = w_0 + w_1 \cdot x_1 + \dots + w_p \cdot x_p$$

Esta función relaciona atributos, coeficientes y valor de la clase predicho, por lo que para el cálculo de los coeficientes debemos hacerlo minimizando la

función de coste que relaciones coeficientes, valores de los atributos y valores de la clase real.

$$f(w_0, \dots, w_p) = \frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^n \left( \left( w_0 + \sum_{j=1}^p w_p \cdot x_{i,j} \right) - y_i \right)^2$$

Gracias a la librería de funciones que nos ofrece Sklearn podemos utilizar diferentes algoritmos ya programados para testear el modelo con la validación de nuestros datos sobre las plantaciones de olivar y evaluar su veracidad y eficacia en la inferencia.

seguir el procedimiento de creación del objeto modelo de regresión lineal establecemos los parámetros necesarios para una correcta validación cruzada, los cuales son la división del conjunto, el algoritmo y los datos a tratar.

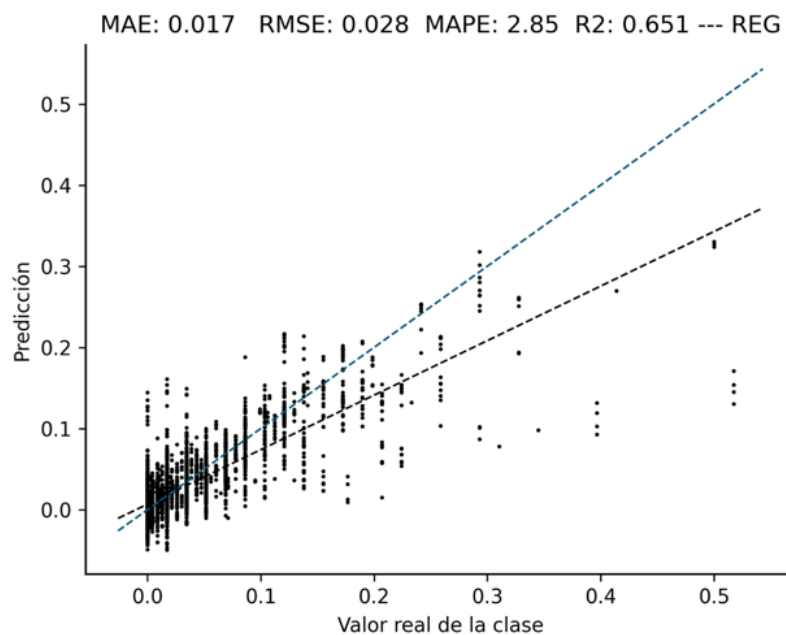


Fig. 2. Predicción sobre PICA\_H1 con el algoritmo RLM

En la gráfica se muestran los valores predichos y los valores reales de la clase, acompañada de su propia recta de regresión y una recta de referencia que indica la idoneidad de inferencia, es decir, cuando los valores calculados son exactamente iguales que los valores reales ( $x = y$ ).

Dado que las métricas MAE y RMSE son absolutas, están en la misma unidad de magnitud que la clase, y representan de alguna manera la diferencia entre la inferencia y la realidad, por lo que cuando más cercanas a 0 estén, más acertada será la predicción. En este caso, los valores rondan entre 0.0 – 0.7 y las métricas muestran que la variabilidad no es alta, por

lo que podemos fiarnos de los cálculos realizados. Gracias a la métrica porcentual, MAPE, podemos medir el error absoluto porcentual y tener una idea más clara de cuanto se alejan nuestras predicciones de la realidad en unidades relativas, es decir, en un tanto por ciento. Que este valor esté en torno a un 3% aclara, al igual que el MAPE, que nuestros errores son pequeños y no disparatados. Sin embargo, existen dos puntos a destacar aparte de las métricas:

- Nuestras predicciones son subestimaciones, puesto que de forma general toman valores menores a los reales.
- A valores reales más altos, la predicción disminuye en calidad y acierto.

La recta de regresión no acompaña en pendiente a la recta que determina una bondad perfecta. De aquí podemos deducir que la tendencia global de las predicciones no sigue a la tendencia de los valores reales y que como se ha comentado antes, a mayores valores reales, peor es la predicción. Esto viene dado por la cantidad de instancia que toman un valor relativamente bajo en vez de alto dentro del contexto del problema.

Por último, comentar el coeficiente de determinación que se ha obtenido con el algoritmo es aceptable. Podemos decir que un valor entre 0.6 – 0.75 define un modelo con una variabilidad decente respecto a la clase. Lo ideal sería tener un  $R^2 > 0.75$ .

En un modelado que trata un gran conjunto de datos multidimensional, es esencial probar diferentes técnicas al igual que suprimir algunas que se consideraban apropiadas para cualquier tipo de problema. Si, en este caso, suprimimos el tratamiento de outliers y añadimos la selección de atributos mediante eliminación recursiva, quedándonos con el 75% de ellos (los que tienen más importancia), mejoramos todas las métricas estudiadas y gráficamente vemos como las predicciones son más acertadas. RFE elimina los atributos menos importantes con una técnica de “wrapper” ya que utiliza un modelo de aprendizaje automático como una “caja negra” para seleccionar los atributos. El proceso consiste en entrenar el modelo con todos los atributos, luego eliminar el atributo de menos importancia, volver a entrenar el modelo y repetir el proceso hasta que se alcance el 75% de atributos iniciales (el caso que nosotros hemos establecido, pero podríamos quedarnos con el número de atributos que deseemos).

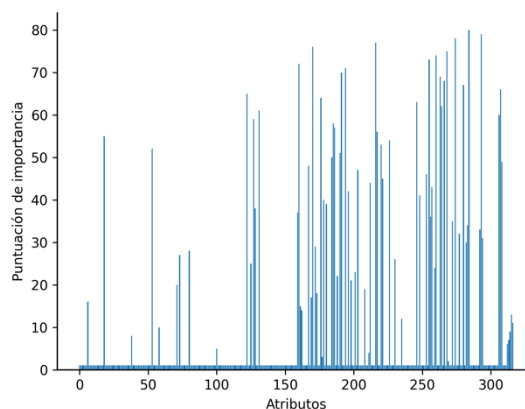


Fig. 3. Gráfico de barras de las puntuaciones de importancia sobre los atributos de PICA\_H1

Esta es la puntuación de los atributos iniciales y podemos ver cuáles son los que tienen más importancia. Se utiliza el método de puntuación de importancia que valora los coeficientes de regresión de cada atributo para analizar los esenciales que son en relación con la clase.

A continuación, se muestra el resultado de las modificaciones en el tratamiento de datos descrita.

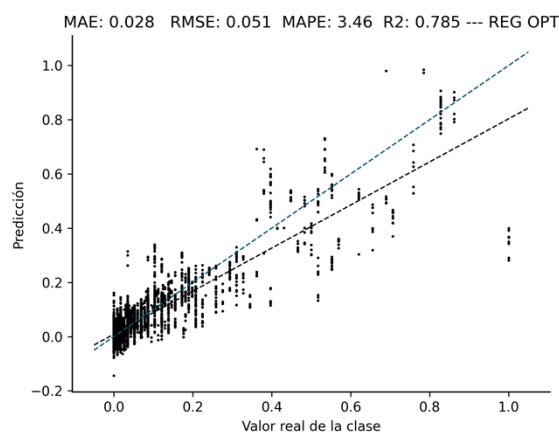


Fig. 4. Predicción sobre PICA\_H1 con el algoritmo RLM(\*)

Cabe destacar que las métricas absolutas como el MAE y el RMSE, al igual que el MAPE aumentan ya que se tienen en cuenta valores extremos que antes no contabilizaban, al haberse considerado outliers. Es importante tener en cuenta que los datos están normalizados, y que en la anterior gráfica no se consideraba el valor 1 de la clase ya que había sido

considerado una instancia anómala. Es por eso por lo que la mayoría de las predicciones eran mejores en valores bajos. En este caso pasa lo mismo, pero ya nos aseguramos de que no es una causa directa de no haber tenido en cuenta todo el conjunto de datos. La principal razón parece ser la aglomeración de datos en los valores bajos de la clase, siendo escasas las instancia cuando la variable objetivo toma valores más altos.

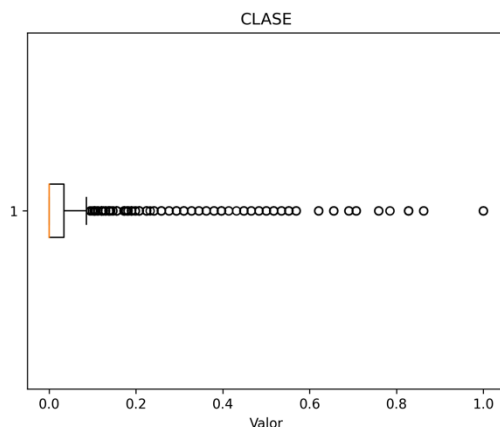


Fig. 5. Gráfico de cajas y bigotes de la clase de PICA\_H1

El coeficiente de determinación es notablemente mejor, superando el umbral de 0.75 que determina una consistencia de los datos buena. Las predicciones son más precisas en términos de variabilidad, pero menos precisas en términos absolutos. Conseguimos una mayor consistencia a costa de alejarnos más de los valores reales. Estas métricas no se correlacionan, es decir, que una aumente o disminuye no significa que la otra métrica deba hacerlo ni inversamente.

Principalmente, el cambio de las métricas viene dado por un aumento en el número de datos tratados. Sigue habiendo una tendencia a subestimar las predicciones, pero menor al anterior modelado. Es posible que los datos previamente detectados como outliers hayan sido considerado errores, pero eran datos importantes y verdaderos para tener en cuenta, no anómalos. Aunque realicemos su detección con un percentil menor, sigue disminuyendo el coeficiente de determinación.

En definitiva, si hay que tomar una decisión sobre si incrementar el R2 o disminuir las demás métricas

absolutas, elegiremos el primero ya que es una señal más real de que el modelo predictivo es fiable.

### Vecinos más cercanos – k-NN

Para el aprendizaje supervisado de regresión, se dispone de otro algoritmo dedicado a clases numéricas al igual que el anterior, el algoritmo de vecinos más cercanos (KNN). También es posible utilizarlo para tareas de clasificación partiendo de la misma premisa, aunque en un contexto de regresión se deberá calcular la media de los valores de la clase de los vecinos para determinar un valor predicho y, en el contexto de clasificación/categorico deberemos escoger la clasificación que más se repita en la clase de los vecinos seleccionados.

Podemos definir el funcionamiento y sentido principal de este algoritmo de aproximación como que las instancias con valores similares o muy parecidos en sus atributos tienen comportamientos también similares en el valor de sus clases. Entonces, nuestro modo de proceder será la creación de un modelo basado en la búsqueda de vecinos para el cálculo de la predicción (si fuera categorico escogeríamos la clase más común del conjunto de vecinos seleccionado).

Existen 2 elementos modificables para la realización del KNN:

1. El número de vecinos que buscamos en nuestro conjunto de datos, definido como  $k$ . Puede determinar el coste algoritmo al tener que buscar más elementos en el dataset, pero todo dependerá de la extensión de este.
2. La función de distancia  $d$  para poder evaluar la semejanza entre las diferentes instancias. Este aspecto es crucial para la efectividad de la predicción.

En la aplicación de KNN de nuestro proyecto utilizaremos un  $k = 10$  ya que no se ha demostrado que no existe un número óptimo de vecinos que se adapte a todo tipo de conjuntos de datos. Para la función de distancia usaremos una de las más comunes, la distancia de Minkowski.

$$Minkowski(e_i, e_j) = \left( \sum_{d=1}^p |x_{i,d} - x_{j,d}| \right)^{1/q}$$

Las ventajas de utilizar KNN son la sencillez de aplicación, que no requiere un gran conjunto de datos de entrenamiento para funcionar de manera efectiva, es capaz de manejar datos no lineales entre las características, pero una de las principales razones por las que es conveniente para nuestro conjunto de datos es que funciona bien para datos

con alta dimensionalidad, que en nuestro caso ocurre al tener una gran multitud de variables.

Las métricas que se utilizan para evaluar la efectividad son las mismas que usamos en el algoritmo RLM.

Tras haber destacado los puntos principales del algoritmo se procede a la validación y modelado del mismo con el conjunto de datos *PICA\_H1*.

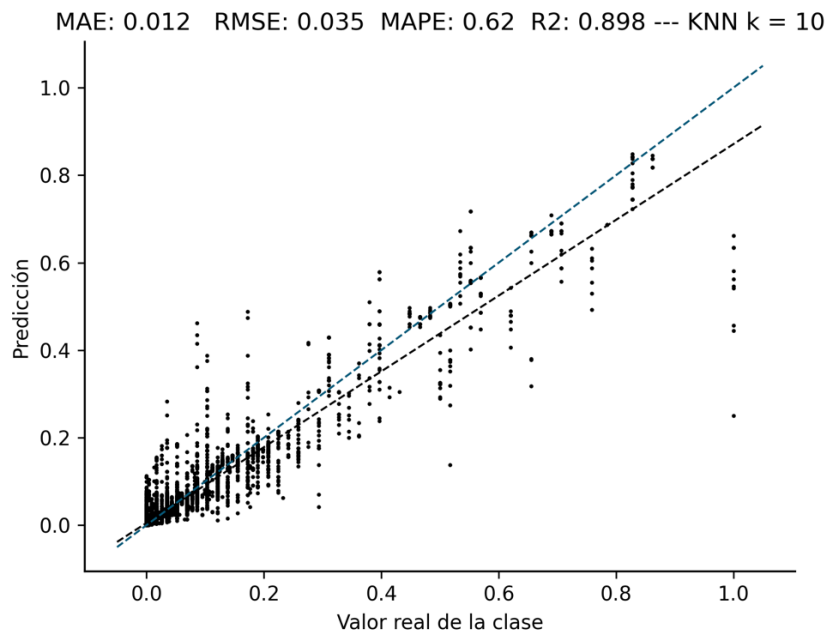


Fig. 6. Predicción sobre *PICA\_H1* con el algoritmo *k-NN*

Se puede visualizar los datos predichos obtenidos con KNN teniendo  $k = 10$  y usando la distancia de Minkowski, incluyendo los outliers que se detectaron en el preprocesado de datos, es decir, no se realiza eliminación de ninguna instancia.

Los valores de las métricas que se logra y la bondad de las predicciones en claramente mejor que con el anterior algoritmo de regresión, consiguiendo que las predicciones estén más cerca de la recta de bondad y menos dispersas. Podemos concluir que este algoritmo es mejor en predicción relacionándolo con el sentido mismo del problema, y su contexto. Al tratarse de plantaciones de olivar y atributos recogidos de valores reales relacionados con el

tratamiento de la oliva, tales como la temperatura, la humedad, la exposición al sol y multitud más que son determinantes a la hora de la aparición de plagas, es lógico que, a mismas condiciones meteorológicas, los patrones de comportamiento de estos factores biológicos ocurran. Es una casuística inevitable que queremos controlar teniendo conocimiento previo y pudiendo analizar correctamente la situación actual de nuestra plantación.

Si nos fijamos bien, los valores obtenidos son más acertados en la primera parte del eje x y peores cuando se aleja de esta zona. La explicación es la misma que con el anterior método, existen más concentración de datos donde las instancias tienen valores bajos en la clase, por ello el acierto es más



probable al ser la probabilidad de que las variables de las instancias sean más parecidas. La mayoría de las estimaciones están subestimadas cuanto más se aleja de  $x = 0$ .

real son relativamente pequeños. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) nos asegura una alta precisión de las predicciones, y que se ajusta bastante bien a los datos, pero aún hay un pequeño margen de error.

La MAE, RMSE y MAPE son realmente bajas lo que significa que la diferencia entre las estimaciones y lo

### Gráficas de conjuntos de datos

Una vez analizados ambos algoritmos, mostraremos los resultados con los demás conjuntos de datos y finalmente, con un data set que combina los 4 primeros y los 4 últimos (PICA & TRAM).

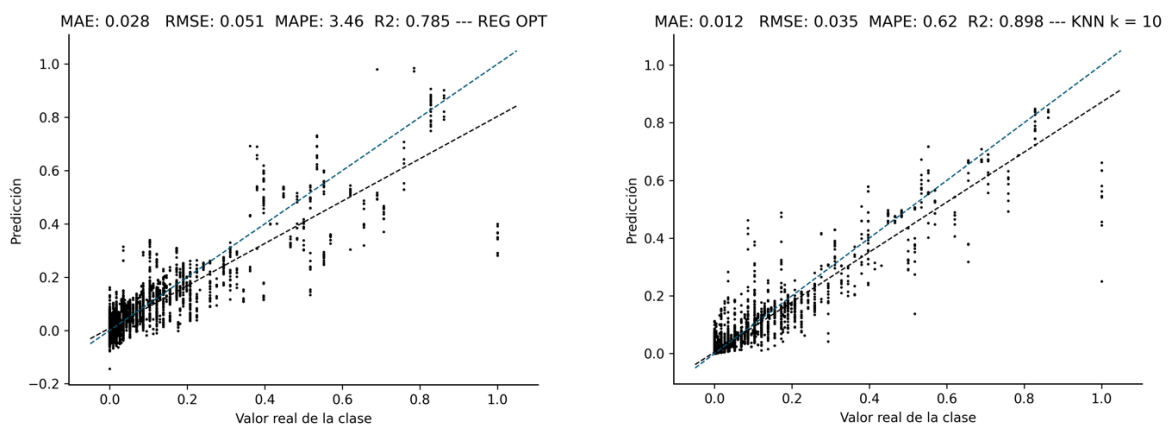


Fig.7. Predicción sobre PICA\_H1 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

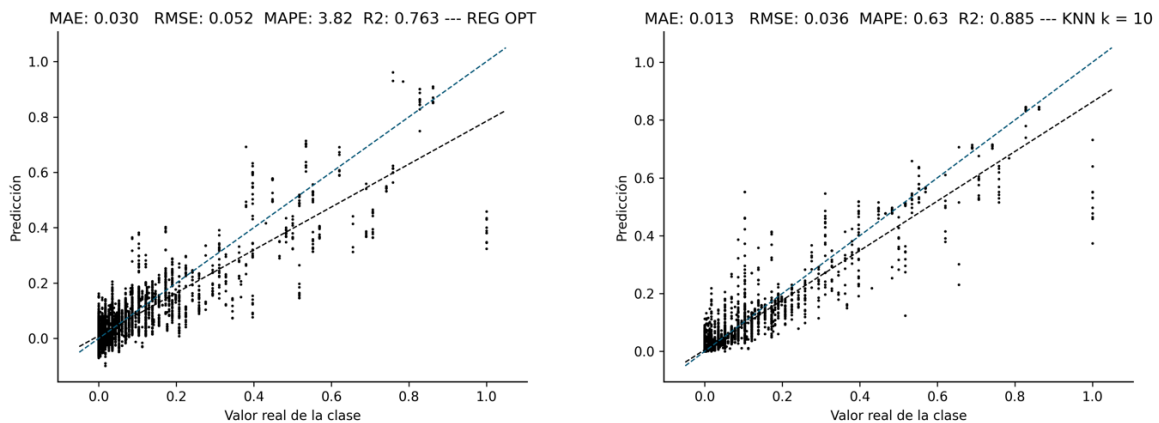


Fig.8. Predicción sobre PICA\_H2 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

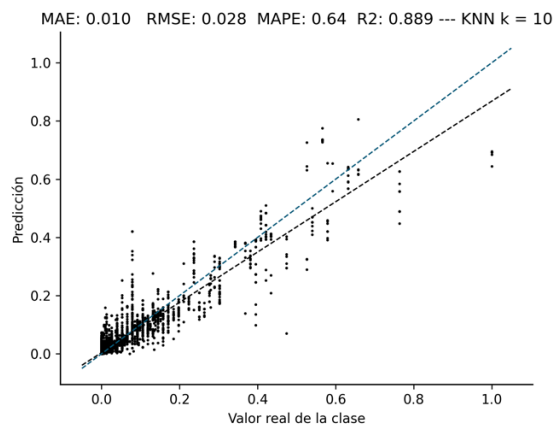
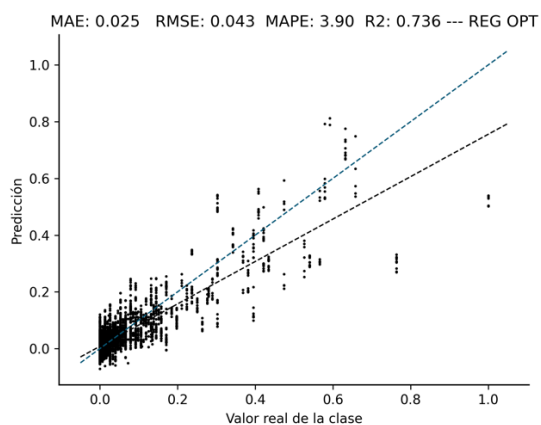


Fig.9. Predicción sobre PICA\_H3 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

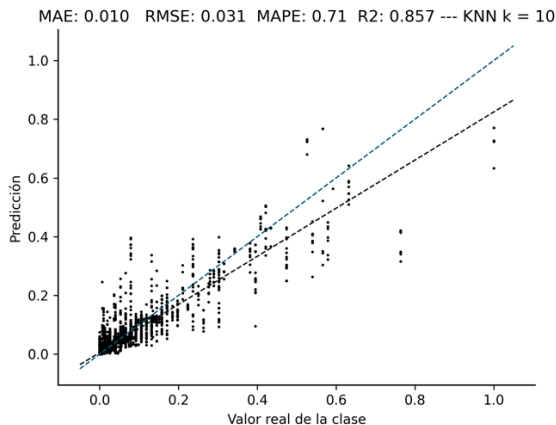
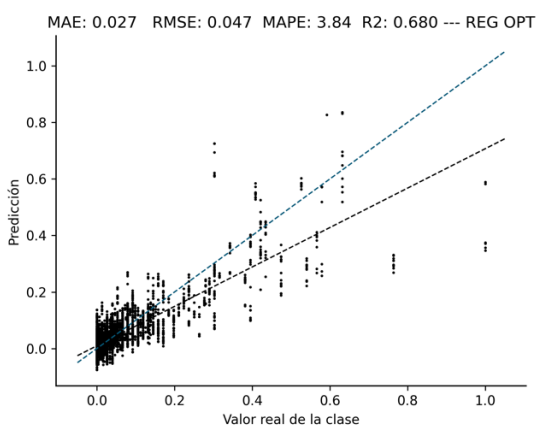


Fig.10. Predicción sobre PICA\_H4 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

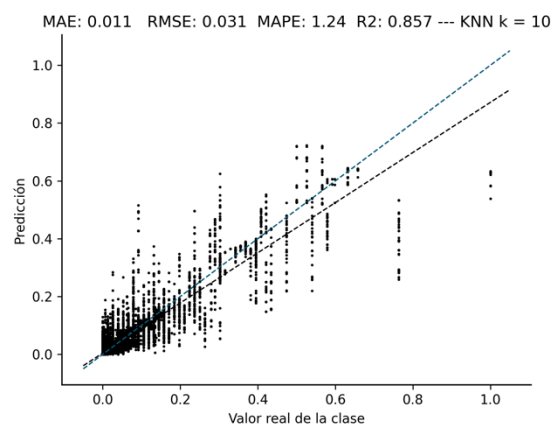
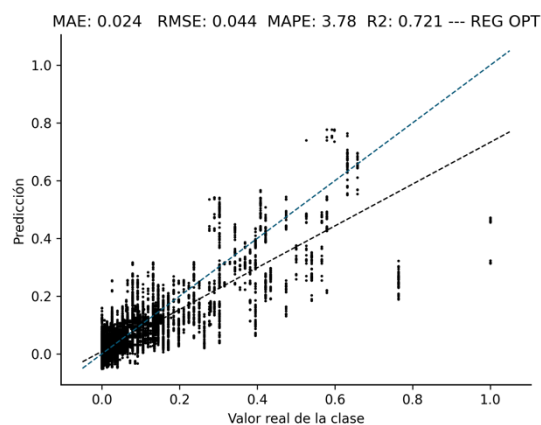


Fig.11. Predicción sobre PICA con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

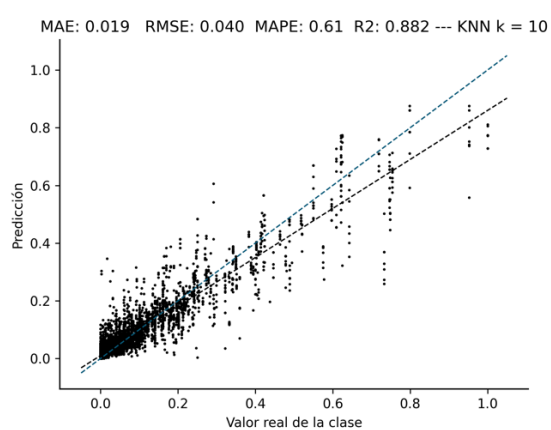
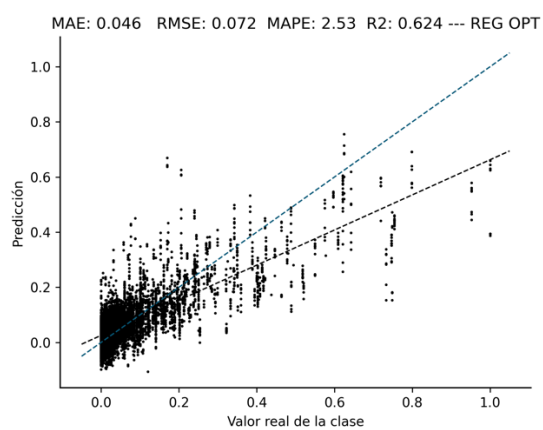


Fig.12. Predicción sobre TRAM\_H1 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

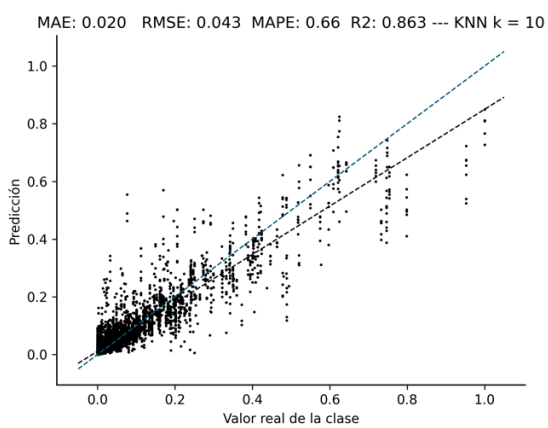
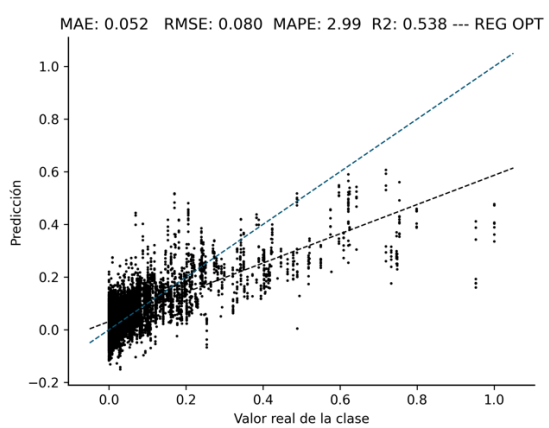


Fig.13. Predicción sobre TRAM\_H2 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

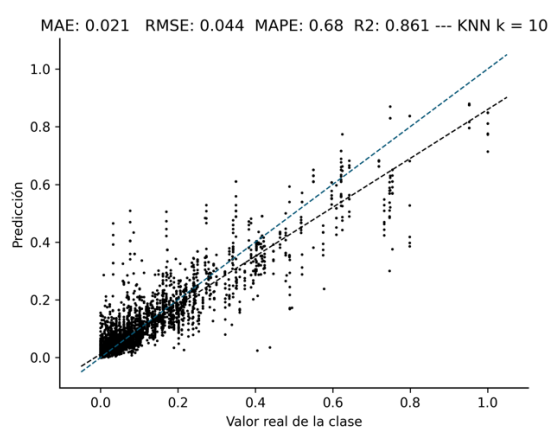
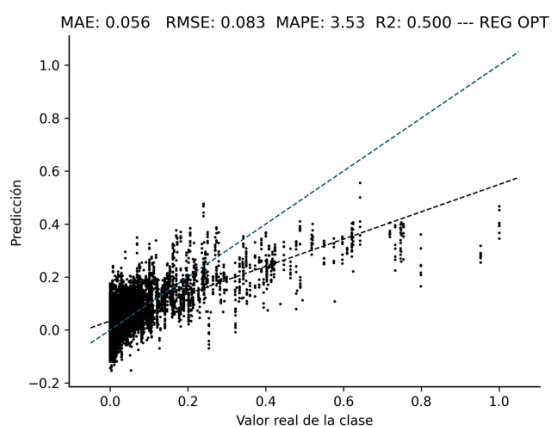


Fig.14. Predicción sobre TRAM\_H3 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

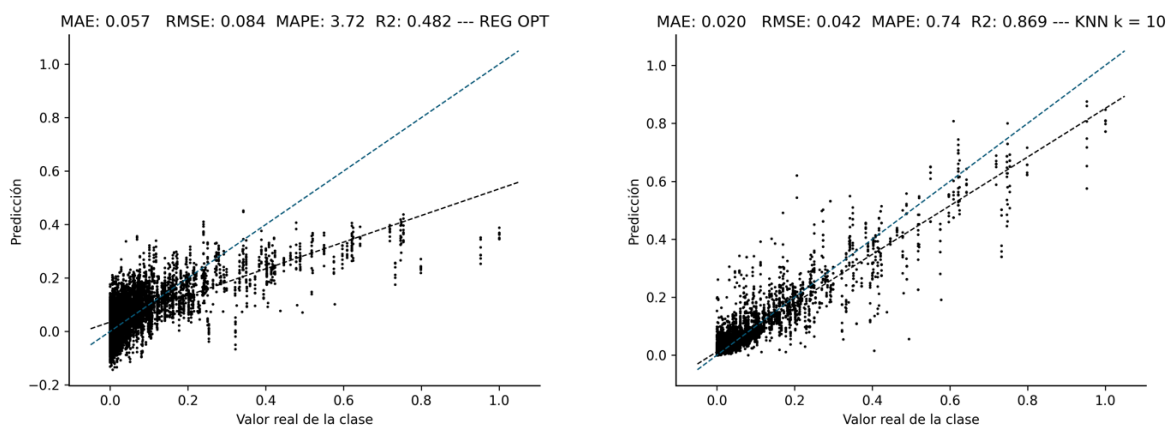


Fig.15. Predicción sobre TRAM\_H4 con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

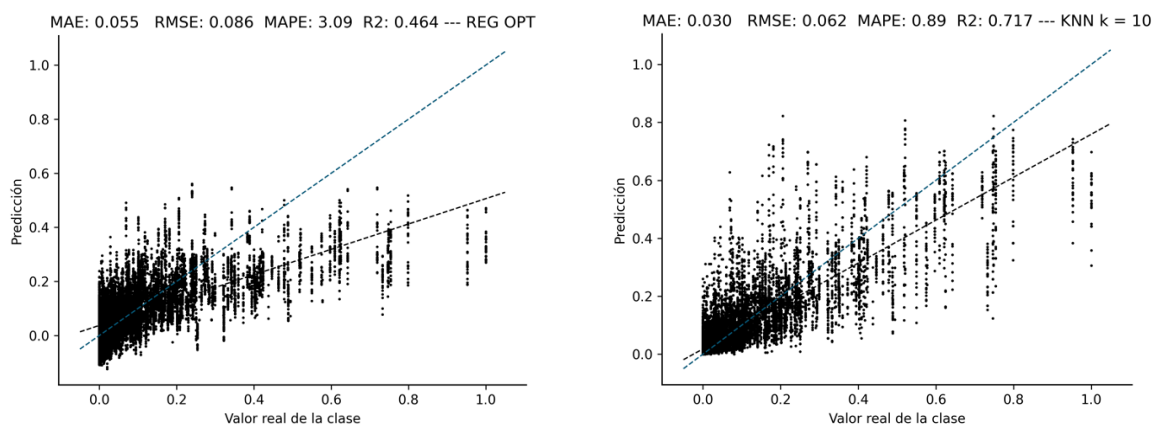


Fig.16. Predicción sobre TRAM con el algoritmo RLM(\*) & k-NN

## 5. Evaluación

Para medir el rendimiento del modelado realizado estudiaremos y analizaremos en resumen las métricas generales obtenidas de los algoritmos aplicados, la capacidad para cumplir los objetivos del proyecto y la precisión global de las predicciones.

Examinando las gráficas y los valores de las distintas métricas podemos determinar con confianza que para unos valores bajos las predicciones son realmente acertadas, por lo que cuando la oliva no corre peligro de ser picada estaremos tranquilos porque el modelo es fiable en estos casos. En valores más altos las predicciones siguen la tendencia de crecer, pero no tienen una bondad similar, pero por intuición sabemos que, si debido a los demás datos recogidos la clase incrementa, lo seguirá haciendo y si disminuye, lo hará igualmente. El modelado del

proyecto cumple con las expectativas de ofrecer una referencia en la que basarse para poder actuar a tiempo y evitar que nuestras plantaciones sufran o acaben empeorando el producto principal, la oliva.

En cuanto al algoritmo más adaptado al problema, no hay ninguna duda de que el k-NN tendrá mejor bondad y unas métricas más convenientes al problema. Con RLM obtenemos un menor coeficiente de determinación, lo cual es esencial en un problema de aprendizaje automático, es la métrica más fiable a la hora de evaluar un modelado. A parte de la obviedad de los resultados entre un algoritmo y otro, podemos destacar ventajas que tiene k-NN sobre RLM:

- Simplicidad. El algoritmo k-NN es fácil de entender y de implementar, ya que más que maximizar o minimizar una función,

- únicamente tenemos que calcular distancias en nuestra fase entrenamiento del modelo.
- Bueno para un conjunto de datos pequeño. En la actualidad, el conjunto de datos que estamos manejando es relativamente pequeño, ya que conocemos la dimensionalidad y tamaño del Big Data con el que se aplica aprendizaje automático.
- Estable con el ruido. Los resultados obtenidos del algoritmo k-NN se han obtenido con datos no preprocesados con el método de detección de outliers, por lo que es posible que existan valores anómalos,

pero gracias a que k-NN es menos propenso a ser afectado por el ruido en los datos de entrenamiento, no nos veremos afectados por estos.

El estudio del aprendizaje supervisado al contexto del problema nos ha ofrecido una opción viable para poder obtener precisión en las estimaciones y confianza a la hora de predecir el comportamiento futuro de nuestra plantación, utilizando un modelo basado en k-NN.

Tabla 1. Evaluación del MAE y algoritmos RLM(\*), k-NN sobre los conjuntos de datos.

Datos	RLM(*) – MAE	k-NN – MAE
PICA_H1	0.028	0.012
PICA_H2	0.030	0.013
PICA_H3	0.025	0.010
PICA_H4	0.027	0.010
TRAM_H1	0.046	0.019
TRAM_H2	0.052	0.020
TRAM_H3	0.056	0.021
TRAM_H4	0.057	0.020

Tabla 2. Evaluación del RMSE y algoritmos RLM(\*), k-NN sobre los conjuntos de datos.

Datos	RLM(*) – RMSE	k-NN – RMSE
PICA_H1	0.051	0.035
PICA_H2	0.052	0.036
PICA_H3	0.043	0.028
PICA_H4	0.047	0.031
TRAM_H1	0.072	0.040
TRAM_H2	0.080	0.040
TRAM_H3	0.083	0.044
TRAM_H4	0.084	0.042

Tabla 3. Evaluación del MAPE y algoritmos RLM(\*), k-NN sobre los conjuntos de datos.

Datos	RLM(*) – MAPE	k-NN – MAPE
PICA_H1	3.46%	0.62%
PICA_H2	3.82%	0.63%
PICA_H3	3.90%	0.64%
PICA_H4	3.84%	0.71%
TRAM_H1	2.53%	0.61%
TRAM_H2	2.99%	0.66%
TRAM_H3	3.53%	0.68%
TRAM_H4	3.72%	0.74%

## **6. Despliegue**

En esta última fase de la metodología CRISP-DM desarrollaremos como podemos organizar el conocimiento adquirido y presentarlo de una manera que sea utilizable en el contexto de negocio.

### **Plan de implementación**

La implementación del modelo es un proceso importante ya que es la parte en la que establecemos como poner en práctica todo el proyecto teórico. El principal responsable será una persona relacionada con el proyecto y todo el análisis realizado para llegar a este punto, aparte de tener pleno conocimiento de las capacidades tecnológicas que tienen las plantaciones, pudiendo utilizarlas para aplicar la implementación documentada a continuación. Este debe conocer a los trabajadores de las fincas encargadas de dichas tecnologías y las personas que directamente utilizarán el modelo, para poder comunicarles cualquier actualización o detalle de mantenimiento.

Las tecnologías que recogen los datos de las plantaciones deben tener un funcionamiento correcto mientras se obtengan datos de ella para el modelo, si no queremos tener información errónea y ofrecer predicciones incorrectas. Este es uno de los principales recursos para la implementación, a parte de un sistema con el que ofrecer los resultados obtenidos. El momento de implementación será el más conveniente para cada plantación.

### **Modelo de formato e integración de sistemas**

Es necesario convertir la implementación realizada en un sistema que puedan utilizar los propietarios de las fincas, simple y sencillo de entender. Aparte, los recursos de recopilación de datos de las plantaciones debemos centralizarlos para que se incluyan automáticamente la información al modelo con la menor necesidad de introducirlos manualmente.

En primer lugar, se creará una aplicación que ofrezca datos estadísticos de las plantaciones, tanto métricas como la capacidad de examinar los valores de un atributo en concreto en un momento determinado. Principalmente, esta aplicación ofrecerá un gráfico que ofrezca información lineal y progresiva de las clases que tengamos, por lo que en función del tiempo se predecirá la oliva picada o la trama

existente en tiempo real. La integración consistirá en el envío automático (los que se puedan) de los datos relativos a las plantaciones a la aplicación para que pueda computarlos.

### **Monitoreo y mantenimiento**

Para monitorear el rendimiento de nuestro modelo crearemos ciertos procedimientos en la aplicación que recogerán los datos reales de las clases, introducidos manualmente por los trabajadores, y verificaremos si las métricas se mantienen o empeoran. Las nuevas predicciones se realizarán con los datos reales, ya que cuantas más instancias tengamos, más posibilidades tenemos de acertar en nuestras estimaciones.

Con el mantenimiento nos referimos a la identificación de problemas y la posible implementación de soluciones a estos. El personal del proyecto se encargará de verificar que todo va como es debido, y también encargado de solucionar posibles incidencias. Esto se detectará mediante la información estadística del modelo que se ha de implementar en la aplicación.

### **Documentación**

Es importante documentar todo el proceso de despliegue, incluyendo los detalles del modelo, cómo de implementó, cómo se monitorea y cualquier problema o solución aplicada por si vuelve a ocurrir lo mismo en el futuro.