

# Informe

Carmen Calvo Olivera

2 de junio de 2020

## Resumen

En este documento se recogen los resultados obtenidos de la aplicación de diferentes técnicas de aprendizaje automático a nuestro conjunto de datos, cuyo objetivo es conseguir un modelo capaz de... calcular en tiempo real el índice de verosimilitud para una predicción meteorológica a partir de la obtención del error cuadrático medio entre la precipitación obtenida por el modelo WRF (Weather Research and Forecasting) y nuestro modelo.

Para ello, se ha llevado a cabo la creación de un conjunto de datos a partir de predicciones obtenidas por el modelo WRF.

## 1. Introducción

En la actualidad, ...  $\mathbb{R} \hat{\mathbb{R}}$

## 2. Dataset

La preparación de los datos supone una parte esencial a la hora de trabajar con aprendizaje automático. En esta sección se describe brevemente tanto la obtención como el tratamiento (o preprocesamiento) de las predicciones a partir de las cuales se obtienen los conjuntos de datos utilizados para el entrenamiento y validación de los distintos clasificadores.

En primer lugar, cabe destacar uso de dos grandes conjuntos de datos, uno para *train* y el otro para *validation*.

- *train\_dataset*: este conjunto de datos abarca desde febrero (a la espera de añadir enero) de 2015 hasta diciembre de 2015.
- *validation\_dataset*: que abarca desde enero de 2016 hasta diciembre de 2016.

### 2.1. Obtención

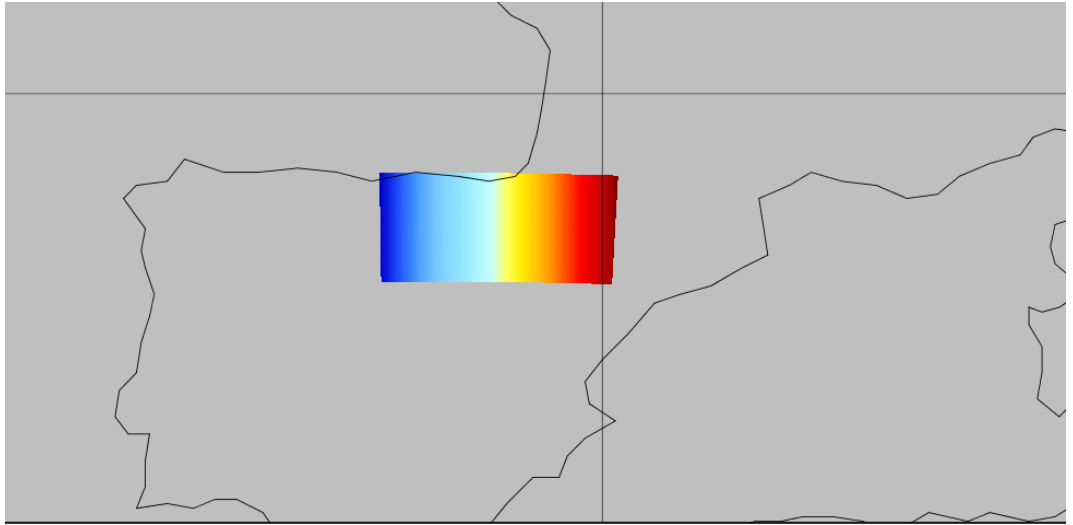
Los datos de las predicciones se obtienen a partir del modelo WRF, un modelo meteorológico numérico de mesoescala no hidrostático, utilizado para finalidades tanto de predicciones operativas en tiempo real como para investigación atmosférica.

Los datos de inicialización del modelo WRF provienen de análisis y predicciones de otros NWP cuyo formato debe ser GRIB1 o GRIB2. En nuestro caso, todos los ficheros fuente han sido obtenidos de [Research Data Archive](#) del NCAR (Centro Nacional de Investigación Atmosférica).

Posteriormente se llevan a cabo todos los pasos incluidos dentro del flujo de procesamiento y, a continuación, comienza la simulación meteorológica. Tras todo esto, obtenemos una serie de ficheros del tipo `wrfout_d0X-yyyy-mm-dd_hh:mm:ss` donde X es el número del dominio, y la cadena yyyy-mm-dd\_hh:mm:ss representa la fecha y hora de la primera salida guardada en el fichero. Todos estos ficheros son obtenidos en formato NetCDF, un formato de archivo destinado a almacenar datos científicos multidimensionales (variables) como la temperatura, la humedad o la presión.

En nuestro caso, se hará uso de los ficheros horarios para el dominio 2 representado en la [Figura 1](#), y definido previamente en los ficheros de configuración, para 24h, es decir, para el día 1 de enero de 2016 se hace uso de 24 ficheros horarios que van desde `wrfout_d02-2016-01-02-01:00:00` hasta `wrfout_d02-2016-02-03-00:00:00`.

**Figura 1.** Representación del dominio de predicción correspondiente a la zona del Ebro



## 2.2. Procesamiento

Tras la obtención de las predicciones, se llevan a cabo una serie de pasos para el tratamiento de los datos y finalmente la obtención de nuestro dataset:

- **Filtración de características:** el primer paso llevado a cabo es la filtración de las variables que obtenemos de las predicciones del WRF y obtener así una selección de variables detalladas en la [Tabla 1](#). Mediante el uso de la librería de python `wrf-python` se hace un tratamiento de los datos para, a partir de una predicción horaria (por qué horaria (?)), obtener un único fichero .nc diario con

toda la información que necesitamos. A continuación se muestra la cabecera de unos de los ficheros filtrados:

```
[ccalvo@frontend1 nc]$ ncdump -h 2016-04-12.nc
netcdf \2016-04-12 {
dimensions:
    south_north = 78 ;
    west_east = 123 ;
    time = 24 ;
variables:
    float XLAT(time, south_north, west_east) ;
    float XLONG(time, south_north, west_east) ;
    float HGT(time, south_north, west_east) ;
    float RAINC(time, south_north, west_east) ;
    float RAINNC(time, south_north, west_east) ;
    string DATE(time) ;
    float TIMESTAMP(time) ;
    float QVAPOR_500(time, south_north, west_east) ;
    float QVAPOR_700(time, south_north, west_east) ;
    float QVAPOR_850(time, south_north, west_east) ;
    float QCLOUD_500(time, south_north, west_east) ;
    float QCLOUD_700(time, south_north, west_east) ;
    float QCLOUD_850(time, south_north, west_east) ;
    float QRAIN_500(time, south_north, west_east) ;
    float QRAIN_700(time, south_north, west_east) ;
    float QRAIN_850(time, south_north, west_east) ;
    float QICE_500(time, south_north, west_east) ;
    float QICE_700(time, south_north, west_east) ;
    float QICE_850(time, south_north, west_east) ;
    float QSNOW_500(time, south_north, west_east) ;
    float QSNOW_700(time, south_north, west_east) ;
    float QSNOW_850(time, south_north, west_east) ;
    float QGRAUP_500(time, south_north, west_east) ;
    float QGRAUP_700(time, south_north, west_east) ;
    float QGRAUP_850(time, south_north, west_east) ;
    float T_500(time, south_north, west_east) ;
    float T_700(time, south_north, west_east) ;
```

**Tabla 1.** Variables utilizadas para la creación de un dataset

| Variable  | Descripción            |
|-----------|------------------------|
| DATE      | Fecha de la predicción |
| TIMESTAMP |                        |

...continúa en la siguiente página

| Variable   | Descripción                        |
|------------|------------------------------------|
| XLAT       |                                    |
| XLONG      |                                    |
| HGT        |                                    |
| RAINC      | Precipitación convectiva           |
| RAINNC     | Precipitación no convectiva        |
| T_500hPa   | Temperatura a diferentes presiones |
| T_700hPa   |                                    |
| T_850hPa   |                                    |
| QVAPOR_500 | Razón de mezcla                    |
| QVAPOR_700 |                                    |
| QVAPOR_850 |                                    |
| QCLOUD_500 |                                    |
| QCLOUD_700 |                                    |
| QCLOUD_850 |                                    |
| QRain_500  |                                    |
| QRain_700  |                                    |
| QRain_850  |                                    |
| QICE_500   |                                    |
| QICE_700   |                                    |
| QICE_850   |                                    |
| QSNOW_500  |                                    |
| QSNOW_700  |                                    |
| QSNOW_850  |                                    |
| QGRAUP_500 |                                    |
| QGRAUP_700 |                                    |
| QGRAUP_850 |                                    |

- **Creación de los csv:** el siguiente paso es la creación de un dataset, para el cual los ficheros NetCDF se convierten en formato CSV y posteriormente se añaden algunas variables (o etiquetados de los datos). En la tabla [Tabla 2](#) se recogen las variables añadidas a nuestros ficheros.

**Tabla 2.** Variables añadidas a los datasets

| Variable          | Descripción   |
|-------------------|---|
| PRECIPITACION_WRF | Precipitación acumulada de la predicción del WRF (RAINC + RAINNC)       |
| PRECIPITACION     | Precipitación acumulada real (obtenida a partir pluviómetros de la CHE) |

... continúa en la siguiente página

| Variable   | Descripción  |
|------------|--|
| LLUVIA_WRF | Variable binaria para la predicción del WRF (0 → No precipitación y 1 → precipitación) |
| LLUVIA     | Variable binaria para la CHE (0 → No precipitación y 1 → precipitación)                |
| RANGO_WRF  | Rango para la predicción del WRF ([0 - 14]*)   |
| RANGO      | Rango para la CHE ([0 - 14]*)  |

\* Rangos (mm): 0.1,1.,1.5,2.5,5.,10.,15.,20.,25.,30.,40.,50.,80. Rangos (representación): [0 - 14]

- **Creación de un único csv:** como último paso, y previo al entrenamiento de todos los modelos, se crean dos ficheros .csv con los días que deseamos incluir en nuestro dataset de *train* o de *validation*.

### 3. Resultados

A continuación, se detallan los resultados obtenidos, los cuales se han organizado de la siguiente manera. Todos ellos cuentan con la tasa de acierto obtenida en el conjunto de datos destinado a la validación tanto en el train como en el test y posteriormente con el error cuadrático medio.

El error cuadrático medio o mean square error (MSE) corresponde al promedio de los errores al cuadrado, es decir, la diferencia entre el valor real y el valor estimado. Se corresponde con:

$$MSE(y, \hat{y}) = \frac{1}{n_{samples}} \sum_{i=0}^{n_{sample}-1} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Donde  $\hat{y}_i$  corresponde al valor predicho para cada  $i$ -muestra e  $y_i$  corresponde al valor real.

- Binaria: en primer lugar se muestran los resultados obtenido para la predicción de la variable binaria con 3 escenarios distintos.
  - Todas las variables incluidas en el CSV a excepción de aquellas consideradas como etiquetas. Ver [Tabla 2](#). Resultados: [Tabla 3](#)
  - Todas las variables del punto anterior eliminando RAINC y RAINNC. Resultados: [Tabla 4](#)
  - Únicamente con las coordenadas y las variables RAINC y RAINNC. Resultados: [Tabla 5](#)

- Rango: en este caso se realiza la predicción con los rangos definidos con los 3 escenarios anteriores.
  - Todas las variables incluidas en el CSV a excepción de aquellas consideradas como etiquetas. Ver [Tabla 2](#). Resultados: [Tabla 6](#)
  - Todas las variables del punto anterior eliminando RAINC y RAINNC. Resultados: [Tabla 7](#)
  - Únicamente con las coordenadas y las variables RAINC y RAINNC. Resultados: [Tabla 8](#)

El error cuadrático medio correspondiente a la relación entre el valor predicho por el WRF y el valor real obtenido de los pluviómetros sería el siguiente:

$$\text{Error cuadrático medio (WRF - CHE)} = 0.34860156086592764$$

Tras este cálculo, analizamos las predicciones obtenidas de nuestros clasificadores respecto de la verdad terreno y calculamos nuevamente el MSE.

**Tabla 3.** Binaria. Todas características

| Variable           | Train    | Test            | MSE<br>(model -<br>CHE) |
|--------------------|----------|-----------------|-------------------------|
| MPL                | 0.736403 | <b>0.756870</b> | 0.243130                |
| LogisticRegression | 0.728701 | <b>0.738289</b> | 0.261711                |
| QDA                | 0.703161 | <b>0.731465</b> | 0.268535                |
| NeuralNetwork      | 0.743430 | 0.731454        | 0.268546                |
| LDA                | 0.740250 | 0.731177        | 0.268823                |
| OVR                | 0.688272 | 0.727229        | 0.272771                |
| AdaBoost           | 0.770249 | 0.721126        | 0.278874                |
| RandomForest       | 0.696645 | 0.712761        | 0.287239                |
| DecisionTree       | 0.773973 | 0.711559        | 0.288441                |
| NaiveBayes         | 0.732275 | 0.705945        | 0.294055                |
| KNeighbors         | 0.892685 | 0.645533        | 0.354467                |
| SGDClassifier      | 0.393367 | 0.358522        | 0.641478                |

**Tabla 4.** Binaria. Todas características sin RAIN

| Variable      | Train    | Test            | Error<br>cuadrático<br>medio |
|---------------|----------|-----------------|------------------------------|
| SGDClassifier | 0.686392 | <b>0.715450</b> | 0.284550                     |

...continúa en la siguiente página

| Variable           | Train    | Test            | Error cuadrático medio |
|--------------------|----------|-----------------|------------------------|
| LDA                | 0.734469 | <b>0.711946</b> | 0.288054               |
| QDA                | 0.688710 | <b>0.704254</b> | 0.295746               |
| LogisticRegression | 0.709877 | 0.698761        | 0.301239               |
| DecisionTree       | 0.742524 | 0.698344        | 0.301656               |
| NeuralNetwork      | 0.715451 | 0.694780        | 0.305220               |
| RandomForest       | 0.669924 | 0.690709        | 0.309291               |
| OVR                | 0.668298 | 0.690013        | 0.309987               |
| MPL                | 0.718232 | 0.675204        | 0.324796               |
| AdaBoost           | 0.730053 | 0.672329        | 0.327671               |
| NaiveBayes         | 0.709254 | 0.630211        | 0.369789               |
| KNeighbors         | 0.862658 | 0.617016        | 0.382984               |

**Tabla 5.** Binaria. Solo RAIN

| Variable           | Train    | Test            | Error cuadrático medio |
|--------------------|----------|-----------------|------------------------|
| MPL                | 0.741252 | <b>0.753171</b> | 0.246829               |
| NeuralNetwork      | 0.744667 | <b>0.750569</b> | 0.249431               |
| LogisticRegression | 0.714578 | <b>0.749263</b> | 0.250737               |
| NaiveBayes         | 0.712043 | 0.748209        | 0.251791               |
| LDA                | 0.703919 | 0.741426        | 0.258574               |
| DecisionTree       | 0.764922 | 0.719928        | 0.280072               |
| AdaBoost           | 0.762199 | 0.717789        | 0.282211               |
| RandomForest       | 0.753338 | 0.715067        | 0.284933               |
| QDA                | 0.667406 | 0.687748        | 11.073562              |
| KNeighbors         | 0.813913 | 0.678051        | 0.321949               |
| OVR                | 0.426253 | 0.407584        | 0.592416               |
| SGDClassifier      | 0.333523 | 0.313059        | 0.686941               |

**Tabla 6.** Rango. Todas features

| Variable      | Train    | Test     | Error cuadrático medio |
|---------------|----------|----------|------------------------|
| OVR           | 0.669560 | 0.689178 | 9.145259               |
| MPL           | 0.669085 | 0.688222 | 9.102521               |
| NeuralNetwork | 0.669087 | 0.688164 | 9.079000               |

... continúa en la siguiente página

| <b>Variable</b>    | <b>Train</b> | <b>Test</b> | <b>Error<br/>cuadrático<br/>medio</b> |
|--------------------|--------------|-------------|---------------------------------------|
| RandomForest       | 0.667468     | 0.687758    | 11.070078                             |
| LogisticRegression | 0.668037     | 0.684587    | 8.619534                              |
| SGDClassifier      | 0.664522     | 0.677533    | 8.401055                              |
| LDA                | 0.664978     | 0.675906    | 9.561050                              |
| AdaBoost           | 0.666912     | 0.655973    | 9.656310                              |
| DecisionTree       | 0.680278     | 0.651697    | 8.835721                              |
| NaiveBayes         | 0.651177     | 0.620479    | 8.792356                              |
| KNeighbors         | 0.850602     | 0.541724    | 10.216860                             |
| QDA                | 0.414040     | 0.394458    | 64.326082                             |

**Tabla 7.** Rango. Todas features sin RAIN

| <b>Variable</b>    | <b>Train</b> | <b>Test</b> | <b>Error<br/>cuadrático<br/>medio</b> |
|--------------------|--------------|-------------|---------------------------------------|
| NeuralNetwork      | 0.667406     | 0.687749    | 11.072704                             |
| MPL                | 0.667406     | 0.687748    | 11.073562                             |
| RandomForest       | 0.667415     | 0.687747    | 11.073196                             |
| LogisticRegression | 0.665773     | 0.685467    | 10.581673                             |
| AdaBoost           | 0.667699     | 0.677845    | 11.002875                             |
| LDA                | 0.662489     | 0.675684    | 10.928471                             |
| DecisionTree       | 0.673827     | 0.662918    | 10.344793                             |
| SGDClassifier      | 0.654264     | 0.653064    | 10.036488                             |
| NaiveBayes         | 0.636050     | 0.564641    | 10.302585                             |
| KNeighbors         | 0.809269     | 0.535653    | 11.650298                             |
| QDA                | 0.303942     | 0.293877    | 83.531754                             |
| OVR                | 0.262102     | 0.229779    | 11.982337                             |

**Tabla 8.** Rango. Solo RAIN

| <b>Variable</b> | <b>Train</b> | <b>Test</b> | <b>Error<br/>cuadrático<br/>medio</b> |
|-----------------|--------------|-------------|---------------------------------------|
| RandomForest    | 0.667406     | 0.687748    | 11.073562                             |
| QDA             | 0.667406     | 0.687748    | 11.073562                             |
| OVR             | 0.668867     | 0.687748    | 9.380225                              |
| NeuralNetwork   | 0.668598     | 0.687300    | 9.158468                              |
| MPL             | 0.668488     | 0.686898    | 9.082758                              |

... continúa en la siguiente página



| Variable           | Train    | Test     | Error cuadrático medio |
|--------------------|----------|----------|------------------------|
| LogisticRegression | 0.667769 | 0.683597 | 8.929119               |
| LDA                | 0.664579 | 0.681965 | 10.134818              |
| AdaBoost           | 0.668623 | 0.677344 | 9.771984               |
| DecisionTree       | 0.670085 | 0.674760 | 9.498254               |
| NaiveBayes         | 0.665110 | 0.673433 | 8.316886               |
| KNeighbors         | 0.786454 | 0.592601 | 9.774854               |
| SGDClassifier      | 0.148744 | 0.135874 | 10.248119              |

Por último, se ha llevado a cabo el entrenamiento de los tres mejores clasificadores para predecir el valor binario con todas las características sin incluir las variables de precipitación RAINC y RAINNC (un total de 24 variables), con diferente número de características para así intentar obtener mejores resultados. La [Tabla 9](#) recoge los resultados obtenidos correspondientes al clasificador LDA, en la [Tabla 10](#) se recogen los resultados para el clasificados QDA y en la [Tabla 11](#) para el clasificador SGD. A mayores, se han incluido los resultados obtenido para el clasificador NeuralNetwork en la [Tabla 12](#).

**Tabla 9.** Resultados para  $k$  características. LDA

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM             |
|-----|----------------------|----------|----------|-----------------|
| 20  | XLAT XLONG HGT       | 0.734522 | 0.715925 | <b>0.284075</b> |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|     | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|     | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |                 |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |                 |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |                 |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |                 |
|     | QGRAUP_700           |          |          |                 |
|     | QGRAUP_850           |          |          |                 |

... continúa en la siguiente página

| <i>k</i> | Features             | Train    | Test     | ECM             |
|----------|----------------------|----------|----------|-----------------|
| 23       | XLAT XLONG HGT       | 0.734466 | 0.712566 | <b>0.287434</b> |
|          | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|          | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|          | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|          | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|          | QCLOUD_500           |          |          |                 |
|          | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|          | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |                 |
|          | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |                 |
|          | QICE_700 QICE_850    |          |          |                 |
|          | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |                 |
|          | QSNOW_850            |          |          |                 |
|          | QGRAUP_500           |          |          |                 |
|          | QGRAUP_700           |          |          |                 |
|          | QGRAUP_850           |          |          |                 |
| 21       | XLAT XLONG HGT       | 0.734249 | 0.712048 | <b>0.287952</b> |
|          | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|          | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|          | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|          | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|          | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|          | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |                 |
|          | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |                 |
|          | QICE_700 QICE_850    |          |          |                 |
|          | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |                 |
|          | QSNOW_850            |          |          |                 |
|          | QGRAUP_700           |          |          |                 |
|          | QGRAUP_850           |          |          |                 |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM      |
|-----|----------------------|----------|----------|----------|
| 22  | XLAT XLONG HGT       | 0.734458 | 0.711965 | 0.288035 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |          |
|     | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |          |
|     | QICE_700 QICE_850    |          |          |          |
|     | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |
|     | QGRAUP_500           |          |          |          |
|     | QGRAUP_700           |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
| 19  | XLAT XLONG HGT       | 0.734515 | 0.708498 | 0.291502 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
| 18  | XLAT XLONG HGT       | 0.734944 | 0.706961 | 0.293039 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
| 3   | T_500hPa T_700hPa    | 0.714001 | 0.705687 | 0.294313 |
|     | T_850hPa             |          |          |          |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM      |
|-----|----------------------|----------|----------|----------|
| 14  | XLAT XLONG HGT       | 0.717245 | 0.687752 | 0.312248 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
| 10  | QGRAUP_850           | 0.716688 | 0.687748 | 0.312252 |
|     | XLAT XLONG T_500hPa  |          |          |          |
|     | T_700hPa T_850hPa    |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
| 15  | XLAT XLONG HGT       | 0.717292 | 0.687748 | 0.312252 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_700   |          |          |          |
| 17  | QSNOW_850            | 0.735030 | 0.595058 | 0.404942 |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
|     | XLAT XLONG HGT       |          |          |          |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
| 16  | QCLOUD_700           | 0.735131 | 0.535027 | 0.464973 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_700   |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
| 4   | XLAT XLONG HGT       | 0.714624 | 0.312252 | 0.687748 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa             |          |          |          |

... continúa en la siguiente página

| <b><i>k</i></b> | <b>Features</b>   | <b>Train</b> | <b>Test</b> | <b>ECM</b> |
|-----------------|---|--------------|-------------|------------|
| 5               | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850   | 0.716302     | 0.312252    | 0.687748   |
| 6               | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QSNOW_700  | 0.716045     | 0.312252    | 0.687748   |
| 7               | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QRAIN_850 QSNOW_700  | 0.716373     | 0.312252    | 0.687748   |
| 8               | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700   | 0.716763     | 0.312252    | 0.687748   |
| 9               | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850   | 0.716719     | 0.312252    | 0.687748   |
| 11              | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850                           | 0.716780     | 0.312252    | 0.687748   |
| 12              | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_700 QSNOW_700<br>QSNOW_850               | 0.717129     | 0.312252    | 0.687748   |
| 13              | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_700 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850 | 0.717213     | 0.312252    | 0.687748   |

**Tabla 10.** Resultados para  $k$  características. QDA

| $k$                  | Features             | Train    | Test     | ECM             |
|----------------------|----------------------|----------|----------|-----------------|
| 21                   | XLAT XLONG HGT       | 0.687764 | 0.704529 | 0.295471        |
|                      | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|                      | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|                      | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|                      | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|                      | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|                      | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |                 |
|                      | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |                 |
|                      | QICE_700 QICE_850    |          |          |                 |
|                      | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |                 |
|                      | QSNOW_850            |          |          |                 |
|                      | QGRAUP_700           |          |          |                 |
|                      | QGRAUP_850           |          |          |                 |
|                      | 22                   |          |          |                 |
| T_500hPa T_700hPa    |                      |          |          |                 |
| T_850hPa QVAPOR_500  |                      |          |          |                 |
| QVAPOR_700           |                      |          |          |                 |
| QVAPOR_850           |                      |          |          |                 |
| QCLOUD_700           |                      |          |          |                 |
| QCLOUD_850 QRAIN_700 |                      |          |          |                 |
| QRAIN_850 QICE_500   |                      |          |          |                 |
| QICE_700 QICE_850    |                      |          |          |                 |
| QSNOW_500 QSNOW_700  |                      |          |          |                 |
| QSNOW_850            |                      |          |          |                 |
| QGRAUP_500           |                      |          |          |                 |
| QGRAUP_700           |                      |          |          |                 |
| QGRAUP_850           |                      |          |          |                 |
| 16                   | XLAT XLONG HGT       | 0.685077 | 0.703971 | <b>0.296029</b> |
|                      | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|                      | T_850hPa QVAPOR_850  |          |          |                 |
|                      | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|                      | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |                 |
|                      | QICE_500 QICE_700    |          |          |                 |
|                      | QICE_850 QSNOW_700   |          |          |                 |
|                      | QSNOW_850            |          |          |                 |
|                      | QGRAUP_850           |          |          |                 |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM             |
|-----|----------------------|----------|----------|-----------------|
| 15  | XLAT XLONG HGT       | 0.684032 | 0.703930 | <b>0.296070</b> |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |                 |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |                 |
|     | QICE_850 QSNOW_700   |          |          |                 |
|     | QSNOW_850            |          |          |                 |
| 20  | QGRAUP_850           | 0.686165 | 0.702544 | 0.297456        |
|     | XLAT XLONG HGT       |          |          |                 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|     | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|     | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |                 |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |                 |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |                 |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |                 |
| 23  | QGRAUP_700           | 0.688333 | 0.700021 | 0.299979        |
|     | QGRAUP_850           |          |          |                 |
|     | XLAT XLONG HGT       |          |          |                 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|     | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|     | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_500           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |                 |
|     | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |                 |
|     | QICE_700 QICE_850    |          |          |                 |
|     | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |                 |
| 12  | QSNOW_850            | 0.687094 | 0.699652 | 0.300348        |
|     | QGRAUP_500           |          |          |                 |
|     | QGRAUP_700           |          |          |                 |
|     | QGRAUP_850           |          |          |                 |
|     | XLAT XLONG HGT       |          |          |                 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |                 |
| 12  | QCLOUD_850 QRAIN_850 | 0.687094 | 0.699652 | 0.300348        |
|     | QICE_700 QSNOW_700   |          |          |                 |
|     | QSNOW_850            |          |          |                 |

... continúa en la siguiente página

| <i>k</i> | Features   | Train    | Test     | ECM      |
|----------|--|----------|----------|----------|
| 17       | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850 | 0.685408 | 0.699503 | 0.300497 |
| 3        | T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa  | 0.713155 | 0.694569 | 0.305431 |
| 14       | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QSNOW_700 QSNOW_850<br>QGRAUP_850   | 0.683711 | 0.688878 | 0.311122 |
| 13       | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_700 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850  | 0.685100 | 0.688147 | 0.311853 |
| 10       | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850  | 0.687190 | 0.687748 | 0.312252 |
| 11       | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850  | 0.687207 | 0.687748 | 0.312252 |

... continúa en la siguiente página



| $k$ | Features   | Train    | Test     | ECM      |
|-----|--|----------|----------|----------|
| 18  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_500<br>QSNOW_700 QSNOW_850<br>QGRAUP_850               | 0.685491 | 0.681203 | 0.318797 |
| 19  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_700<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_500<br>QSNOW_700 QSNOW_850<br>QGRAUP_850 | 0.685936 | 0.680043 | 0.319957 |
| 4   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa   | 0.718118 | 0.312252 | 0.687748 |
| 5   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850  | 0.699664 | 0.312252 | 0.687748 |
| 6   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QSNOW_700   | 0.689058 | 0.312252 | 0.687748 |
| 7   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QRAIN_850 QSNOW_700   | 0.690120 | 0.312252 | 0.687748 |
| 8   | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700  | 0.690843 | 0.312252 | 0.687748 |
| 9   | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850  | 0.687227 | 0.312252 | 0.687748 |

**Tabla 11.** Resultados para  $k$  características. Neural Network

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM             |
|-----|----------------------|----------|----------|-----------------|
| 17  | XLAT XLONG HGT       | 0.675428 | 0.688741 | <b>0.311259</b> |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|     | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |                 |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |                 |
|     | QICE_850 QSNOW_700   |          |          |                 |
|     | QSNOW_850            |          |          |                 |
|     | QGRAUP_850           |          |          |                 |
| 23  | XLAT XLONG HGT       | 0.667474 | 0.687889 | <b>0.312111</b> |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |                 |
|     | QVAPOR_700           |          |          |                 |
|     | QVAPOR_850           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_500           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_700           |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |                 |
|     | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |                 |
|     | QICE_700 QICE_850    |          |          |                 |
|     | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |                 |
|     | QSNOW_850            |          |          |                 |
| 14  | XLAT XLONG HGT       | 0.677734 | 0.687883 | <b>0.312117</b> |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |                 |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |                 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |                 |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |                 |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |                 |
|     | QGRAUP_850           |          |          |                 |
|     | XLAT XLONG T_500hPa  |          |          |                 |
|     | T_700hPa T_850hPa    |          |          |                 |
|     | QCLOUD_700           |          |          |                 |
| 10  | QCLOUD_850 QRAIN_850 | 0.667451 | 0.687748 | 0.312252        |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |                 |
|     |                      |          |          |                 |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM      |
|-----|----------------------|----------|----------|----------|
| 15  | XLAT XLONG HGT       | 0.699792 | 0.687748 | 0.312252 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_700   |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |
| 18  | QGRAUP_850           | 0.667388 | 0.687748 | 0.312252 |
|     | XLAT XLONG HGT       |          |          |          |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
| 16  | QICE_500 QICE_700    | 0.332594 | 0.681350 | 0.318650 |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
|     | XLAT XLONG HGT       |          |          |          |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_850  |          |          |          |
| 20  | QCLOUD_700           | 0.702025 | 0.663193 | 0.336807 |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
|     | QGRAUP_700           |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM      |                   |          |          |          |
|-----|----------------------|----------|----------|----------|-------------------|----------|----------|----------|
| 22  | XLAT XLONG HGT       | 0.707176 | 0.659079 | 0.340921 |                   |          |          |          |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QICE_700 QICE_850    |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QGRAUP_500           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QGRAUP_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |                   |          |          |          |
| 19  | XLAT XLONG HGT       | 0.682827 | 0.654114 | 0.345886 |                   |          |          |          |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | 3                    |          |          |          | T_500hPa T_700hPa | 0.624041 | 0.546839 | 0.453161 |
|     |                      |          |          |          | T_850hPa          |          |          |          |
|     |                      |          |          |          |                   |          |          |          |
| 21  | XLAT XLONG HGT       | 0.572248 | 0.508894 | 0.491106 |                   |          |          |          |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QICE_700 QICE_850    |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QGRAUP_700           |          |          |          |                   |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |                   |          |          |          |

... continúa en la siguiente página

| <b><math>k</math></b> | <b>Features</b>   | <b>Train</b> | <b>Test</b> | <b>ECM</b> |
|-----------------------|---|--------------|-------------|------------|
| 4                     | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa  | 0.667484     | 0.312252    | 0.687748   |
| 5                     | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850   | 0.507912     | 0.312252    | 0.687748   |
| 6                     | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QSNOW_700  | 0.604810     | 0.312252    | 0.687748   |
| 7                     | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QRAIN_850 QSNOW_700  | 0.668499     | 0.312252    | 0.687748   |
| 8                     | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700   | 0.509600     | 0.312252    | 0.687748   |
| 9                     | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850   | 0.481599     | 0.312252    | 0.687748   |
| 11                    | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850                           | 0.676183     | 0.312252    | 0.687748   |
| 12                    | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_700 QSNOW_700<br>QSNOW_850               | 0.332670     | 0.312252    | 0.687748   |
| 13                    | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_700 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850 | 0.667747     | 0.312252    | 0.687748   |

**Tabla 12.** Resultados para  $k$  características. Neural Network

| $k$ | Features   | Train    | Test     | ECM             |
|-----|--|----------|----------|-----------------|
| 15  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850   | 0.680742 | 0.710796 | <b>0.289204</b> |
| 14  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QSNOW_700 QSNOW_850<br>QGRAUP_850   | 0.709281 | 0.705374 | <b>0.294626</b> |
| 16  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850                                       | 0.715923 | 0.702667 | <b>0.297333</b> |
| 19  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_700<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_500<br>QSNOW_700 QSNOW_850<br>QGRAUP_850 | 0.712400 | 0.699214 | 0.300786        |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM      |
|-----|----------------------|----------|----------|----------|
| 23  | XLAT XLONG HGT       | 0.718361 | 0.694276 | 0.305724 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_500           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_700 |          |          |          |
|     | QRAIN_850 QICE_500   |          |          |          |
|     | QICE_700 QICE_850    |          |          |          |
|     | QSNOW_500 QSNOW_700  |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |
|     | QGRAUP_500           |          |          |          |
|     | QGRAUP_700           |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
| 20  | XLAT XLONG HGT       | 0.717065 | 0.693742 | 0.306258 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_700           |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
|     | QGRAUP_700           |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |
| 18  | XLAT XLONG HGT       | 0.717560 | 0.692513 | 0.307487 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QVAPOR_500  |          |          |          |
|     | QVAPOR_850           |          |          |          |
|     | QCLOUD_700           |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_500 QICE_700    |          |          |          |
|     | QICE_850 QSNOW_500   |          |          |          |
|     | QSNOW_700 QSNOW_850  |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features  | Train    | Test     | ECM      |
|-----|---|----------|----------|----------|
| 22  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_700<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_700<br>QRAIN_850 QICE_500<br>QICE_700 QICE_850<br>QSNOW_500 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_500<br>QGRAUP_700<br>QGRAUP_850 | 0.716623 | 0.690795 | 0.309205 |
| 8   | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700   | 0.718454 | 0.687748 | 0.312252 |
| 9   | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850   | 0.721118 | 0.687748 | 0.312252 |
| 10  | XLAT XLONG T_500hPa<br>T_700hPa T_850hPa<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850   | 0.723849 | 0.687748 | 0.312252 |
| 11  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QSNOW_700 QSNOW_850   | 0.697577 | 0.687748 | 0.312252 |

... continúa en la siguiente página



| $k$ | Features  | Train    | Test     | ECM      |
|-----|---|----------|----------|----------|
| 17  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_500 QICE_700<br>QICE_850 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_850  | 0.720185 | 0.682017 | 0.317983 |
| 3   | T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa   | 0.717968 | 0.680073 | 0.319927 |
| 21  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QVAPOR_500<br>QVAPOR_700<br>QVAPOR_850<br>QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_700<br>QRAIN_850 QICE_500<br>QICE_700 QICE_850<br>QSNOW_500 QSNOW_700<br>QSNOW_850<br>QGRAUP_700<br>QGRAUP_850 | 0.719092 | 0.666388 | 0.333612 |
| 4   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa  | 0.712840 | 0.312252 | 0.687748 |
| 5   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850   | 0.713077 | 0.312252 | 0.687748 |
| 6   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QSNOW_700  | 0.702289 | 0.312252 | 0.687748 |
| 7   | XLAT T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_850<br>QRAIN_850 QSNOW_700  | 0.719495 | 0.312252 | 0.687748 |
| 12  | XLAT XLONG HGT<br>T_500hPa T_700hPa<br>T_850hPa QCLOUD_700<br>QCLOUD_850 QRAIN_850<br>QICE_700 QSNOW_700<br>QSNOW_850   | 0.719892 | 0.312252 | 0.687748 |

... continúa en la siguiente página

| $k$ | Features             | Train    | Test     | ECM      |
|-----|----------------------|----------|----------|----------|
| 13  | XLAT XLONG HGT       | 0.682436 | 0.312252 | 0.687748 |
|     | T_500hPa T_700hPa    |          |          |          |
|     | T_850hPa QCLOUD_700  |          |          |          |
|     | QCLOUD_850 QRAIN_850 |          |          |          |
|     | QICE_700 QSNOW_700   |          |          |          |
|     | QSNOW_850            |          |          |          |
|     | QGRAUP_850           |          |          |          |

#### 4. Trabajo futuro

Como trabajo inmediato posterior, se pretende complementar los resultados con la siguiente información:

- Incluir enero de 2015 en el *dataset* de entrenamiento.
- Realizar predicciones con lo mm.
- Hacer pruebas para obtener el mejor score para distintos KBest.

#### 5. Referencias