Trabajo Fin de Grado

Grado de Ciencias Ambientales

Estudio de la probabilidad de germinación de especies de ambientes semiáridos mediante modelos de germinación hidrotermal y modelos de suelo.

Study of the probability of germination of species from semi-arid environments using hydrothermal germination models and soil models.

Autor

Josu Basterra Quijera

Director

Jaume Tormo Blanes

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
2020

“Apunta a la luna. Incluso si fallas, aterrizaras entre las estrellas”
Les Brown

Índice

Resumen 6

Abstract 7

1. Introducción 8

2. Material y métodos 11

2.1. Área de estudio 11

2.2. Espartales de la península ibérica, usando como modelo los de Alicante y Murcia. 11

2.3. Extracción datos meteorológicos. Estaciones seleccionadas 12

2.4. Selección y modificación de los datos para su posterior procesamiento 13

2.5. Ejecución del programa Hydrus-1D 13

2.6. Cálculo y análisis de la probabilidad de germinación con los resultados obtenidos. 17

3. Resultados 20

3.1. Estación meteorológica de Alicante 20

3.2. Estación meteorológica de Murcia 23

3.3. Cambios en la probabilidad de germinación con el tiempo 27

4. Discusión 30

5. Bibliografía 35

6. Listado de anejos 39

Índice de tablas

Tabla 1: Valores de los coeficientes para los modelos lineales generalizados de las diferentes especies. Fuente: Elaboración propia con datos de Tormo et al. (2012). 18

Tabla 2: Resultados de regresión lineal de los rangos de germinación de las especies simuladas con los datos de Alicante. El p-valor debe ser inferior a 0.05 para considerarse significativo. R^2 debe ser lo más próxima a 0.99. El símbolo # indica que para esa especie ningún día alcanzó ese rango de probabilidad de germinación. “Pile_0-25%” no se distribuye de forma normal y se analizó mediante una prueba no paramétrica cuyos resultados se muestran en la tabla 4. Fuente: Elaboración propia. 27

Tabla 3: Resultados de regresión lineal de los rangos de germinación de las especies simulados con los datos de Murcia. El p-valor debe ser inferior a 0.05 para considerarse significativo. R^2 debe ser lo más próxima a 0.99. El símbolo # indica que para esa especie ningún día alcanzó ese rango de probabilidad de germinación. “Stte_0-25%” y “Quco_50-75%” no se distribuye de forma normal y se analizó mediante una prueba no paramétrica cuyos resultados se muestran en la tabla 4. Fuente: Elaboración propia. ... 28

Tabla 4: Resultados de la prueba no paramétrica de Kendall. El p-valor debe ser inferior a 0.05 para ser significativo. El coeficiente de correlación tau comprende desde -1 a 1: que el resultado sea negativo y próximo al -1 indica una correlación negativa; que el resultado sea positio y próximo al 1 indica una correlación positiva; y si el resultado es próximo a 0, significa que no hay correlación. Fuente: Elaboración propia. 29

Índice de figuras

Figura 1: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para *P. lentiscus* en Alicante (abreviado como “alic”). Fuente: Elaboración propia. 20

Figura 2: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para *S. tenacissima* en Alicante (abreviado como “alic”). 21

Figura 3: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para *Q. coccifera* en Alicante (abreviado como “alic”). Fuente: Elaboración propia. 22

Figura 4: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para *R. lycioides* en Alicante (abreviado como “alic”). Fuente: Elaboración propia. 23

Figura 5: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie de *P. lentiscus* en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como “mur”). Fuente: Elaboración propia. 24

Figura 6: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie de *S. tenacissima* en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como “mur”). Fuente: Elaboración propia. 25

Figura 7: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie de *Q. coccifera* en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como “mur”). Fuente: Elaboración propia. 26

Figura 8: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie *R. lycioides* en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como “mur”). Fuente: Elaboración propia. 27

Resumen

Los sistemas semiáridos poseen una serie de comunidades vegetales particulares (espartales) organizadas de forma muy heterogénea, disponiéndose espacialmente en una serie de parches de vegetación, pero las condiciones climáticas que se dan en el SE de la Península Ibérica producen un fuerte estrés hídrico que hace que la restauración esté limitada por la escasez de individuos adultos capaces de generar semillas viables.

La finalidad de este Trabajo de Final de Grado es estimar mediante modelos de germinación hidrotermal, en combinación con datos históricos y modelos de humedad y temperatura del suelo; las ventanas de germinación de las semillas de especies de interés y calcular la probabilidad de germinación de las semillas para poder recomendar su uso para restaurar las zonas semiáridas del sureste de la Península Ibérica.

Se realizó una extracción de datos meteorológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para las estaciones meteorológicas seleccionadas; se procesaron los datos meteorológicos y un modelo de suelo estándar con el programa Hydrus-1D y se obtuvieron los datos de potencial hídrico y temperatura del suelo necesarios para calcular la probabilidad de germinación de las especies de estudio con modelos lineales generalizados previos.

La determinación de las ventanas de germinación de las especies de interés demostró que la probabilidad de germinación diaria es mayor en ciertas estaciones del año para las diferentes especies y en la estación meteorológica de Murcia. A diferencia del resto de especies de estudio, *Pistacia lentiscus* demostró unos valores de germinación diarios bastantes bajos por lo que no se recomienda su uso en restauración. Por último, se detectó una ligera tendencia entre el paso del tiempo y la disminución de la probabilidad de germinación por día, sin embargo, este hallazgo se debe interpretar con precaución, debido a la gran variabilidad interanual de los datos climatológicos analizados y por el método estadístico simple utilizado.

Palabras clave: *Stipa tenacissima*, semiárido, cambio climático, reclutamiento germinación de semilla, modelo de germinación hidrotermal, Hydrus-1D.

Abstract

Semi-arid systems have a series of particular plant communities (espartales) organized in a very heterogeneous way, spatially arranged in a series of patches of vegetation, but the climatic conditions that occur in the SE of the Iberian Peninsula produce a strong water stress that makes restoration limited by the shortage of adult individuals capable of generating viable seeds.

The purpose of this Final Degree Project is to estimate using hydrothermal germination models, in combination with historical data and soil humidity and temperature models; the germination windows of the seeds of species of interest and calculate the probability of germination of the seeds to be able to recommend their use to restore the semi-arid areas of the southeast of the Iberian Peninsula.

An extraction of meteorological data from the State Meteorological Agency (AEMET) was carried out for the selected meteorological stations; the meteorological data and a standard soil model were processed using the Hydrus-1D program and the data of water potential and soil temperature were obtained to calculate the probability of germination of the study species with existing generalized linear models.

The determination of the germination windows of the species of interest showed that the probability of daily germination is higher in certain seasons for the different species and in the Murcia meteorological station. Unlike the rest of the study species, *Pistacia lentiscus* showed quite low daily germination values, so its use in restoration is not recommended. Finally, a slight trend was detected between the passage of time and the decrease in the probability of germination per day, however, this finding should be interpreted with caution, due to the great interannual variability of the climatological data analyzed and by simple statistic method used.

Key words: Stipa tenacissima, semi-arid, climate change, seed germination recruitment, hydrothermal germination model, Hydrus-1D.

1. Introducción

Las formaciones vegetales dominadas por el esparto (*Macrochloa tenacissima* (L.) Kunth, sinónimo de *Stipa tenacissima* (L.)) son uno de los ecosistemas más frecuentes de las zonas áridas y semiáridas del norte de África y de la Península Ibérica, especialmente en aquellas zonas con una precipitación entre los 200 y los 400 mm anuales, aunque pueden encontrarse incluso en zonas de hasta 600 mm de precipitación anual. Así, el esparto forma comunidades denominadas atochales o espartales, distribuyéndose de manera natural por el Noroeste de África y el Mediterráneo Occidental.

El esparto ha desarrollado una serie de adaptaciones fisiológicas y morfo-estructurales que le han permitido crear un microambiente favorable, tanto para él como para otras especies, colonizando estos ecosistemas adversos. Su hoja tiene la capacidad de plegarse para que épocas de alto estrés hídrico, no pierda excesiva agua. Además, las raíces del esparto forman la mayor parte de la planta (61%), alcanzando profundidades superiores a los 50 cm para disponer de agua. (Maestre et *al*., 2007)

Con el paso de los años, la distribución del esparto ha estado muy ligada a las actividades humanas, ya que se ha utilizado la fibra del esparto para la fabricación de diferentes utensilios como cuerdas o pasta de papel. Debido a sus usos, el hombre ha fomentado su expansión llegando en ocasiones a cultivarlo y eliminando en ocasiones a las especies que competían con ella por los escasos recursos mediante pastoreo y con quemas repetidas cada ciertos años. La pérdida de parte de los usos tradicionales y la aparición de las fibras sintéticas ocasionaron que su producción y su superficie disminuyera de tal forma que de las 684.000 ha de espartales que había en 1968, en la actualidad solo ocupan 409.000 ha en la Península ibérica. (Maestre et *al*., 2007)

Los espartales tienen una estructura muy variable y abierta al estar muy antropizados, llegando a albergar numerosas especies de plantas perennes. Pese a ello, poseen valores de cobertura vegetal muy altos llegando en ocasiones a representar hasta 95% de la cobertura total (Maestre et *al*., 2007). Al igual que otros ecosistemas áridos, se organizan de forma muy heterogénea, disponiéndose espacialmente en una serie de parches o manchas de vegetación, lo que permite un aprovechamiento de los escasos recursos y determina la funcionalidad de los ecosistemas (Puigdefabregas 1999, Tongway et *al*.,2004).

Las condiciones climáticas que se dan en el SE de la Península Ibérica producen un fuerte estrés hídrico que caracteriza a los espartales, lo que hace que la restauración de estas áreas sea más compleja (Aronson et *al*. 1999).

Estos sistemas semiáridos poseen una serie de comunidades vegetales particulares adaptadas a estos ambientes, y cuyas especies mejoran el funcionamiento de los ecosistemas (Maestre 2005). Así, en proyectos de restauración, las especies que se quieran introducir deben ser adecuadas para este entorno, por su adaptación al medio y por su aportación a la funcionalidad de los ecosistemas (Cortina, et *al.*,2004).

Por ello, en los últimos años se ha procedido a un cambio en el modelo de restauración: se ha pasado de una restauración a gran escala con una única especie (*Pinus halepensis* (Mill.)), a una restauración centrada en revertir los efectos de la degradación, formando islas de recursos, mejorando el microclima y fomentando las interacciones positivas que tienen lugar en las manchas de vegetación la introducción de especies leñosas de interés. (Cortina, et *al.* 2011)

Ciertos autores han estudiado el papel de los espartales dentro de la degradación de los ambientes semiáridos. Su patrón espacial influye en la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas, mediante un patrón de fuente-sumidero de sedimentos y agua. Este patrón favorece la aparición de una pequeña terraza que modifica la topografía del lugar, disminuyendo la compactación del suelo, mejorando su estructura y con un mayor contenido de humedad después de las precipitaciones que los espacios de suelo desnudo de su alrededor. Además, las sombras producidas por las matas de los espartales reducen la temperatura y atenúan el exceso de radiación (Maestre et *al*., 2007). Este fenómeno facilita el establecimiento de especies leñosas de interés en los parches, fomentando las interacciones positivas entre ellos, sobre todo en aquellos ambientes sometidos a un fuerte estrés ambiental. Estos parches suelen están formados por las especies leñosas en medios no degradados próximos a estas zonas degradadas. En el sureste de la Península Ibérica predominan especies como la coscoja (*Quercus coccifera* (L.)), el lentisco (*Pistacia lentiscus* (L.)) y el espino negro (*Rhamnus lycioides* (L.)). (Maestre, et *al.* 2003; Cortina, et *al.* 2004)

Pero la colonización por estas especies está limitada por la escasez de individuos adultos capaces de generar semillas viables, debido a las condiciones ambientales cambiantes, fuertemente limitantes para el reclutamiento y a la fragmentación de los parches debido a la degradación y la perdida de interacciones bióticas entre ellos. (Janzen, 1986; Handel, 2019) Problemática que en el futuro empeorará debido al aumento de

temperaturas y la creciente concentración de las precipitaciones y reducción de su volumen total asociados al cambio climático. (Walck, et *al.* 2011)

Por todo esto en los proyectos de restauración actuales, se tiende a introducir estas especies formadoras de parches con la intención de recuperar las "funciones" que estos parches proporcionan al ecosistema, pero la escasez de estudios que evalúan en condiciones reales el potencial para la reintroducción de especies de interés en el mediterráneo (Maestre, et *al.* 2003); el desconocimiento de las dinámicas poblacionales de las especies a introducir; y si se dan las ventanas de reclutamiento necesarias para la regeneración natural de dichas especies por semillas (Maestre et *al*. 2007); son los motivos por los cuales se está realizando este estudio. En particular, la falta de regeneración natural por semillas de las poblaciones de especies introducidas mediante restauración es un tema muy relevante ya que podemos estar introduciendo especies mediante plantación que no son capaces de crear poblaciones viables porque no se dan las condiciones adecuadas para el reclutamiento. (Janzen, 1986; Handel, 2019)

Para estudiar si existen ventanas de reclutamiento de las especies de interés para la revegetación de los espartales, se puede simular la germinación utilizando modelos de germinación hidrotermal. Para ello, se simula un suelo sujeto a las condiciones climáticas de las zonas estudio mediante el programa Hydrus-1D. Dicha simulación es empelada por los modelos de germinación hidrotermal (que predicen las necesidades de temperatura y disponibilidad de agua para la germinación de una especie) y nos proporcionan una probabilidad de germinación para una temperatura y potencial hídrico edáficos determinados. (Hardegree, et *al.*, 2003).

Los modelos de germinación hidrotermal, se han usado en una amplia variedad de ámbitos con diferentes fines, por ejemplo: en el ámbito de la agricultura para predecir la emergencia de malas hierbas para su control y manejo de los cultivos (Cao, et *al.* 2013); para evaluar la respuesta de germinación acumulada en función de la variabilidad estacional y anual en la temperatura y humedad de los cultivos (Hardegree, et *al.*, 2010); incluso, se han utilizado en las ciencias forestales para ajustar el modelo a los datos de germinación de *Pinus radiata* (D. Don) (Bloomberg, et *al.*, 2009). Sin embargo, hasta donde sabemos, este trabajo es el primero donde se usa para restauración de ecosistemas.

En el presente estudio se pretende estimar mediante modelos de germinación hidrotermal de las especies de estudio, en combinación con datos históricos y modelos de humedad y temperatura del suelo, las ventanas de germinación de las semillas de especies de interés para restauración; y calcular la probabilidad de germinación de las semillas para poder recomendar su uso para restaurar las zonas semiáridas del sureste de la Península

Ibérica. Además de esto, aunque no figuraba en la propuesta, hemos decidido comprobar si la probabilidad de germinación diaria de las especies de interés sufre una disminución con el paso del tiempo asociada al cambio climático.

2. Material y métodos

2.1. Área de estudio

El área de estudio de este trabajo se encuentra en los espartales del sureste de la Península Ibérica, utilizando como ejemplo de sus condiciones meteorológicas típicas las estaciones meteorológicas de Alicante-Elche/Aeropuerto (Indicativo: 8019); y la estación meteorológica de Murcia (Indicativo: 7178I). (AEMET, 2019)

2.2. Espartales de la península ibérica, usando como modelo los de Alicante y Murcia.

El presente trabajo es la continuación de un proyecto anterior realizado hace unos años por Tormo et *al.* (2012), en el que se realizaron una serie de investigaciones sobre la respuesta germinativa de especies de ambientes semiáridos. En dicho estudio se seleccionaron 4 especies de espartales del SE de la Península Ibérica: *Macrochloa tenacissima*, cuyo nombre sinónimo *Stipa tenacissima* es el que será utilizado en este estudio para referirme a la especie; y tres de las especies arbustivas clave en el funcionamiento de estos ecosistemas, *Rhamnus lycioides, Pistacia lentiscus* y *Quercus coccifera*; y se crearon modelos de germinación hidrotermal en función de cinco valores de temperatura (entre 5 y 25ºC) y 5 valores de potencial hídrico (entre -1.5 y 0 Mpa). Con dicho modelo se puede predecir la germinación de las semillas de las especies seleccionadas según el potencial hídrico y la temperatura del suelo mediante un modelo lineal generalizado.

En nuestro estudio se utilizarán las fórmulas de dichos modelos lineales generalizados para simular la germinación de las especies de estudio en los espartales según las condiciones de temperatura y potencial hídrico en el suelo.

Para conocer estas condiciones de potencial hídrico y temperatura del suelo, se utilizará el modelo Hydrus-1D (Šimůnek, et *al.* 2016) alimentado con datos meteorológicos de los últimos 21 años.

Para ello se seguirán los siguientes pasos:

- Extracción de datos meteorológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) para las estaciones seleccionadas.
- Transformación de los datos obtenidos para su procesamiento en el programa Hydrus -1D.
- Ejecución del programa Hydrus -1D con los datos meteorológicos y el modelo de suelo estándar. Para obtener los datos de potencial hídrico y temperatura del suelo.
- Proporcionar a los modelos lineales generalizados los datos de temperatura y potencial hídrico obtenidos de Hydrus-1D para calcular la probabilidad de germinación de las especies de estudio.

2.3. Extracción datos meteorológicos. Estaciones seleccionadas

Los datos meteorológicos necesarios para alimentar el modelo Hydrus-1D son la precipitación, la humedad, la insolación, la velocidad media del viento y la temperatura media, mínima y máxima de cada día, que para las estaciones con las que trabajamos están disponibles entre los años 1998 y 2018.

Antes de proceder con la obtención de datos, hay que seleccionar las estaciones meteorológicas de donde obtenerlos. Para ello, las estaciones deberán encontrarse dentro de la distribución geográfica de los espartales de *Stipa tenacissima*, la especie principal del estudio. Según Maestre (2007), *Stipa tenacissima* se distribuye en España por toda la costa Mediterránea de la Península Ibérica y en menor medida en el centro de ella. En un primer momento se seleccionaron tres estaciones meteorológicas para realizar el estudio, pero debido a la cantidad de tiempo requerido para extraer y tratar los datos, se decidió eliminar una de ellas. Las estaciones meteorológicas seleccionadas fueron las situadas en Alicante (estación meteorológica de Alicante-Elche/Aeropuerto, Indicativo: 8019) y en Murcia (estación meteorológica de Murcia, Indicativo: 7178I). (AEMET, 2019)

Todos los datos se obtuvieron mediante una clave API (del inglés: *Application Programming Interface*) que se solicitó a la Agencia Estatal de meteorología (de ahora en adelante AEMET) para obtener acceso a los datos a través del portal *AEMET OpenData* (desarrollado por dicha agencia). Los únicos datos que no se pudieron obtener con la clave API fueron los relativos a la humedad y a la insolación diaria. Estos se solicitaron mediante un impreso de solicitud de prestaciones meteorológicas. (Anejo 1) (AEMET, 2019)

En cuanto a la extracción de datos mediante este procedimiento, el portal *AEMET OpenData* solo permitió obtener los datos meteorológicos requeridos mes a mes, por lo que se programó un script de R para descargarlos automáticamente (Anejo 2). Posteriormente, se detectó un problema en el proceso de extracción de datos puesto que el script utilizado, no permitió la obtención de datos correctamente en la segunda estación meteorológica. Esto fue debido a que esta estación no incluía algunas de las variables meteorológicas concretas que tenía la primera estación y poseía otras distintas. Por ende, se procedió a modificar el script inicial, añadiendo un comando concreto cuya función fue crear una serie de expresiones sin evaluar para aquellas variables que difirieron entre las estaciones meteorológicas. (Anejo 3)

2.4. Selección y modificación de los datos para su posterior procesamiento

Una vez extraídos todos los datos meteorológicos mencionados anteriormente, se procedió a la selección y adaptación de estos para su posterior uso en el programa Hydrus-1D.

2.5. Ejecución del programa Hydrus-1D

El paquete de software Hydrus-1D es un programa que simula el flujo de calor y el movimiento de agua y de solutos en medios unidimensionales saturados variables. En él, se introdujeron: el modelo de suelo estándar para suelos margosos proporcionado por Hydrus-1D; los diferentes parámetros meteorológicos de las estaciones seleccionadas para simular las condiciones históricas de los últimos 21 años y poder calcular la probabilidad de germinación de las semillas en dicho espacio de tiempo.

Este programa contiene diferentes módulos para tratar la información y modificar las simulaciones, tanto de preprocesamiento como de posprocesamiento de la información (Šimůnek, et *al*., 2013):

- Preprocesamiento:
    - Especificación de los diferentes procesos a simular. Por ejemplo: el transporte de calor, el flujo del agua, el crecimiento de raíces etc.
    - Selección de las escalas de espacio y tiempo.
    - Introducción de las condiciones ambientales.

- Posprocesamiento:
    - Creación de gráficos simples para la presentación ilustrada de las propiedades hidráulicas del suelo.
    - Modificación de los cambios de tiempos de las variables.
    - Ajuste de los flujos de agua y solutos acumulados o reales.

Dentro del programa Hydrus-1D, se fueron seleccionando los diferentes parámetros en las diferentes ventanas emergentes para crear la simulación mes a mes de los 21 años de ambas estaciones con los datos obtenidos anteriormente:

1. En la pestaña "*Main processes*" se seleccionaron las variables: flujo del agua ("*water Flow"*) y de transporte de calor ("*heat transport"*); que más adelante generan unos submenús con más variables a especificar.

2. En "*Geometry information*" se seleccionó una profundidad del suelo con la que vamos a trabajar. Se simularon una profundidad de 30 cm para más adelante utilizar el potencial hídrico calculado en el primer centímetro de suelo.

3. En "*Time information*" se seleccionó:
    a. La unidad de tiempo, que se especificó en días.
    b. El período de tiempo a simular, especificando el inicio y final del mes en formato de 365 días.
    c. Las condiciones límite dependientes del tiempo ("*Time Variable Boundary Condition*"), especificando el número total de días que tiene el mes a simular.
    d. Los datos meteorológicos ("*Meteorological Data*"), se especificó la fórmula por la cual el programa calcularía la evapotranspiración potencial mediante la ecuación combinada Penman-Monteith (Monteith, 1981; Monteith y Unsworth. 1990) recomendada por la Food and Agriculture Organization (FAO, 1990).

4. En la siguiente ventana "*Print information*", se seleccionaron tantos números de tiempo de impresión como días tengan el mes que se estuviera simulando. Además, el comando "*Select Print Times*" llama al cuadro de dialogo en el que se plasmará la información detallada sobre el primer día del mes en formato 365 días del mes a simular y así sucesivamente en el resto de las celdas siguientes hasta completar los días del mes.

5. A continuación, en el submenú de parámetros de flujo de agua ("*water Flow*") seleccionado al principio de la simulación, se concretaron una serie de comandos para especificar una serie de variables y condiciones del entorno necesarias para los cálculos del flujo del agua:

    a. En los criterios de iteración ("*Iteration Criteria*") no se alteraron los valores que vienen por defecto.

    b. En el modelo hidráulico del suelo ("*Soil Hydraulic Model*") se seleccionó el modelo hidráulico de Genuchten-Mualem, seleccionando en los meses más secos (junio, julio y agosto) un valor de entrada de aire de -2 cm; y se especificó que no debe considerar la histéresis en esta simulación.

    c. En los parámetros del flujo de agua ("*Water Flow Parameters*"): se dejaron los valores predeterminados; se implementó las funciones de pedotransferencia (PFT); y se utilizó el modelo de suelo estándar proporcionado por el programa Hydrus-1D. La textura que se seleccionó fue "*Loam*", traducido como margas. Los parámetros hidráulicos de este suelo estándar incluido en el catálogo de HYDRUS fueron estimados mediante una regresión lineal múltiple por Rawls et *al.* (1982) a partir de una base de datos de 2540 horizontes de suelo.

    d. En las condiciones límite del flujo de agua ("*Water Flow Boundery Conditions*"): se especificó para el límite superior las condiciones atmosféricas límite con escorrentía superficial ("*Atmospheric BC with Surface Run Off*"); y para el límite inferior el drenaje libre ("*free drenage*").

6. El siguiente submenú para el transporte de calor ("*Heat Transport*"), se mantuvieron los valores por defecto de los parámetros. En cambio, en las condiciones límite del transporte de calor, se escogieron para el límite superior: la temperatura límite; y para el límite inferior: el flujo de calor.

7. Posteriormente, en la pestaña "*Time Variable Boundary Condition*" se proporcionó los datos de precipitación en cm por día; se anotaron los días que componen el mes que a simular en formato 365 días; el valor de la altura de presión mínima permitida en el suelo en centímetros llamada "*hCritA*" (se optó por -100.000 cm); la temperatura dependiente del tiempo límite superior ("*tTop*") se utilizó la temperatura media del día en la superficie del suelo de la estación seleccionada; la temperatura dependiente del tiempo límite inferior del suelo ("*tBot*") se optó por dejar el valor por defecto del sistema (15ºC); y por el último se anotó la amplitud diaria.

8. Después, se colocaron los parámetros meteorológicos concretos para las diferentes estaciones: los valores de altitud (Alicante a 43 metros y Murcia 61 metros), latitud (en ambas estaciones latitud 38 deg), la altura a la que se midió la temperatura y la velocidad de viento en las estaciones meteorológicas (en ambos casos la altura fue 120 y 1000 centímetros respectivamente) y el resto de los parámetros como la humedad relativa, el albedo o la nubosidad; no se modificaron.

9. A continuación, en el submenú de condiciones meteorológicas, se colocaron los días del mes a simular en formato 365 días; se anotaron las temperaturas máximas y mínimas diarias en grados centígrados; se colocó la humedad relativa diaria en tanto por ciento; se anotó la velocidad media diaria del viento a la altura especificada en kilómetros por día; y, por último, se escribieron las horas de sol diarias que recibe la estación meteorológica.

10. Por último, se procedió a modificar unos valores de discretización en el submenú de información sobre el perfil; se cambió el número de nodos de 1 a 1000 nodos; y la densidad se modificó de tal manera que en la parte

inferior se anotó una densidad de 100 y en la parte superior una densidad de 1.

Una vez los datos climáticos estaban introducidos en el programa, este se ejecutó. Debido a que el ordenador disponible no era muy potente, el proceso de simulación duró alrededor de 20 minutos por mes. Como la cantidad de datos y meses a simular era bastante grande y el proceso no era demasiado rápido, se optó por el empleo de dos ordenadores simultáneamente para aumentar el ritmo. Al final, se utilizaron 1896 horas de procesamiento.

2.6. Cálculo y análisis de la probabilidad de germinación con los resultados obtenidos.

El programa Hydrus-1D, generó una serie de archivos de salida con extensión OUT. Para poder abrir estos archivos con el programa Excel, primero se debió modificar estos documentos y para ello se utilizó otro script de R. (Anejo 4)

Una vez transformados los archivos, se procedió a agrupar todas las simulaciones de los meses de ambas estaciones en único archivo Excel. En él, se abreviaron los nombres de las especies para su mejor análisis: *P. lentiscus* como “Pile”, *S. tenacissima* como “Stte”, *Q. coccifera* como “Quco” y *R. lycioides* como “Rhly”. Después, se procedió a analizar las cuatro columnas de datos obtenidos:

- “*Time*”: donde se especificó la fecha.
- “*Head*”: que representa el potencial hídrico promedio diario existente en el suelo. Hydrus-1D proporciona este dato en cm de agua, por lo tanto, se convirtió en megapascales, unidad en la que se mide el potencial hídrico del suelo en los estudios de germinación hidrotermal (Jiménez-Alfaro et *al.* 2018).
- “*Moisture*”: que se corresponde con la cantidad media diaria de agua en el suelo.
- “*Temperature*”: la cual muestra la temperatura media diaria en el suelo.

A continuación, para calcular la probabilidad de germinación con los datos obtenidos se utilizaron las fórmulas desarrolladas por Tormo et *al.* (2012). Dichas formulas provienen de un modelo lineal generalizado con distribución de errores binomial y tienen la siguiente estructura:

$$P[germinación] = a + b * temp + c * \psi + d * time + e * temp^2 + f * temp^2 * \psi$$

Donde a, b, c, d, e y f son los coeficientes estimados por el modelo que son específicos para las diferentes especies del estudio (Tabla 1). El valor "temp" corresponde a la temperatura en grados centígrados y ψ corresponde al potencial hídrico en megapascales.

Tabla 1: Valores de los coeficientes para los modelos lineales generalizados de las diferentes especies. Fuente: Elaboración propia con datos de Tormo et al. (2012).

	Termino independiente (a)	**Temperatura (Temp) (b)**	**Potencial hídrico (Pot) (c)**	**Time (d)**	**Temp^2 (e)**	**Pot*temp^2 (f)**
Pile	-7,4051748	0,8679253	5,5893847	0,0243038	-0,0306870	-0,0009405
Stte	-1,1349961	0,2420107	2,2125117	0,0175630	-0,0098100	-0,0004807
Quco	-0,3190066	-0,0366170	1,6671930	0,0162060	-0,0012901	-0,0011298
Rhly	-6,5535427	0,7899090	3,7272030	0,0168598	-0,0237014	-0,0037409

Tras colocar los datos de temperatura y potencial hídrico obtenidos del Hydrus-1D en la fórmula del modelo de germinación hidrotermal, obtenemos una estimación de la probabilidad germinación. Pero este valor obtenido, no es el valor real de germinación, se encuentra en la escala transformada. El modelo lineal generalizado usado por Tormo et *al.* (2012) usaba errores binomiales, por lo tanto, el valor obtenido se encuentra en "*logits*". Para obtener el valor estimado de probabilidad de germinación tenemos que transformar el resultado mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{e^{(x)}}{(1+e^{(x)})} \times 100$$

Siendo “x” el valor obtenido directamente de la primera ecuación.

Una vez obtenido la probabilidad de germinación diaria se prepararon los siguientes datos para cada especie y cada estación meteorológica:

- Los días se clasificaron en una serie de rangos según la probabilidad de germinación que les asignaba el modelo: de 0 a 25%; 25,1 a 50%, 50,1 a 75%; y 75.1 a 100%.
- Se realizó un sumatorio de los días en que la probabilidad de germinación pertenecía a cada uno de los diferentes rangos de porcentaje para cada mes de cada año para todos los años estudiados.
- Se realizó el promedio del sumatorio del número de días en cada intervalo de cada mes de cada año para todos los años estudiados y se comparó entre si los diferentes promedios.
- También se realizaron una serie de pruebas estadísticas con el programa RStudio (RStudio Team, 2020), para estudiar si se producía un cambio en la probabilidad de germinación con el tiempo. Comparando el número de días por año que tenía la especie de interés en cada rango de porcentaje frente al tiempo, en el periodo que comprende los veintiún años disponibles. Se testó la hipótesis de que con el tiempo (desde el inicio de la serie meteorológica hasta el presente) disminuían los días con mayor probabilidad de germinación.
- Para ello, primero, se comprobó si la relación entre estas variables se distribuía como una normal mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk, en la cual, la hipótesis nula afirma que los datos se distribuyen normalmente; y la hipótesis alternativa que los datos no se distribuyen de esta manera. Si los datos se distribuyen como una normal, a continuación, se utilizaba la regresión lineal. Si resultaba que su distribución no cumplía los patrones de normalidad, se realizaba la prueba no paramétrica de Kendall. En esta prueba, el coeficiente de correlación tau comprende desde -1 a 1: que el resultado sea negativo y próximo al -1 indica una correlación negativa; que el resultado sea positio y próximo al 1 indica una correlación positiva; y si el resultado es próximo a 0, significa que la correlación es débil. (Gareth, et *al.,* 2014; Kassambara, 2017)

3. Resultados

3.1. Estación meteorológica de Alicante

El promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años agrupados en 4 grupos diferentes de rangos de probabilidad de germinación y para las cuatro especies situadas en la estación meteorológica de Alicante se comentan a continuación.

Ningún día fue asignado al último rango (75,1-100%) debido a que ninguna de las especies alcanzó tal probabilidad de germinación en un solo día de los veintiún años de estudio. A continuación, resaltamos los resultados más relevantes obtenidos.

Los resultados de *Pistacia lentiscus*, muestran que, en la estación de Alicante, en los últimos 21 años, las condiciones propicias para su germinación se han dado muy pocas veces, puesto que en ningún momento del estudio se supera el 25% de probabilidad de germinación en un día. En relación con los datos promediados por mes (Figura 1), aunque la probabilidad de germinación no es superior al 25% en ningún caso, los meses en los que la probabilidad de germinación resulta mayor son mayo, septiembre, octubre y noviembre. Para estos meses, aquellos años con una menor probabilidad de germinación son 1999, 2002, 2004, 2005, 2009, 2010, 2013 y 2017. (Anejo 5)

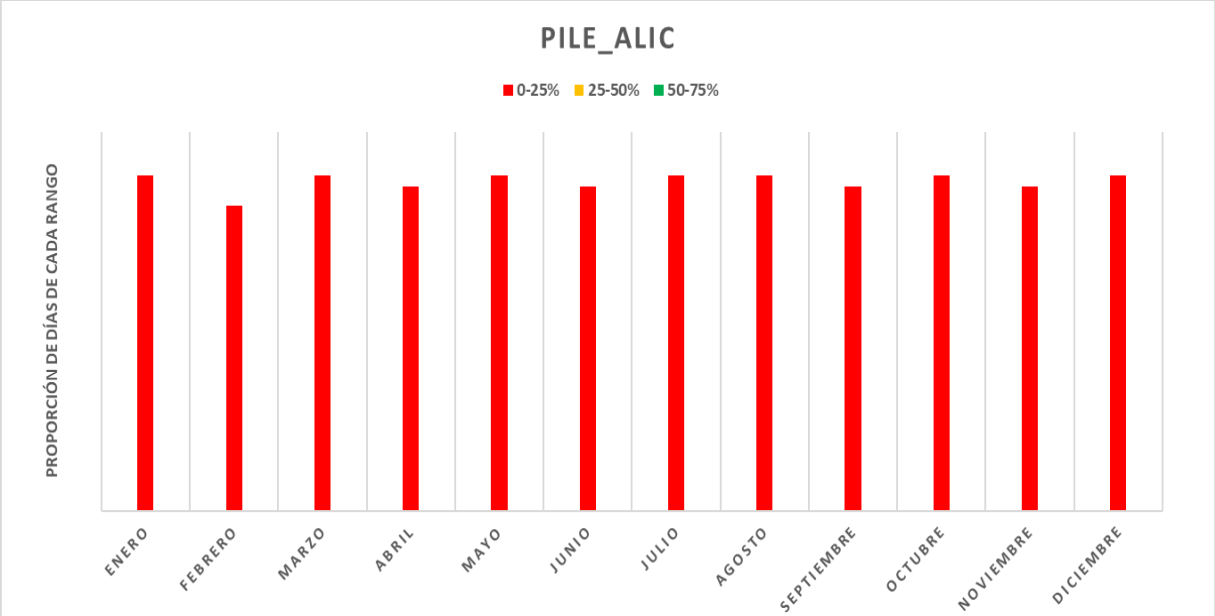


Figura 1: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para P. lentiscus *en Alicante (abreviado como "alic"). Fuente: Elaboración propia.*

Stipa tenacissima es la especie con mayor probabilidad de germinación por día de las cuatro especies estudiadas, siendo esta en la que mayor número de días encontramos con una probabilidad de germinación entre el 50-75%. Los meses con menor probabilidad de germinación corresponden a: julio, agosto y septiembre; y los meses de abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, los de mayor probabilidad (Figura 2). Como se puede ver en el anejo 6, a partir del 2010, se aprecia una disminución de la probabilidad de germinación de esta especie. Por ejemplo, en los meses de invierno se produce una disminución en el número de días de probabilidad de germinación entre 50-75%; y en los meses de verano se produce un incremento el número de días en los que la probabilidad de germinación se encuentra entre 0-25%.

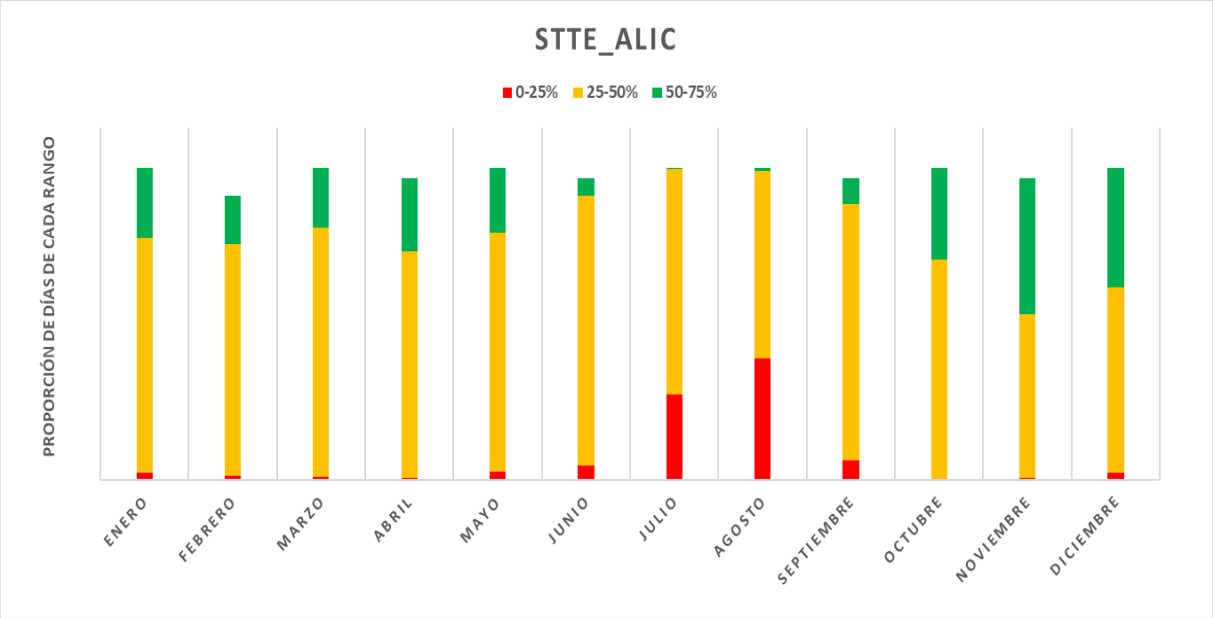


Figura 2: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para S. tenacissima *en Alicante (abreviado como "alic").*

En la especie *Q. coccifera* se ha observado que los meses en los que se registra la mayor probabilidad de germinación corresponden a los meses fríos (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo), y los meses calurosos los que registran una probabilidad de germinación más baja (junio, julio, agosto y septiembre) (Figura 3). Durante los últimos años (2012-18), se aprecia que la probabilidad de germinación diaria es menor respecto a los años anteriores, hasta tal punto, que incluso en los meses fríos donde normalmente la probabilidad de germinación diaria predominante correspondería entre el 25-50%, se encuentra entre los 0-25%. (Anejo 7)

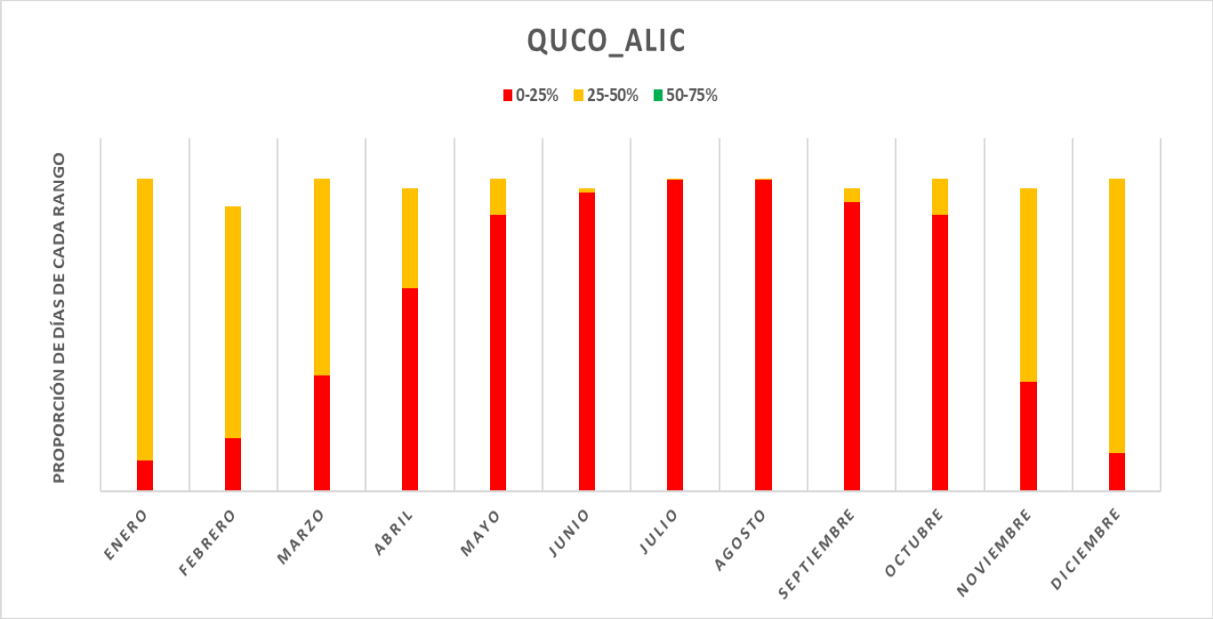


Figura 3: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para Q. coccifera *en Alicante (abreviado como "alic"). Fuente: Elaboración propia.*

Rhamnus lycioides es la otra especie que en Alicante llega a alcanzar el rango de probabilidad de germinación diaria entre el 50-75%, aunque sea en bastante menor medida que *S. tenacissima*. A diferencia del resto de especies, *R. lycioides* alcanza mayor probabilidad de germinación en primavera y otoño (mayo, junio, septiembre y octubre;) a diferencia del resto de especies que germinan mejor en los meses de verano o invierno. Y los meses en los que la probabilidad de germinación es menor son: diciembre, enero, febrero, marzo (Figura 4). Además, como se puede ver en el anejo 8, entre el 2010 y el 2018, se produce una variación en los patrones de germinación, reseñable sobre todo en ciertos meses: un aumento de probabilidad de germinación en los meses más fríos (noviembre y diciembre) y una disminución de esta en los meses más calurosos (julio y agosto).

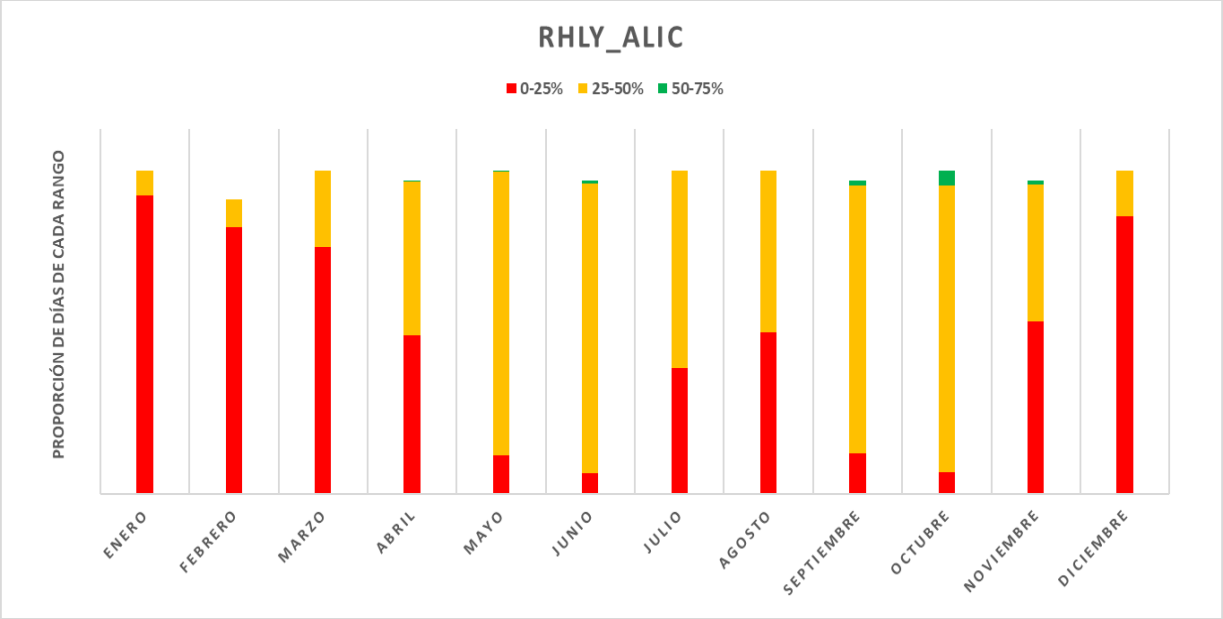


Figura 4: Número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para R. lycioides *en Alicante (abreviado como "alic"). Fuente: Elaboración propia.*

3.2. Estación meteorológica de Murcia

El número promedio de días en cada grupo de porcentaje de germinación para cada mes en los 21 años de estudio para las cuatro especies situadas en la estación meteorológica de Murcia se especifican a continuación. Ninguna de las especies de interés de esta estación meteorológica alcanzó el último rango (75,1-100%) de probabilidad de germinación en un solo día de los veintiún años de estudio.

La especie *P. lentiscus*, ha llegado a alcanzar valores de germinación superiores al 25%, siendo los mejores meses para ello: abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre (figura 5). Aunque, la mayoría de los días la probabilidad de germinación permanece por debajo de 25%. (Anejo 9)

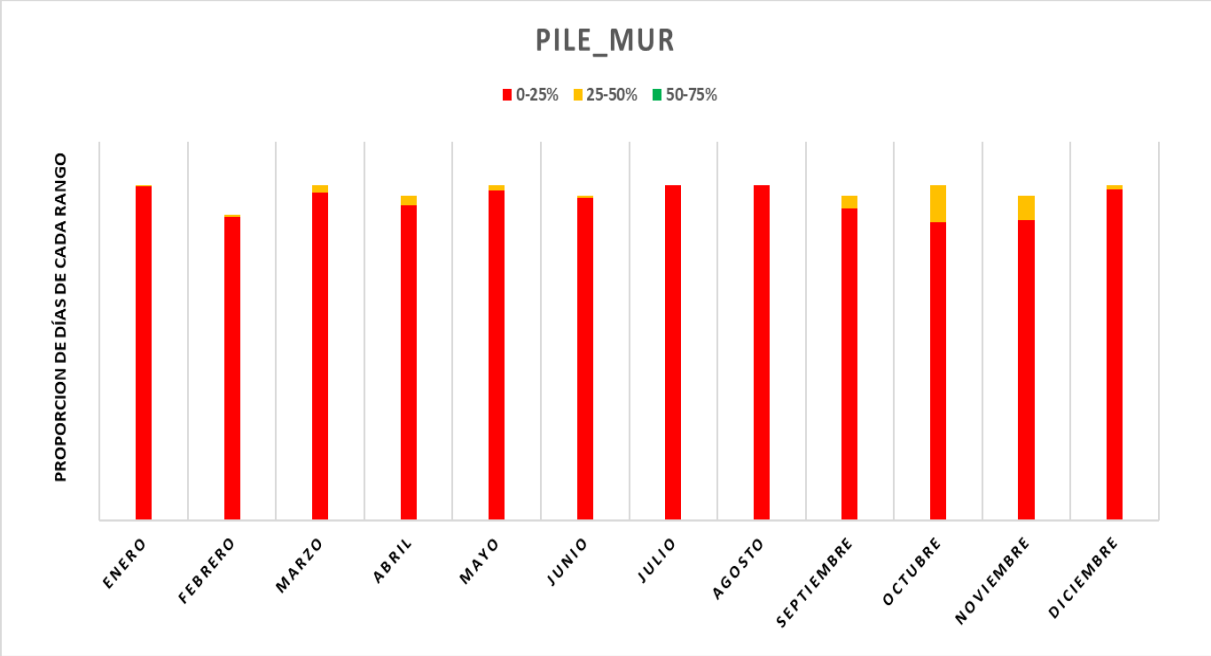


Figura 5: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie de P. lentiscus *en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como "mur"). Fuente: Elaboración propia.*

S. tenacissima es la especie con mayor probabilidad de germinación por día de las cuatro especies estudiadas en la estación meteorológica de Murcia, hay meses completos en los que la germinación se encuentra por encima del 25% e incluso llegando a máximos de hasta el 50-75%. Como se puede observar en la figura 6, la probabilidad de geminación de *S. tenacissima* disminuye en los meses de (junio, julio, agosto y septiembre). También cabe destacar que entre el 2013 y el 2018, durante los meses fríos la probabilidad de germinación ha aumentado respecto a los otros años, al igual que en los meses cálidos la probabilidad de germinación es menor durante este periodo. (Anejo 10)

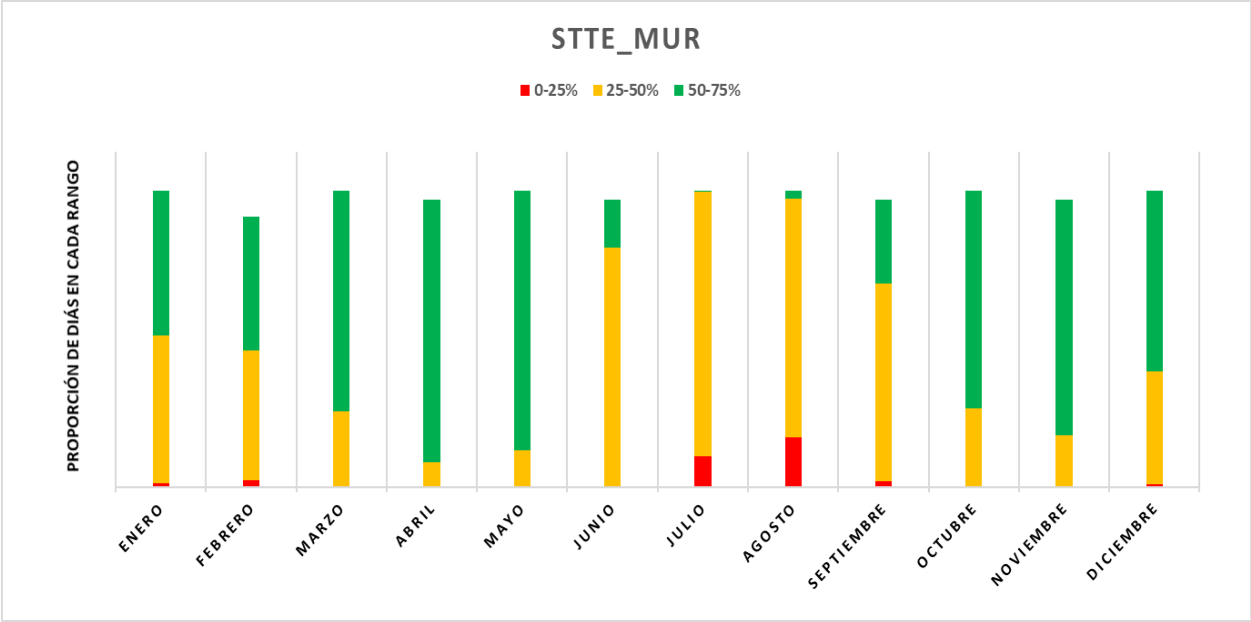


Figura 6: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie de S. tenacissima *en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como "mur"). Fuente: Elaboración propia.*

La especie *Q. coccifera* es la segunda especie en la estación meteorológica de Murcia que ha superado el 50% de probabilidad de germinación por día, aunque en muy contadas ocasiones. La germinación en *Q. coccifera*, disminuye durante los meses calurosos del verano (junio, julio, agosto, septiembre y octubre) y aumenta durante los meses de invierno (noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo) (Figura 7). Durante los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, se ha registrado una disminución de la probabilidad de germinación durante el periodo de 2013 a 2018 (Anejo 11).

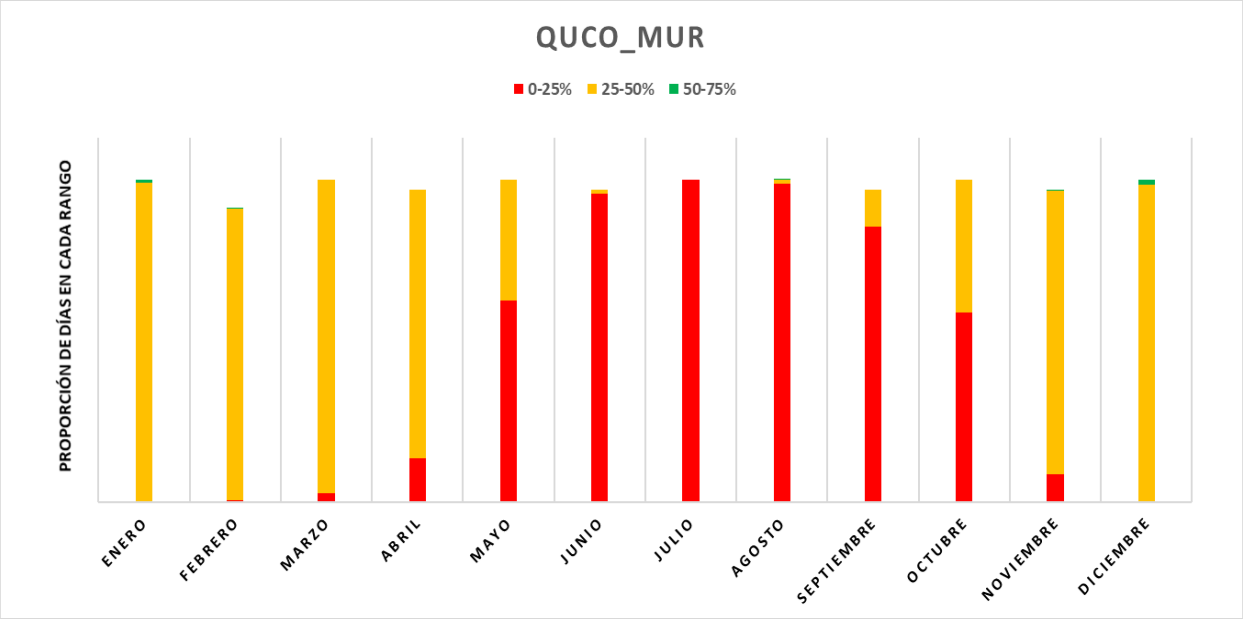


Figura 7: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie de Q. coccifera *en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como "mur"). Fuente: Elaboración propia.*

En la estación meteorológica de Murcia, *R. lycioides* es otra de las especies de interés que alcanza el rango 50-75% de probabilidad de germinación diaria. La probabilidad de germinación de esta especie aumenta en los meses de mayo, junio, septiembre y octubre (Figura 8). Al igual que en el resto de las especies, aparece una variación en la probabilidad de germinación entre el 2013 y el 2018, disminuyendo a lo largo de los años la probabilidad de germinación. En los meses en los que más se aprecia esta variación son sobre todo en los meses de julio, agosto, noviembre y diciembre (Anejo 12).

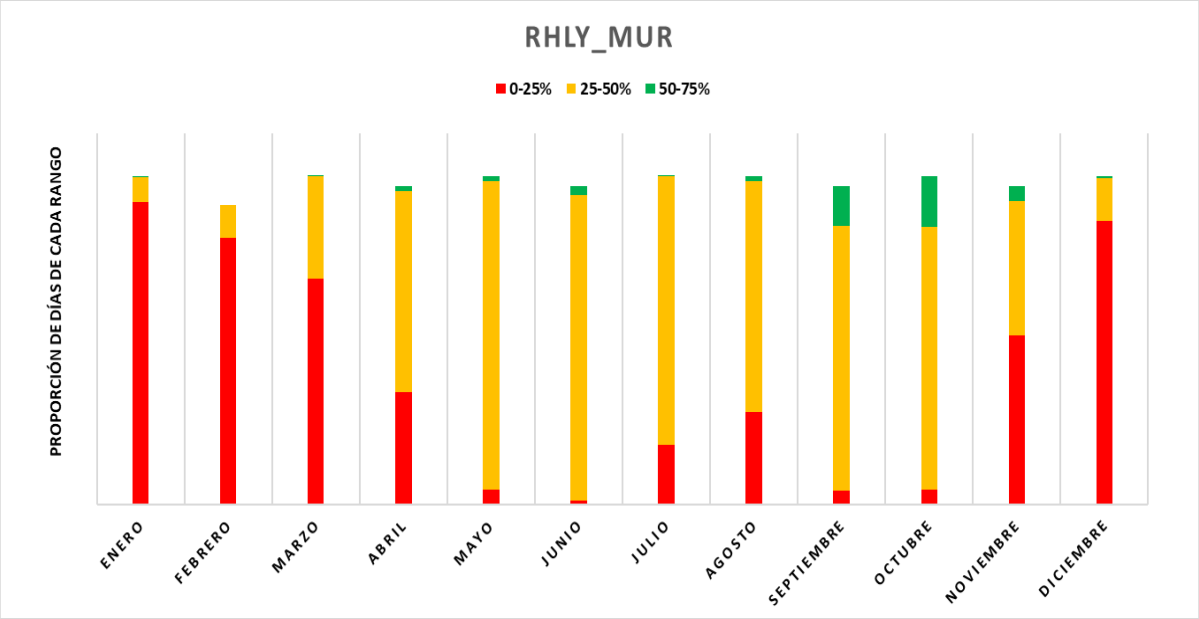


Figura 8: Representación gráfica del promedio del sumatorio del número de días de cada mes para todos los años de la especie R. lycioides *en la estación meteorológica de Murcia (abreviado como "mur"). Fuente: Elaboración propia.*

3.3. Cambios en la probabilidad de germinación con el tiempo

La relación entre la probabilidad de germinación y el paso del tiempo, estimada mediante regresión lineal simple o la prueba no paramétrica Kendall para las especies de interés que se muestran en las tablas 2, 3 y 4. A continuación, se resaltan los resultados más relevantes.

Tabla 2: Resultados de regresión lineal de los rangos de germinación de las especies simuladas con los datos de Alicante. El p-valor debe ser inferior a 0.05 para considerarse significativo. R^2 debe ser lo más próxima a 0.99. El símbolo # indica que para esa especie ningún día alcanzó ese rango de probabilidad de germinación. "Pile_0-25%" no se distribuye de forma normal y se analizó mediante una prueba no paramétrica cuyos resultados se muestran en la tabla 4. Fuente: Elaboración propia.

Especies Alicante	Regresión Lineal (p-valor)	R^2	Pendiente
Pile_0-25%	-	-	-
Pile_25-50%		#	
Pile_50-75%		#	

Pile_75-100%		#	
Stte_0-25%	0.026*	0.195	0.9805
Stte_25-50%	0.449	0.020	-0.5519
Stte_50-75%	0.508	-0.028	-0.4286
Stte_75-100%		#	
Quco_0-25%	0.477	-0.024	0.4740
Quco_25-50%	0.480	-0.024	-0.4740
Quco_50-75%		#	
Quco_75-100%		#	
Rhly_0-25%	0.016*	0.229	1.2571
Rhly_25-50%	0.013*	0.242	-1.3571
Rhly_50-75%	0.254	0.019	0.1000
Rhly_75-100%		#	

Tabla 3: Resultados de regresión lineal de los rangos de germinación de las especies simulados con los datos de Murcia. El p-valor debe ser inferior a 0.05 para considerarse significativo. R^2 debe ser lo más próxima a 0.99. El símbolo # indica que para esa especie ningún día alcanzó ese rango de probabilidad de germinación. "Stte_0-25%" y "Quco_50-75%" no se distribuye de forma normal y se analizó mediante una prueba no paramétrica cuyos resultados se muestran en la tabla 4. Fuente: Elaboración propia.

Especies Murcia	Regresión Lineal (p-valor)	R^2	Pendiente
Pile_0-25%	0.5360	-0.031	-0.1104
Pile_25-50%	0.5480	-0.032	0.1104
Pile_50-75%		#	
Pile_75-100%		#	

Stte_0-25%	-	-	-
Stte_25-50%	0.1013	0.0895	-0.9545
Stte_50-75%	0.6210	-0.0388	-0.3390
Stte_75-100%		#	
Quco_0-25%	0.0592	0.1314	0.9338
Quco_25-50%	0.0604	0.1299	-0.9234
Quco_50-75%	-	-	-
Quco_75-100%		#	
Rhly_0-25%	0.98	-0.0526	-0.0130
Rhly_25-50%	0.7410	-0.0464	-0.2065
Rhly_50-75%	0.3760	-0.0089	0.2195
Rhly_75-100%		#	

Tabla 4: Resultados de la prueba no paramétrica de Kendall. El p-valor debe ser inferior a 0.05 para ser significativo. El coeficiente de correlación tau comprende desde -1 a 1: que el resultado sea negativo y próximo al -1 indica una correlación negativa; que el resultado sea positio y próximo al 1 indica una correlación positiva; y si el resultado es próximo a 0, significa que no hay correlación. Fuente: Elaboración propia.

Especies	Shapiro-Wilk (p-valor)	Kendall (p-valor)	tau
Pile_0-25% (Alicante)	4.133e-0.7***	1	0
Stte_0-25% (Murcia)	0.005627**	0.0092**	0.4155
Quco_50-75% (Murcia)	8.291e-05***	0.5425	-0.1065

A pesar de que las cuatro especies presentan mayor germinación en la estación meteorología de Murcia, hay mayor número de resultados significativos en la estación de Alicante. Aunque existen resultados significativos, ninguno de ellos presenta un R^2 lo

suficientemente alto como para poder afirmar que la relación entre la probabilidad de germinación y el paso del tiempo sea relevante. (Tabla 2 y 3)

Entre las dos estaciones meteorológicas, solo tres de las series de datos resultan no distribuirse de forma normal. Se les aplicó la prueba no paramétrica de Kendall, la cual reveló que en solo una de las series existe correlación, pero debido a que el coeficiente de correlación tau es muy cercano a 0, se concluye que hay asociación entre la germinación y el paso del tiempo, pero muy poco relevante. (Tabla 4)

4. Discusión

Los paisajes semiáridos son bastantes difíciles de restaurar, debido a la alta degradación del ambiente y la dificultad de la regeneración espontánea por la falta de recursos y condiciones climáticas. Se han empleado técnicas de siembra y plantación de especies leñosas para restaurar áreas degradas semiáridas en diferentes estudios. Estas especies suelen seleccionarse de los lugares no degradados próximos a la zona afectada, con el fin de garantizar la adaptación a las condiciones adversas en que deben establecerse. Las especies de interés de este estudio, además de cumplir la condición anterior, están recomendadas por diversos autores para la restauración de ecosistemas semiáridos del SE de la Península ibérica y empleadas en sus estudios. (CEAM, n.d.; Cortina et *al.* 2004). Pero estas técnicas muestran ciertas limitaciones que comprometen la restauración exitosa de estas áreas: el riesgo de depredación de las semillas y sobre todo la incertidumbre de las condiciones climáticas después de la siembra. (Castillo-Escrivà, et *al.,* 2019)

Por ello, simulamos un suelo con ciertas condiciones climáticas concretas y encontramos que no todas las especies de interés germinan en la misma proporción a lo largo del año. Cada una posee ciertas ventanas de germinación localizadas en ciertos meses del año, donde tienen mayor probabilidad de éxito. Las ventanas de germinación se encuentran en los siguientes meses: *P. lentiscus* durante abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre*; S. tenacissima* durante abril, mayo, octubre noviembre y diciembre*; Q. coccifera* en: enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre; y *R. lycioides* en: mayo, junio, septiembre y octubre.

Estas ventanas de germinación sugieren que a las especies son sensibles a los cambios de temperatura y potencial hídrico del suelo y por tanto no se pueden sembrar en cualquier época del año. Las especies de *P. lentiscus* y *R. lycioides* tienen mayores probabilidades de germinar durante las estaciones de primavera y otoño, mientras que *Q.*

coccifera y *S. tenacissima* las tienen en invierno y principios de primavera. El hecho que las especies de interés tengan ventanas de germinación distribuidas en las diferentes estaciones, sugiere que se pueden emplear de manera simultánea y complementaria en restauración, así mientras una especie germina en otoño, el resto puede germinar en invierno.

Sin embargo, la temperatura y el potencial hídrico son factores limitantes para la germinación de las especies, pero no sabemos en qué grado y cuál de los dos es más restrictivo a la hora de germinar. Esta incertidumbre se puede interpretar con las figuras de Tormo et *al.* (2012) que determinó mediante modelos hidrotermales la variación de la tasa de germinación en función de la temperatura y el potencial hídrico de las especies de interés. De esta manera, junto a las ventanas de germinación se puede concluir qué a *S. tenacissima* y *R. lycioides* les afecta más la temperatura y a *P. lentiscus* y *Q. coccifera* les afecta más el potencial hídrico en el suelo para una germinación exitosa.

Como se ha dicho anteriormente, el potencial hídrico y la temperatura son los principales factores limitantes para la germinación de especies de interés, pero no todas son igual de sensibles a ellas. En las estepas de *S. tenacissima*, con frecuencia se forman parches de vegetación leñosa, pequeños arbustos y suelo desnudo, formando paisajes muy heterogéneos. Estos parches de vegetación leñosa son un componente clave de la comunidad, ya que alrededor de ellos se organizan comunidades más complejas. *Stipa tenacissima* posee un carácter facilitador sobre las especies arbustivas autóctonas (*P. lentiscus, Q. coccifera* y *R. lycioides*) ya que, modifican el clima y las propiedades del suelo favoreciendo el establecimiento de especies interés. Estas especies se benefician de la disminución de temperatura y demanda evaporativa hasta el punto de soportar las duras condiciones climáticas que caracterizan estos ambientes. (Tormo et *al.*¸ 2020a, b)

Una serie de autores realizaron diversos experimentos en espartales semiáridos para comprobar el carácter facilitador de *S. tenacissima* sobre otras especies arbustivas. Maestre et *al.* (2001) observaron que existía una tasa de supervivencia mayor en los micrositios creados por los parches de *S. tenacissima* que en los suelos desnudos, por ejemplo, para Q. coccifera demostró que la supervivencia fue entre 7-33% debajo de los parches de *S. tenacissima* y de entre 4-7% en el suelo desnudo; y para *P. lentiscus* que la supervivencia fue entre 8-25% debajo de los parches y de un 3-11% en el suelo desnudo. Tongway et *al.* (2004) y Cortina et *al.* (2011) realizaron experimentos pioneros en el SE de la Península Ibérica con diferentes especies leñosas para observar el carácter facilitador de *S. tenacissima* y *P. halepensis.* Los resultados obtenidos demostraron que *S. tenacissima* facilitó el establecimiento de las especies, pero *P. halepensis* resultó interaccionar negativamente creando una competencia entre las especies introducidas y la

vegetación herbácea presente bajo las copas. En nuestro estudio no se ha tenido en cuenta ese efecto facilitador, hemos analizado la probabilidad de germinación de las especies de interés bajo condiciones climáticas concretas en un patrón de suelo desnudo típico de estos ambientes. En un futuro se podría realizar este mismo estudio, pero simulando las condiciones microclimáticas específicas que se crean debajo de las macollas de *S. tenacissima* y observar en qué medida la probabilidad de germinación de las especies de interés difiere de los resultados obtenidos en el presente estudio.

Las especies de interés han alcanzado diferentes grados de probabilidad de germinación diaria a lo largo de los meses del rango de años del estudio. Algunas especies poseen mayor índice de éxito que otras. Por ejemplo *P. lentiscus* no supero prácticamente el 25% de probabilidad de germinación diaria, siendo la especie de interés que menos germina de las cuatro en ambas estaciones meteorológicas. También cabe destacar que ninguna de las especies de interés a superado el 75% de probabilidad diaria de germinar con éxito en ningún momento, siendo *S. tenacissima* la especie con mayor probabilidad de geminación (seguida por *R. lycioides*) superando durante numerosos días el 50% de probabilidad de germinación diaria. Es cierto que, desde un punto de vista ecológico, no todas las especies germinan en un solo día, normalmente este proceso suelte tardar varios días en producirse en la mayoría de las especies. Esta es nuestra primera aproximación al problema, aunque no es suficiente para predecir la germinación real en campo, sí que nos da una visión de las diferencias entre especies y de las épocas con mayor probabilidad de germinación. Los estudios futuros deberían explorar como varía la probabilidad de germinación de las especies agrupando los datos de temperatura y potencial hídrico en grupos de varios días. Además, se necesitarán análisis estadísticos más precisos y períodos de análisis más largos para verificar la variación de germinación a lo largo del tiempo.

Como ya se ha comentado anteriormente, las especies de interés alcanzaron diferentes porcentajes de germinación diarios a lo largos de los años, pero a su vez existen diferencias significativas para la misma especie entre las dos estaciones meteorológicas. Estas diferencias se aprecian más en unas especies que en otras.

Para los datos procedentes de la estación meteorológica de Murcia, las especies estudiadas presentan en general, porcentajes de germinación diarios mayores que los datos de Alicante. Estas diferencias se aprecian con mayor facilidad en *S. tenacissima* y *Q. coccifera*. *P. lentiscus*, a pesar de tener porcentajes de germinación ligeramente mayores en la estación meteorológica de Murcia, sigue siendo la especie de interés que menos porcentaje de germinación diario tiene. Según Squeo et *al.* (2007), en zonas áridas el reclutamiento se produce en eventos de lluvia excepcionales asociados al Niño, sobre

todo en regiones donde la lluvia cae durante los meses cálidos y estimula el crecimiento rápido de las plantas. Esto nos sugiere que el establecimiento de P. lentiscus se produce en estos años especiales, aunque en nuestro caso, hemos estudiado 21 años y no hemos detectado ninguno de estos periodos excepcionales para P. lentiscus.

Estas diferencias en los porcentajes de germinación diarios entre estaciones meteorológicas podrían variar si se emplearan datos reales de suelo de las zonas de estudio. Al no disponer de estos datos, se optó por utilizar los datos de un suelo estándar que nos proporcionaba el programa Hydrus-1D. Aunque no se empleen datos reales de suelo, los resultados obtenidos son lo suficientemente concluyentes como para detectar diferencias notables entre estaciones meteorológicas y encaminar el estudio en un futuro hacia nuevos horizontes mejorando la precisión del modelo mediante muestras y datos reales de suelos de las zonas de estudio.

La emergencia de las plántulas suele estar ligada con los cambios estacionales. Las semillas de ciertas especies necesitan un período de latencia después de la dispersión para germinar, mientras que otras germinan justo después de la misma. Las alteraciones climáticas como los cambios en los patrones de precipitación (aumentos, disminuciones locales y la distribución de la precipitación a lo largo del año) junto con otros cambios ambientales (por ejemplo: los usos del suelo) influyen en el reclutamiento de las plántulas y en la dinámica poblacional de las especies. Este efecto es clave en etapas tempranas del desarrollo (germinación, emergencia y establecimiento) puesto que son más sensibles y por ello suponen un cuello de botella para el establecimiento y mantenimiento de las poblaciones. Concretamente, los biomas mediterráneos son puntos críticos de biodiversidad y se verán afectados por el cambio climático, siendo necesarios estudios más concretos en resiliencia de semillas para mejorar la capacidad de predecir los impactos y, por lo tanto, la respuesta de conservación. (Walck, et *al.* 2011; Sandel, et *al.*, 2010)

Por esto, y aunque no estaba contemplado entre los objetivos originales, se decidió comprobar si la probabilidad de germinación diaria de las especies de interés disminuiría con el paso del tiempo, lo que indicaría un efecto del cambio climático. Tras realizar la simulación del modelo y su representación en gráficas, se pudo apreciar una ligera disminución de la probabilidad de germinación diaria con el paso del tiempo en aquellos meses en los que esta era inferior. Sobre todo, se apreció esta disminución a partir de 2010 en los meses de julio, agosto, septiembre en *S. tenacissima* y *R. lycioides*. Pero, como se ha visto en los resultados, solo 6 de los 32 resultados resultaron tener p-valores significativos; y de esos 6 ninguno alcanzó un R^2 relevante como para ratificar la hipótesis. De esta manera se concluyó que la variabilidad interanual es demasiado grande y/o el método estadístico empleado demasiado básico como para detectar esta tendencia.

Conclusiones:

- Se han determinado la existencia de ventanas de germinación en las que la probabilidad de germinación diaria de las especies de interés es mayor respecto al resto de las épocas del año.
- Las especies de interés demostraron tener una probabilidad de germinación diaria mayor en la estación meteorológica de Murcia.
- *Pistacia lentiscus* ha demostrado ser una especie con unos valores de germinación diarios bastantes bajos por lo que no se recomienda su uso en restauración por su bajo potencial para formar poblaciones sostenibles.
- Se detectó una ligera tendencia entre el paso del tiempo y la disminución de la probabilidad de germinación por día. Sin embargo, estos hallazgos deben interpretarse con precaución, ya que la magnitud de la disminución de la probabilidad de germinación diaria en relación con el paso del tiempo fue muy pequeña, y no se aprecia debido a la gran variabilidad interanual de los datos climatológicos analizados y por el método estadístico simple utilizado.

5. Bibliografía

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) [sitio web], (2019). Información elaborada utilizando, entre otras, la obtenida de la Agencia Estatal de Meteorología. (Consulta: 27/05/2019). Disponible en: http://www.aemet.es/es/datos_abiertos/AEMET_OpenData

Aronson, J., Dhillion, S., Floc'H, E. Le, 1999. Dryland Restoration and Rehabilitation. Arid Soil Res. Rehabil. 13, 315–317. https://doi.org/10.1080/089030699263203

Bloomberg, M., Sedcole, J. R., Mason, E. G., & Buchan, G. (2009). Hydrothermal time germination models for radiata pine (Pinus radiata D. Don). *Seed Science Research*, *19*(03), 171–182.

Cao, R., Francisco-Fernández, M., Anand, A., Bastida, F., & González-Andújar, J. L. (2013). Modeling Bromus diandrus Seedling Emergence Using Nonparametric Estimation. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, *18*(1), 64–86. https://doi.org/10.1007/s13253-012-0122-x

Castillo-Escrivà, A., López-Iborra, G. M., Cortina-segarra, J., & Tormo, J. (2019). The use of branch piles to assist in the restoration of degraded semiarid steppes. *Restoration Ecology*, *27*(1), 102–108. https://doi.org/10.1111/rec.12704

CEAM, & Departamento de Ecología Universidad de Alicante. (n.d.). Proyecto de demostración de lucha contra la desertificación: regeneración y plan de manejo de zonas semiáridas degradadas, en el t.m. de Albatera (Alicante).

Cortina, J., Amat, B., Castillo, V. M., Fuentes, D., Maestre, F. T. F. T., Padilla, F. M. F. M., & Rojo, L. (2011). The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, *75*(12), 1377–1384. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.08.003

Cortina, J., Bellot, J., Vilagrosa, A., Caturla, R. N., Maestre, F. T. F. T., Rubio, E., … Bonet, A. (2004). Restauración en semiárido. In V. R. Vallejo (Ed.), *Avances en el estudio de la gestión del monte mediterráneo2* (pp. 345–406). Valencia, Spain: Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements, ANNEX V, FAO Penman-Monteith Formula, Rome Italy, 1990.

Gareth, J., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2014). *An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R*. *Springer Publishing Company, Incorporated* (p.426).

Handel, S. N. (2019). The Living Dead and the Practice of Landscape Restoration. *Ecological Restoration*, *37*(3), 140–141. https://doi.org/10.3368/er.37.3.140

Hardegree, S.., Flerchinger, G.., & Van Vactor, S. (2003). Hydrothermal germination response and the development of probabilistic germination profiles. *Ecological Modelling*, *167*(3), 305–322. https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00192-3

Hardegree, S. P., Moffet, C. A., Roundy, B. A., Jones, T. A., Novak, S. J., Clark, P. E., … Flerchinger, G. N. (2010). A comparison of cumulative-germination response of cheatgrass (Bromus tectorum L.) and five perennial bunchgrass species to simulated field-temperature regimes. *Environmental and Experimental Botany*, *69*, 320–327. Retrieved from http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T66-4YXP1C0-1/2/c0819555914001ffb23a77ab9671569f

Janzen, D. H. (1986). Blurry Catastrophes. *Oikos*, *47*(1), 1. https://doi.org/10.2307/3565912

Jiménez-Alfaro, B., Hernández-González, M., Fernández-Pascual, E., Toorop, P., Frischie, S., & Gálvez-Ramírez, C. (2018). Germination ecology of winter annual grasses in Mediterráneo climates: Applications for soil cover in olive groves. Agriculture, Ecosystems & Environment, 262, 29–35. https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.013

Kassambara, A. (2017). *Machine Learning Essentials. Practical Guide in R. STHDA* (p. 210). Retrieved from https://www.mculture.go.th/mculture_th/download/king9/Glossary_about_HM_King_Bhumibol_Adulyadej's_Funeral.pdf

Maestre Gil, Vallejo, R., F., Cortina Segarra, J., Bautista Aguilar, S., Bladé, C., & Bellot Abad, J. (2003). Bases ecológicas para la restauración de los espartales semiáridos degradados. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, *12*(1), 15.

Maestre, F. T. F. T., Bautista, S., Cortina, J., & Bellot, J. (2001). POTENTIAL FOR USING FACILITATION BY GRASSES TO ESTABLISH SHRUBS ON A SEMIARID DEGRADED STEPPE. *Ecological Applications*, *11*(6), 1641–1655.

Maestre, F. T. F. T., Ramírez, D. A., & Cortina, J. (2007). Ecologia del esparto (Stipa tenacissima L.) y los espartales de la Península Ibérica. *Ecosistemas*, *16*(2), 111–130. Retrieved from http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=480

Maestre, F.T., Cortina-segarra, J., (2005). Remnant shrubs in Mediterranean semi-arid steppes: effects of shrub size, abiotic factors and species identity on understorey richness and occurrence. Acta Oecologica-International J. Ecol. 27, 161–169. https://doi.org/10.1016/j.actao.2004.11.003

Monteith, J. L. and M. H. Unsworth, Principles of Environmental Physics, Edward Arnold, London, 1990.

Monteith, J. L., Evaporation and surface temperature, Quarterly J. Royal Meteo. Soc., 107, 1-27, 1981.

Puigdefabregas, J., Sole, A., Gutierrez, L., del Barrio, G., Boer, M., 1999. Scales and processes of water and sediment redistribution in drylands: results from the Rambla Honda field site in Southeast Spain. Earth-Science Rev. 48, 39–70. https://doi.org/10.1016/S0012-8252(99)00046-X

Rawls, W. J., D. L. Brakensiek, and K. E. Saxton, 1982, Estimating soil water properties, Transactions, ASAE, 25(5), 1316-1320 and 1328

RStudio Team. (2020). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. Retrieved from http://www.rstudio.com/

Sandel, B., Goldstein, L. J., Kraft, N. J. B., Okie, J. G., Shuldman, M. I., Ackerly, D. D., … Suding, K. N. (2010). Contrasting trait responses in plant communities to experimental and geographic variation in precipitation. *New Phytologist*, *188*(2), 565–575. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03382.x

Šimůnek, J., M. Šejna, H. Saito, M. Sakai, and M. Th. van Genuchten, (2013). The Hydrus-1D Software Package for Simulating the Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably Saturated Media, Version 4.17, HYDRUS Software Series 3, Department of Environmental Sciences, University of California Riverside, Riverside, California, USA, pp. 342.

Šimůnek, J., van Genuchten, M. T., & Šejna, M. (2016). Recent Developments and Applications of the HYDRUS Computer Software Packages. *Vadose Zone Journal*, *15*(7), vzj2016.04.0033. https://doi.org/10.2136/vzj2016.04.0033

Squeo, F. A., Holmgren, M., Jiménez, M., Albán, L., Reyes, J., Gutiérrez, J. R., … Julio, R. (2007). Tree establishment along an ENSO experimental gradient in the Atacama Desert. *Journal of Vegetation Science*, *18*(2), 195–202.

Tongway, D. J., Cortina, J., & Maestre, F. (2004). Heterogeneidad espacial y gestión de medios semiáridos. *Ecosistemas*, *13*(1), 2–15. https://doi.org/10.1002/9781444316780.ch48

Tormo Blanes, J., Cortina Segarra, J., & García-Barreda, S. (2012). Selección de especies para restauración mediante modelos de germinación hidrotermal. *Avances En La Restauración de Sistemas Forestales. Técnicas de Implantación*, 203–208.

Tormo, J., Amat, B., & Cortina, J. (2020a). Effects of woody vegetation patches on species composition in Stipa tenacissima steppes. *Journal of Arid Environments*, *181*(June), 104246. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104246

Tormo, J., Amat, B., & Cortina, J. (2020b). Litter as a filter for germination in semi-arid Stipa tenacissima steppes. *Journal of Arid Environments*, *183*(August), 104258. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104258

Walck, J. L., Hidayati, S. N., Dixon, K. W., Thompson, K., & Poschlod, P. (2011). Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology*, *17*(6), 2145–2161. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02368.x

6. Listado de anejos

Anejo 1. Impreso de solicitud de prestaciones meteorológicas para solicitudes generales (IMPRESO L1). Fuente: BOE 41

Anejo 2. Script de R utilizado para descargar automáticamente los datos de *AEMET OpenData* de la estación meteorológica de Alicante. Fuente: elaboración por Jaume Tormo. 43

Anejo 3. Script de R modificado para descargar automáticamente los datos de *AEMET OpenData* de la estación meteorológica de Murcia. Fuente: elaboración propia basándose en el anejo 2. 45

Anejo 4. Script utilizado para modificar los archivos con extensiones OUT y poder manipularlos con el programa Excel. Elaboración por Jaume Tormo 47

Anejo 5. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *P. lentiscus* (abreviado “PILE”) en Alicante. Fuente: Elaboración propia 49

Anejo 6. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *S. tenacissima* (abreviado “STTE”) en Alicante. Fuente: Elaboración propia. 55

Anejo 7. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *Q. coccifera* (abreviado “QUCO”) en Alicante. Fuente: Elaboración propia 61

Anejo 8. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *R. lycioides* (abreviado “RHLY”) en Alicante. Fuente: Elaboración propia. 67

Anejo 9. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *P. lentiscus* (abreviado “PILE”) en Murcia. Fuente: Elaboración propia. 73

Anejo 10. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *S. tenacissima* (abreviado “STTE”) en Murcia. Fuente: Elaboración propia. 79

Anejo 11. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *Q. coccifera* (abreviado “QUCO”) en Murcia. Fuente: Elaboración propia 85

Anejo 12. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *R. lycioides* (abreviado “RHLY”) en Murcia. Fuente: Elaboración propia. 91

Anejo 1. Impreso de solicitud de prestaciones meteorológicas para solicitudes generales (IMPRESO L1). Fuente: BOE.

ANEXO IV

Impresos de solicitud

IMPRESO DE SOLICITUD DE PRESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA SOLICITUDES GENERALES (IMPRESO L1)

1. DATOS DEL SOLICITANTE

CIF//NIF:	Empresa (Nombre) // Particular (Nombre y Apellidos):		
Su referencia:	Sector de actividad **(*)**:		
Empresa Privada	☐ Empresa Pública	☐ Administración Pública	☐ Particular
Domicilio Fiscal		Código Postal:	Apdo. Correos:
Localidad:	Provincia:	País:	
Teléfono:	Fax:	E-mail:	

(*) En caso de administración pública o enseñanza universitaria, rellenar el apartado 5 y cumplimentar (1) para obtener el descuento aplicable en el precio de la información y presentar documento original.

2.DATOS DE LA PERSONA DE CONTACTO (rellenar únicamente en caso de ser distintos que los del solicitante) Persona de contacto (nombre y apellidos):

Teléfono: Fax: E-mail:

Dirección de contacto:

3. DESCRIPCIÓN DE LA PRESTACIÓN SOLICITADA

Soy un estudiante de ciencias ambientales de la universidad de Zaragoza, y necesito los datos de humedad (de los últimos 20 años y especificada diariamente, es decir, la humedad diaria de los últimos 20 años) de las estaciones meteorológicas completas de las siguientes provincias para realizar mi trabajo de fin de grado: Tarragona, Madrid, Guadalajara, Toledo, Jaén, Córdoba, Granada, Sevilla, Cádiz, Málaga, Almería, Murcia, Alicante, Valencia, Castellón, Baleares, Zaragoza. Mi trabajo de fin de grado consiste en la realización de un estudio de germinación de semillas mediante la utilización de un modelo de suelo y un modelo climatológico, para poder obtener la probabilidad de germinación de las semillas y emplear estos resultados en la restauración ecológica.
Si ha solicitado información de archivo ¿Necesita que se certifique? Si No ¿Autoriza a que en el caso de no existir información de las localidades o puntos solicitados se facilite la de los observatorios más próximos? Si No
4.- DATOS REFERIDOS AL SOPORTE Y MEDIO DE SUMINISTRO DE LA INFORMACIÓN

Soporte:	Papel Informático		
Medio:	Correo Fax (según disponibilidad) Otros (indique cual):	Recogida en mano	E-mail (solo ficheros)

5. USO QUE SE VA A HACER DE LA INFORMACIÓN (VOLUNTARIO)
Con el fin de poder facilitarle la información más adecuada, especifique la utilización que va a hacer de ella: Se utilizará la información de la humedad para introducirla en un modelo hidrotermal con el cual emularemos el comportamiento del suelo con esas condiciones meteorológicas y calcularemos la probabilidad de germinación de las semillas para esas condiciones.

cve: BOE-A-2016-111
Verificable en http://www.boe.es

cve: BOE-A-2016-111
Verificable en http://www.boe.es

El firmante declara QUE los datos de esta SOLICITUD son ciertos y acepta las obligaciones que figuran en el reverso QUE declara conocer.

a. Organismo/Universidad:
Lugar, fecha y firma del solicitante Departamento:

Vº Bº jefe Departamento (Nombre, firma y sello)

INSTRUCCIONES PARA CUMPLIMENTAR EL IMPRESO DE SOLICITUD L1

Cumplimentar el impreso con letras mayúsculas. El punto 1 se rellenará con los datos que deban figurar en la factura.

1. Los solicitantes de nacionalidad extranjera indicarán el número de pasaporte en el espacio correspondiente al CIF//NIF/DNI.
2. DESCRIPCIÓN DE LA PRESTACIÓN SOLICITADA. Describa ampliamente la información que desea que se le suministre (prestación, estación/coordenadas/área geográfica, fecha/periodo de tiempo, variables, etc.).
3. En el apartado USO de la información es conveniente especificar el proyecto concreto en el que se va a usar con el fin de poder facilitarle la información más adecuada.

En caso de duda consulte con el personal de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

OBLIGACIONES DEL USUARIO

El usuario se compromete a:

1. No ceder a terceros ninguno de los derechos que le corresponda derivados de esta licencia, salvo autorización previa y por escrito de AEMET
2. No formular declaraciones en relación con la información recibida de AEMET que puedan comprometer a éste o a su imagen pública.
3. Aceptar que todos los derechos de propiedad intelectual, tanto morales como económicos, sobre la información recibida de AEMET, corresponde a la Administración General del Estado.
4. En caso de cualquier difusión o suministro de los servicios de valor añadido elaborados en base a la información meteorológica y climatológica suministrada por AEMET, mencionar explícitamente a AEMET como propietario de dicha información, incluyendo el siguiente texto: "Información elaborada utilizando, entre otras, la suministrada por la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente".
5. No transmitir total ni parcialmente a terceros la información recibida de AEMET, salvo autorización previa y por escrito de AEMET. Esta autorización de transmisión a terceros no será necesaria cuando se haya declarado este uso al hacer la solicitud, debiendo en este caso mencionar a AEMET como propietario de dicha información en cualquier difusión de la misma, incluyendo el siguiente texto: “Información elaborada por la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente”.
6. No utilizar la información suministrada por AEMET en publicación alguna, salvo autorización previa y por escrito de AEMET.

OBLIGACIONES DE AEMET

1. Las prestaciones meteorológicas suministradas por AEMET serán efectuadas con la mayor fiabilidad permitida por los medios propios de éste. En particular, las predicciones meteorológicas sólo describen las evoluciones más probables del estado de la atmósfera y del estado de la mar en función de los conocimientos técnicos y científicos sobre esta materia.
2. AEMET no será responsable de los posibles perjuicios ocasionados por la información meteorológica suministrada al USUARIO, cuando los mismos se deriven de la manipulación, alteración o falseamiento de esta información, no imputables a AEMET o a sus funcionarios o por la incorrecta interpretación de la misma por el USUARIO o el personal de él dependiente.
3. AEMET no asumirá responsabilidad alguna por la utilización que el USUARIO haga de la información suministrada por aquél.
4. AEMET no será responsable en los casos de fallos de transmisión de la información, a través de cualquier sistema, cuando dichos fallos sean imputables a los equipos técnicos de recepción propiedad del USUARIO, al mal funcionamiento de las líneas u otra causa imputable a la empresa operadora de las mismas, o a cualquier otro imprevisto de fuerza mayor.
5. Garantizar el riguroso cumplimiento de la legislación vigente relativa a los ficheros automatizados de datos de carácter personal contenidos en este impreso, cuando sean incluidos en la Base de Datos de Peticiones y Usuarios de AEMET para uso interno.
6. Disponer de un libro de quejas y sugerencias para que los usuarios puedan realizar sus reclamaciones.

Anejo 2. Script de R utilizado para descargar automáticamente los datos de *AEMET OpenData* de la estación meteorológica de Alicante. Fuente: elaboración por Jaume Tormo.

```
# Cargar paquete "jsonlite"
        library("jsonlite")


# Preparar cosas

  # df donde se guardarán los datos descargados
    final<-
data.frame(fecha=c(0),indicativo=c(0),nombre=c(0),provincia=c(0),altitud=c(0),tmed=
c(0),prec=c(0),tmin=c(0),horatmin=c(0),tmax=c(0),horatmax=c(0),dir=c(0),velmedia=c
(0),racha=c(0),horaracha=c(0),sol=c(0),presMax=c(0),horaPresMax=c(0)
              ,presMin=c(0),horaPresMin=c(0)
              )

# Fechas para decirle a la API de aemet
    vfechas<-c("2018-12-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-12-31"
          ,"2018-11-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-11-30"
          ,"2018-10-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-10-31"
          ,"2018-09-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-09-30"
          ,"2018-08-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-08-31"
          ,"2018-07-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-07-31"
          ,"2018-06-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-06-30"
          ,"2018-05-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-05-31"
          ,"2018-04-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-04-30"
          ,"2018-03-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-03-31"
          ,"2018-02-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-02-28"
          ,"2018-01-01T00:00:00UTC/fechafin/2018-01-31")

# Parte de delante de la url de la API de aemet
    parte1<-
"https://opendata.aemet.es/opendata/api/valores/climatologicos/diarios/datos/fechaini
/"

  # Parte final de la url de la API de aemet
    parte2<-
"T00:00:00UTC/estacion/8025?api_key=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzdWIiOiJqYXV0b
3JibGFAZ21haWwuY29tIiwianRpIjoiOTExNDUzMjQtYTdhNi00MTAxLWE2MzEtYTIz
ZTFkZDQ2Y2UwIiwiaXNzIjoiQUVNRVQiLCJpYXQiOjE1MTU2NTIxOTAsInVzZXJJZ
CI6IjkxMTQ1MzI0LWE3YTYtNDEwMS1hNjMxLWEyM2UxZGQ0NmNlMCIsInJvbGUi
OiIifQ.Y2SCFVvc6DoLtu7xjmgHlEhCqOKJxorr51L3U8z7ty4"
```

```
# Descarga, i pega en df final
   for (n in vfechas) #n<-vfechas[1]
   {
   # Obtener la URL para descargar
     archivodestino<-substr(n,1,10)
     download.file(url = paste(parte1,n,parte2,sep="")
              ,destfile = archivodestino
              ,method = "auto"
              ,extra = "--no-check-certificate"
              )
     archivoentero<-readLines(archivodestino,warn=F) # warn=F es para que no se
queje de un problema al final del archivo de texto
     dir_des<-substr(archivoentero[4],14,59)


# Descargar datos
     archivodestino.csv<-paste(archivodestino,"csv",sep=".")
     download.file(
            url = dir_des
            ,destfile = archivodestino.csv
            ,method = "auto"
            ,extra = "--no-check-certificate"
            )

   # convertir json en dataframe
     json<-readLines(archivodestino.csv,warn = F)
     pas.df<-fromJSON(json)
     final<-rbind(final,pas.df)
   }

# limpieza
   rm(vfechas,parte1, parte2
      ,archivodestino,n,archivoentero
      ,archivodestino.csv,dir_des
      ,json,pas.df)

#Para abrir en archivos en excel
         write.table(final,file = "Alicante2018.txt",sep=";",dec=".")
```

Anejo 3. Script de R modificado para descargar automáticamente los datos de *AEMET OpenData* de la estación meteorológica de Murcia. Fuente: elaboración propia basándose en el anejo 2.

```
# Cargar paquete "jsonlite"
        library("jsonlite")
        library("plyr")

# Preparar cosas

 # df donde se guardarán los datos descargados
   final<-data.frame(fecha=c(0),indicativo=c(0),nombre=c(0),provincia=c(0),altitud=c(0)

,tmed=c(0),prec=c(0),tmin=c(0),horatmin=c(0),tmax=c(0),horatmax=c(0),dir=c(0)

,velmedia=c(0),racha=c(0),horaracha=c(0),sol=c(0),presMax=c(0),horaPresMax=c(0)
             ,presMin=c(0),horaPresMin=c(0)
             )

# Fechas para decirle a la API de aemet
   vfechas<-c("2017-12-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-12-31"
        ,"2017-11-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-11-30"
        ,"2017-10-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-10-31"
        ,"2017-09-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-09-30"
        ,"2017-08-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-08-31"
        ,"2017-07-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-07-31"
        ,"2017-06-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-06-30"
        ,"2017-05-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-05-31"
        ,"2017-04-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-04-30"
        ,"2017-03-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-03-31"
        ,"2017-02-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-02-28"
        ,"2017-01-01T00:00:00UTC/fechafin/2017-01-31")

# Parte de delante de la url de la API de aemet
   parte1<-
"https://opendata.aemet.es/opendata/api/valores/climatologicos/diarios/datos/fechaini/"

# Parte final de la url de la API de aemet
   parte2<-
"T00:00:00UTC/estacion/8019?api_key=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzdWIiOiJqYXV0b3JibGFAZ21haWwuY29tIiwianRpIjoiOTExNDUzMjQtYTdhNi00MTAxLWE2MzEtYTIzZTFkZDQ2Y2UwIiwiaXNzIjoiQUVNRVQiLCJpYXQiOjE1MTU2NTIxOTAsInVzZXJJZCI6IjkxMTQ1MzI0LWE3YTYtNDEwMS1hNjMxLWEyM2UxZGQ0NmNlMCIsInJvbGUiOiIifQ.Y2SCFVvc6DoLtu7xjmgHlEhCqOKJxorr51L3U8z7ty4"
```

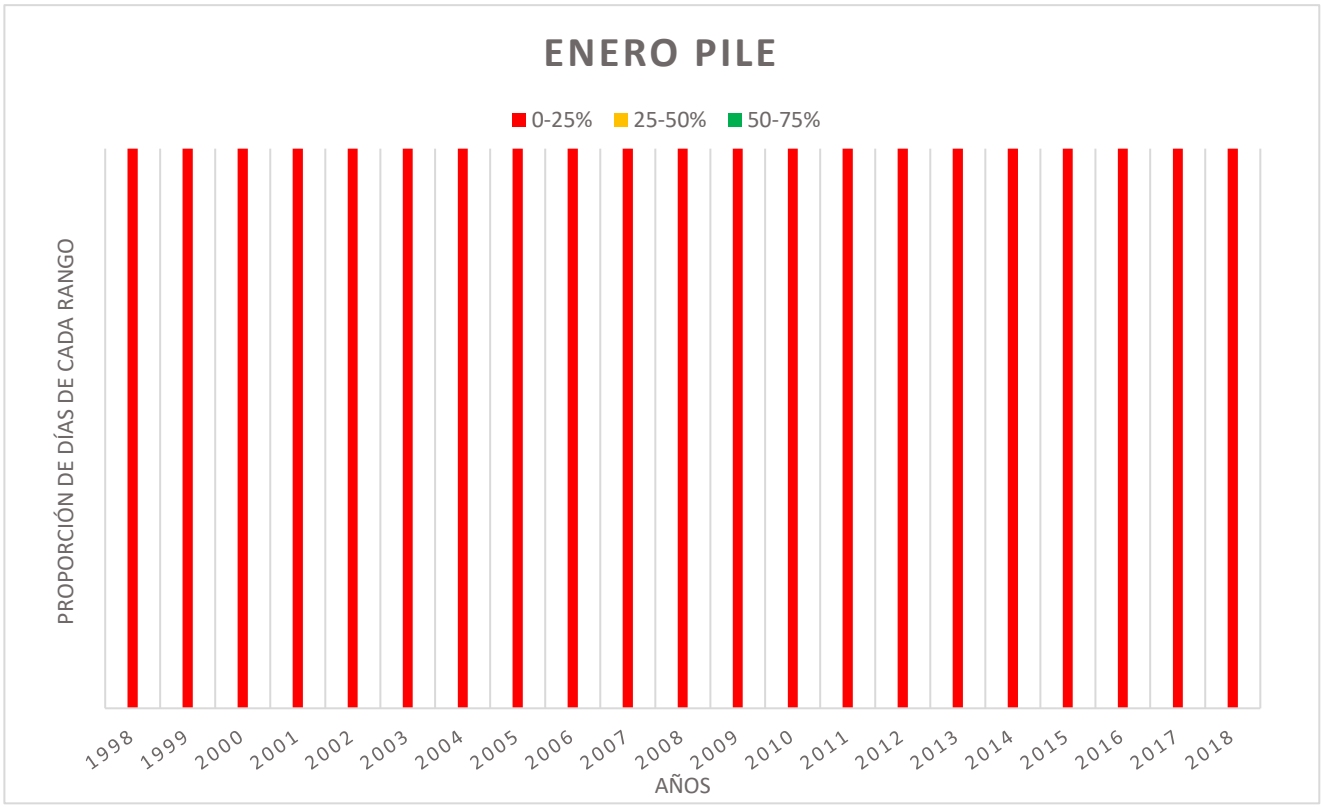
```
 # Descarga, i pega en df final
   for (n in vfechas) # n<-vfechas[1]
   {
   # Obtener la URL para descargar
     archivodestino<-substr(n,1,10)
     download.file(url = paste(parte1,n,parte2,sep="")
              ,destfile = archivodestino
              ,method = "auto"
              ,extra = "--no-check-certificate"
              )
     archivoentero<-readLines(archivodestino,warn=F) # warn=F es para que no se
queje de un problema al final del archivo de texto
     dir_des<-substr(archivoentero[4],14,59)


# Descargar datos
     archivodestino.csv<-paste(archivodestino,"csv",sep=".")
     download.file(
            url = dir_des
            ,destfile = archivodestino.csv
            ,method = "auto"
            ,extra = "--no-check-certificate"
            )
   # convertir json en dataframe
     json<-readLines(archivodestino.csv,warn = F)
     pas.df<-fromJSON(json)
     final<-rbind.fill(final,pas.df)
   }
# limpieza
   rm(vfechas,parte1, parte2
      ,archivodestino,n,archivoentero
      ,archivodestino.csv,dir_des
      ,json,pas.df)

# Para abrir en archivos en excel
         write.table(final,file = "Alicante2017.txt",sep=";",dec=".")
```

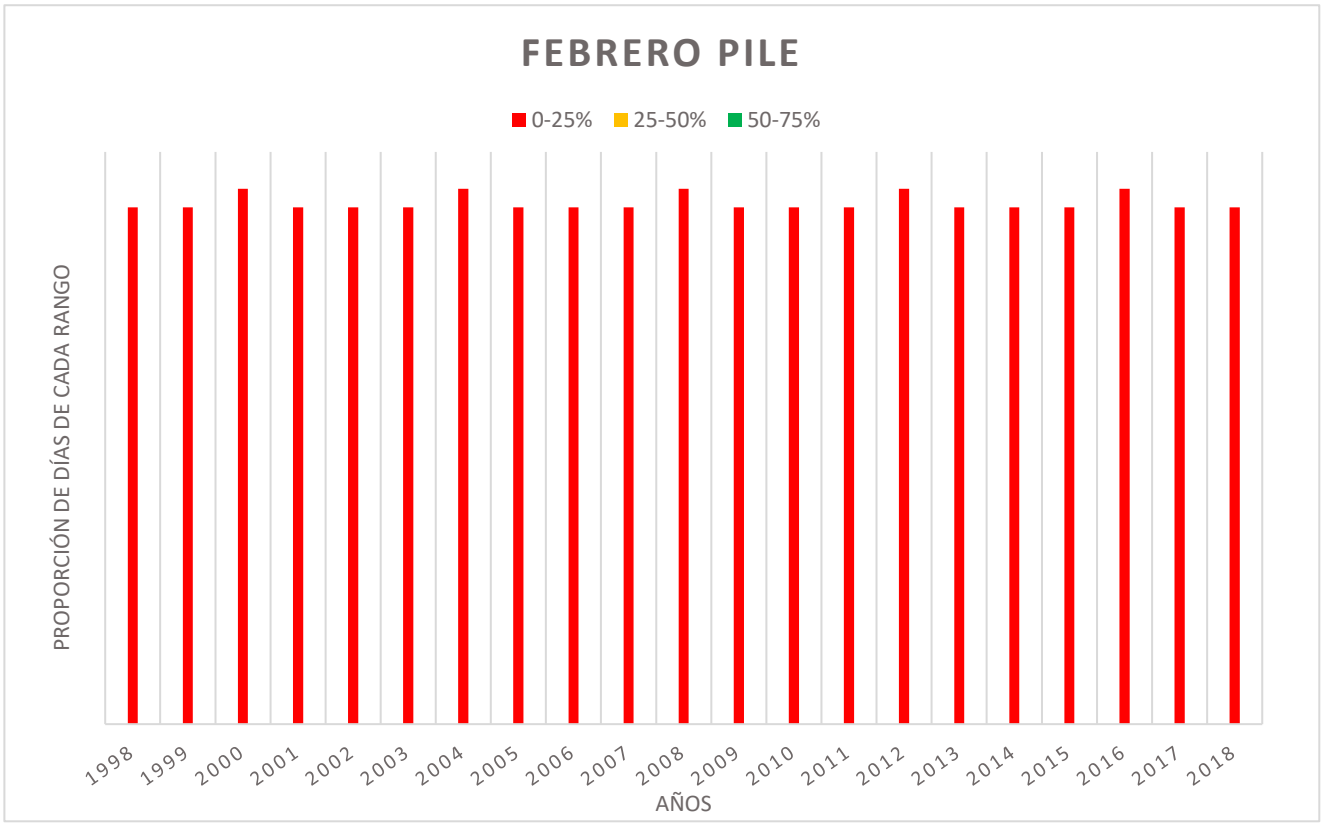
Anejo 4. Script utilizado para modificar los archivos con extensiones OUT y poder manipularlos con el programa Excel. Elaboración por Jaume Tormo.

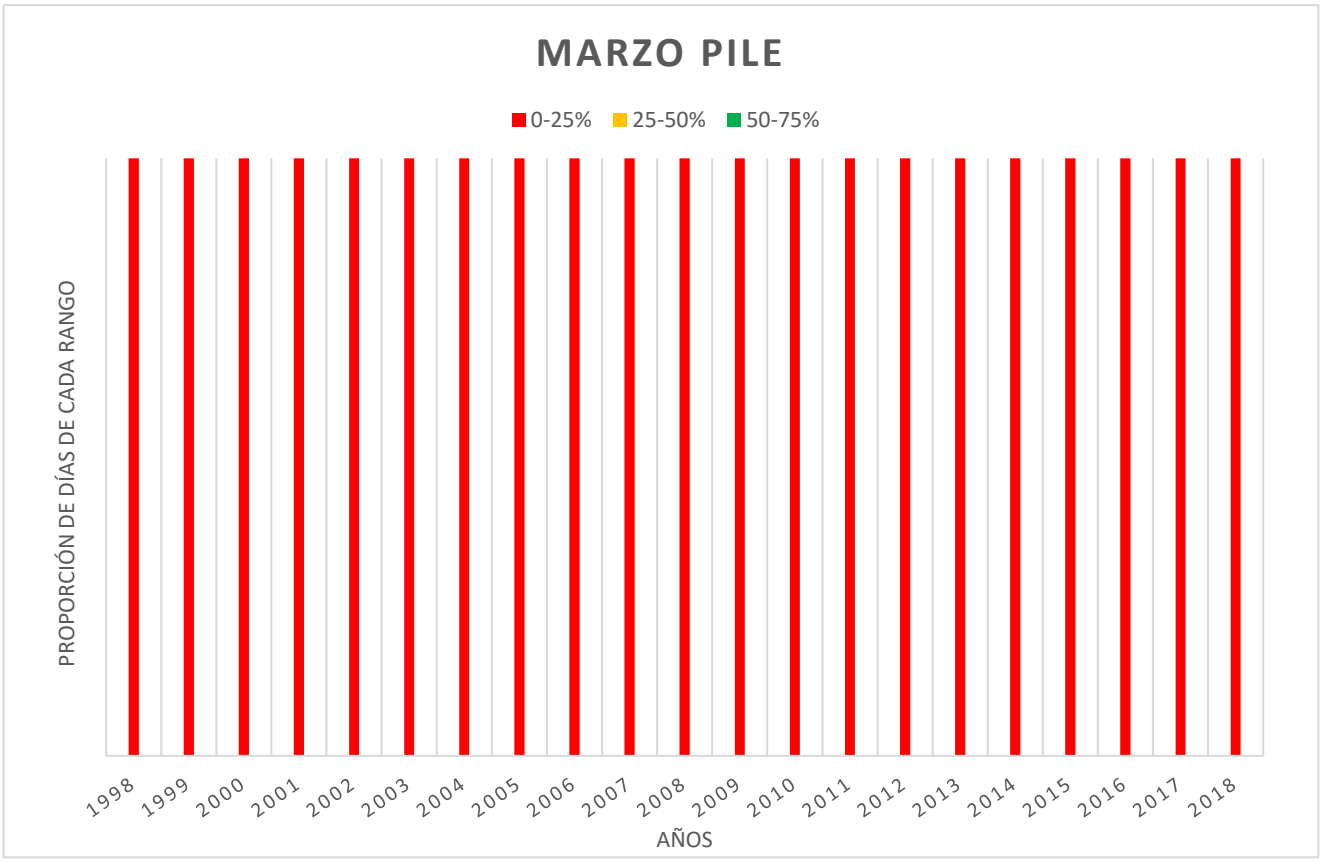
```
## Cargar archivo Nod_Inf.out

# **** recuerda quitar las unidades en el archivo de texto ****
  file<-"C:/Users/Josu/Documents/DOCUMENTOS/UNIVERSIDAD/4º
Curso/TFG/Hydrus Prueba/Murcia/Mur_98_7178/mur_dic_98_7178/Nod_Inf.out"

## cargar los datos
  texto <- scan(file, what ="character") #hace un vector de strings, un elemento por
string
  texto <- texto[c(24:length(texto))]    #quitamos la cabecera
  head(texto)
## marcar los time y end
  times <- grep("Time:", texto)  #posición de los time
  ends  <- grep("end", texto)    #posición de los end
  head( times ); head(ends)        #comprobar
  head( texto )
## creamos la matriz para guardar
  matriufinal <- matrix( c(1:12), nrow = 1 )
  # rbind( matriufinal, c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12) )
## empieza
  for ( i in 1:length(times)){
  ## sacar la matriz para cada time
    inici<-times[i]+2              # lugar donde empieza la matriz
    final<-ends[i]-1               # lugar donde acaba la matriz
    tros<-texto[c(inici:final)]     # texto de la primera matriz guardado como troÃ§
    head(tros,11);tail(tros,11)     # comprobar
    m<-matrix(tros,nc=11,byrow = T) # hacemos la matriz
  ## primera fila con nombres de columna
    colnames(m)<-m[1,]            # ponemos el nombre
    m<-m[-1,]                   # Borramos la fila de nombres
  ## añadir columna diciendo el timepo (Time)
    m<-cbind(m, rep(i-1, nrow(m) ) )
    colnames(m)[12] <- "time"
  ## añadirlo a la matriz final
    matriufinal<-rbind(matriufinal,m)
  }
## convertirlo en dataframe
  dades.m<-matriufinal
  # quitar la primera columna que habiamos puesto al crear la matriz de guardar
    # dades.m<-dades.m[-1,]
  # convertir en numérico
    mode(dades.m) <- "numeric"
  # convertir en dataframe
    dades<-as.data.frame(dades.m)
```

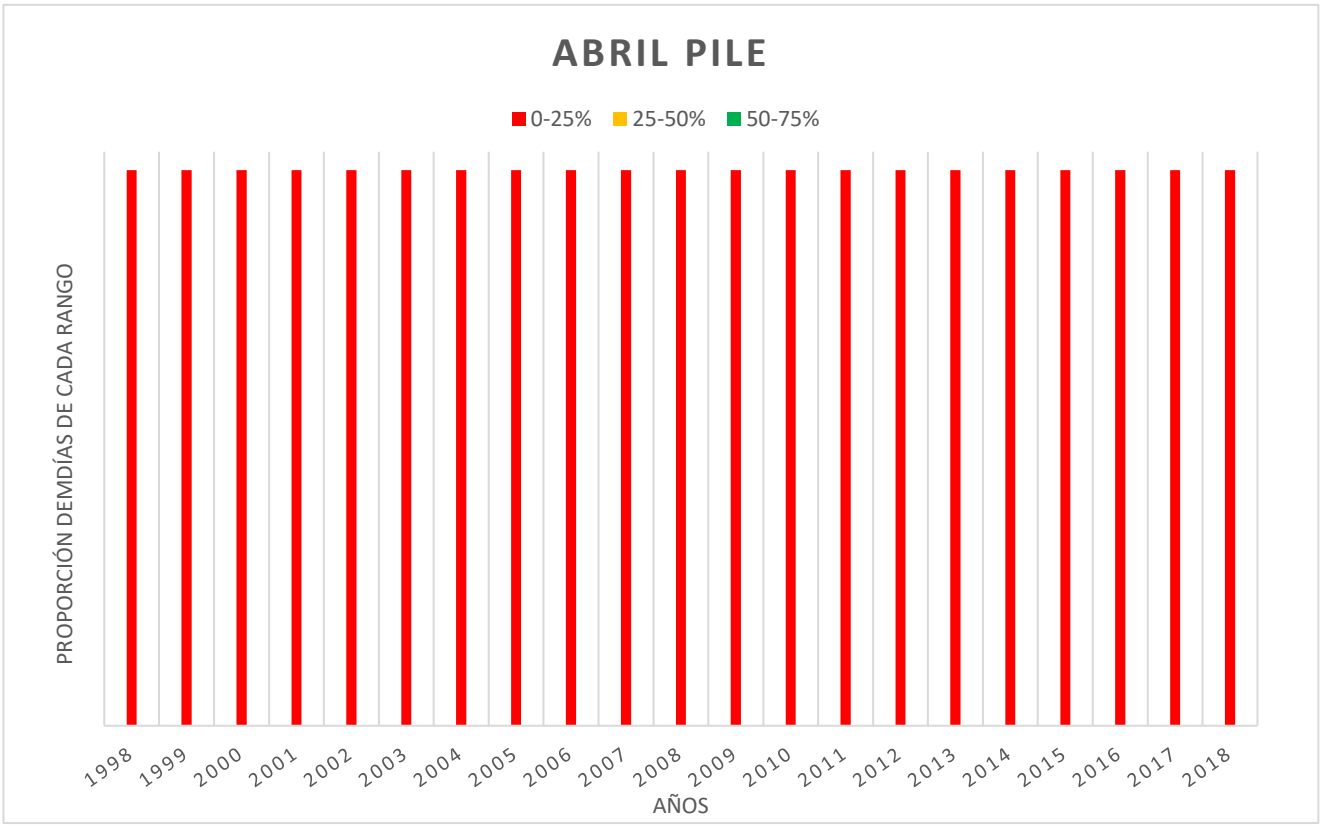
```
## Limpiar datos
  # Quitar nodos demasiado profundos, nso quedamos solo con el primer cm
        pas <- dades[ dades$Depth>-1, ]
  # Quitar columnas que no nos interesan
        pas<-pas[,c(1,3,4,11,12)]
        summary(pas)
  # Hacer promedio de Head [Hago time factor pero dejo la columna original con la
variables continua por si acaso]
        pas$ftime <- as.factor( pas$time )
        pas <- aggregate(pas[, c(1,2,3,4,5)], by=list(pas$ftime), FUN = mean)
        pas$Group.1 <- NULL
        summary(pas)
        dades.sup<-pas
        rm(pas)
## guardarlo para xls
  write.csv(dades.sup,"dades12.sup.csv")
```

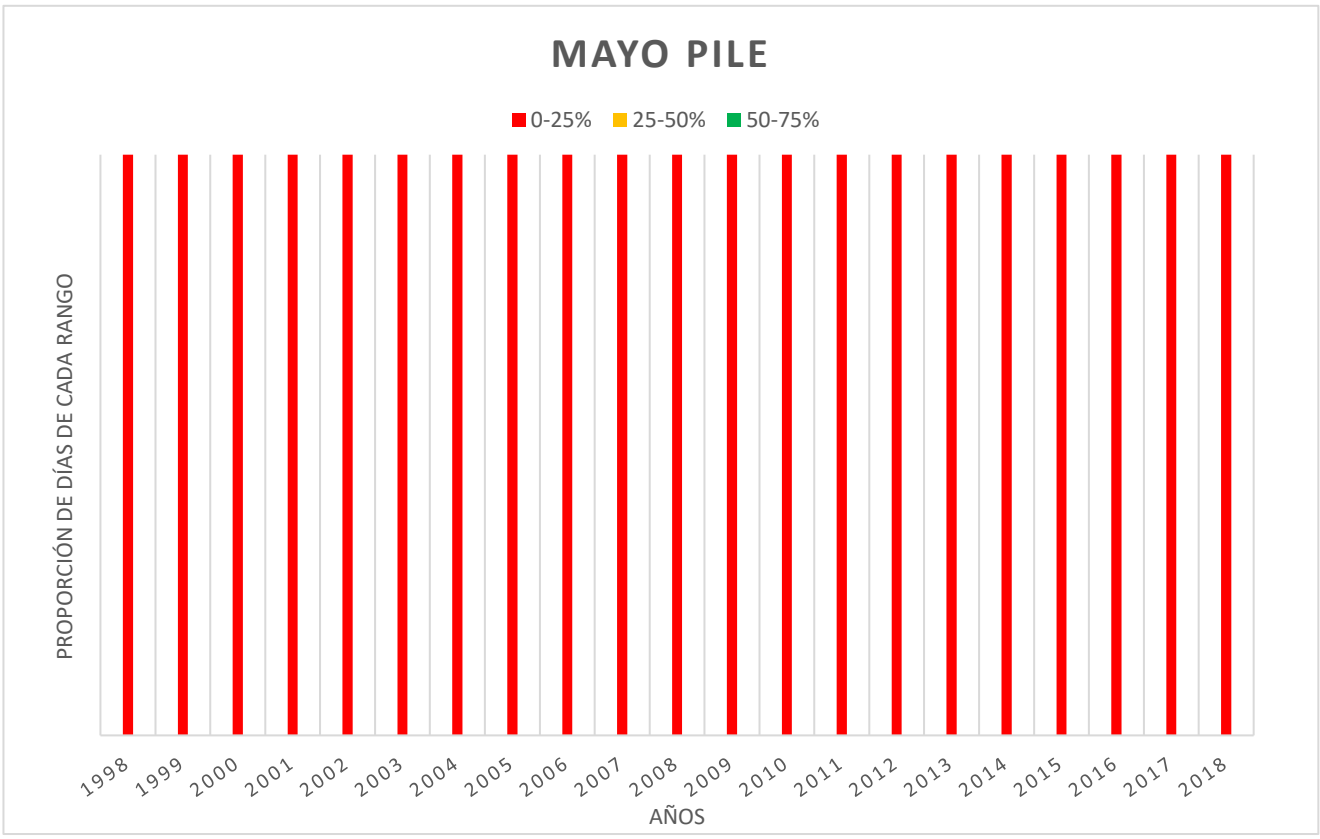
Anejo 5. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *P. lentiscus* (abreviado "PILE") en Alicante. Fuente: Elaboración propia.

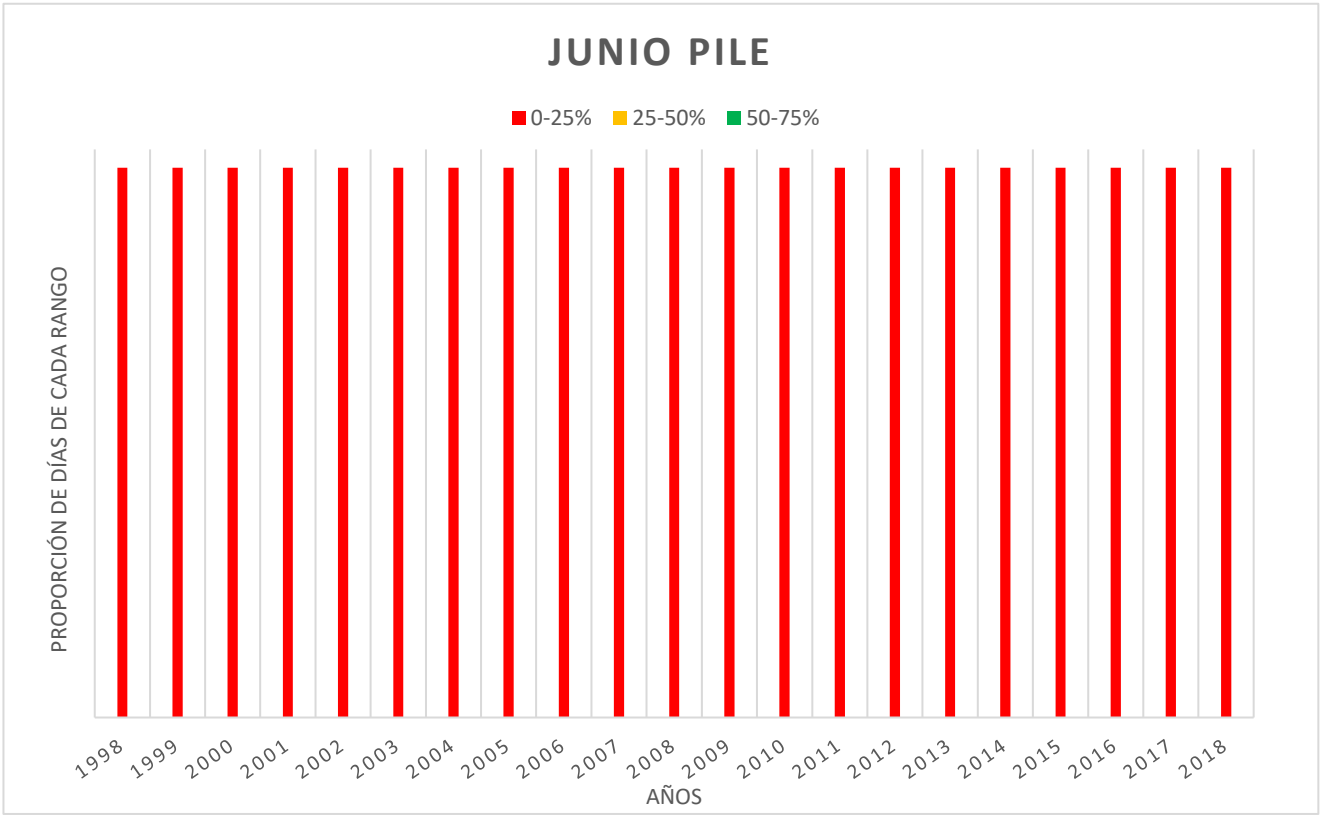


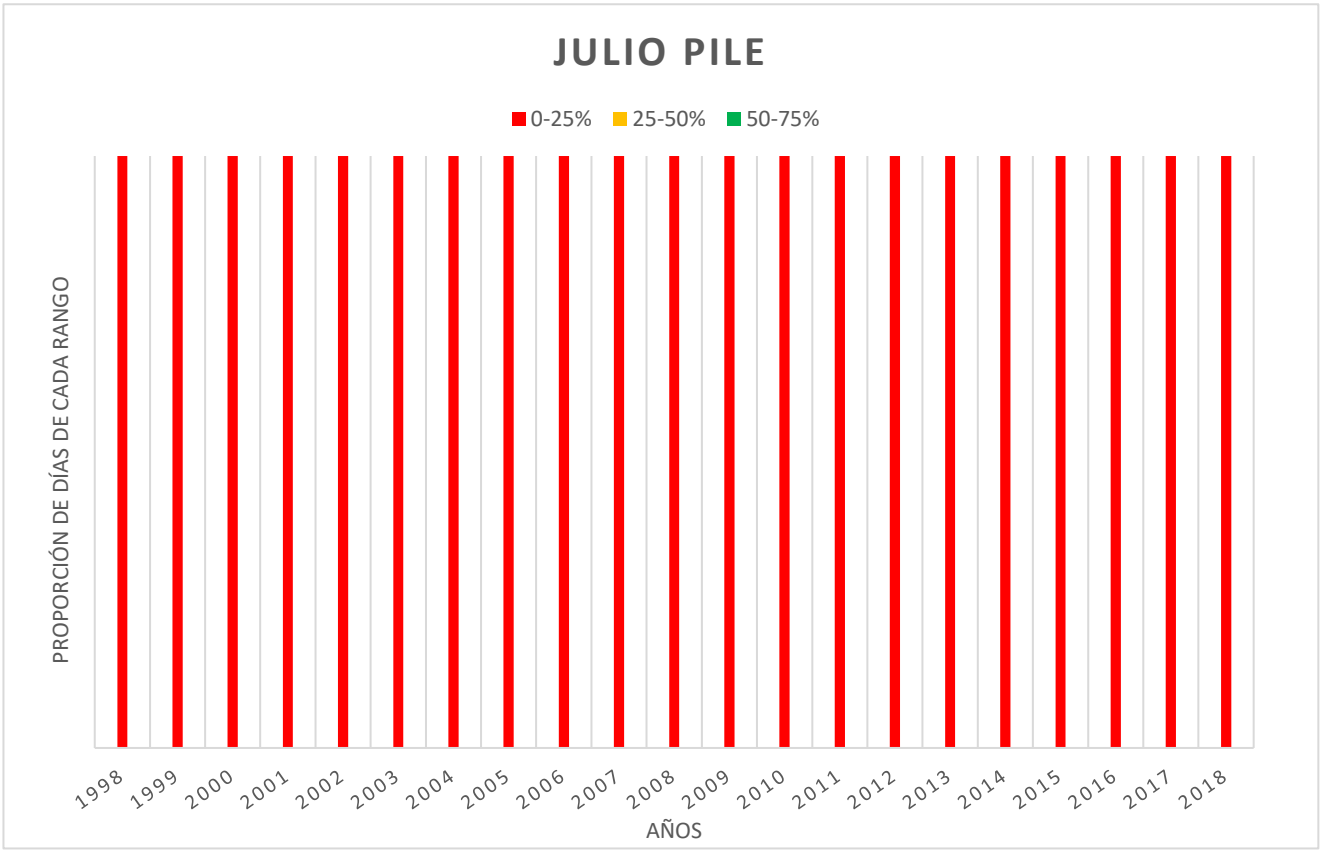


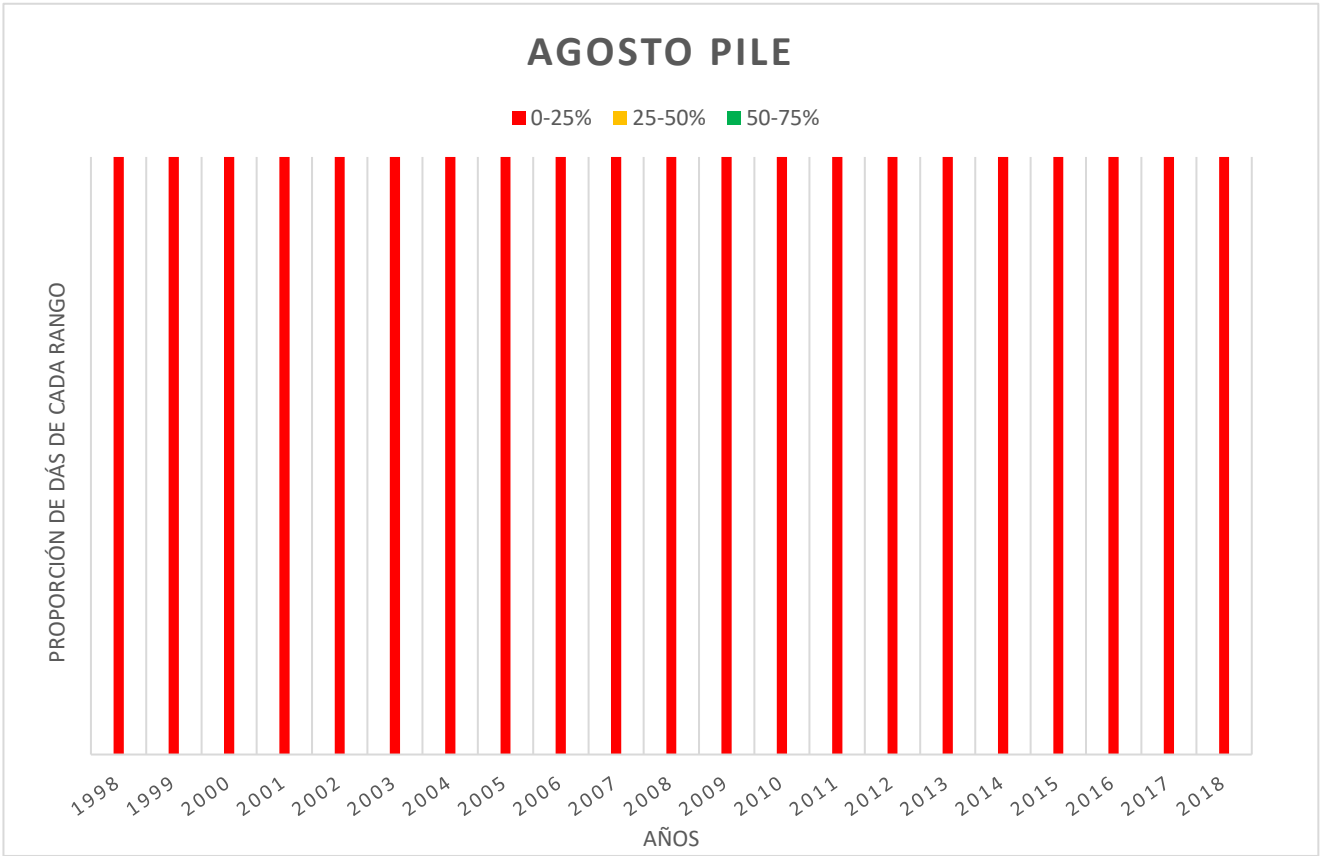

MARZO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

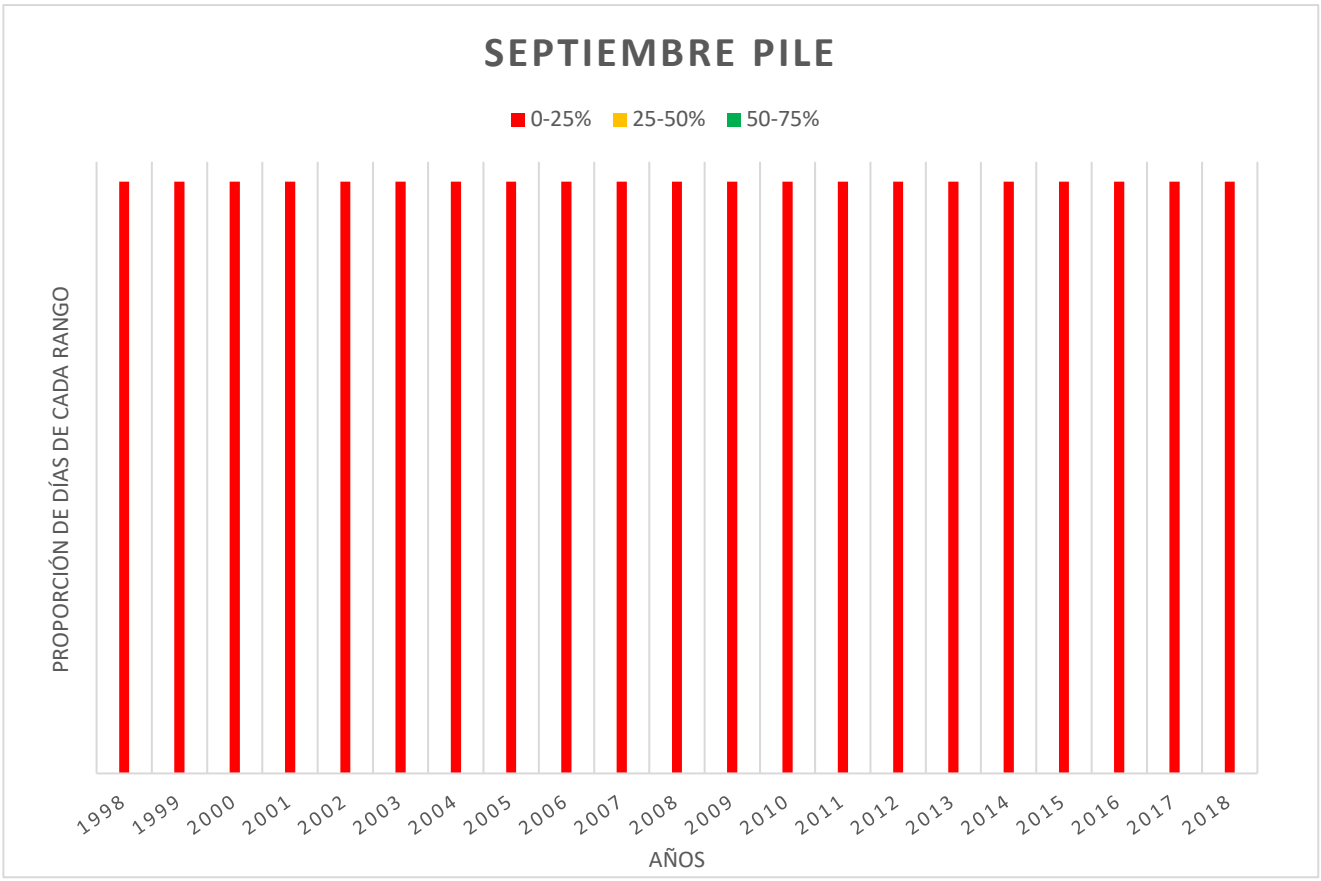

ABRIL PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DEMDÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

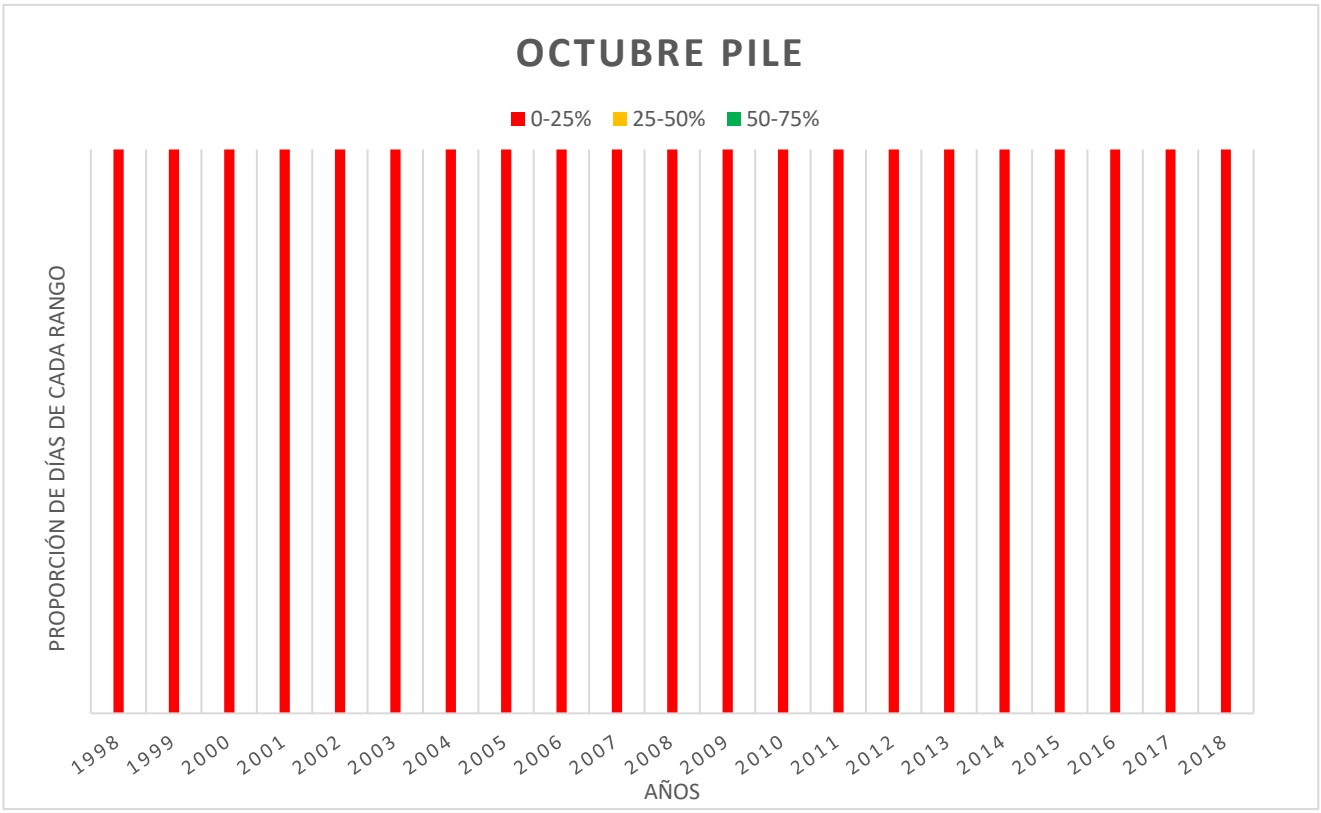

MAYO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

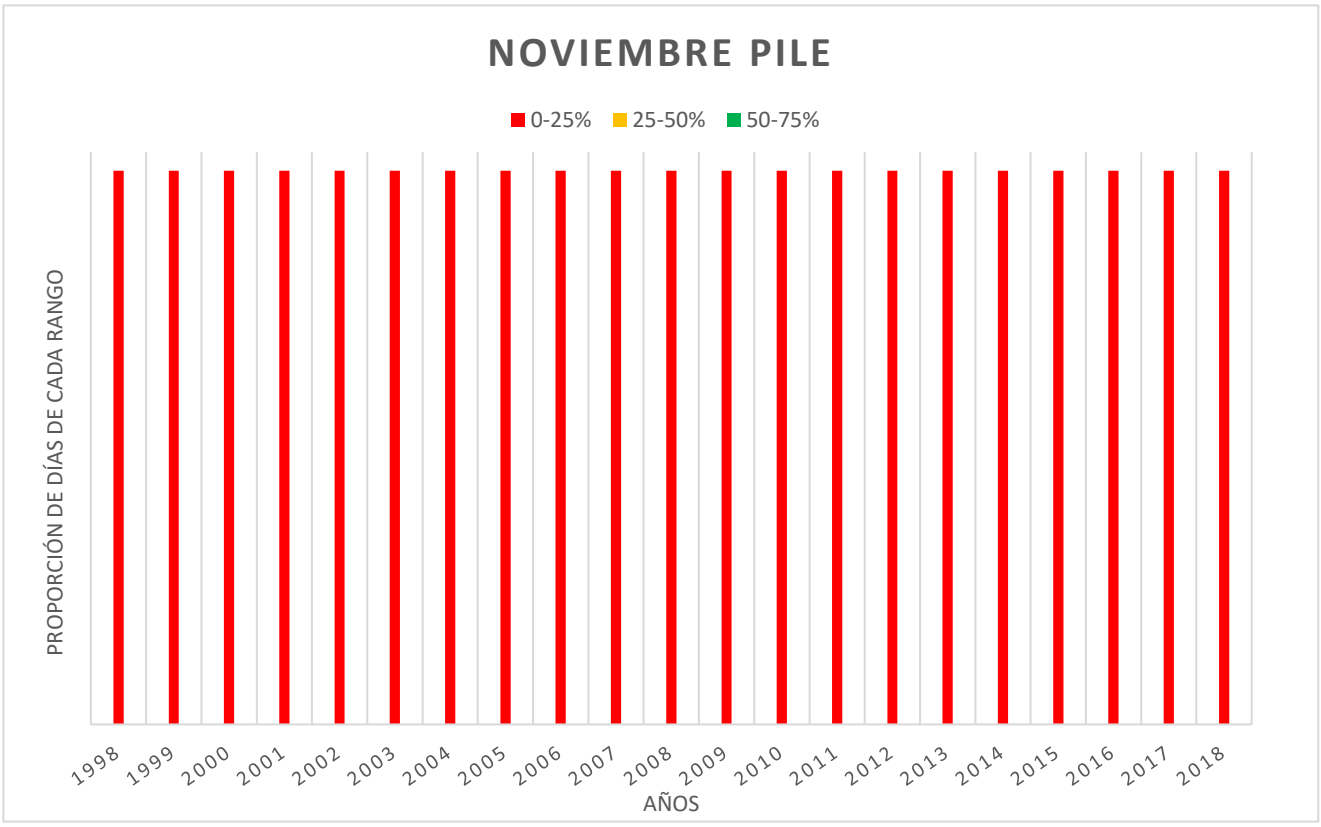

JUNIO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

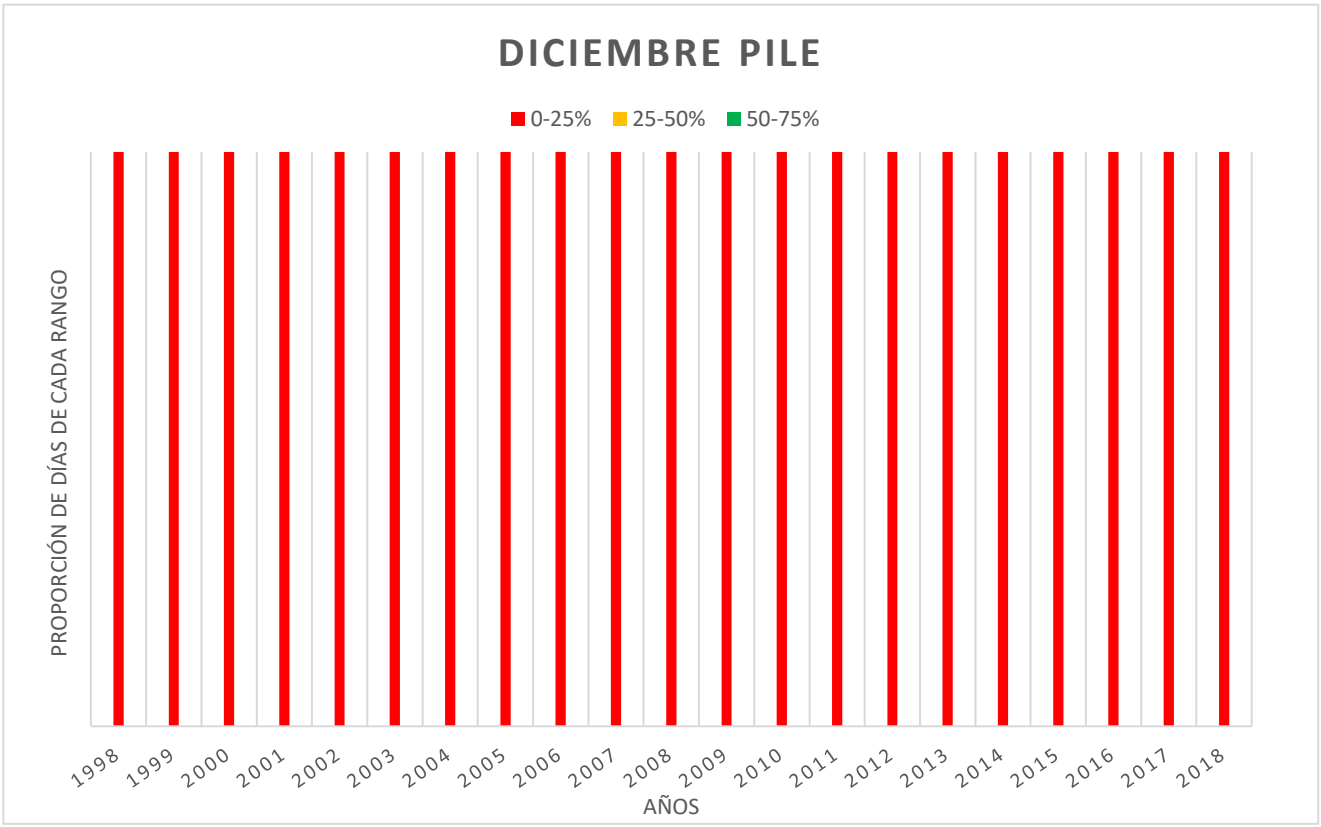

JULIO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÁS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

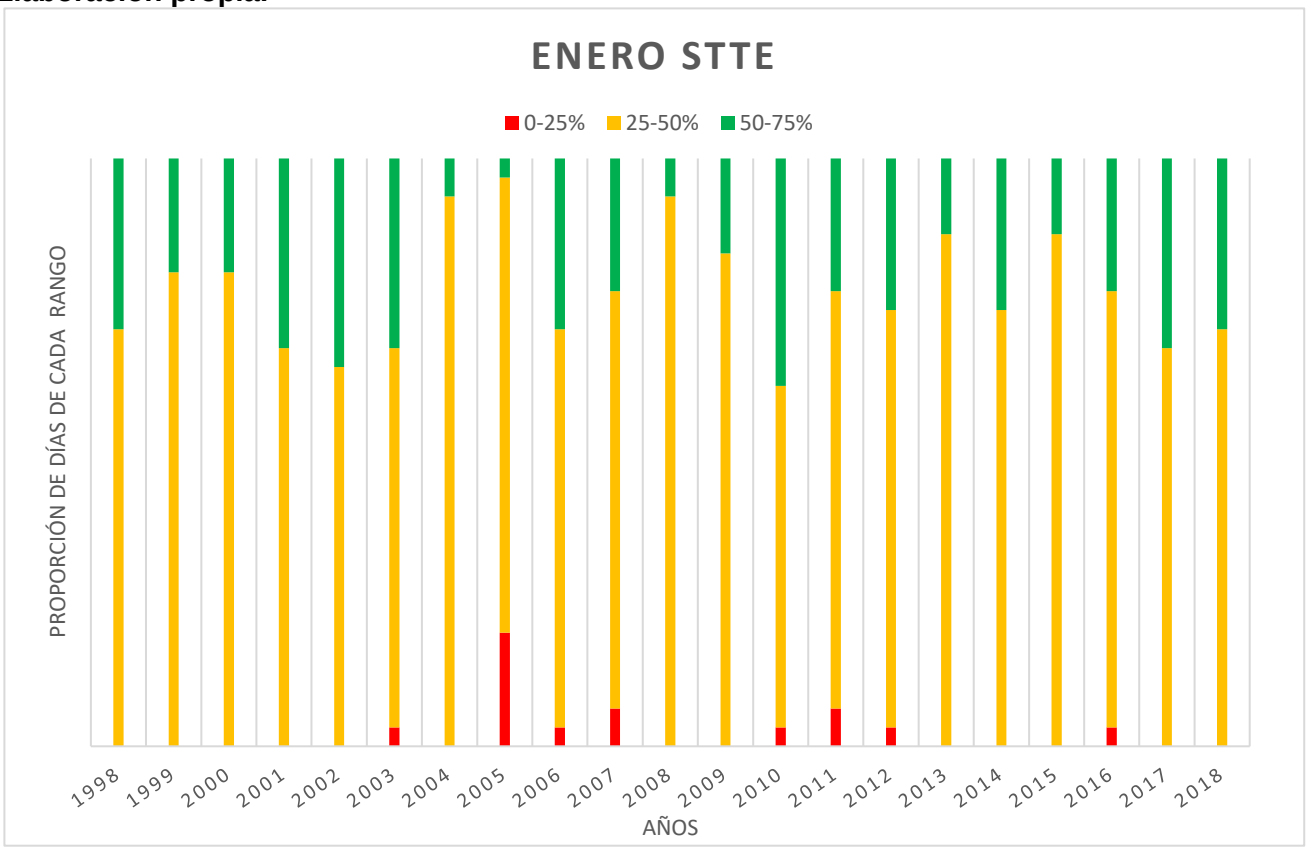

SEPTIEMBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

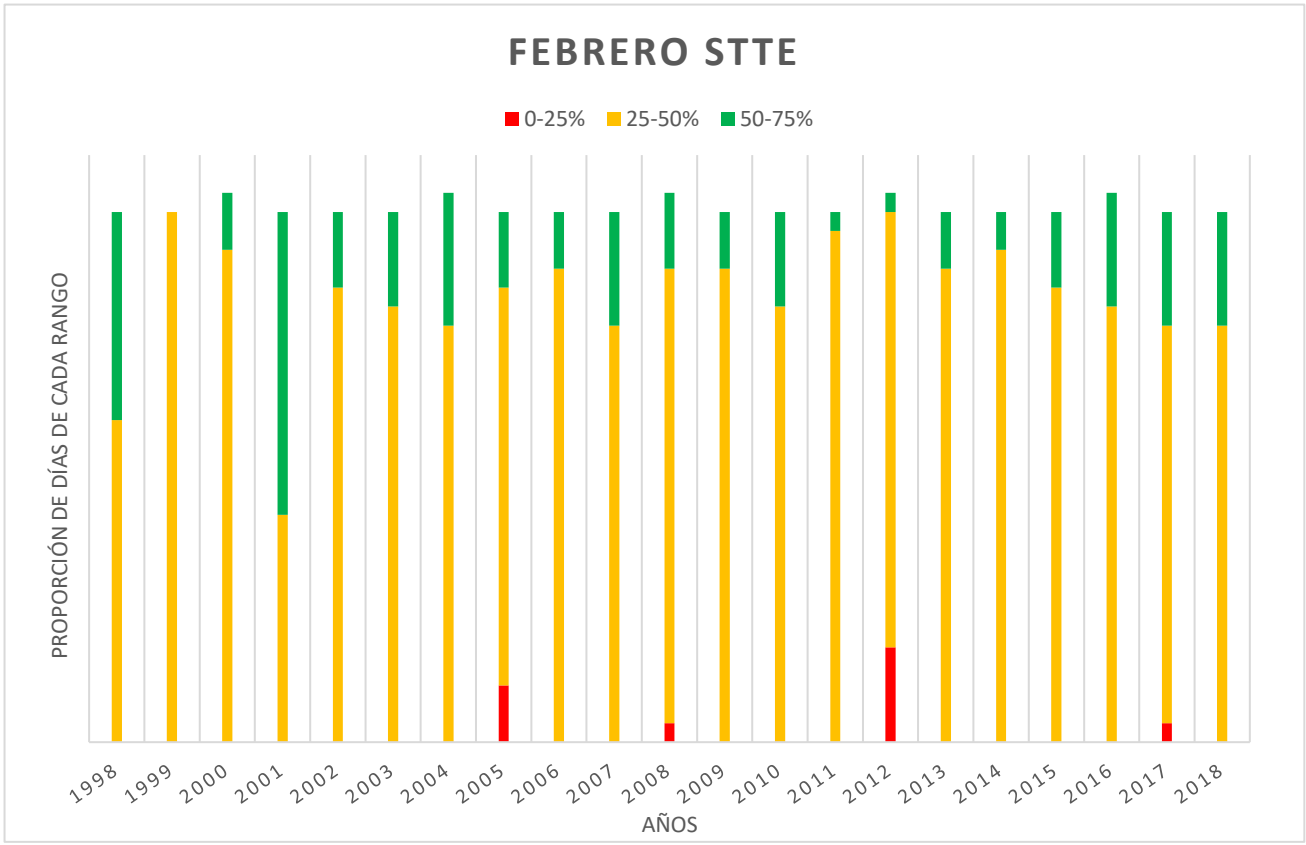

OCTUBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

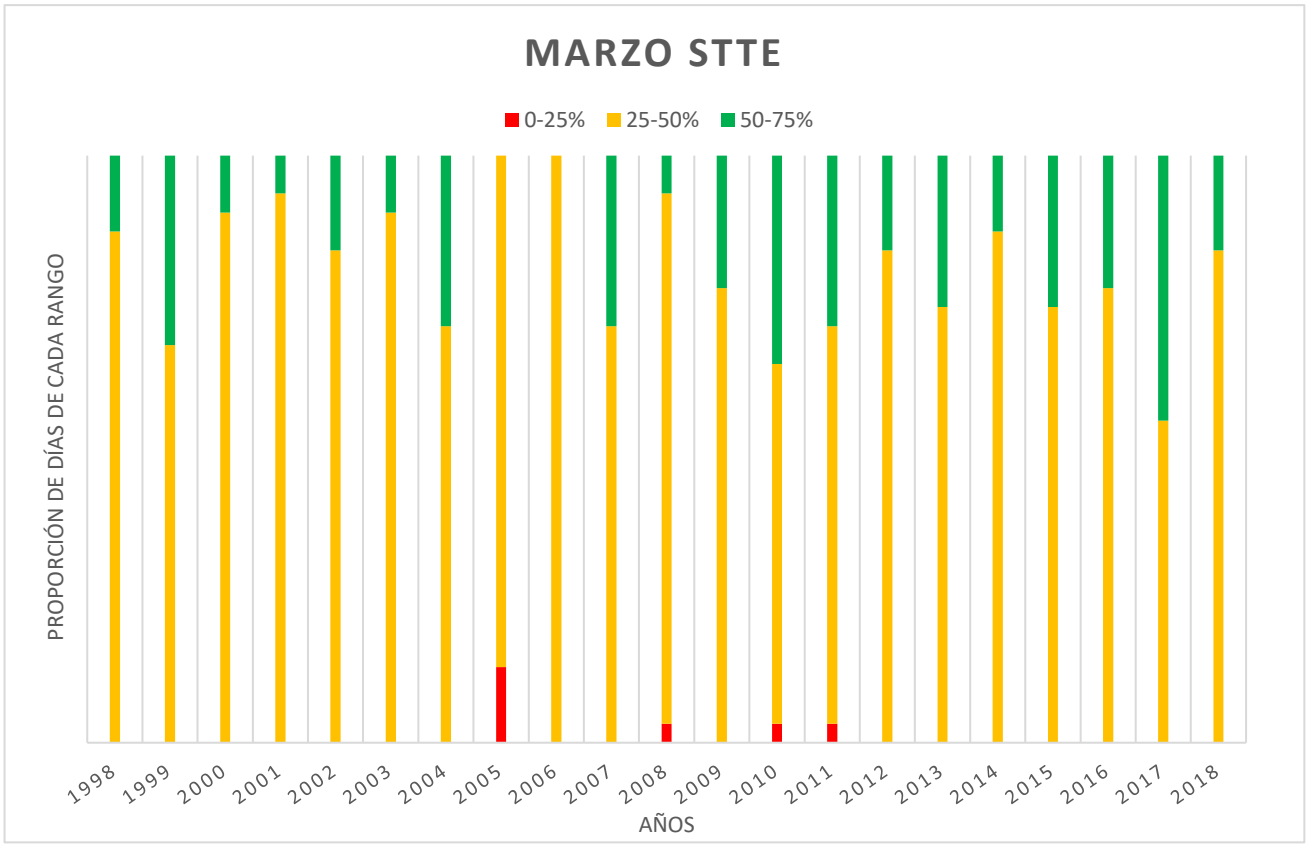

NOVIEMBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

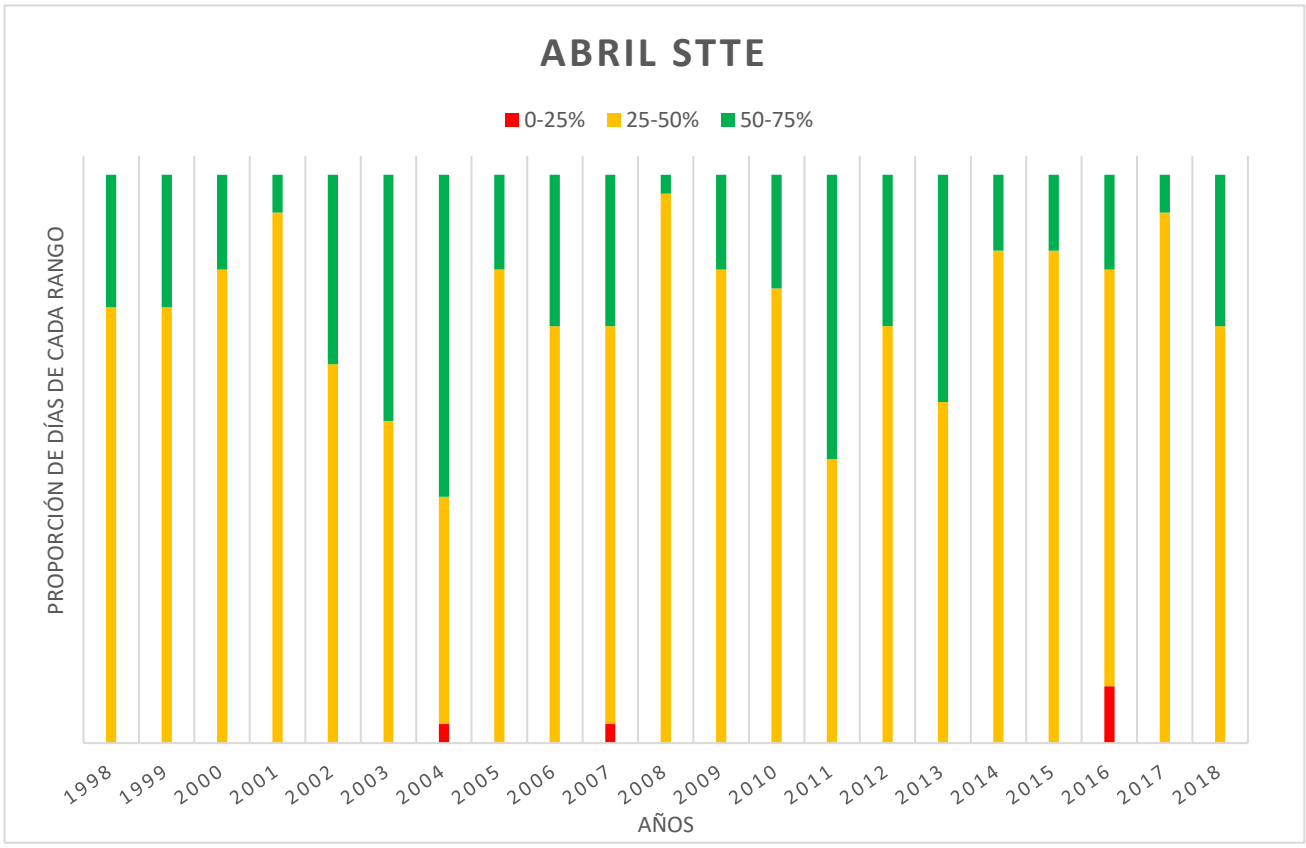

DICIEMBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

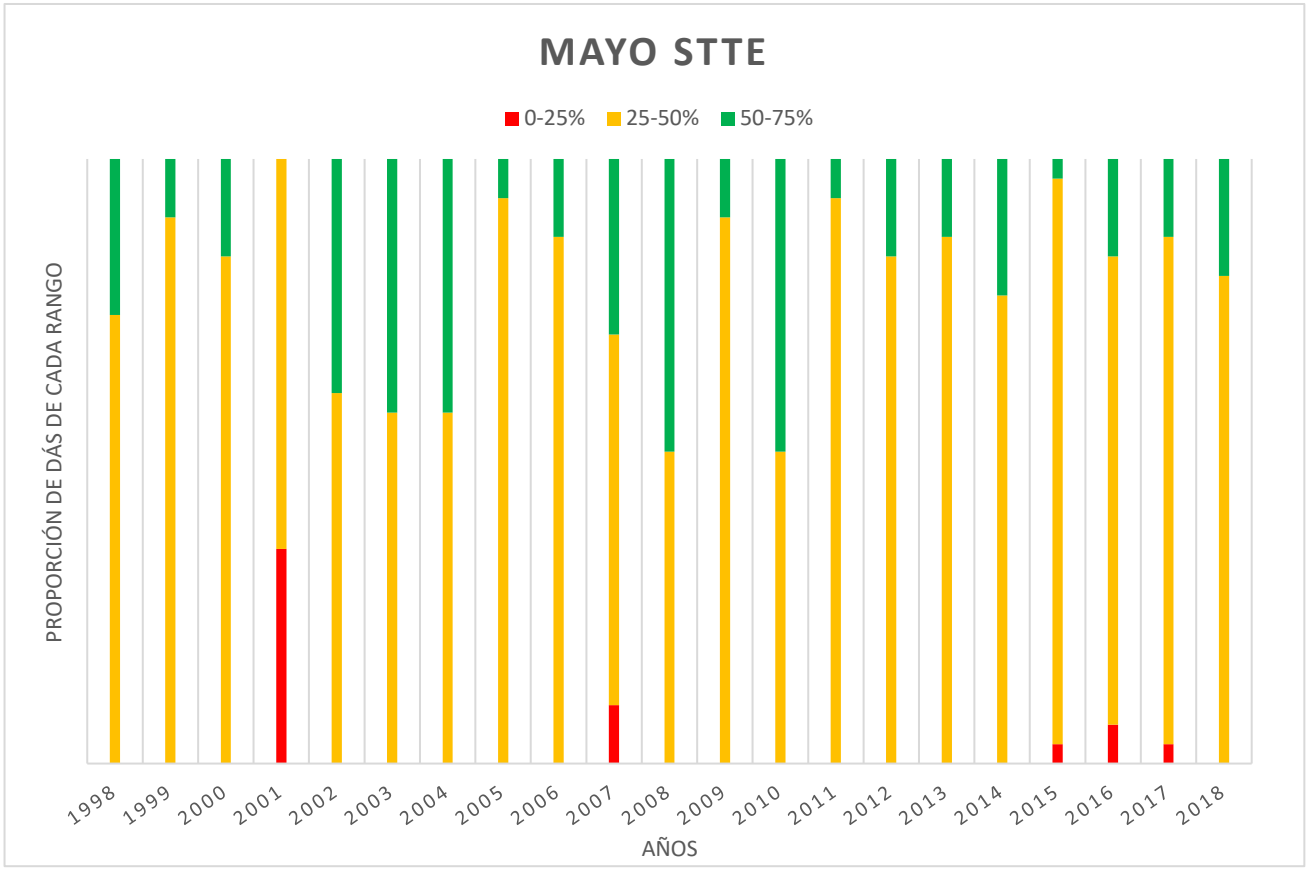
Anejo 6. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *S. tenacissima* (abreviado "STTE") en Alicante. Fuente: Elaboración propia.

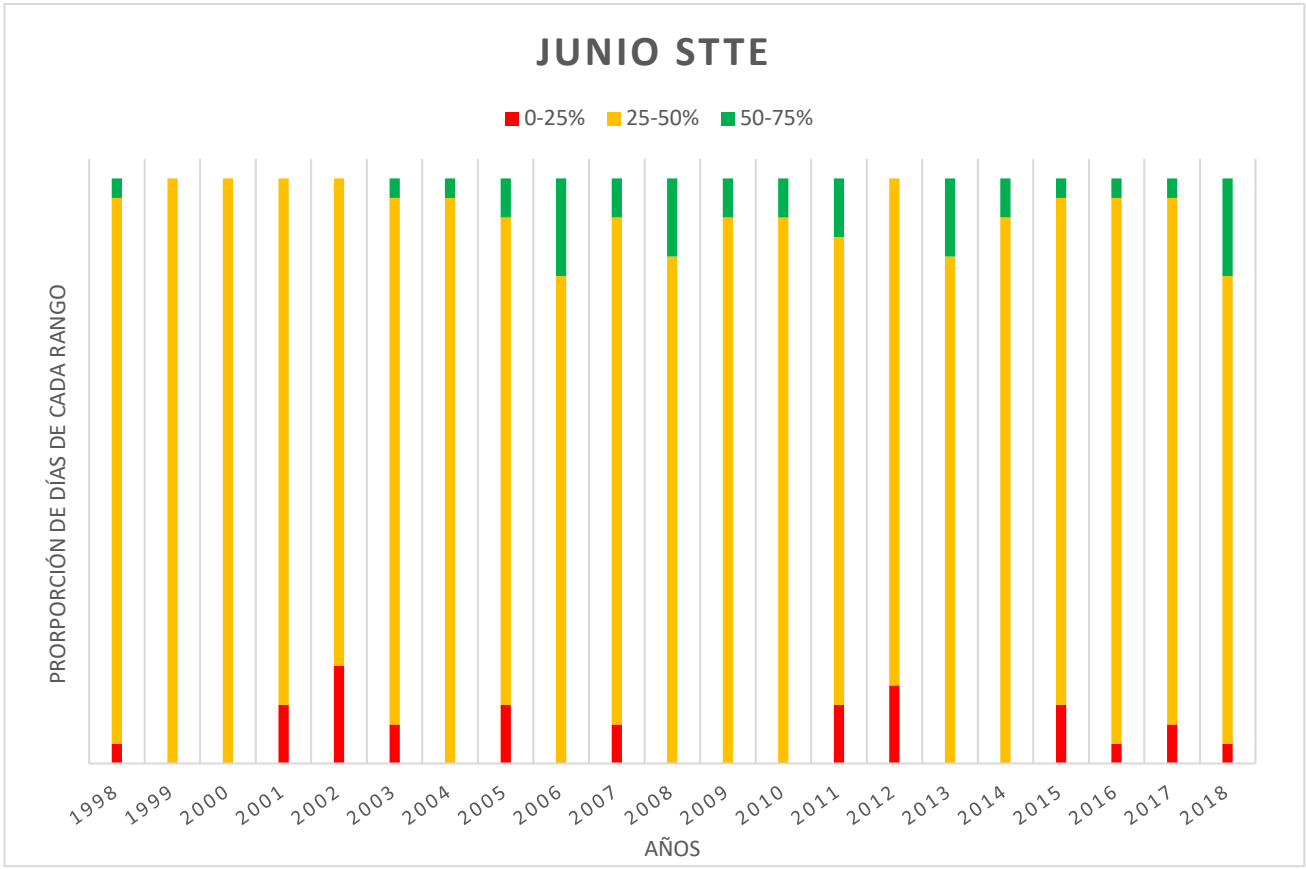


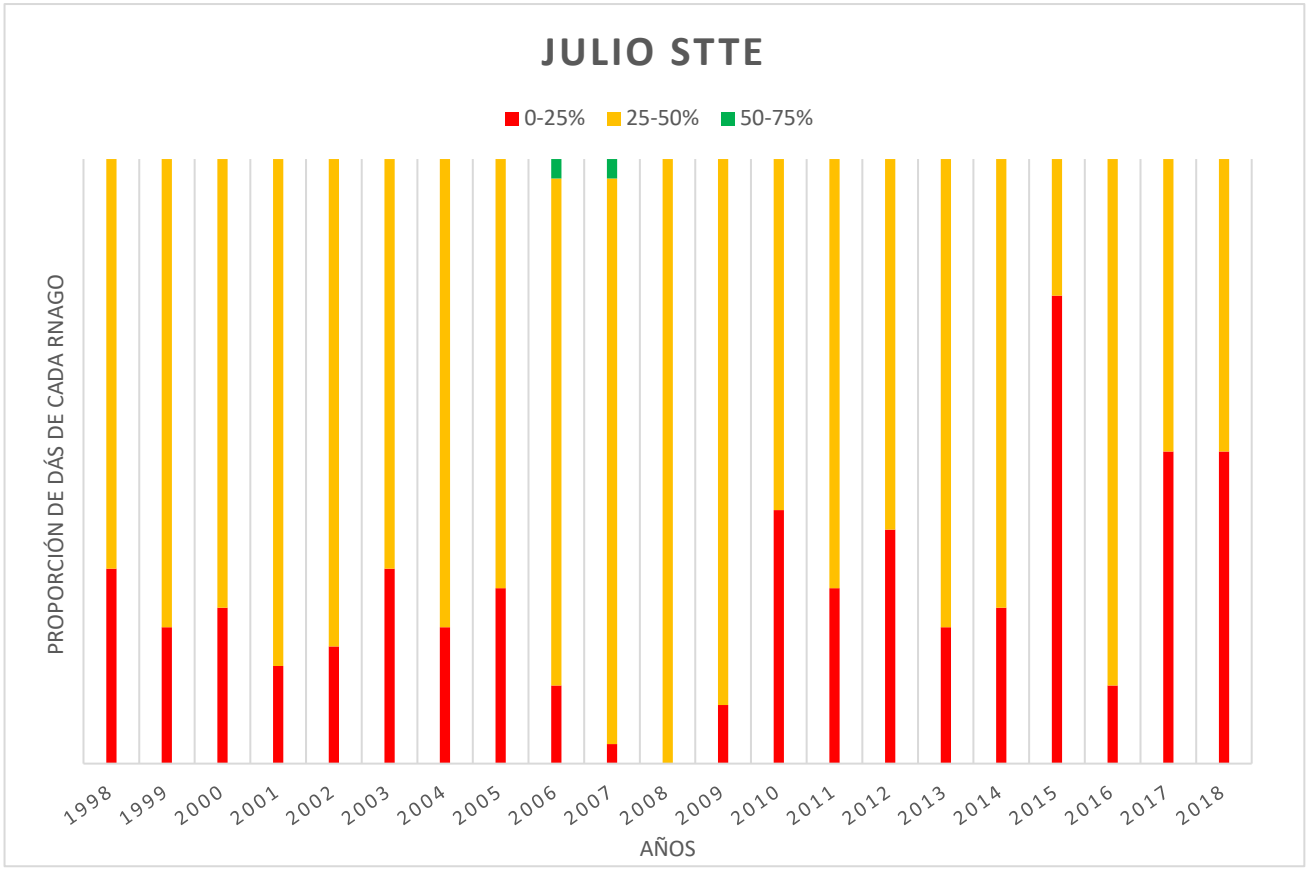


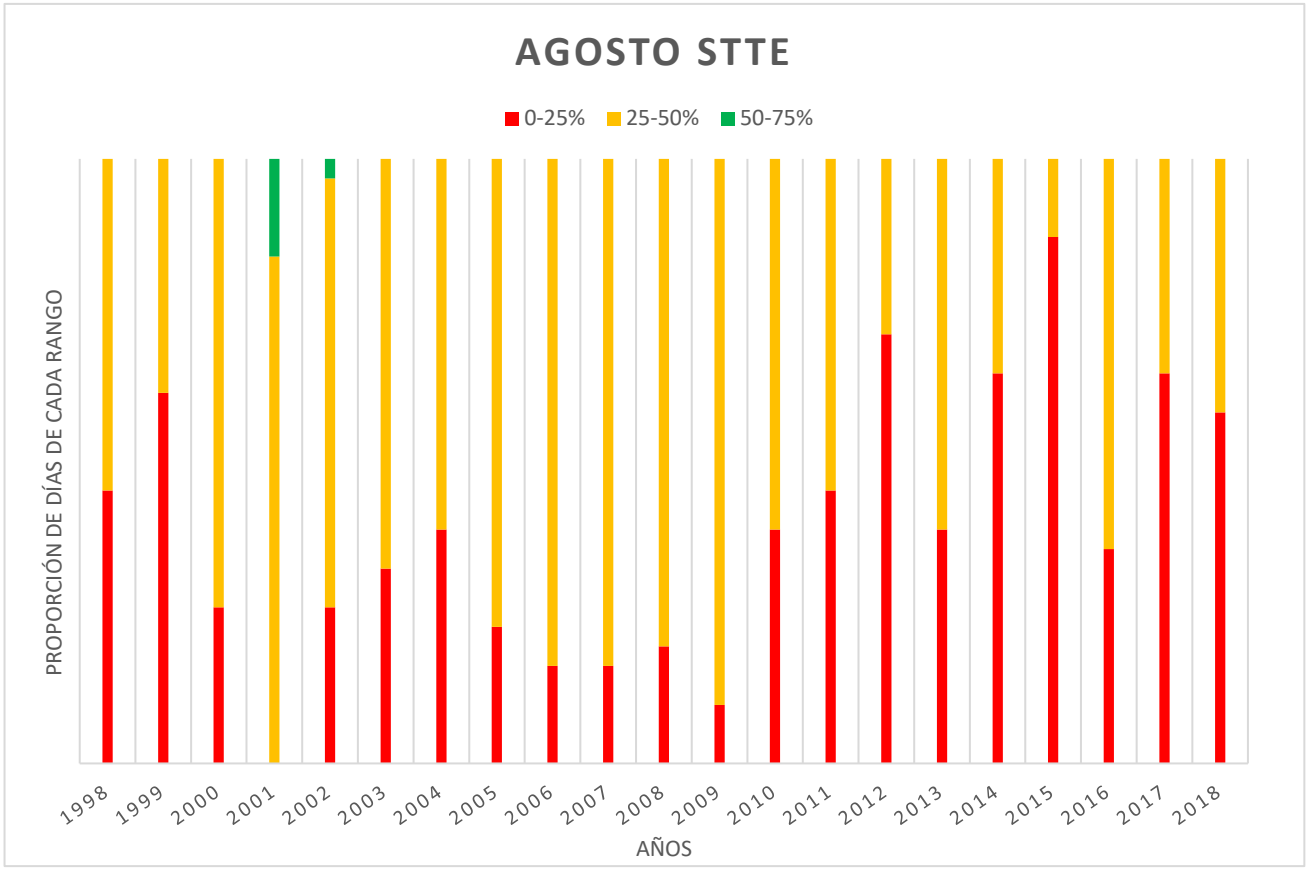

MARZO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

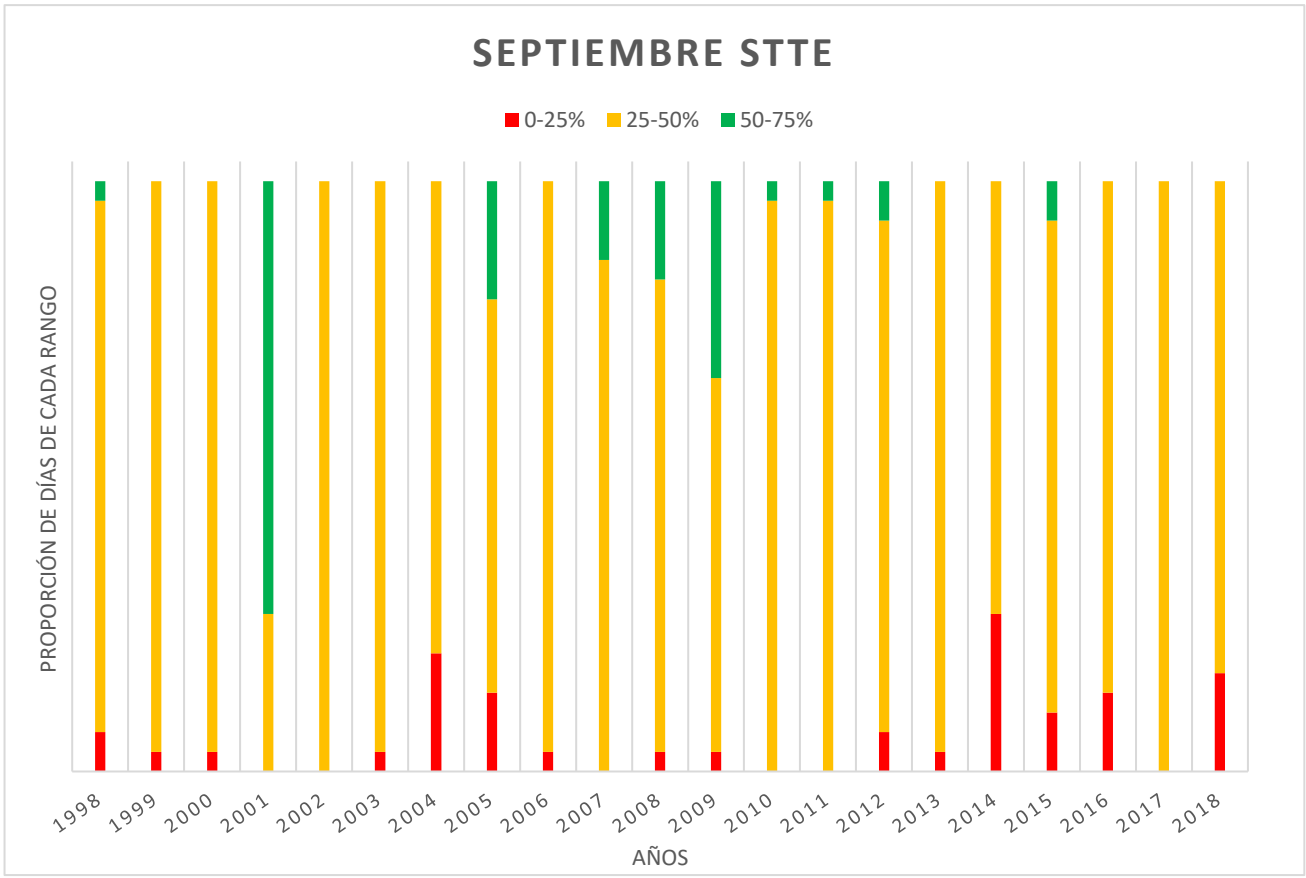

ABRIL STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

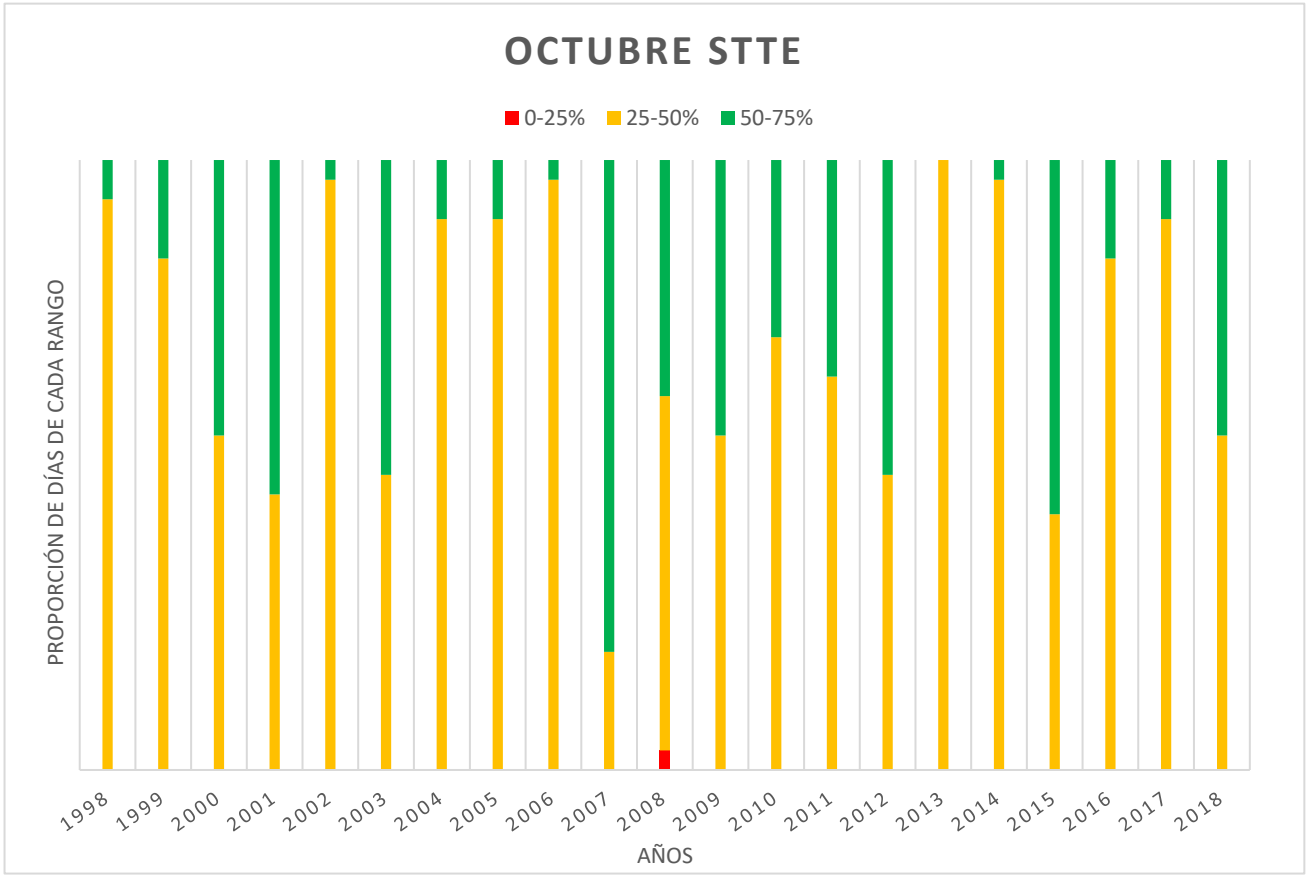

MAYO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÁS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

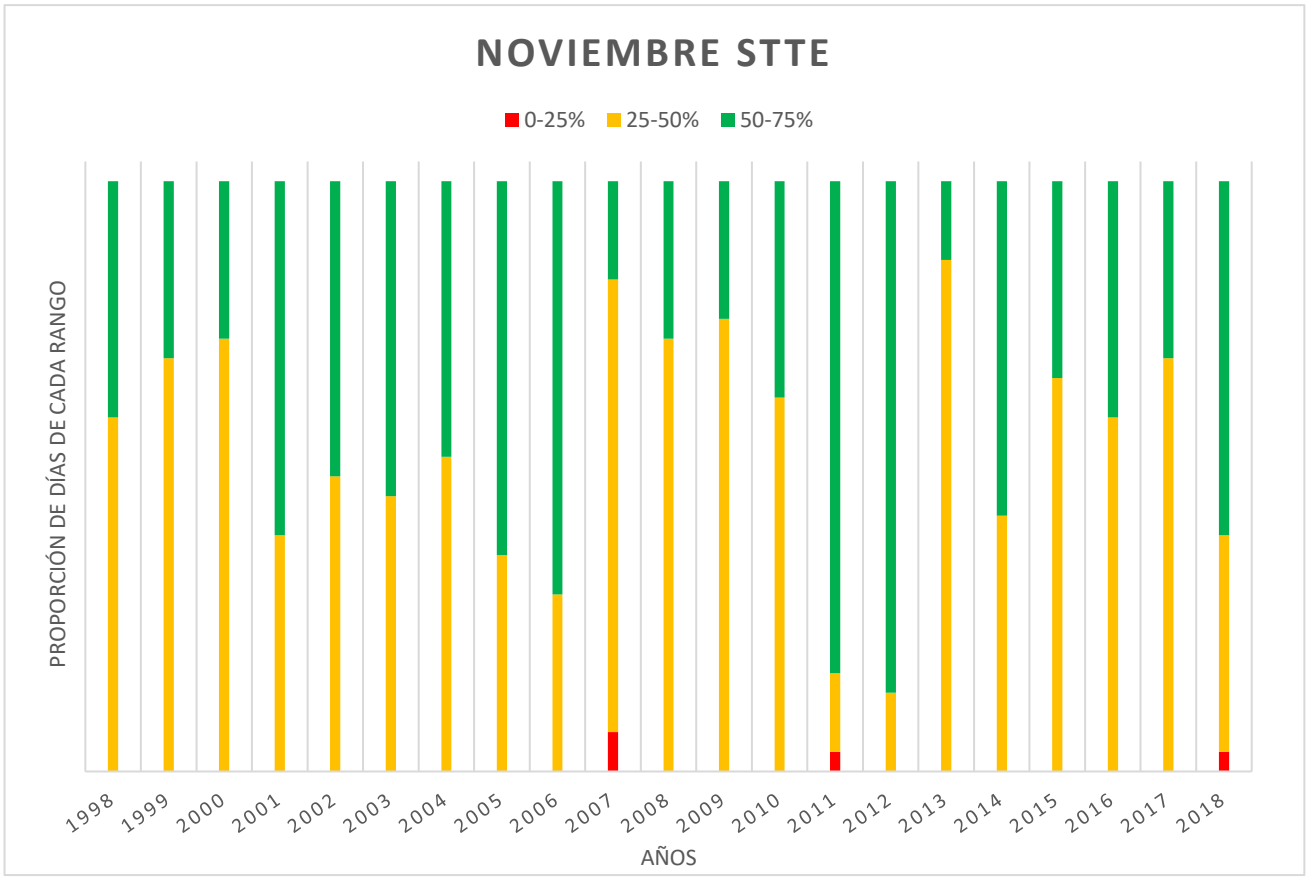

JUNIO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PRORPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

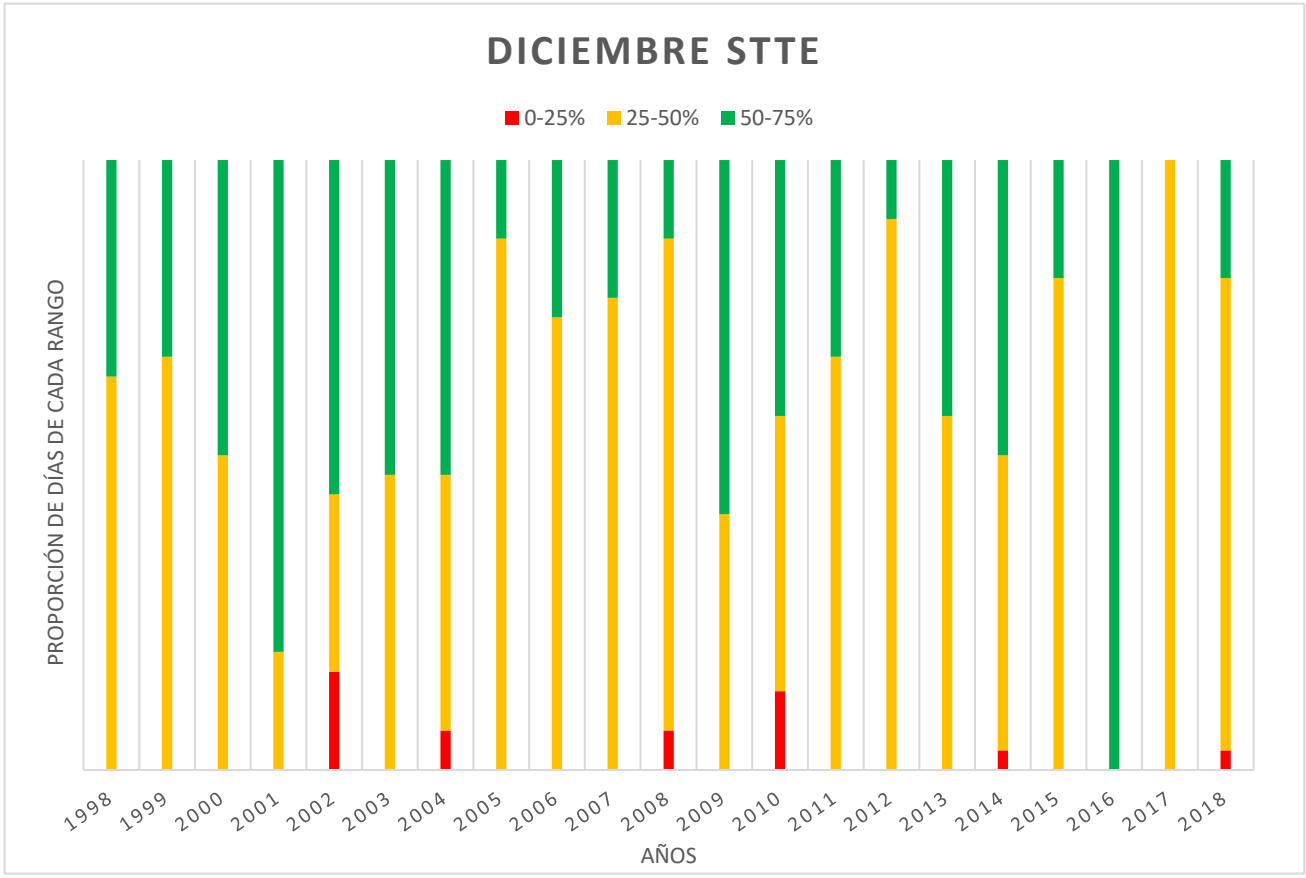

JULIO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÁS DE CADA RNAGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

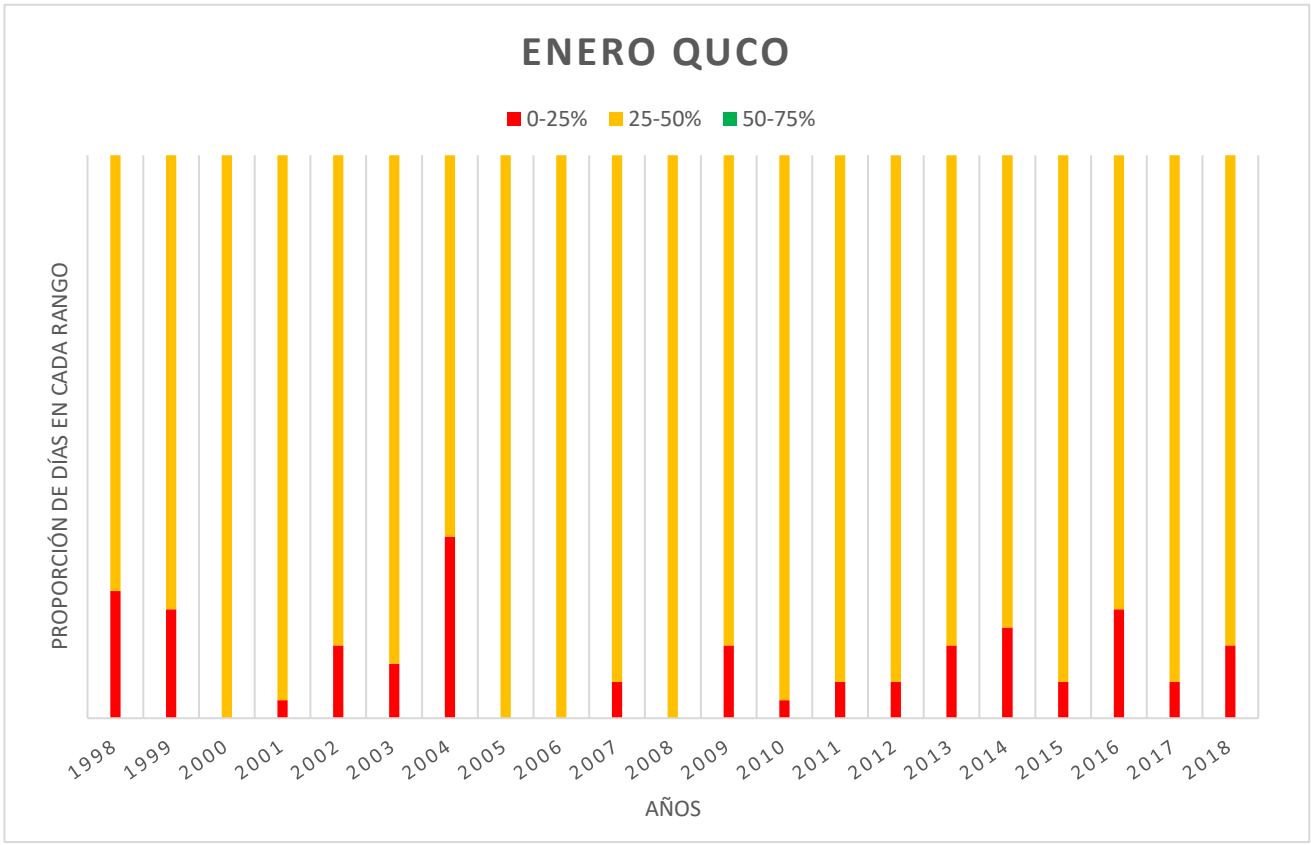

SEPTIEMBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

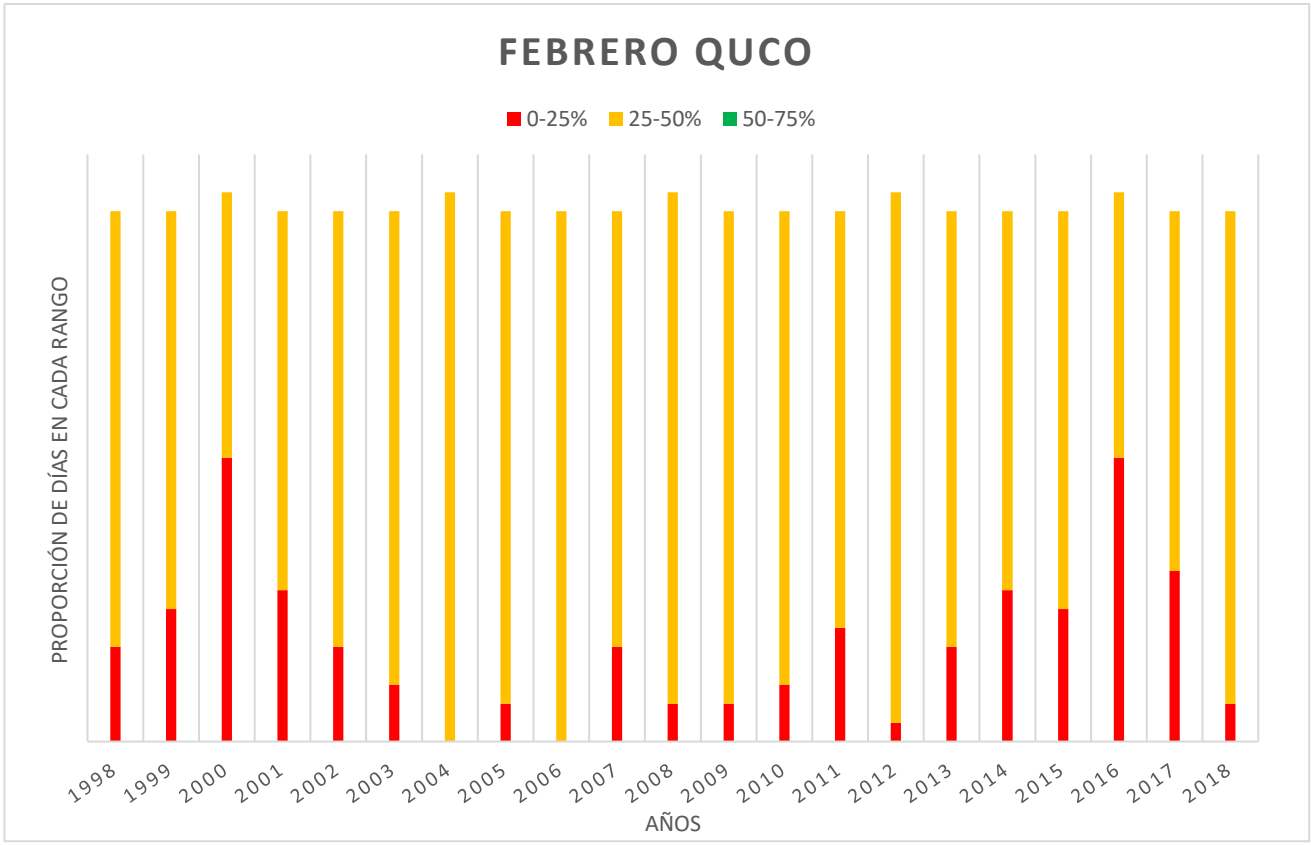

OCTUBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

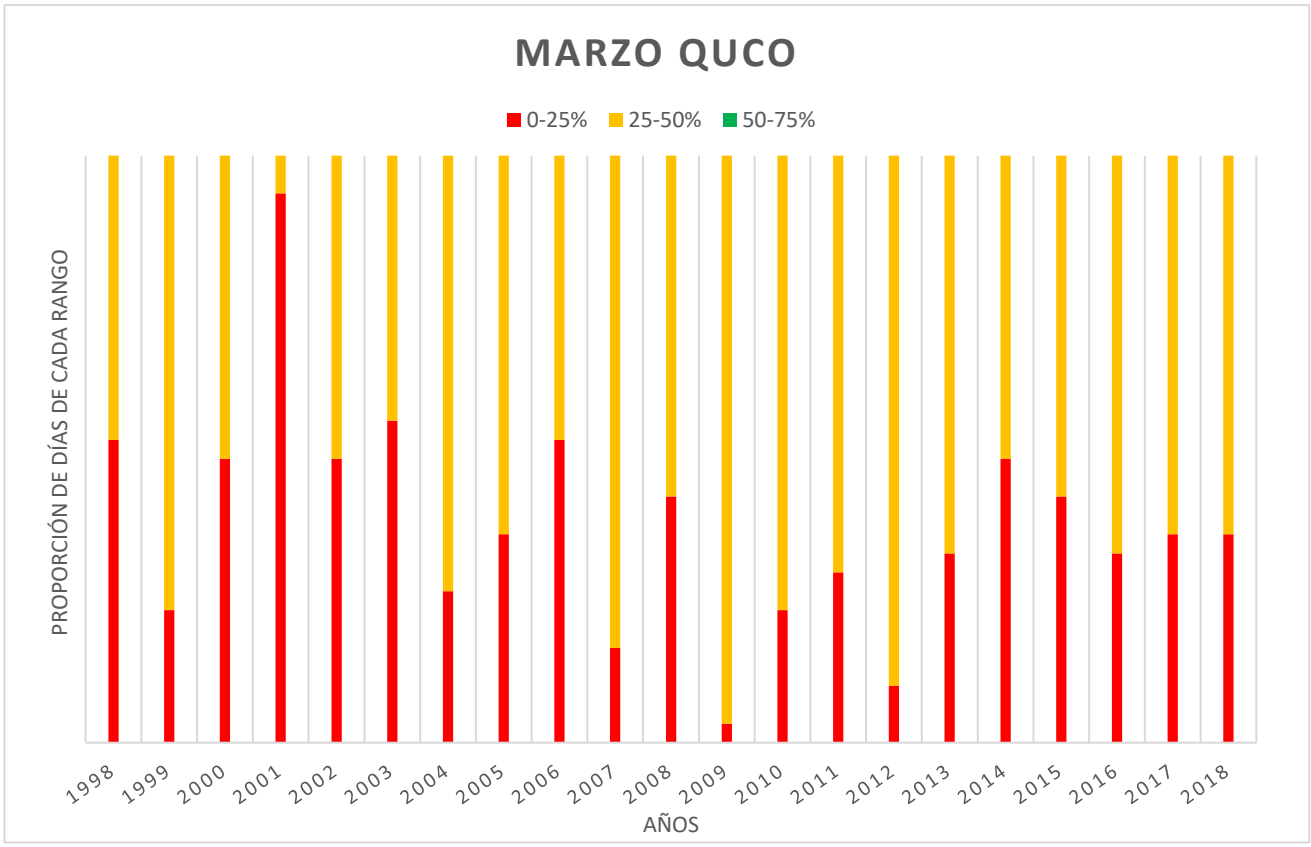

NOVIEMBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

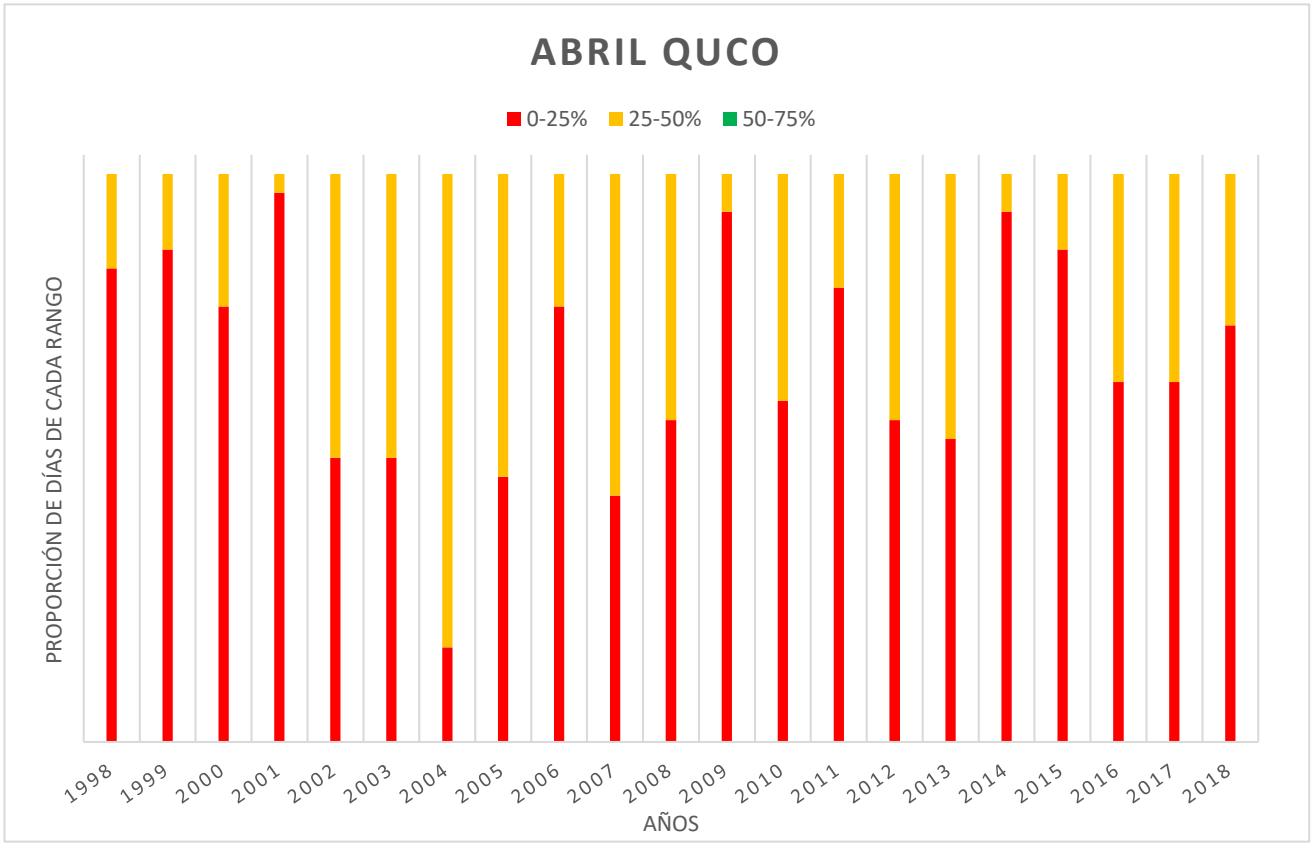

DICIEMBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

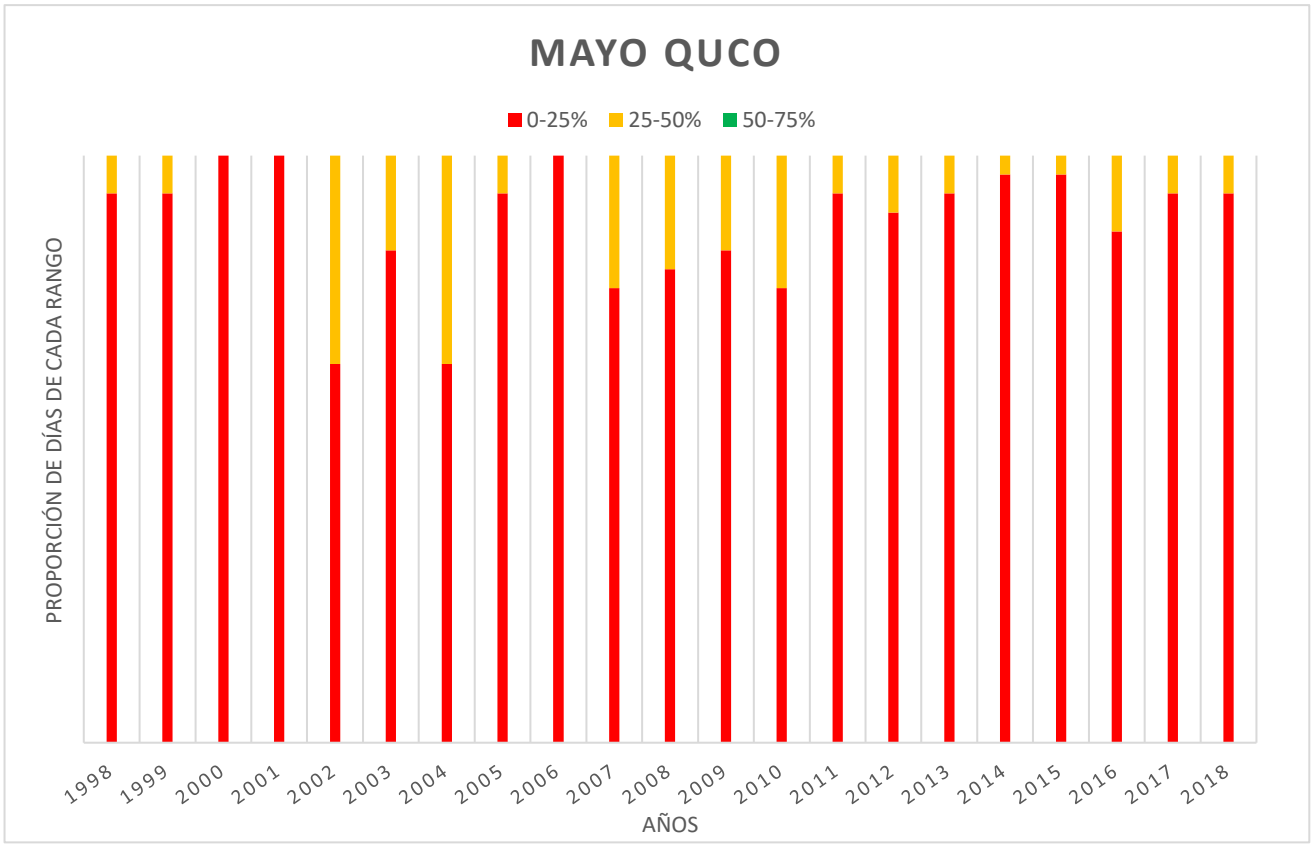
Anejo 7. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *Q. coccifera* (abreviado "QUCO") en Alicante. Fuente: Elaboración propia.

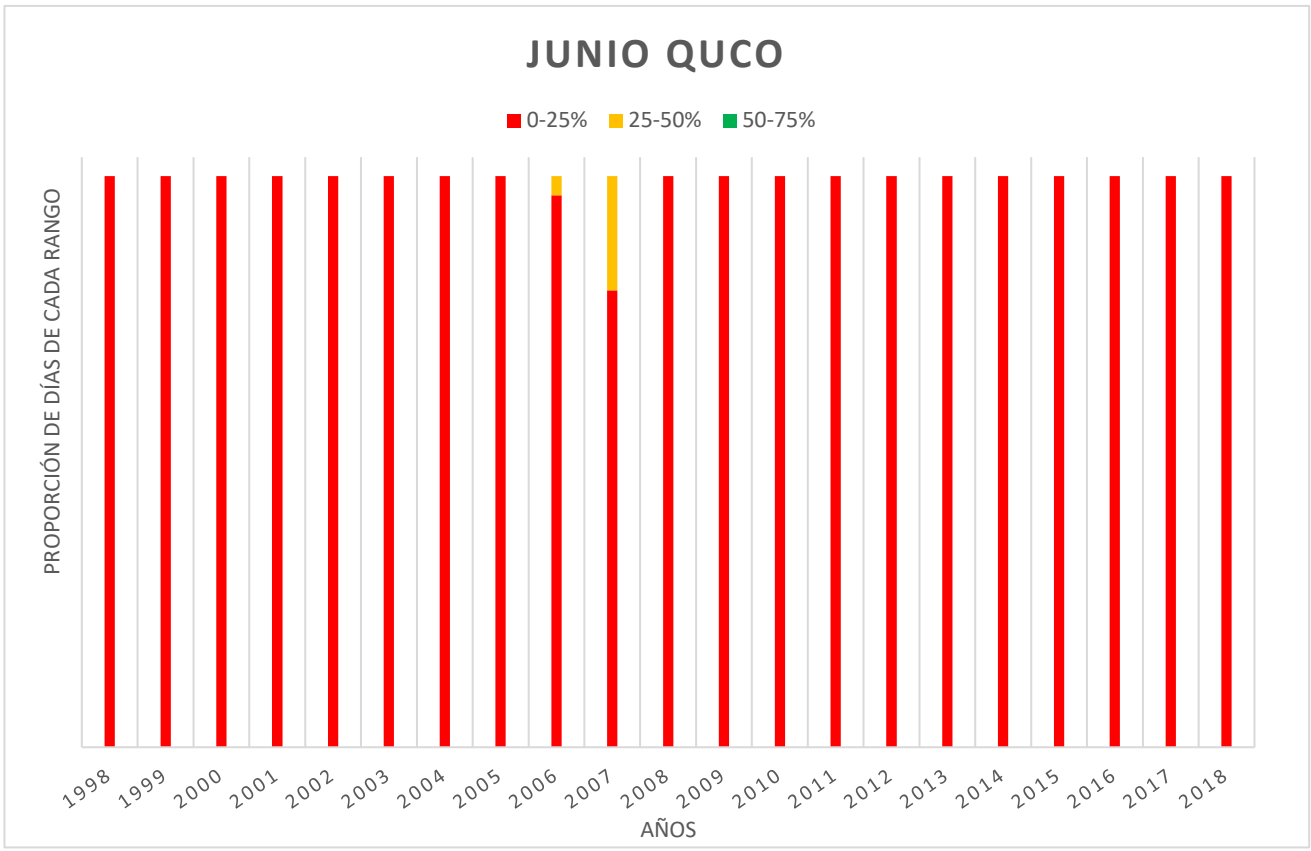


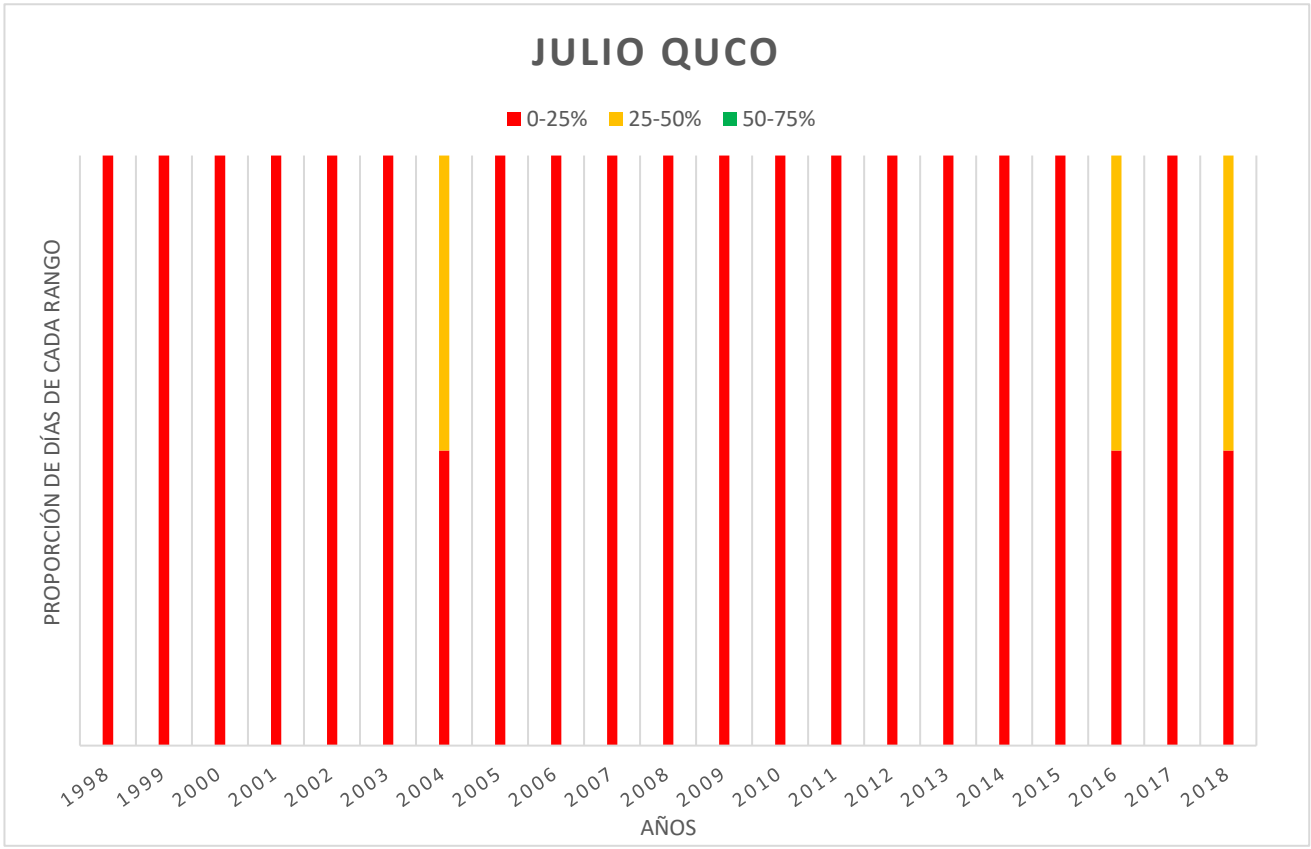


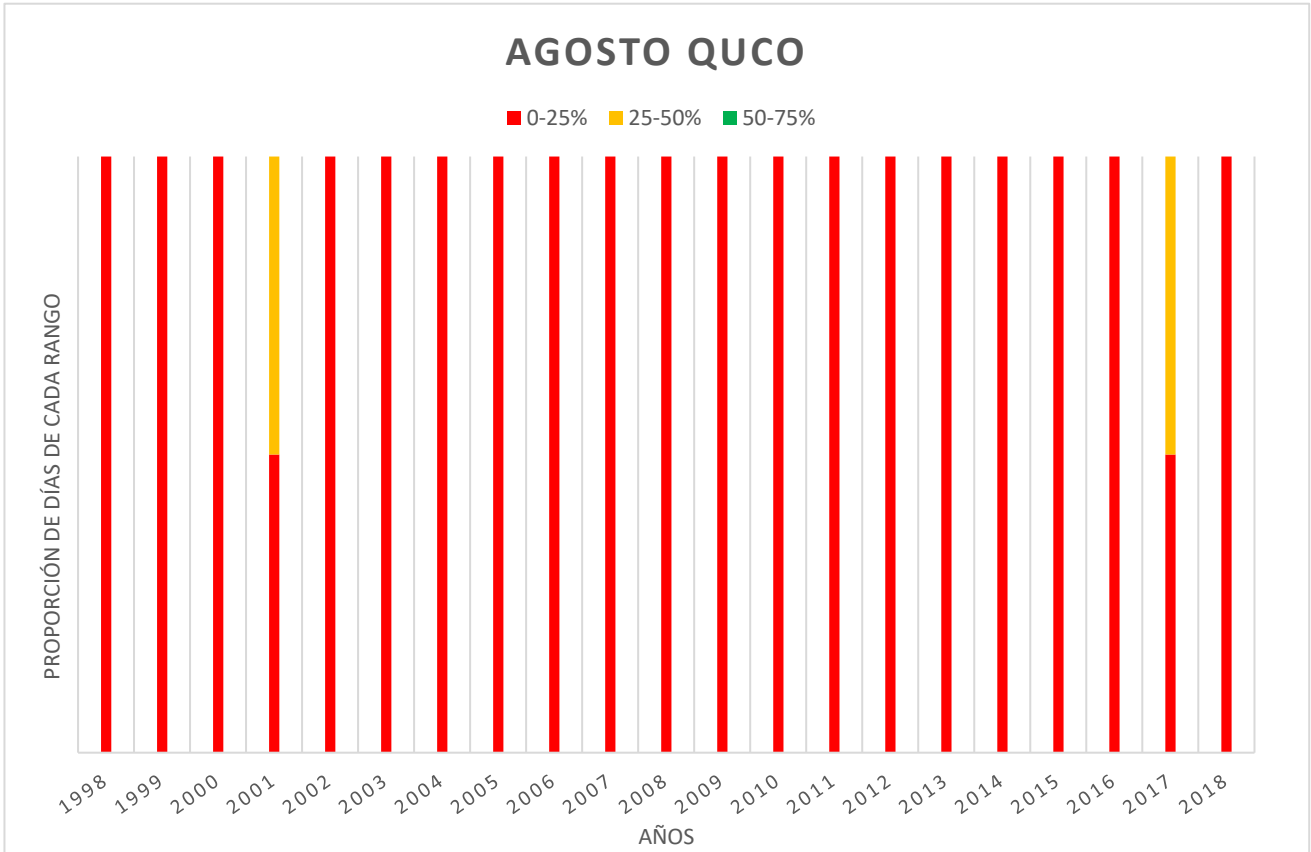

MARZO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

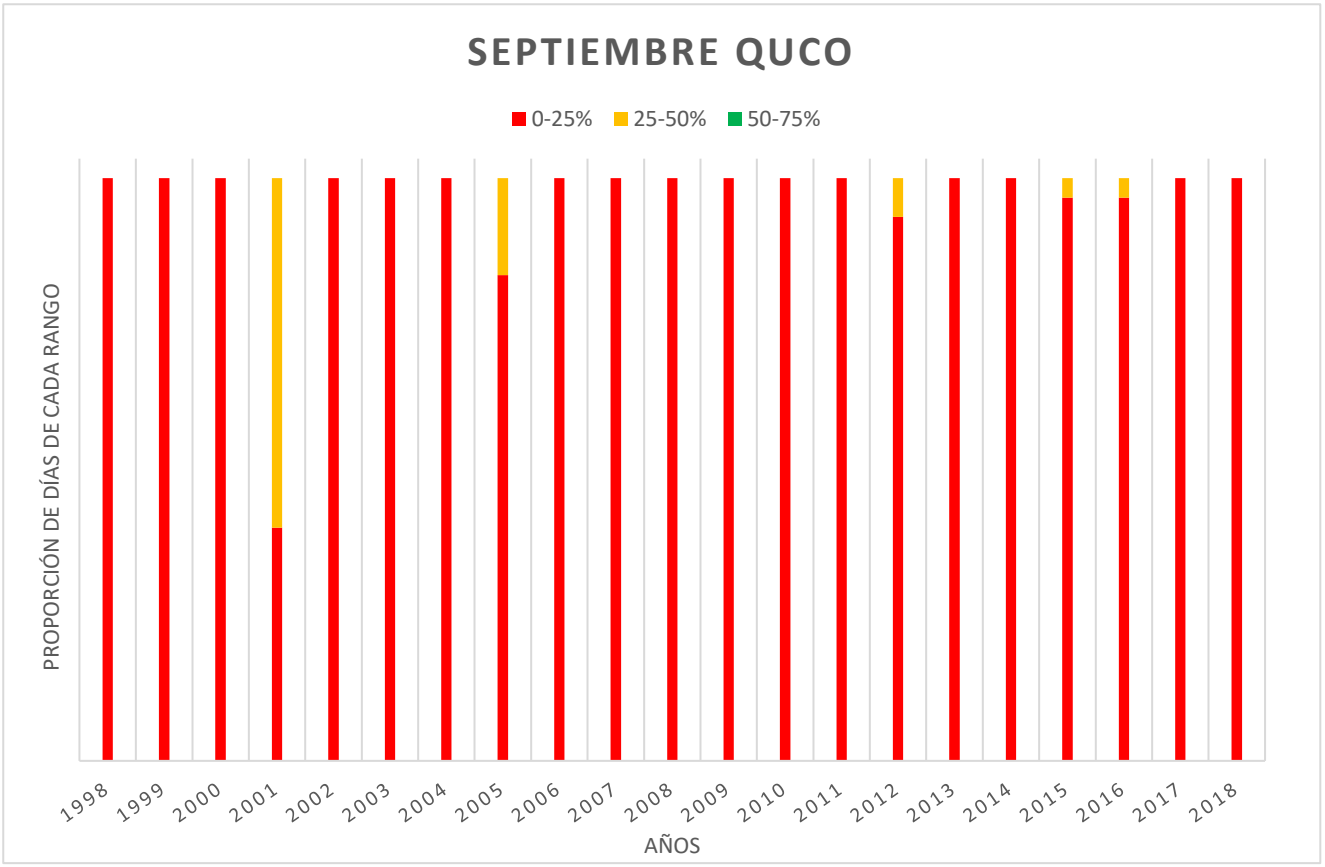

ABRIL QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

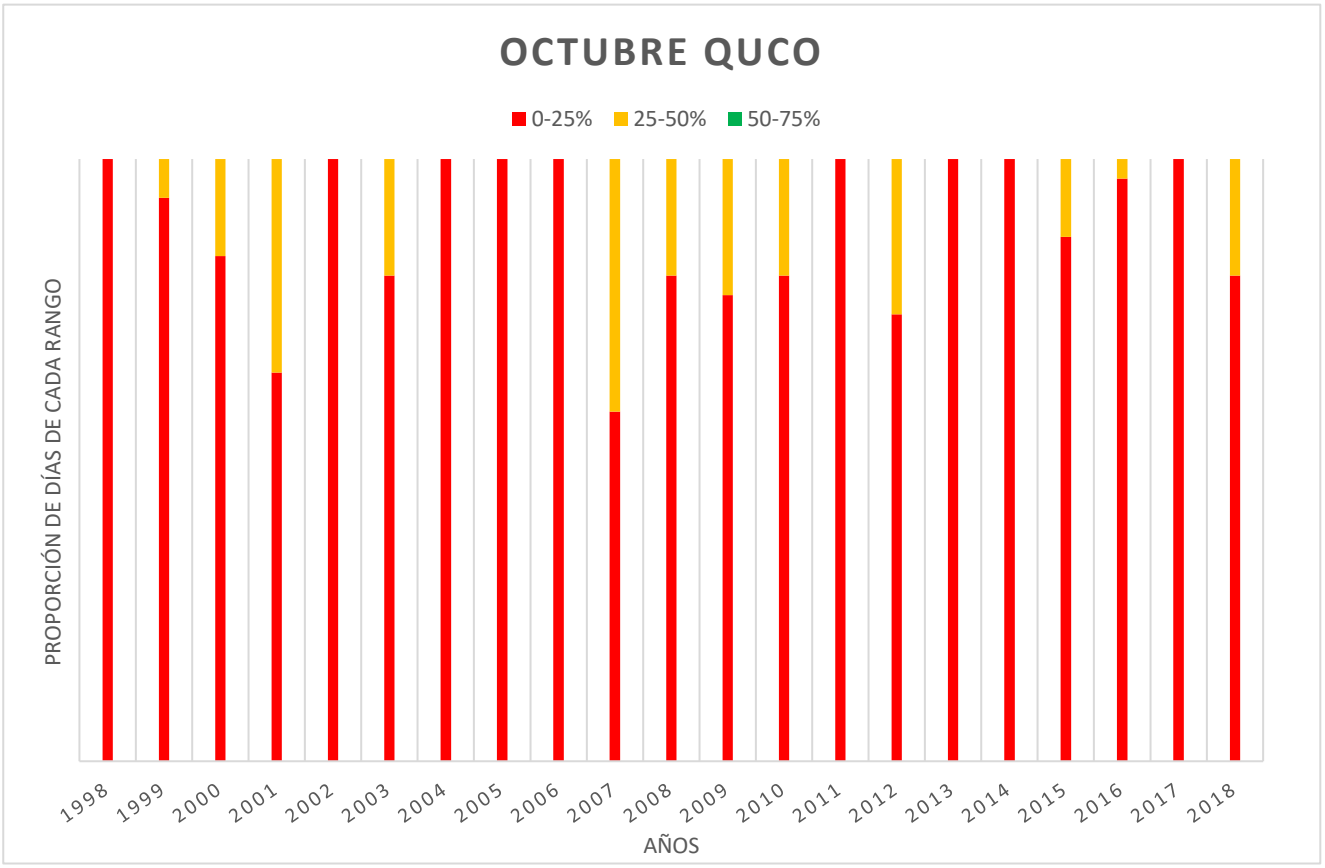

MAYO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

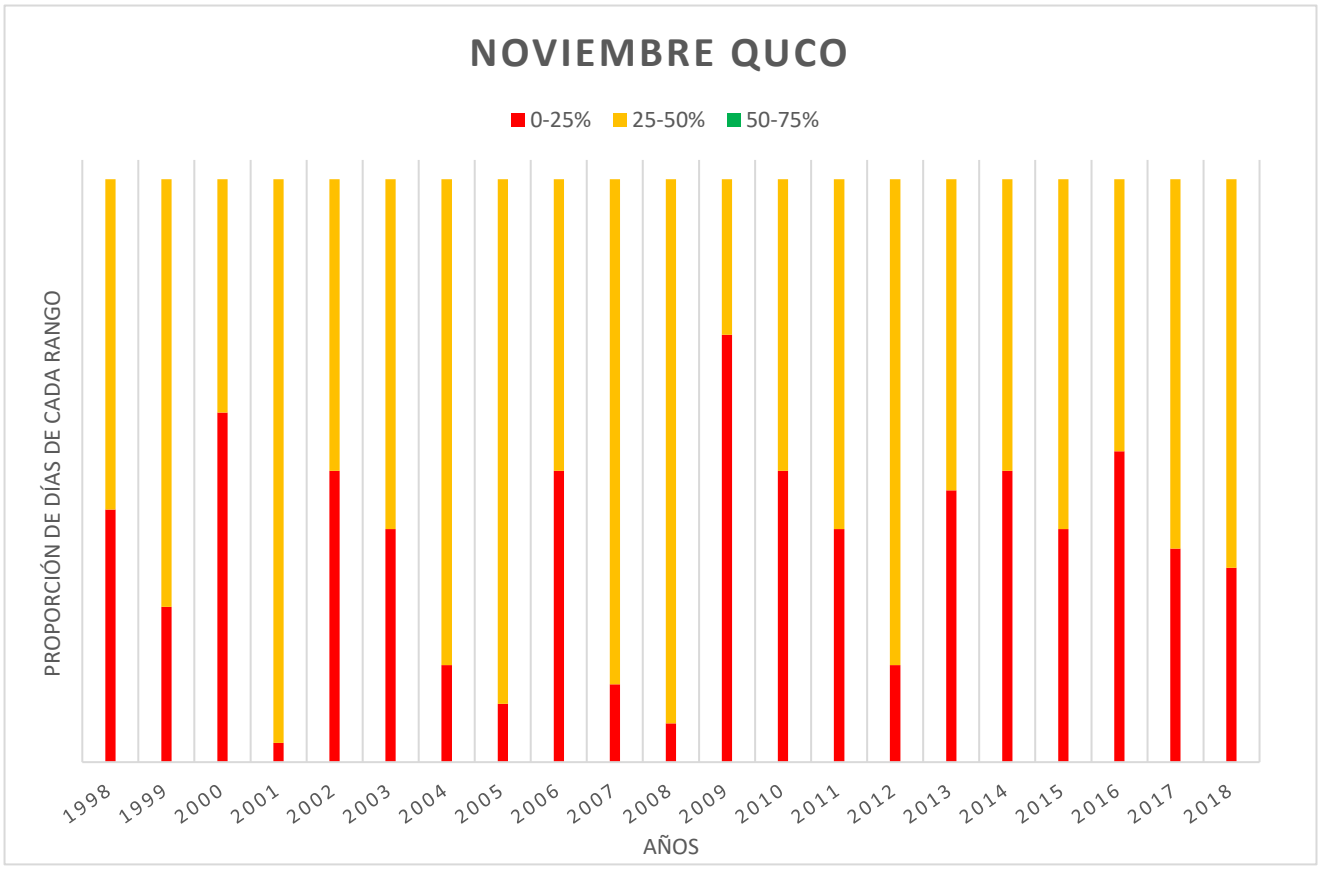

JUNIO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

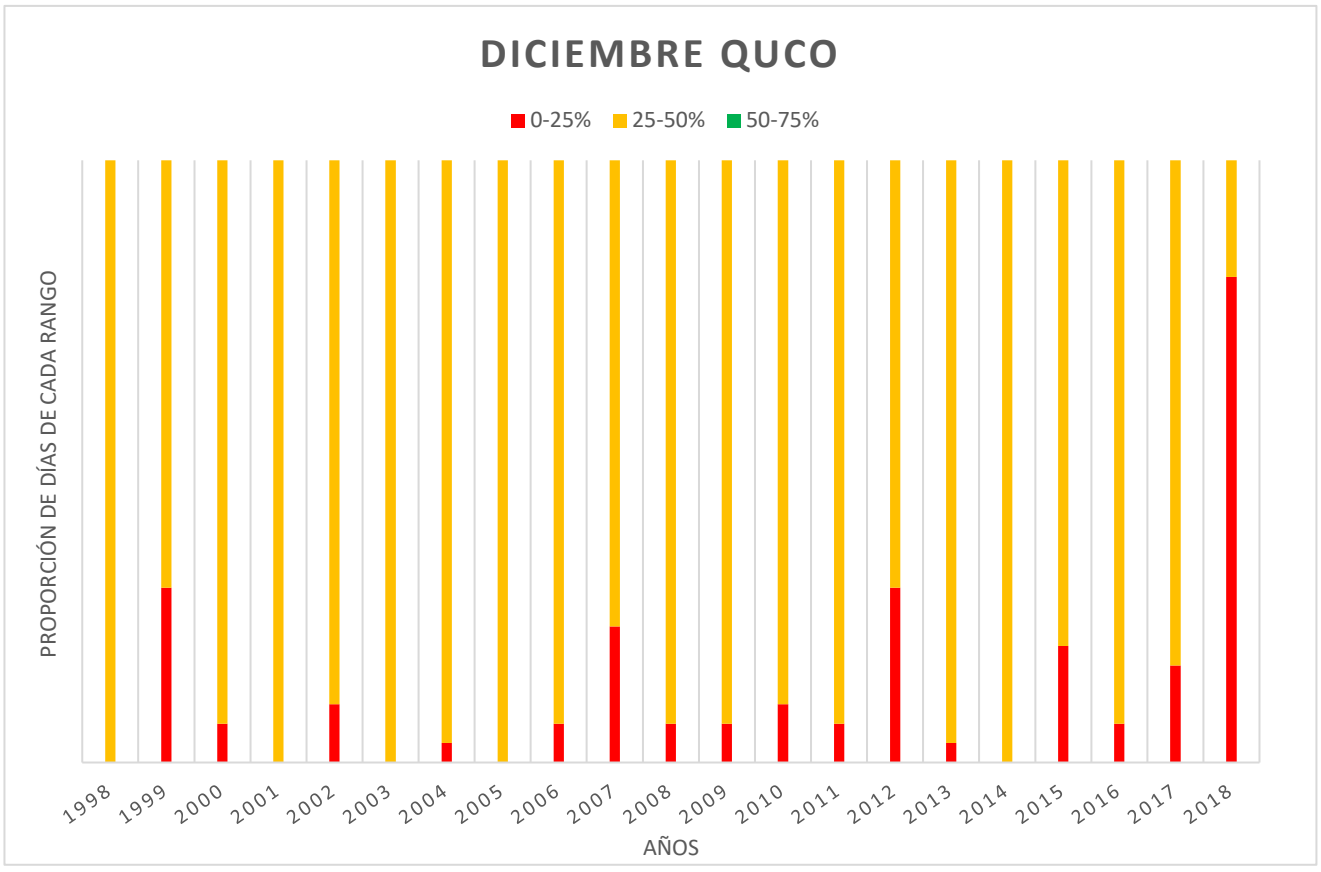

JULIO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

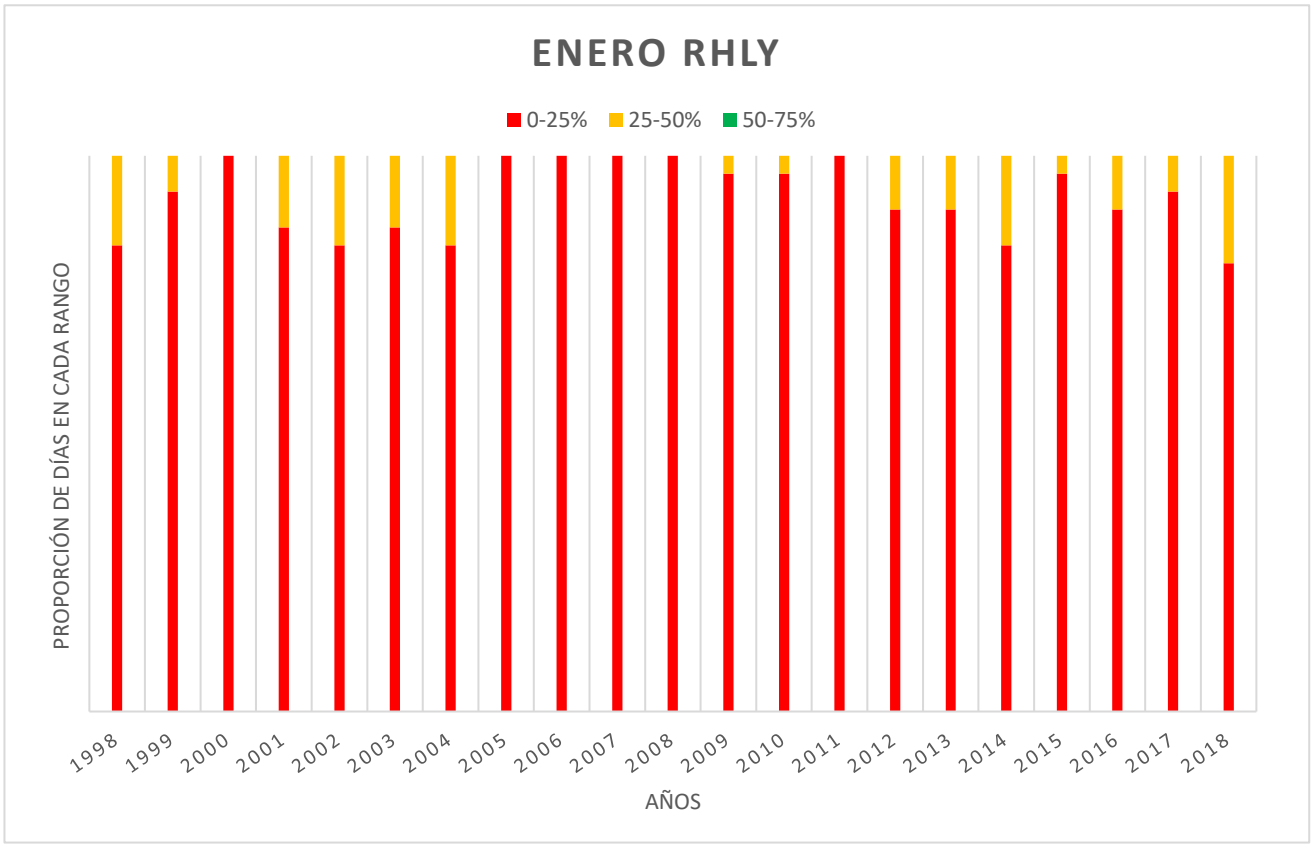

SEPTIEMBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

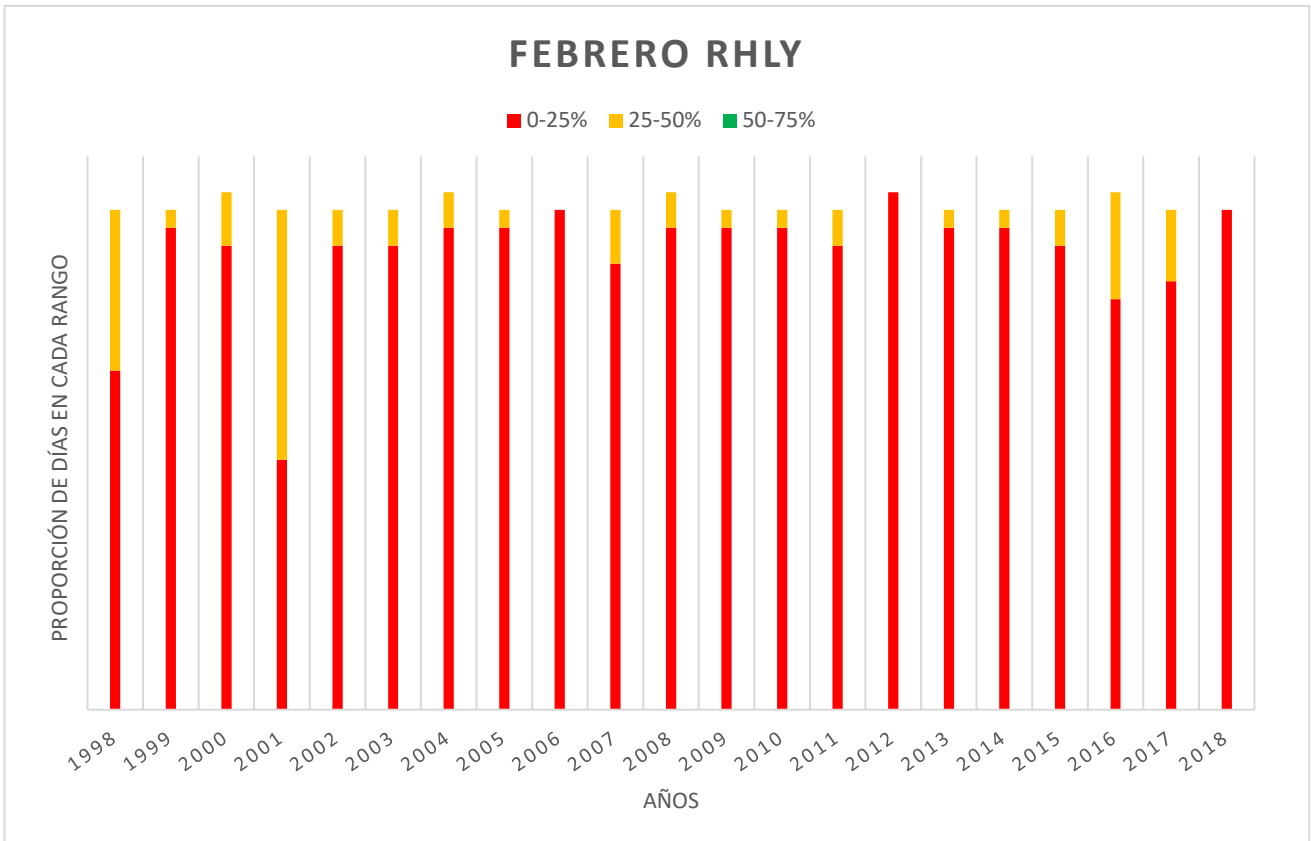

OCTUBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

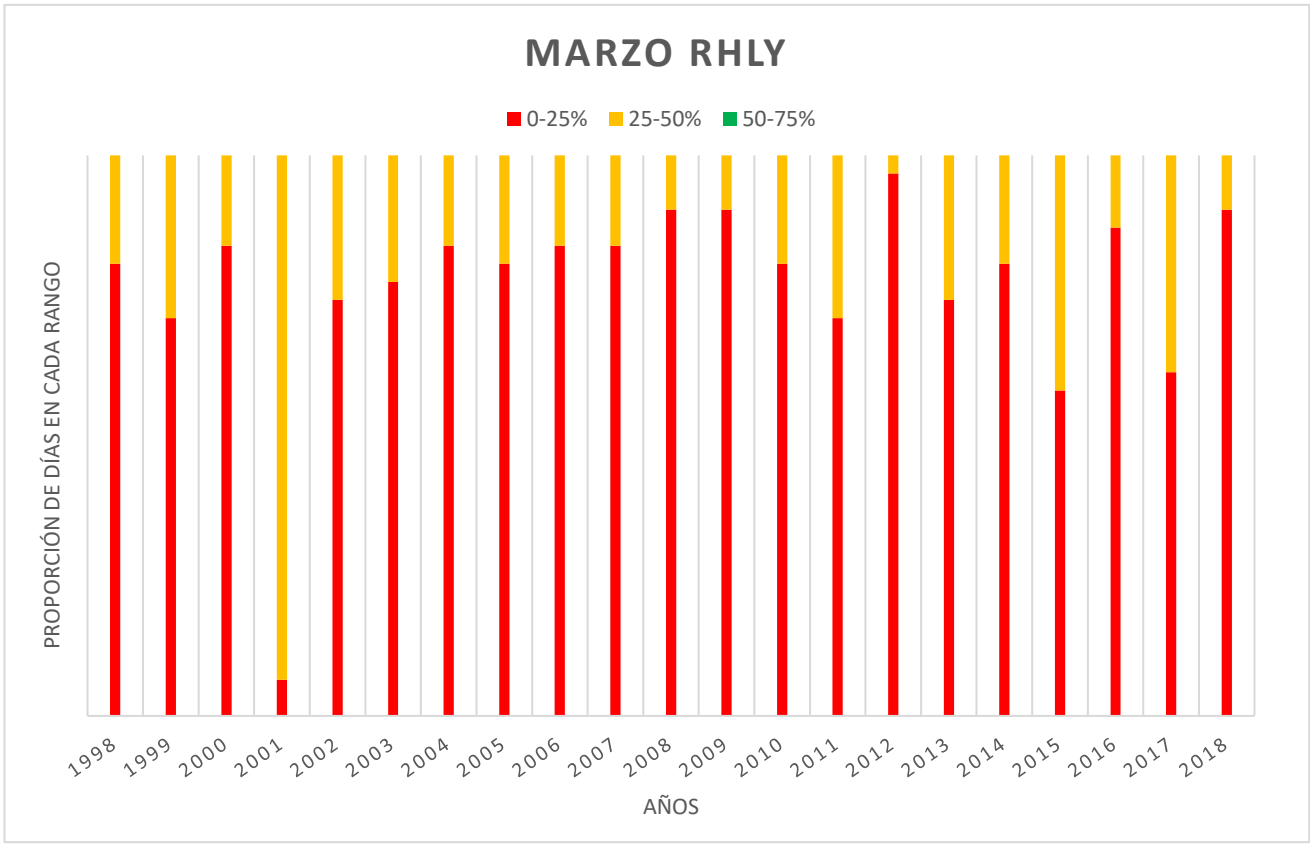

NOVIEMBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

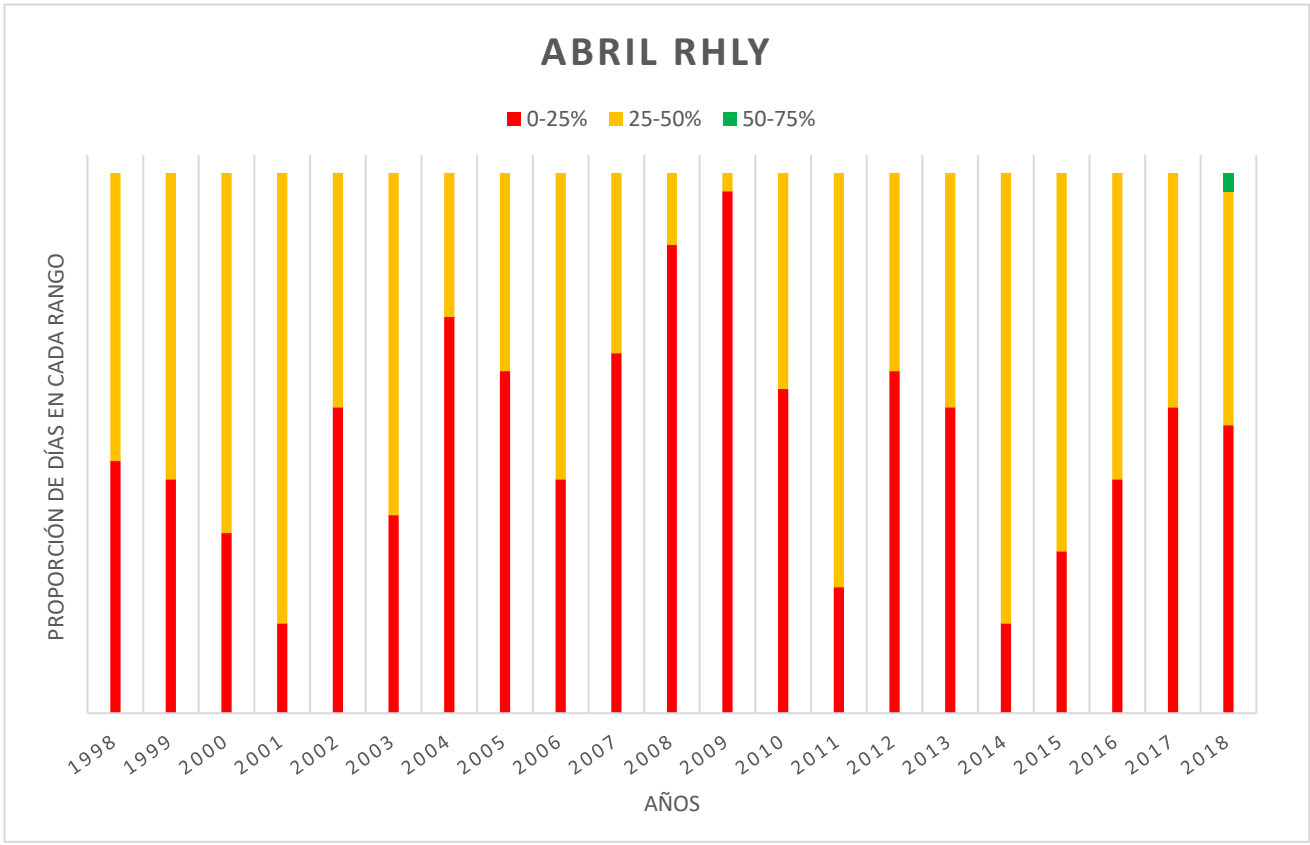

DICIEMBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

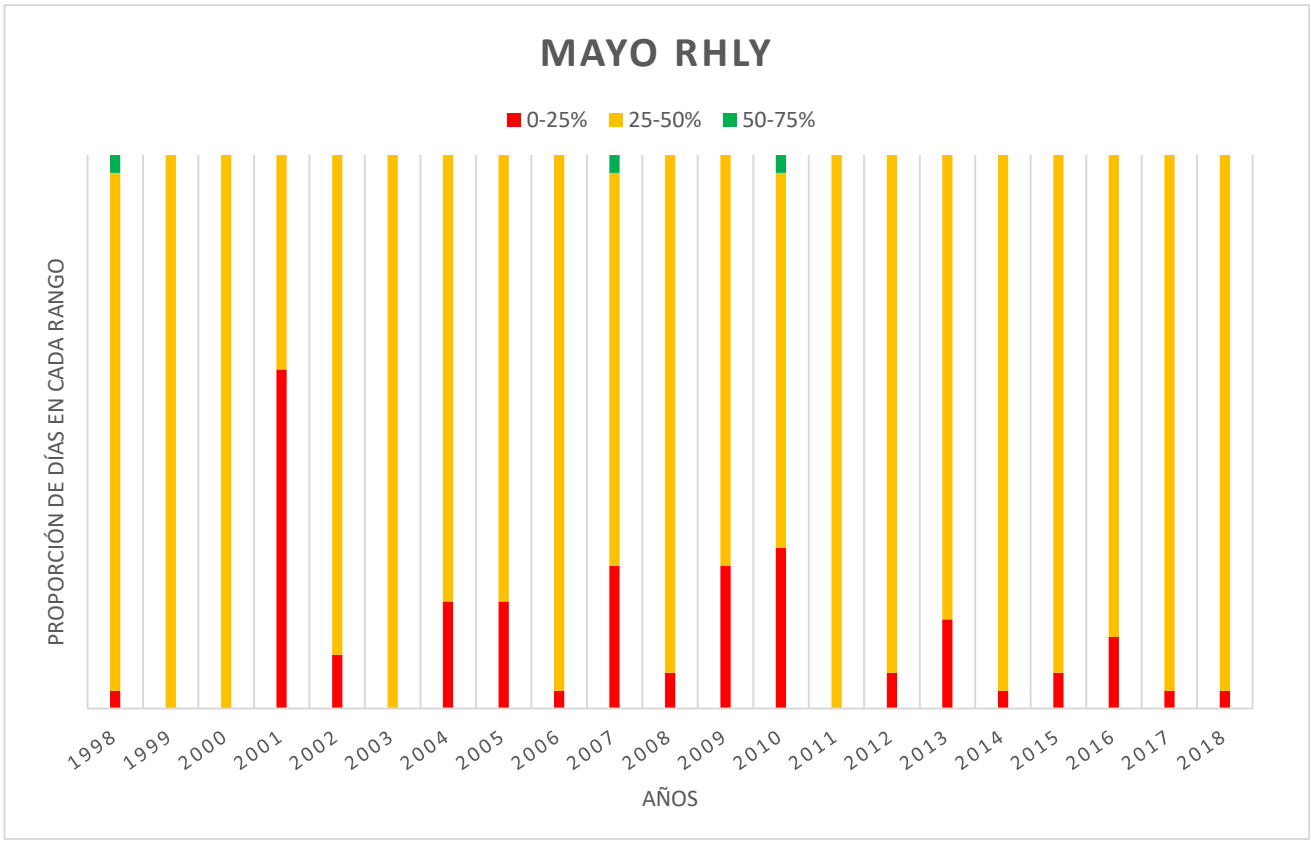
Anejo 8. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *R. lycioides* (abreviado "RHLY") en Alicante. Fuente: Elaboración propia.

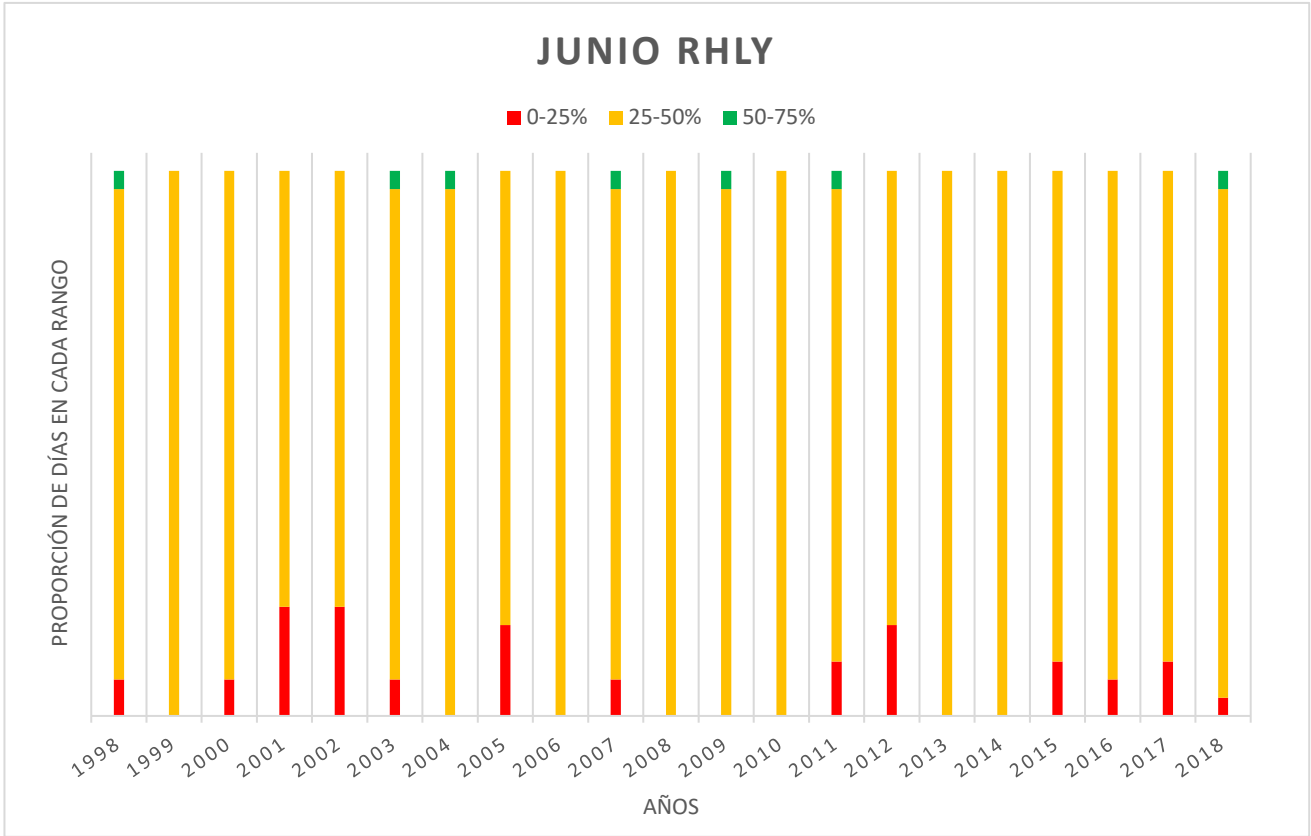


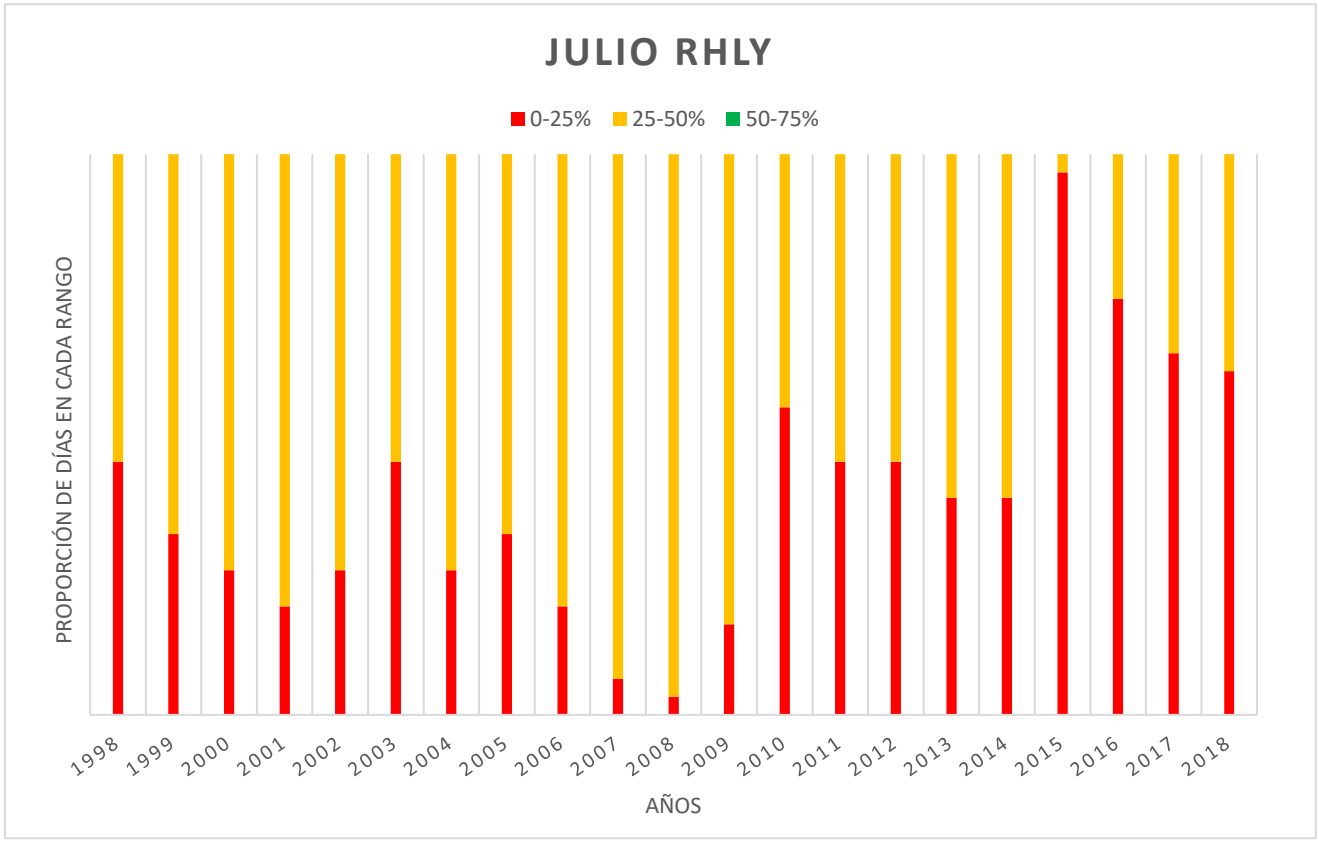


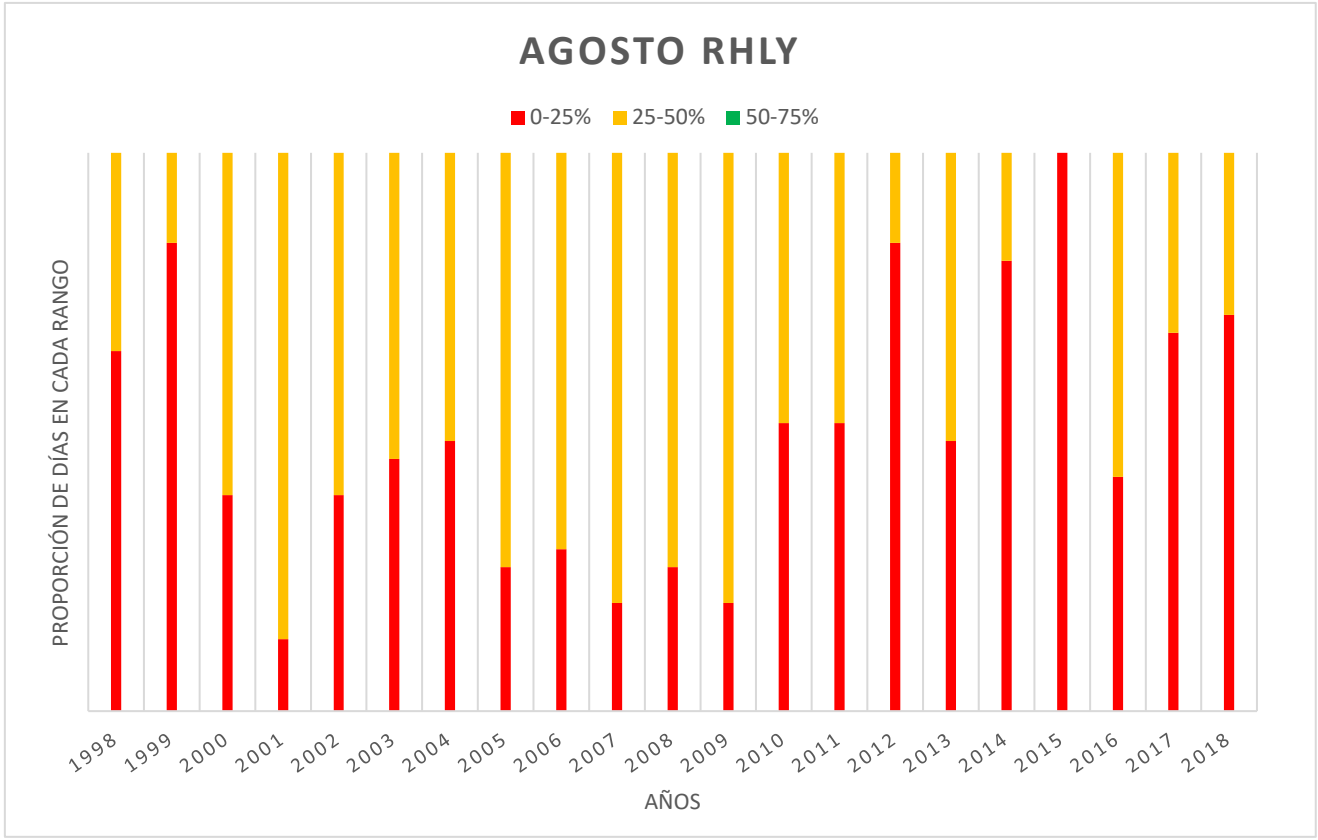

MARZO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

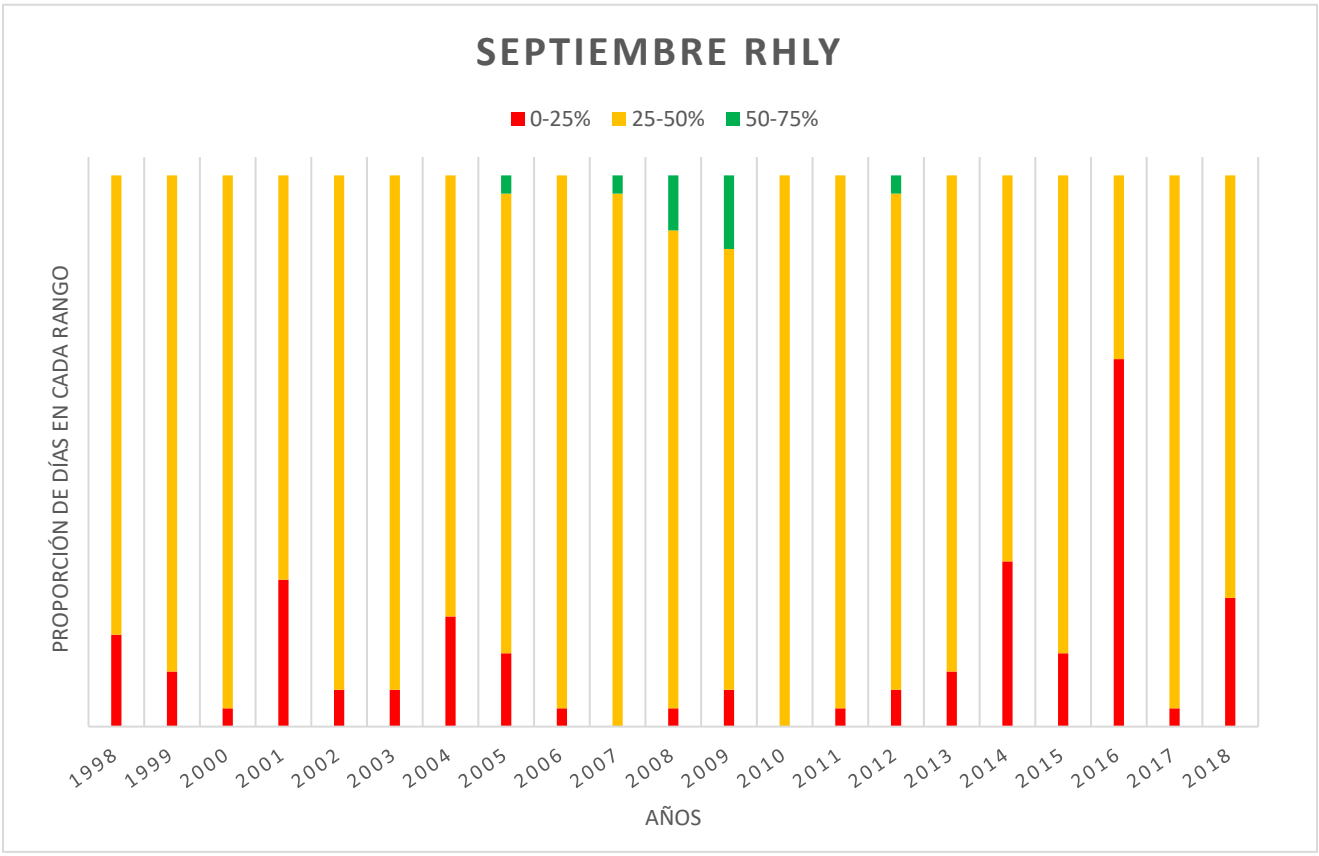

ABRIL RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

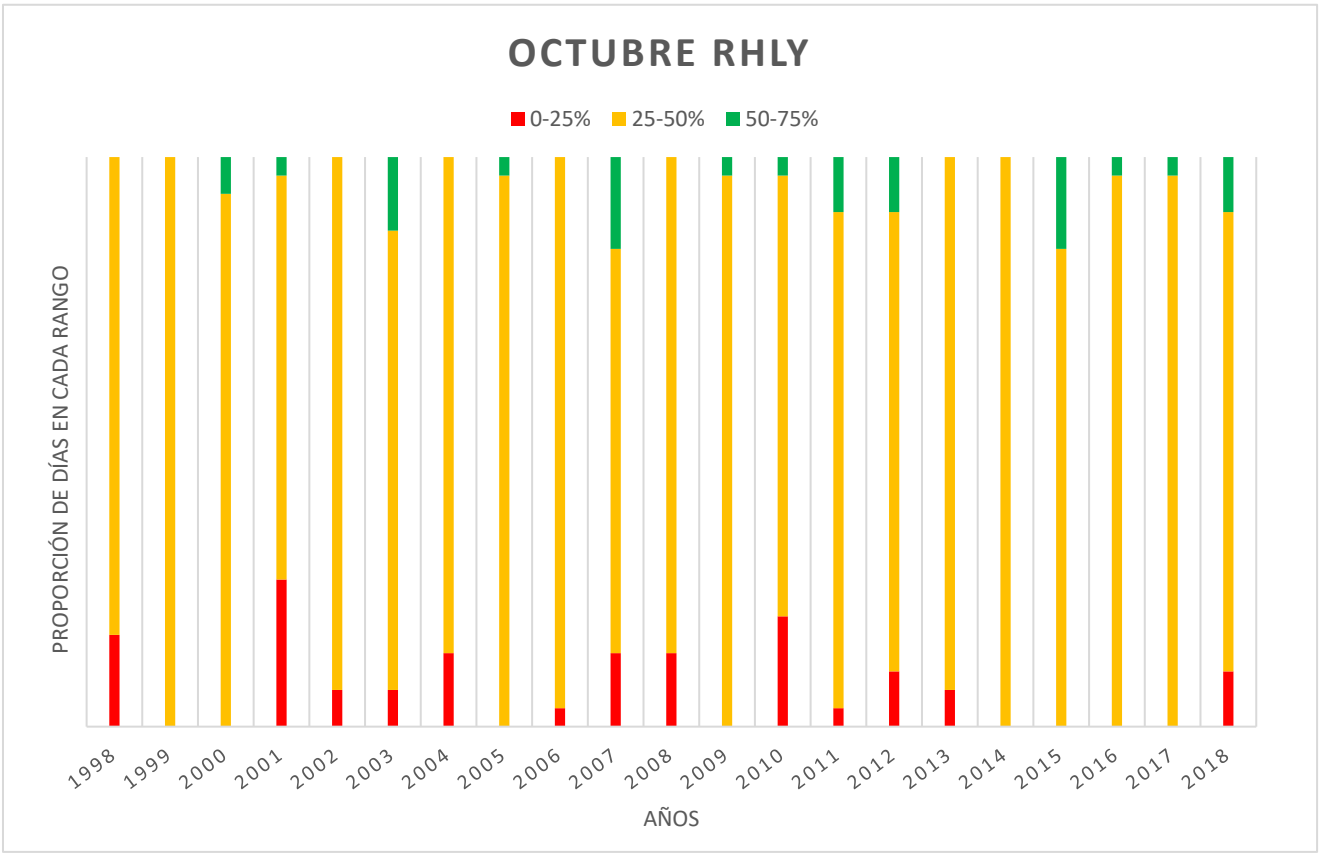

MAYO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

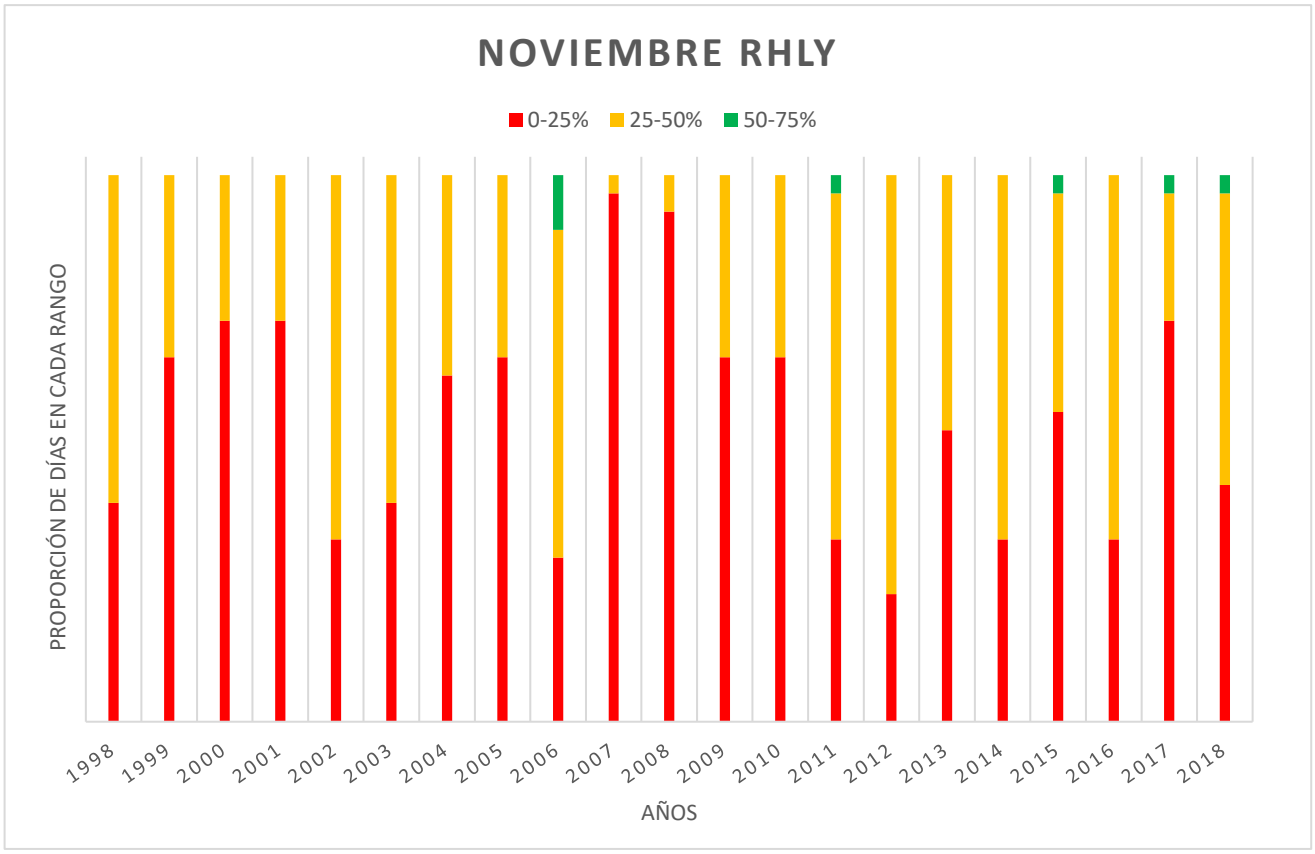

JUNIO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

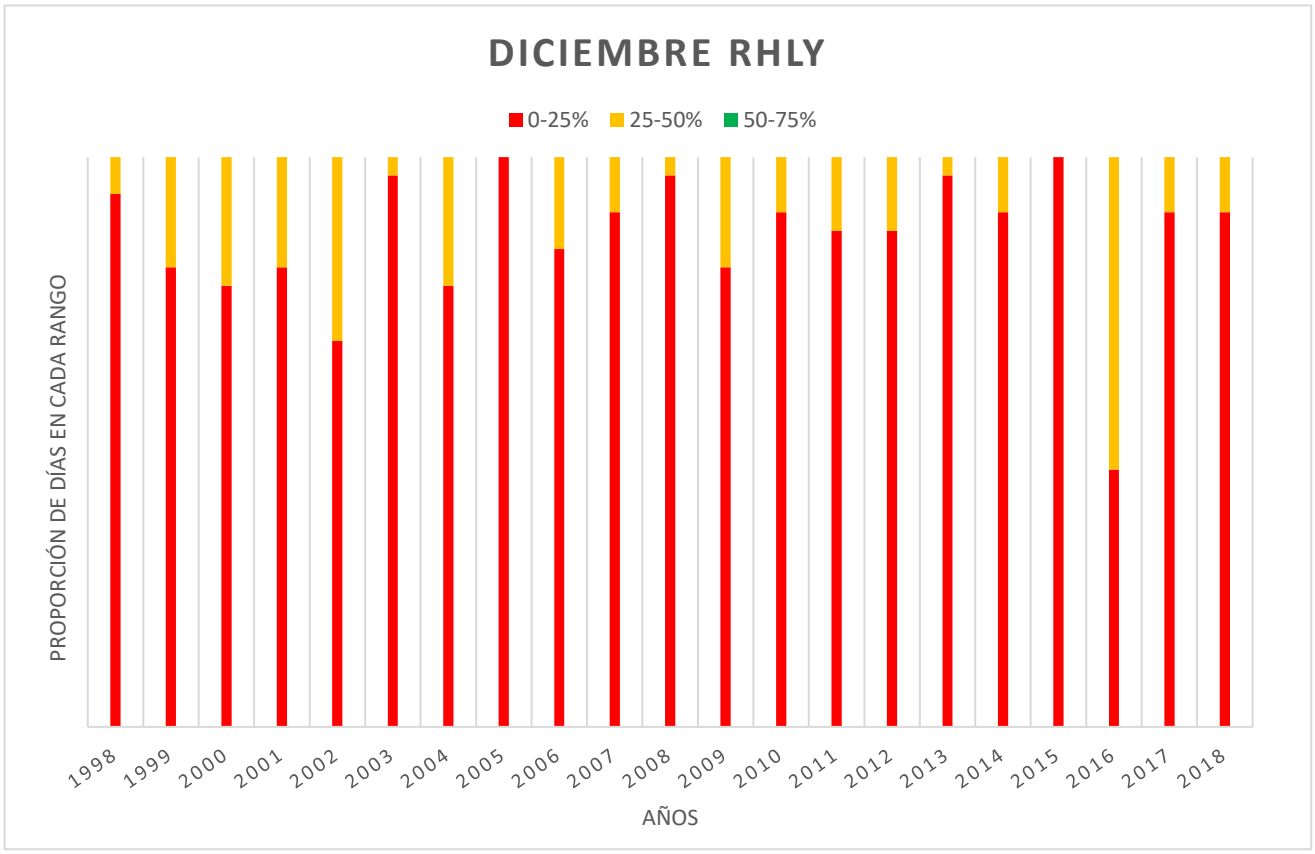

JULIO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

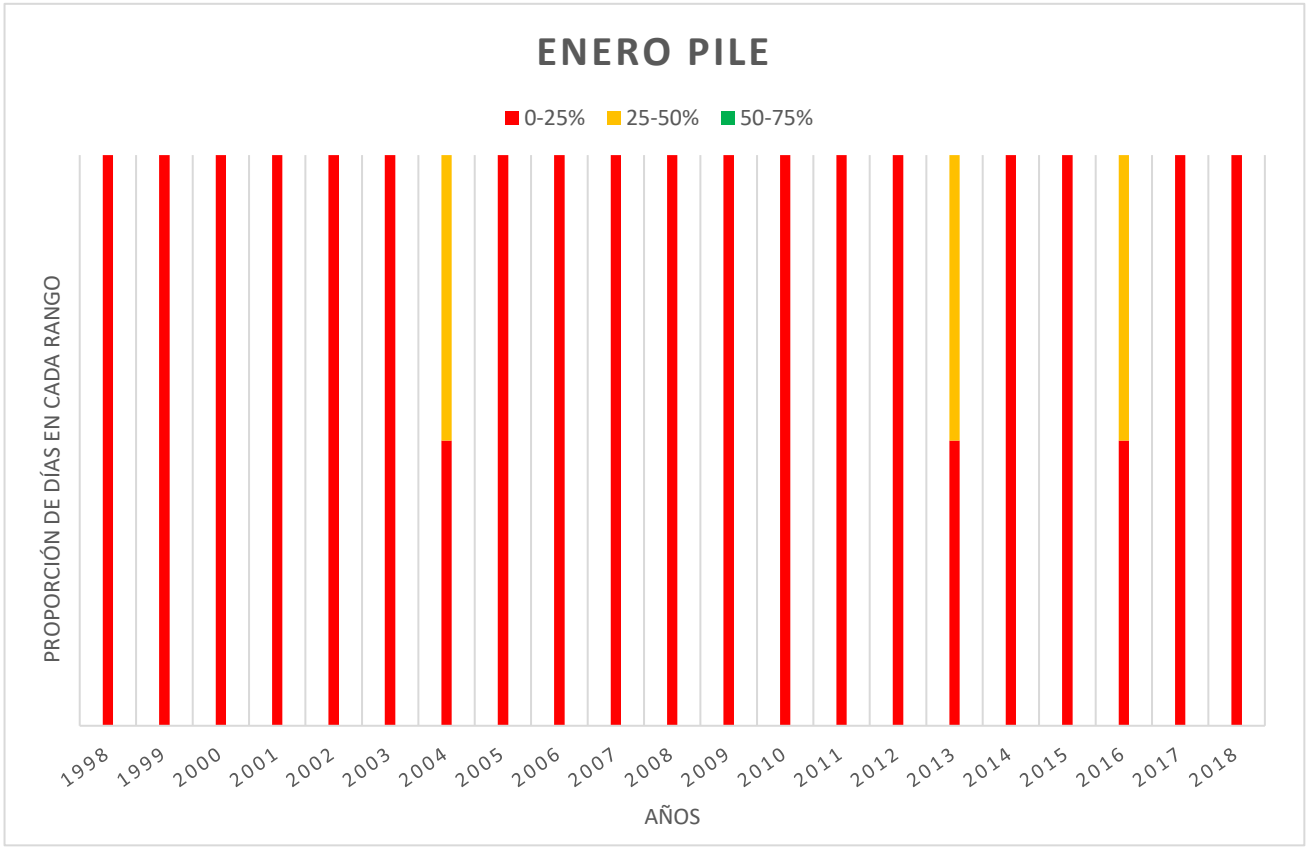

SEPTIEMBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

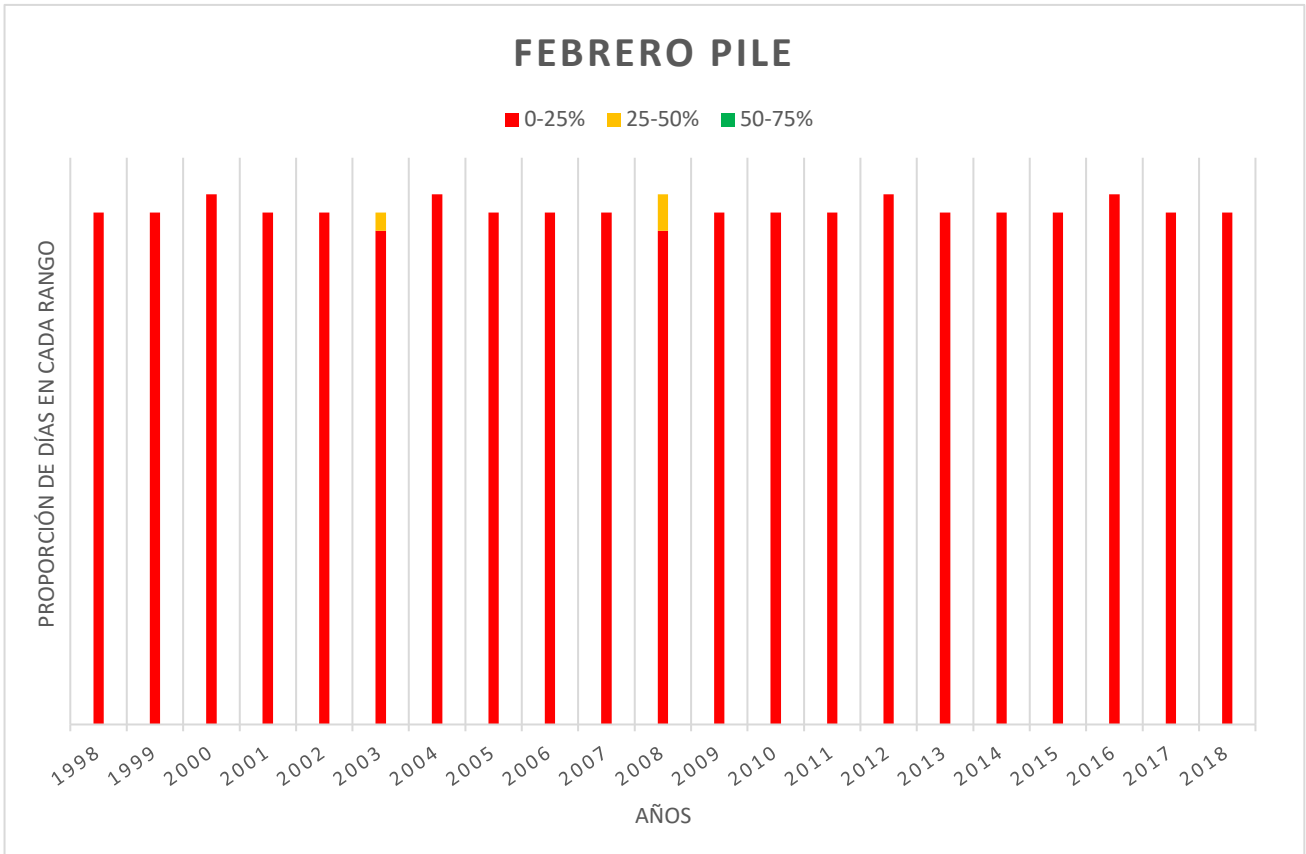

OCTUBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

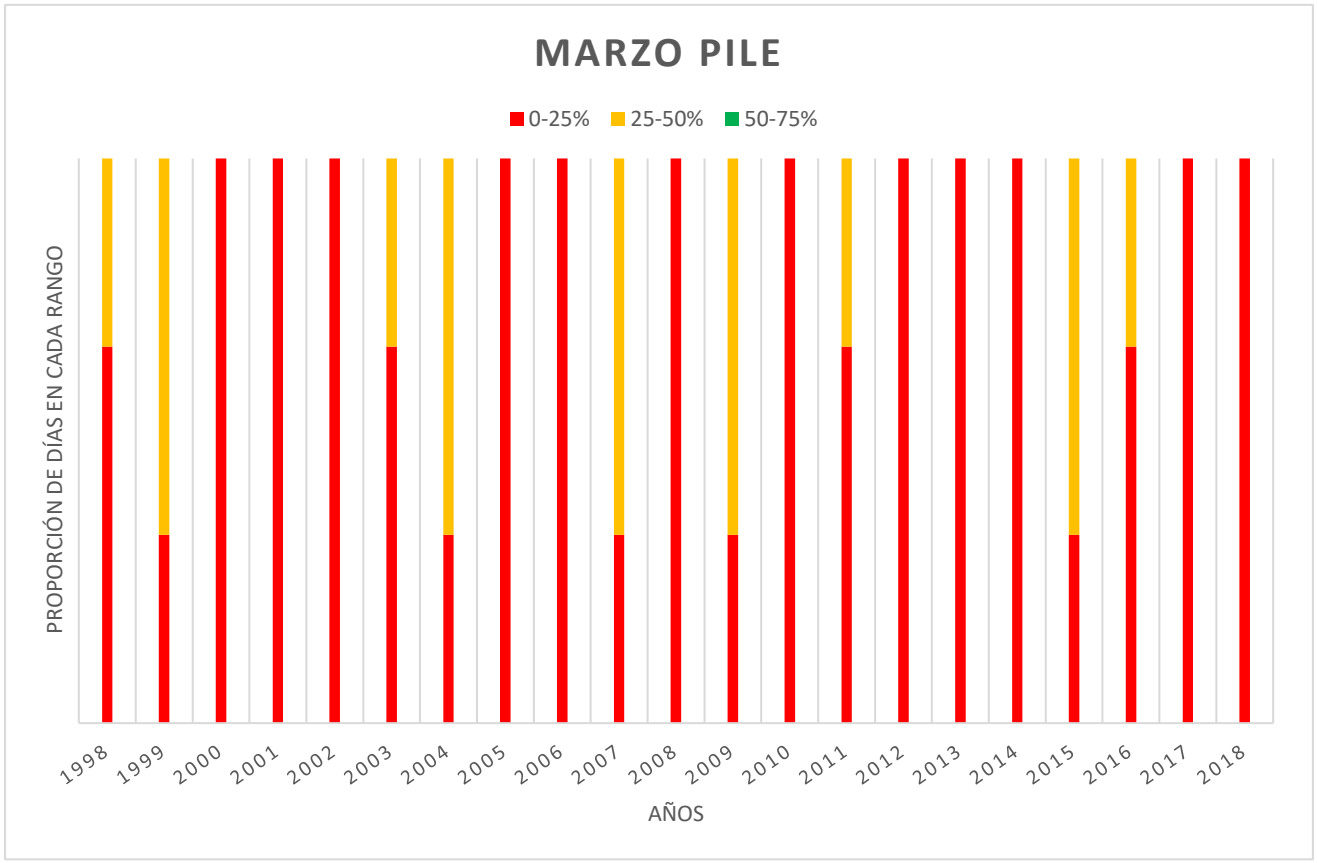

NOVIEMBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

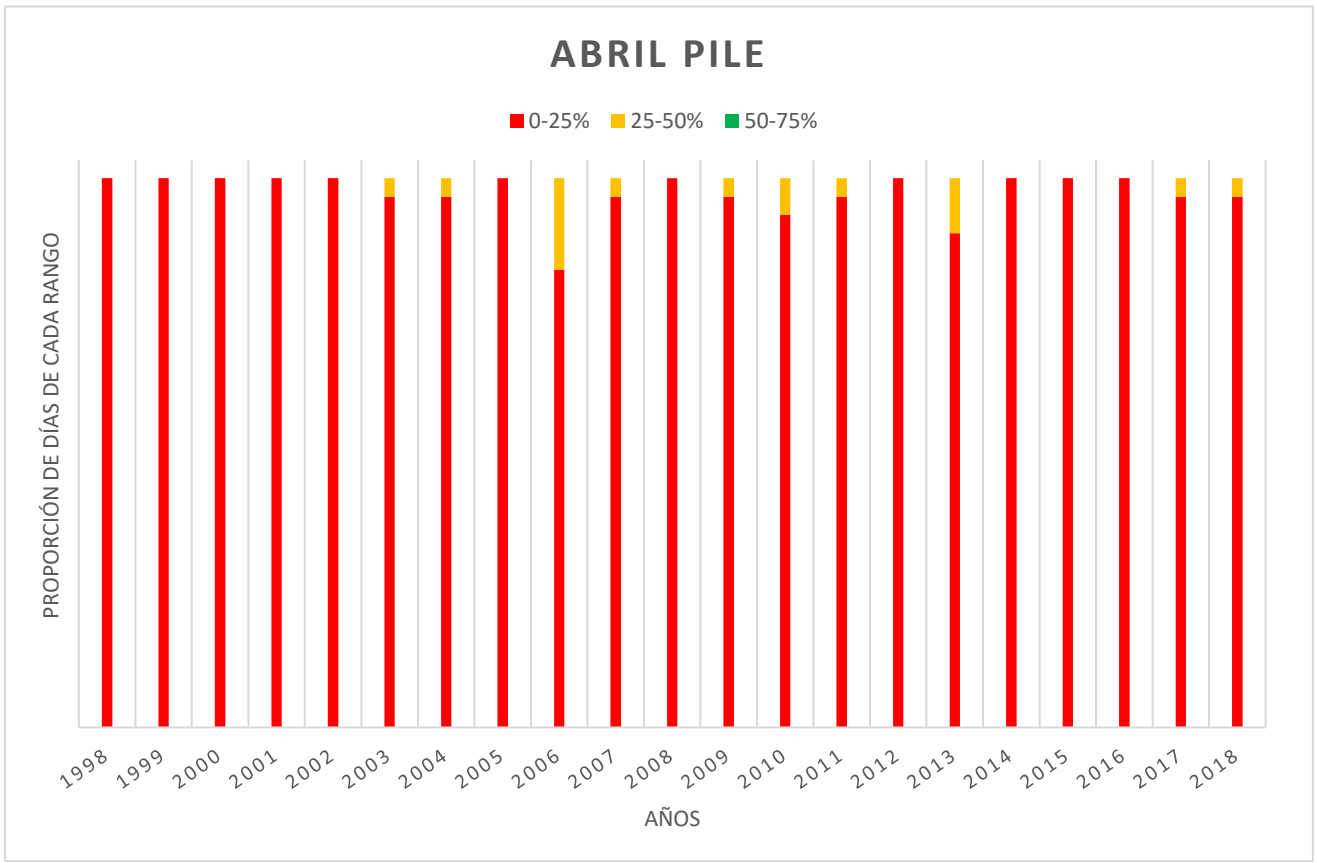

DICIEMBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

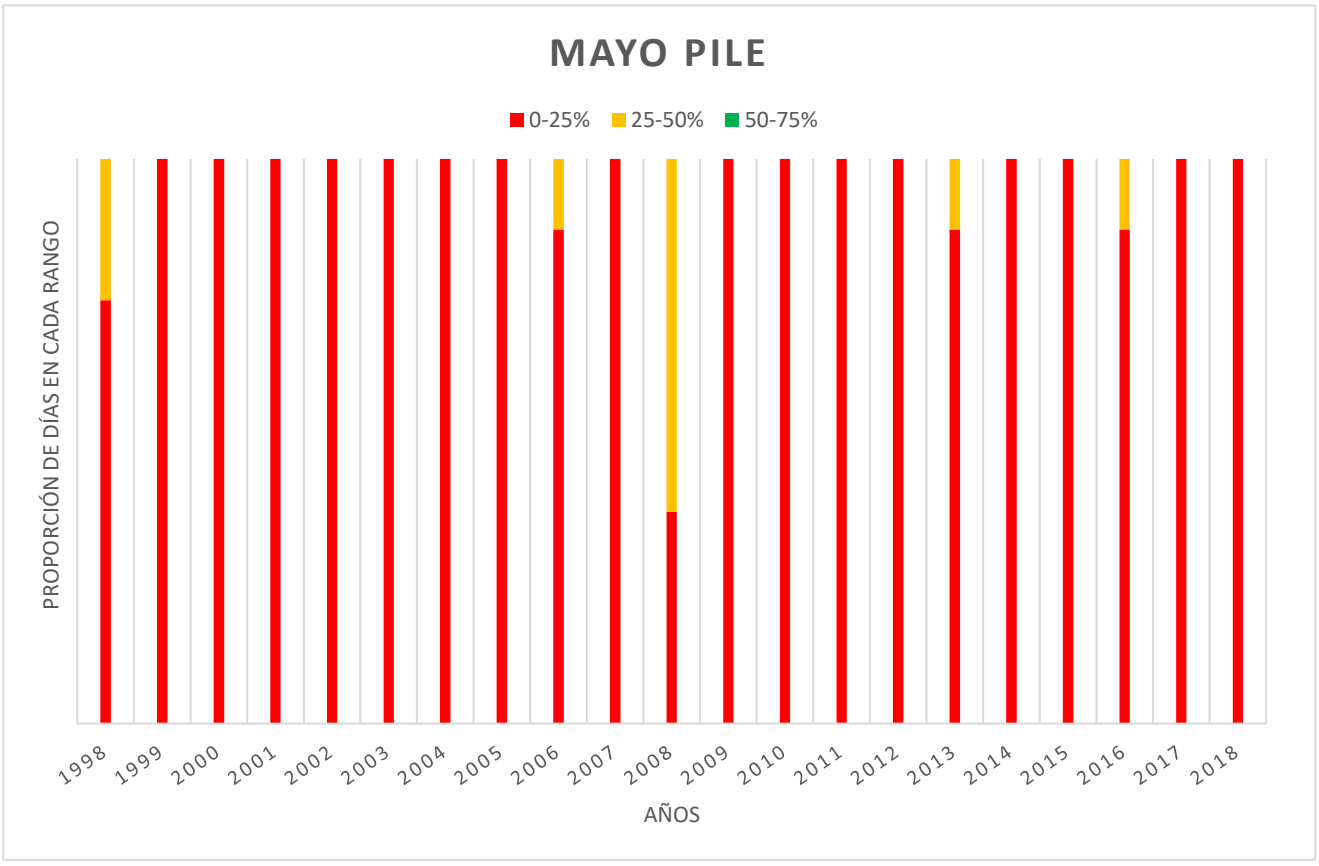
Anejo 9. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *P. lentiscus* (abreviado "PILE") en Murcia. Fuente: Elaboración propia.

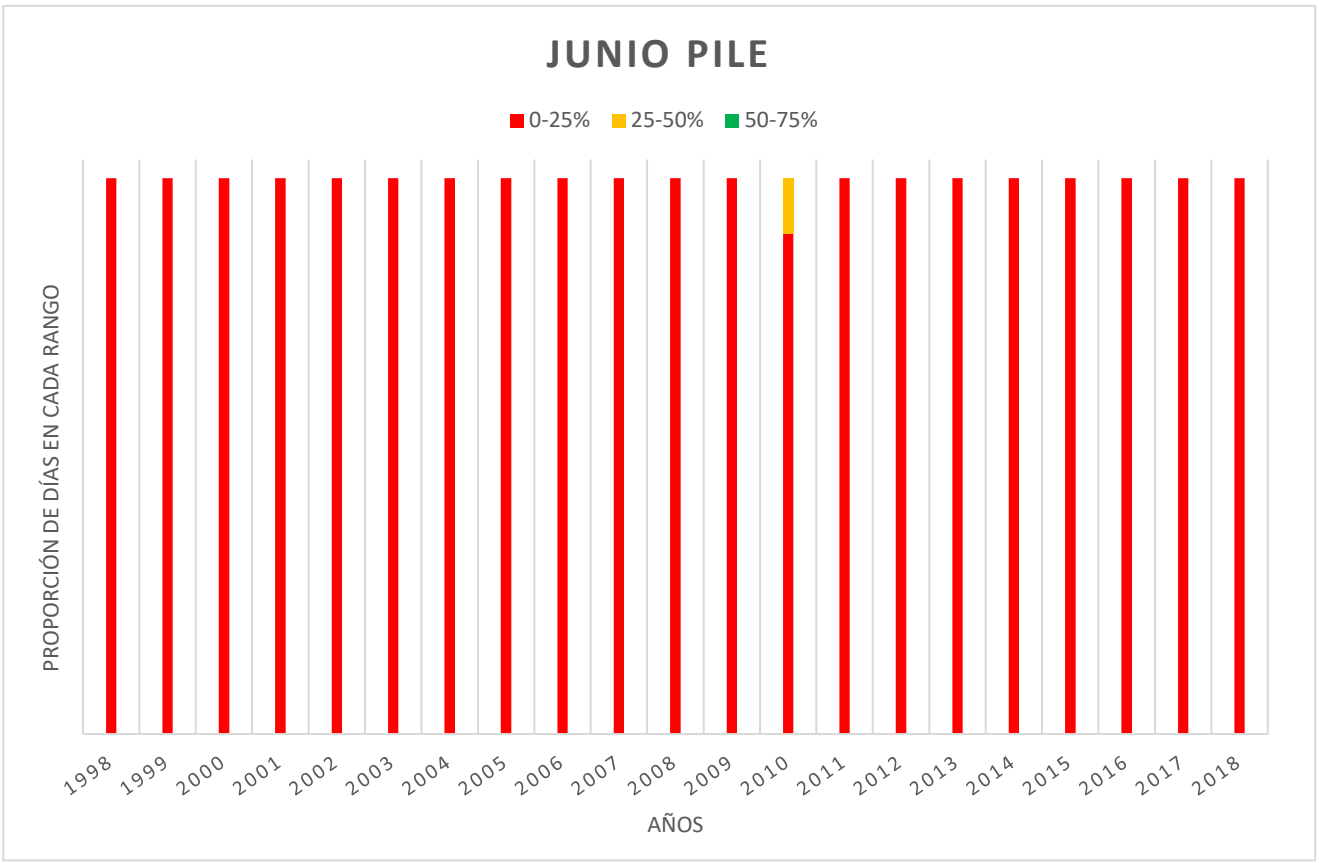


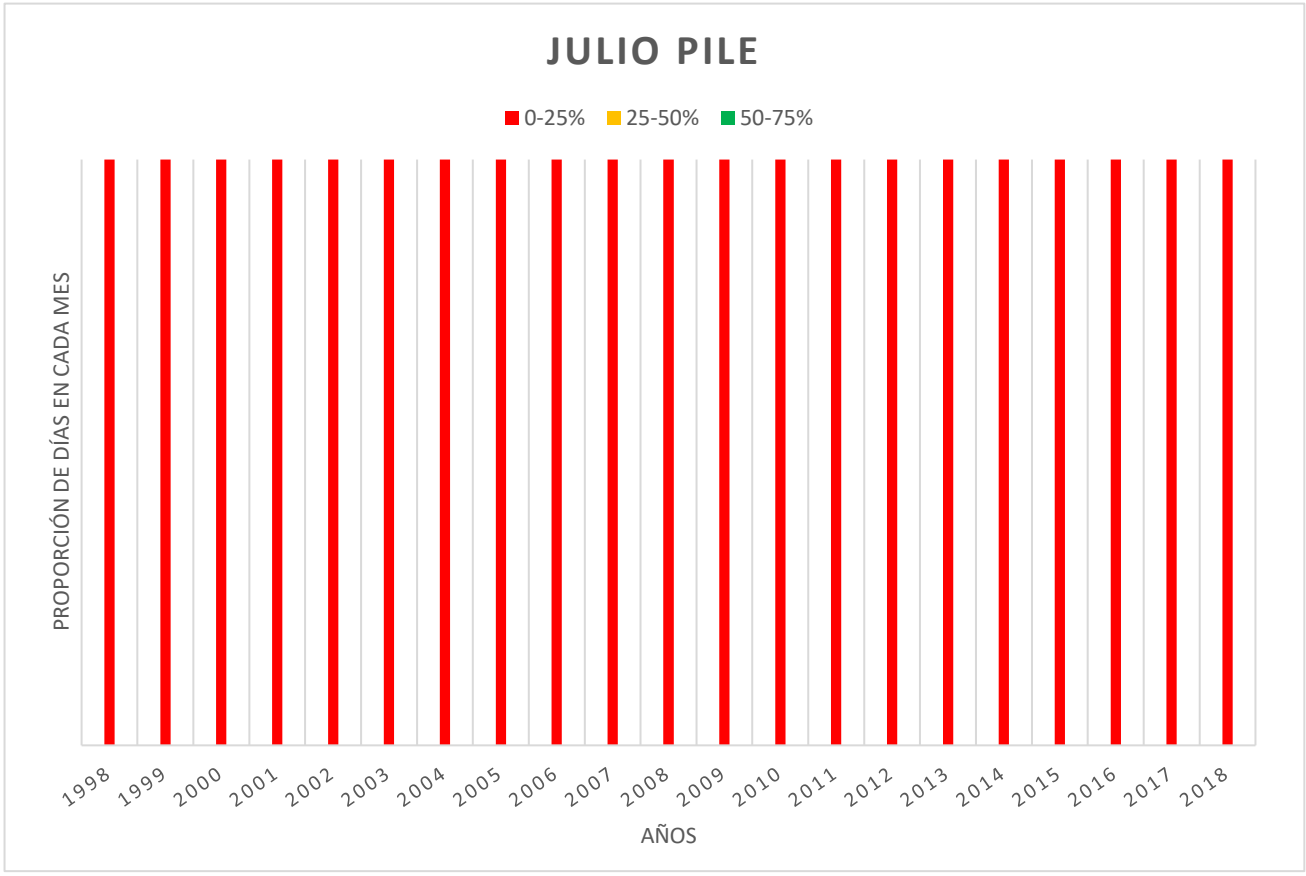


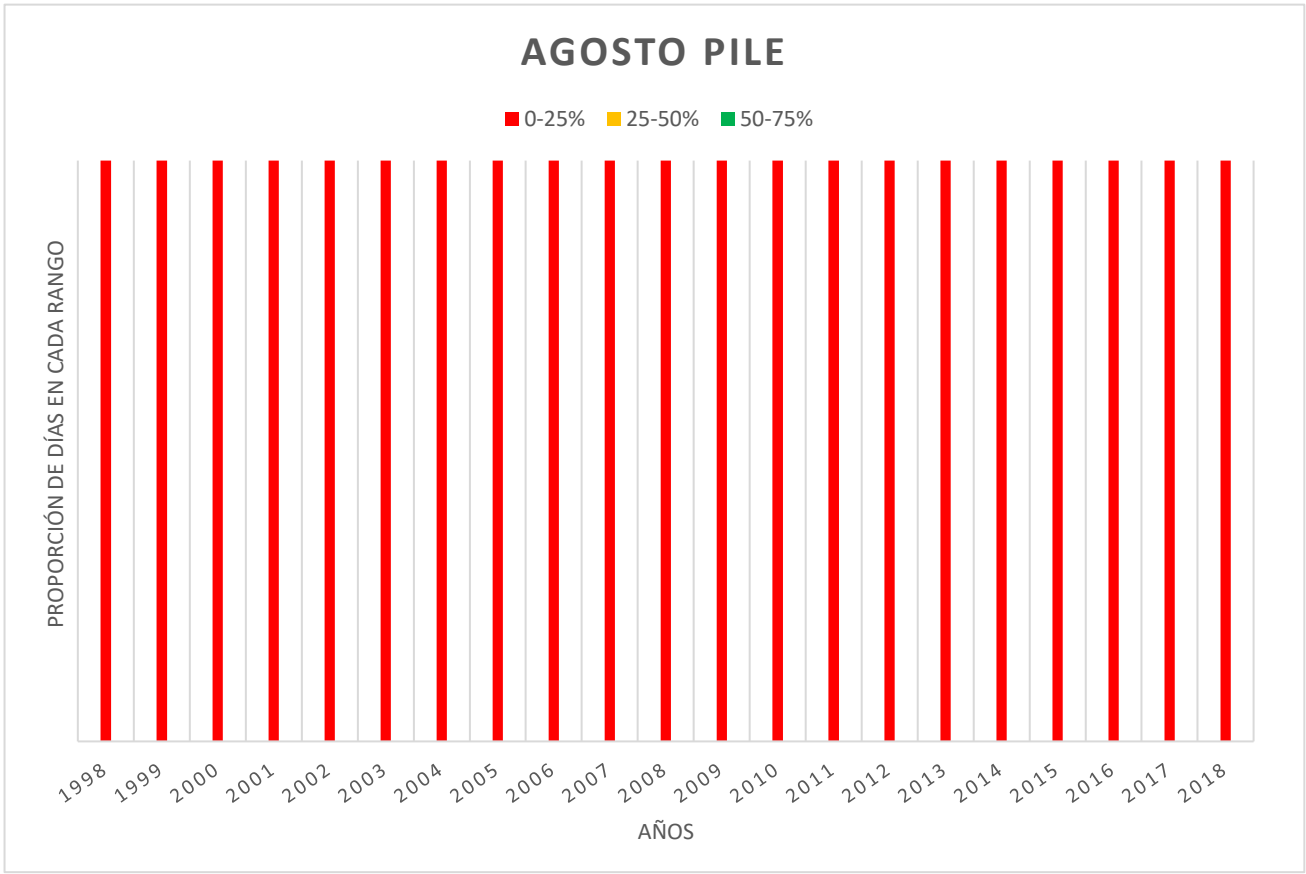

MARZO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

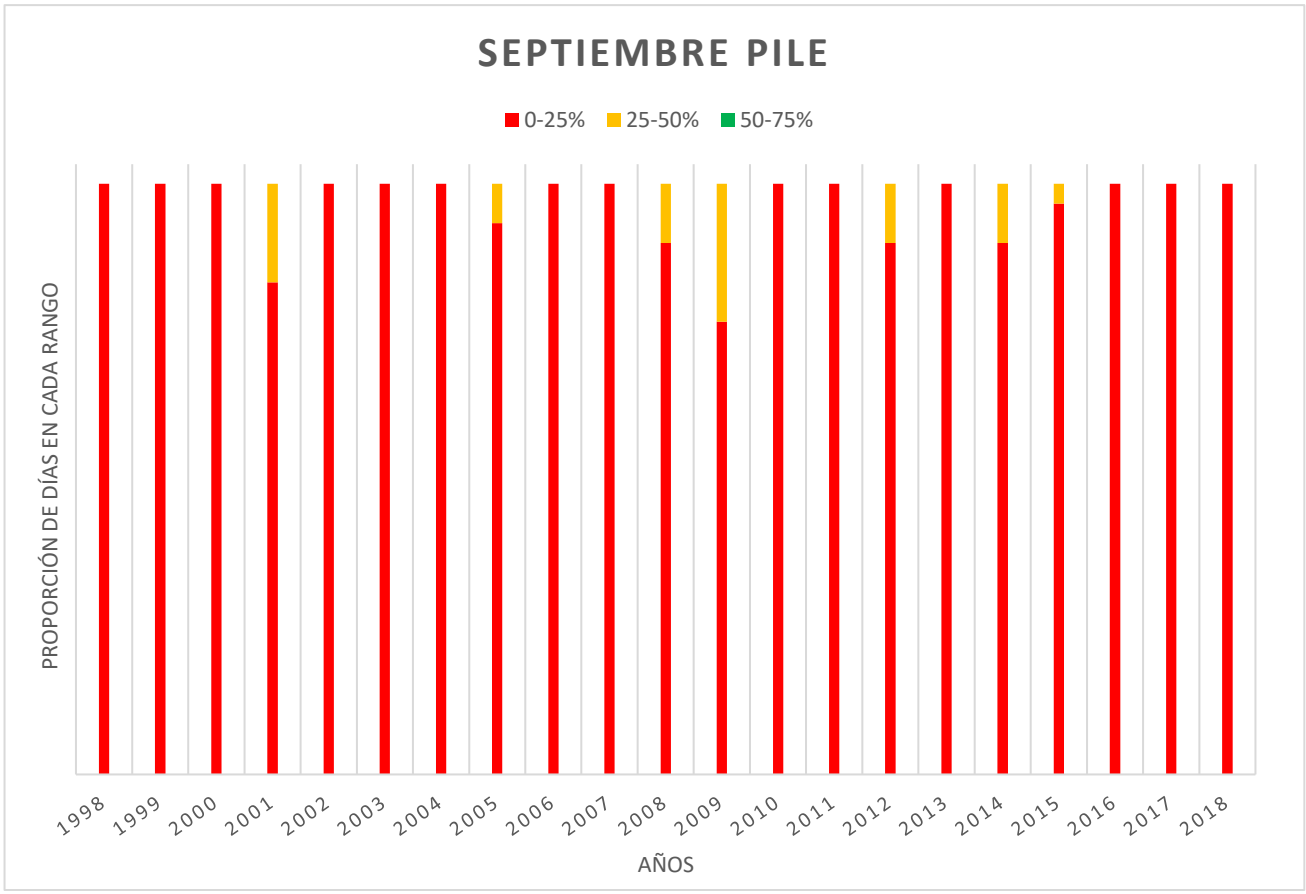

ABRIL PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

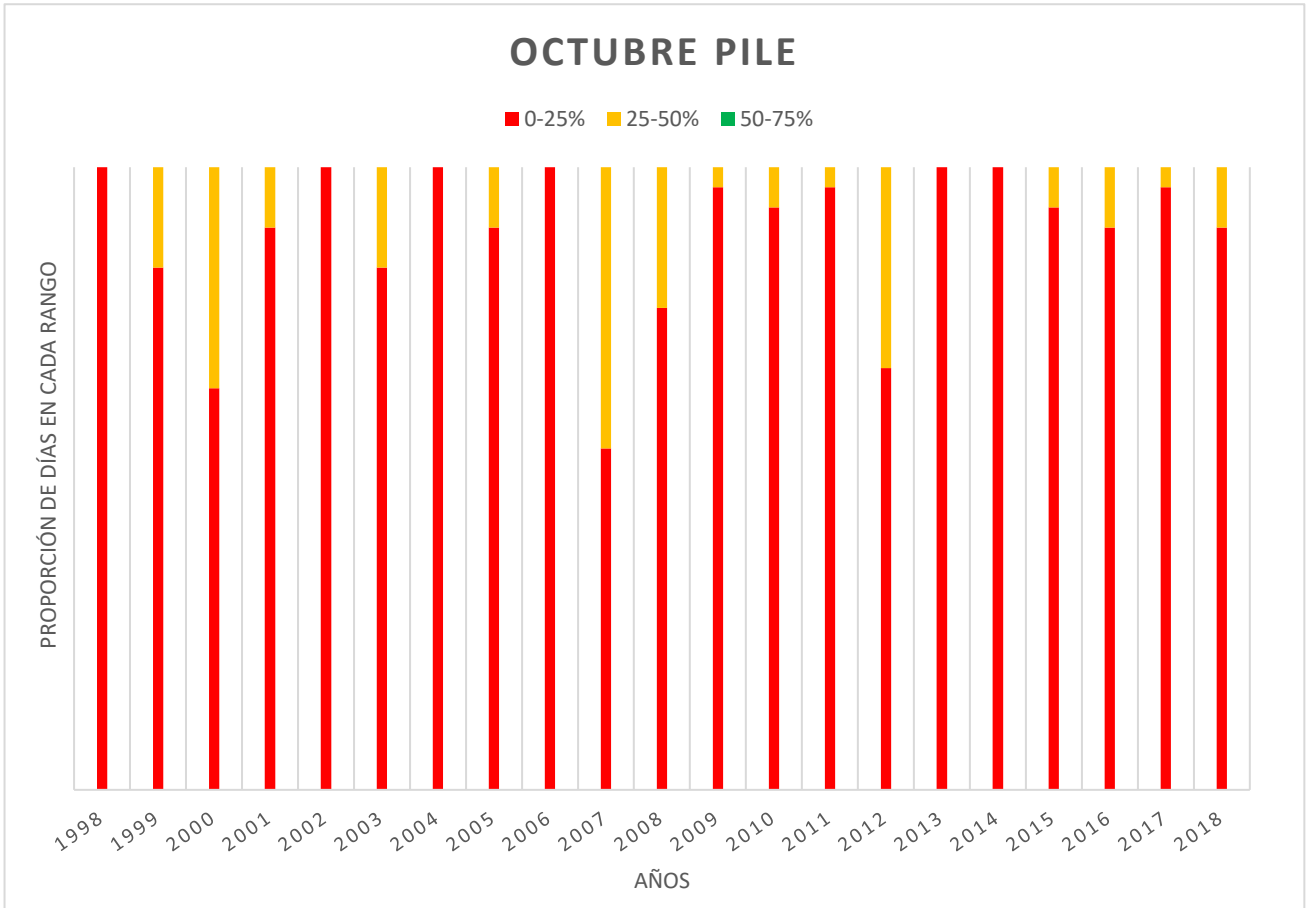

MAYO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

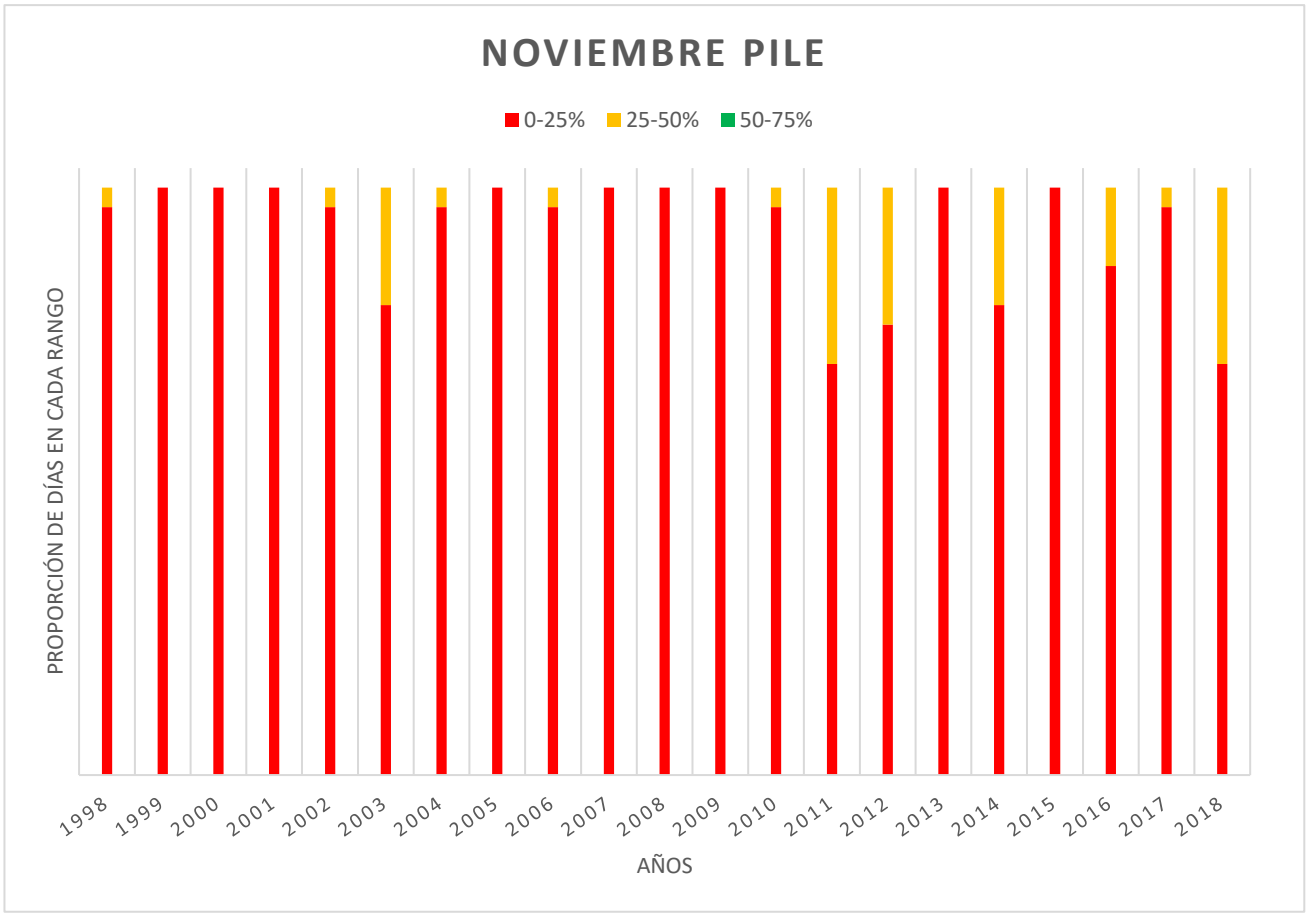

JUNIO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

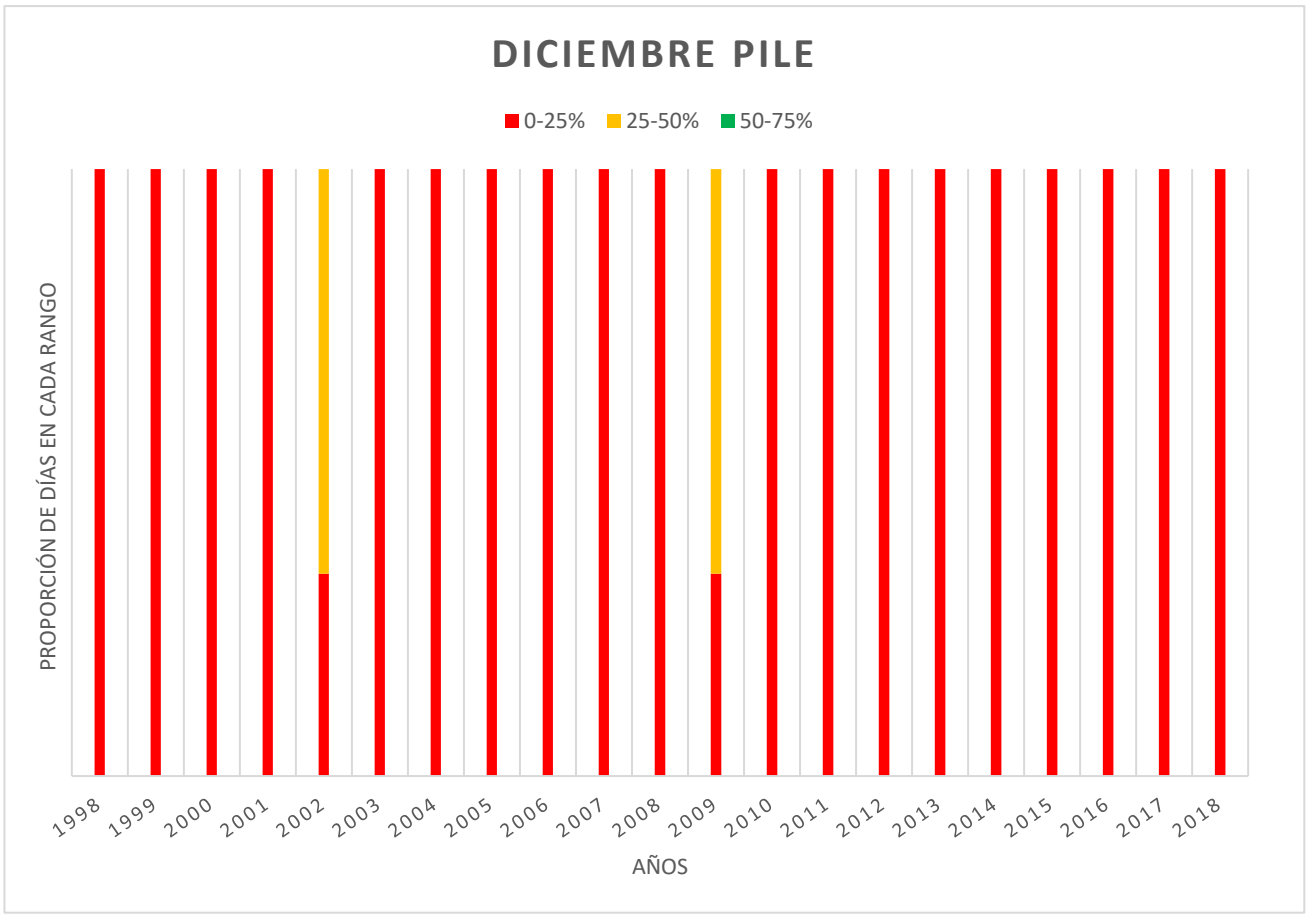

JULIO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA MES
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

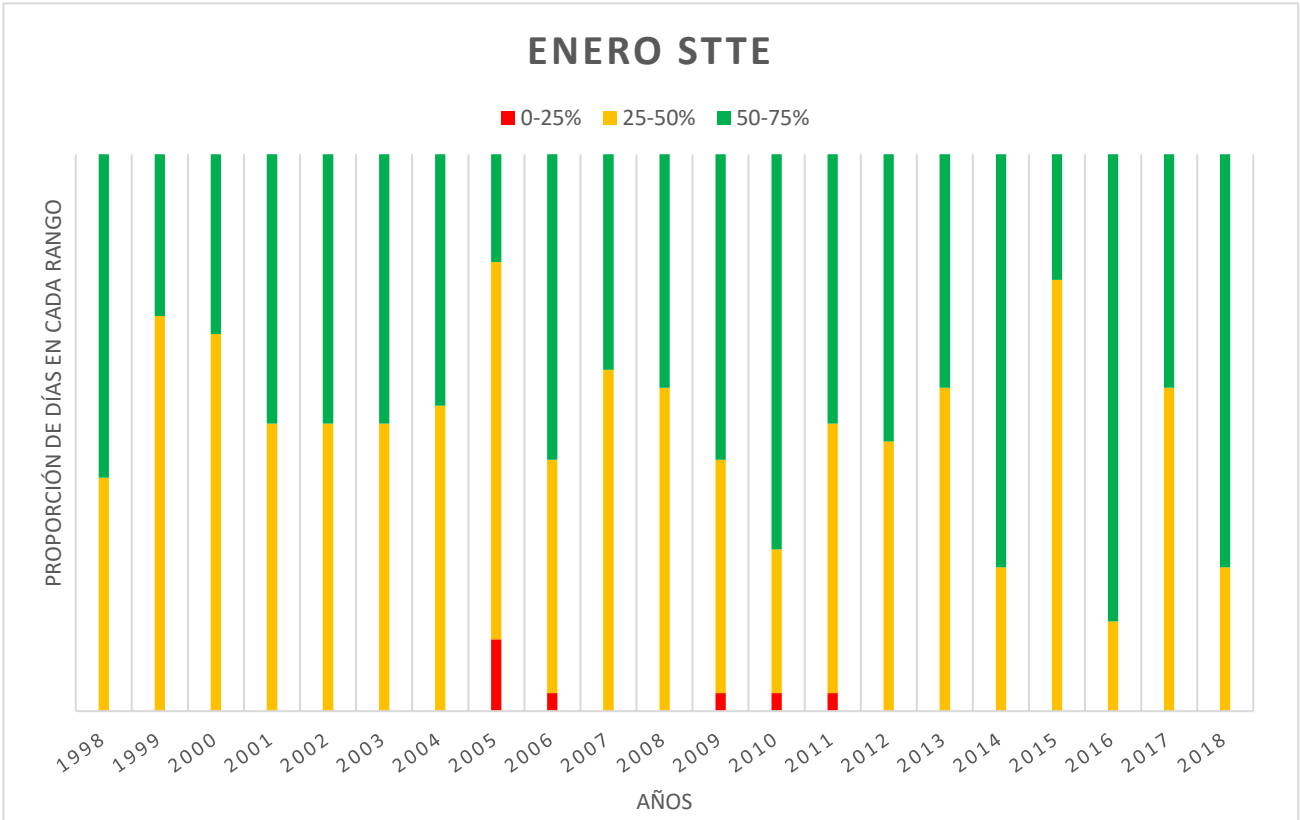

SEPTIEMBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

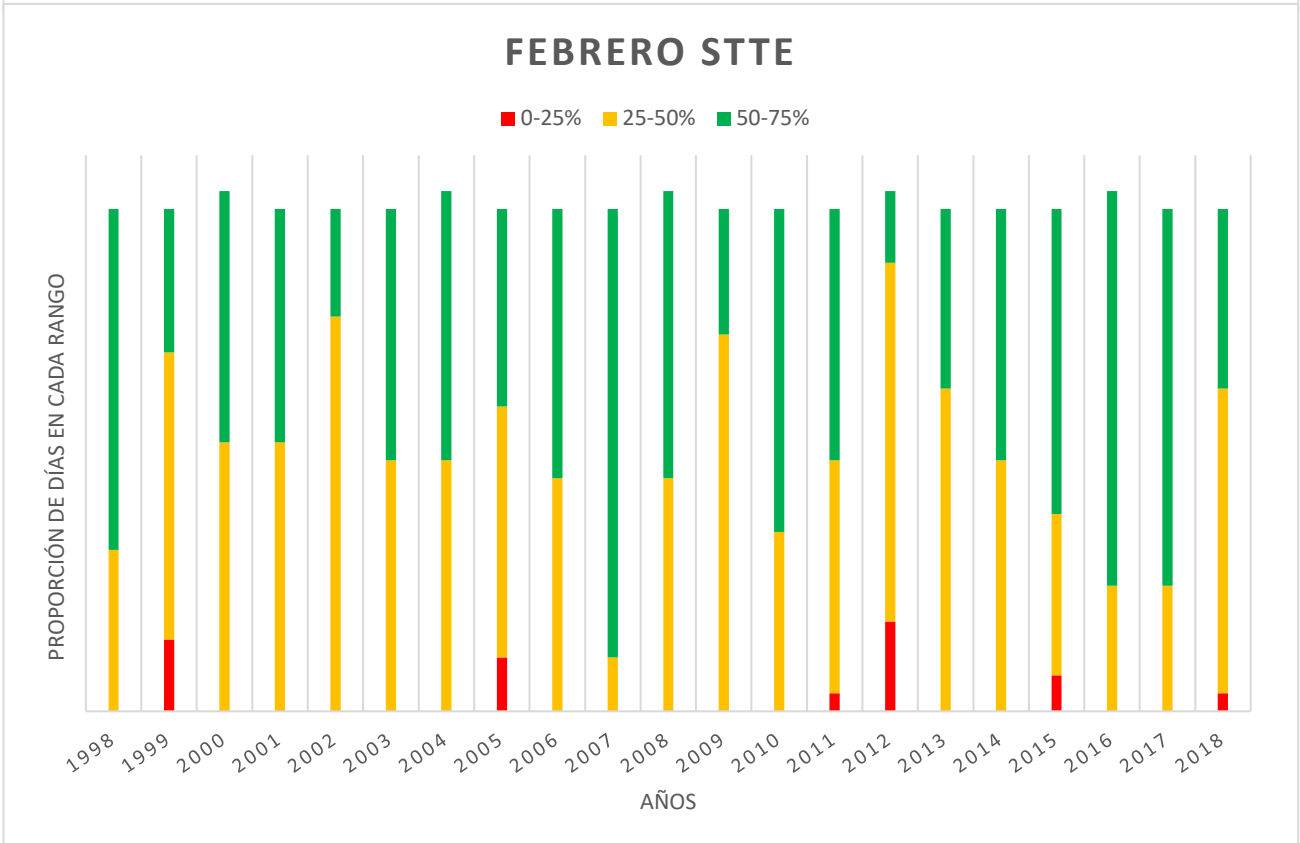

OCTUBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

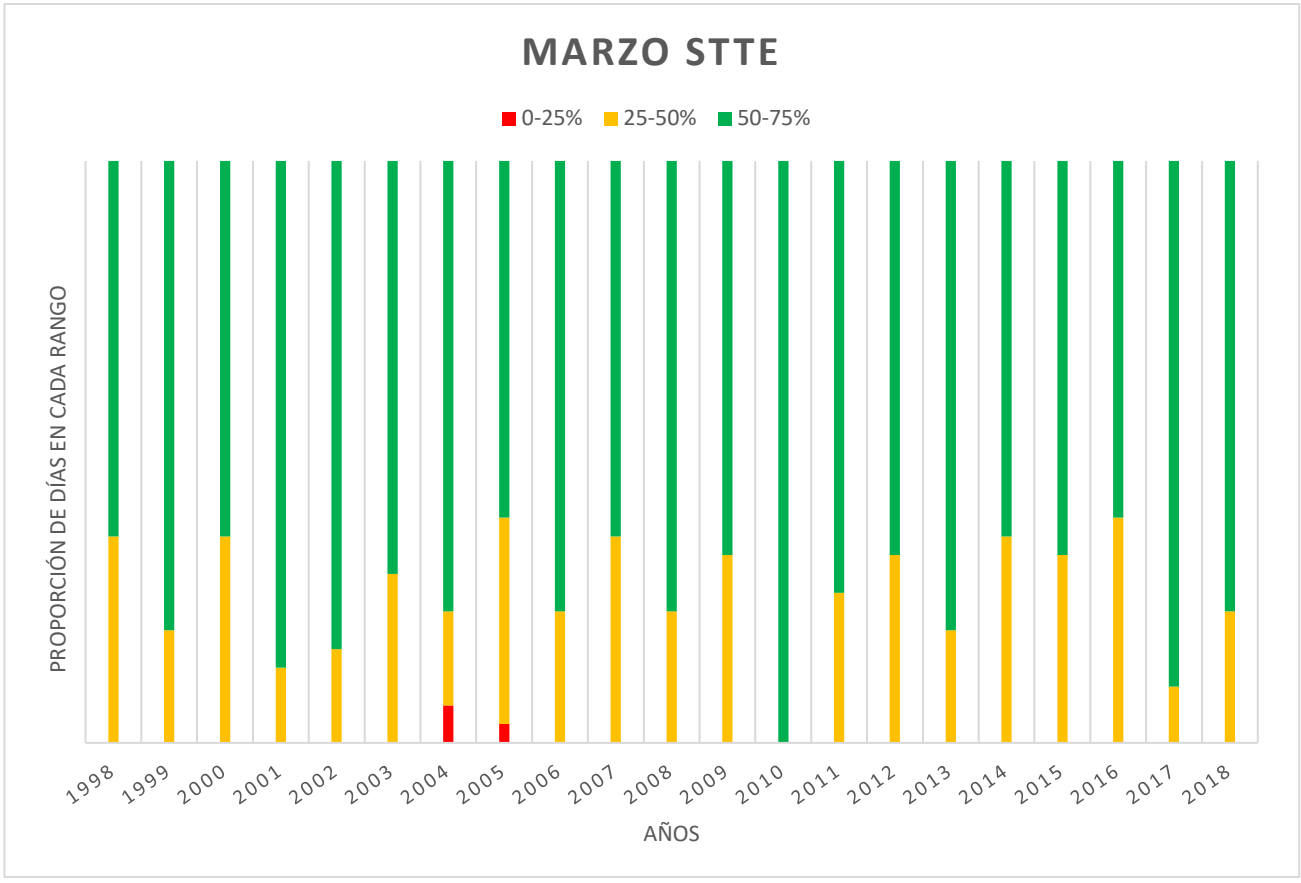

NOVIEMBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

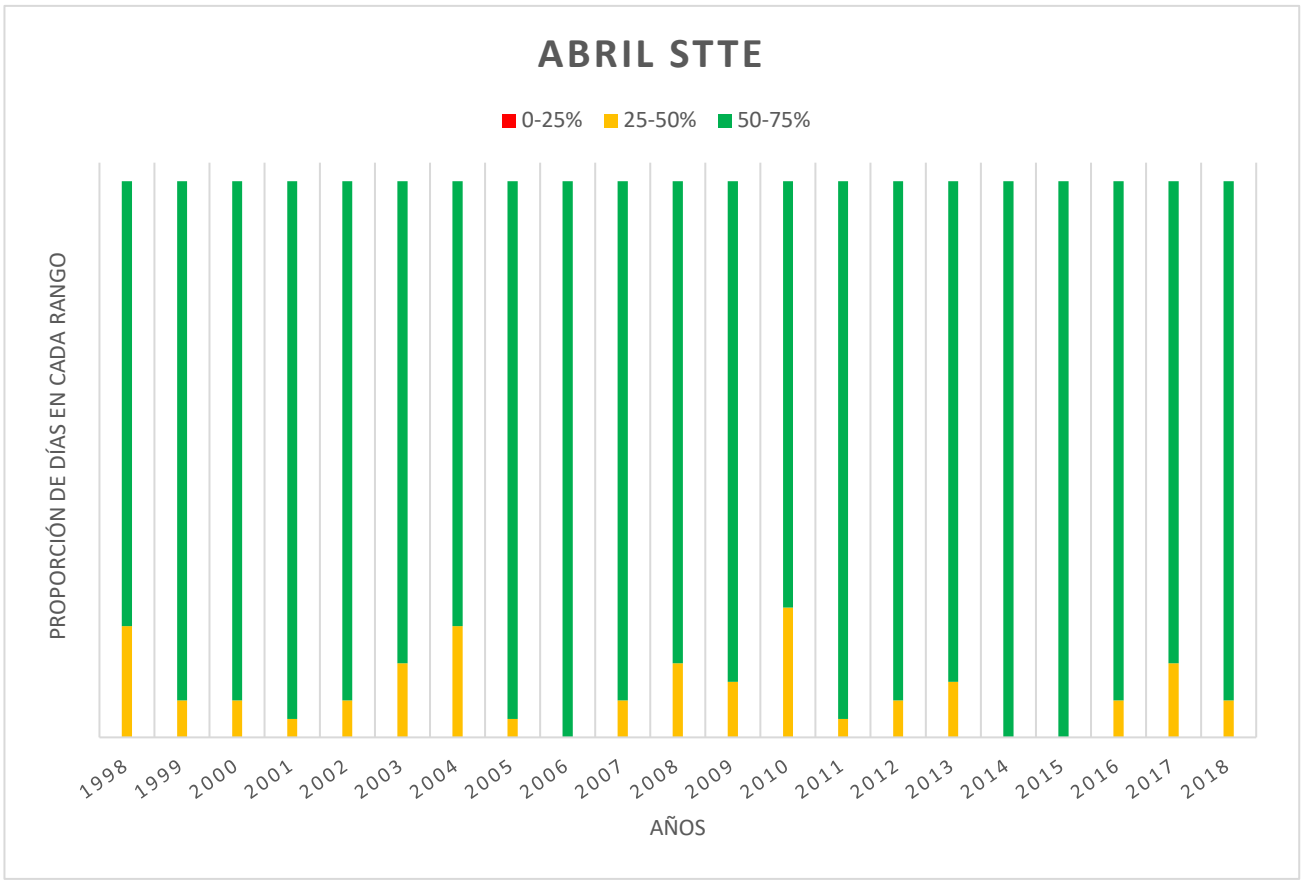

DICIEMBRE PILE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

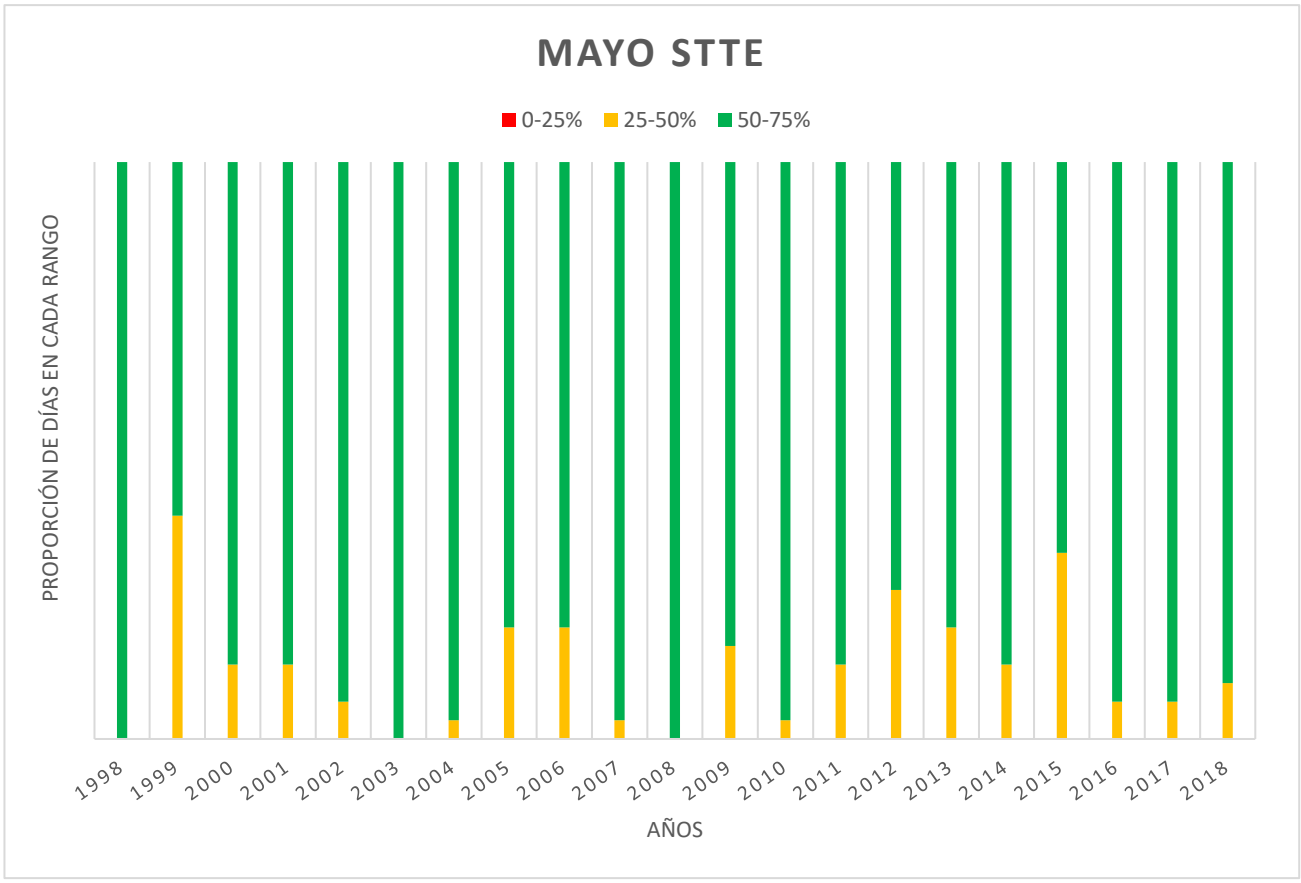
Anejo 10. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *S. tenacissima* (abreviado "STTE") en Murcia. Fuente: Elaboración propia.

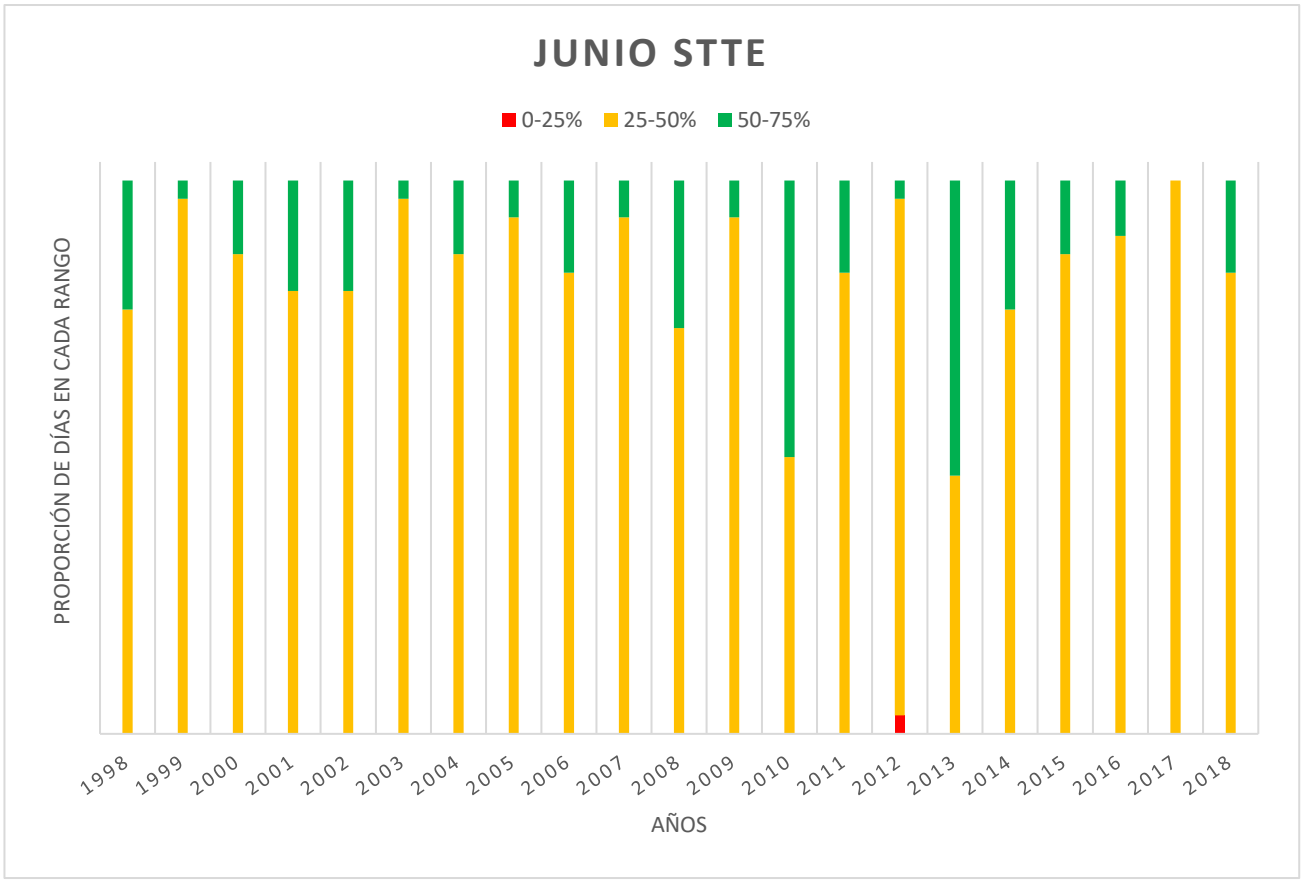


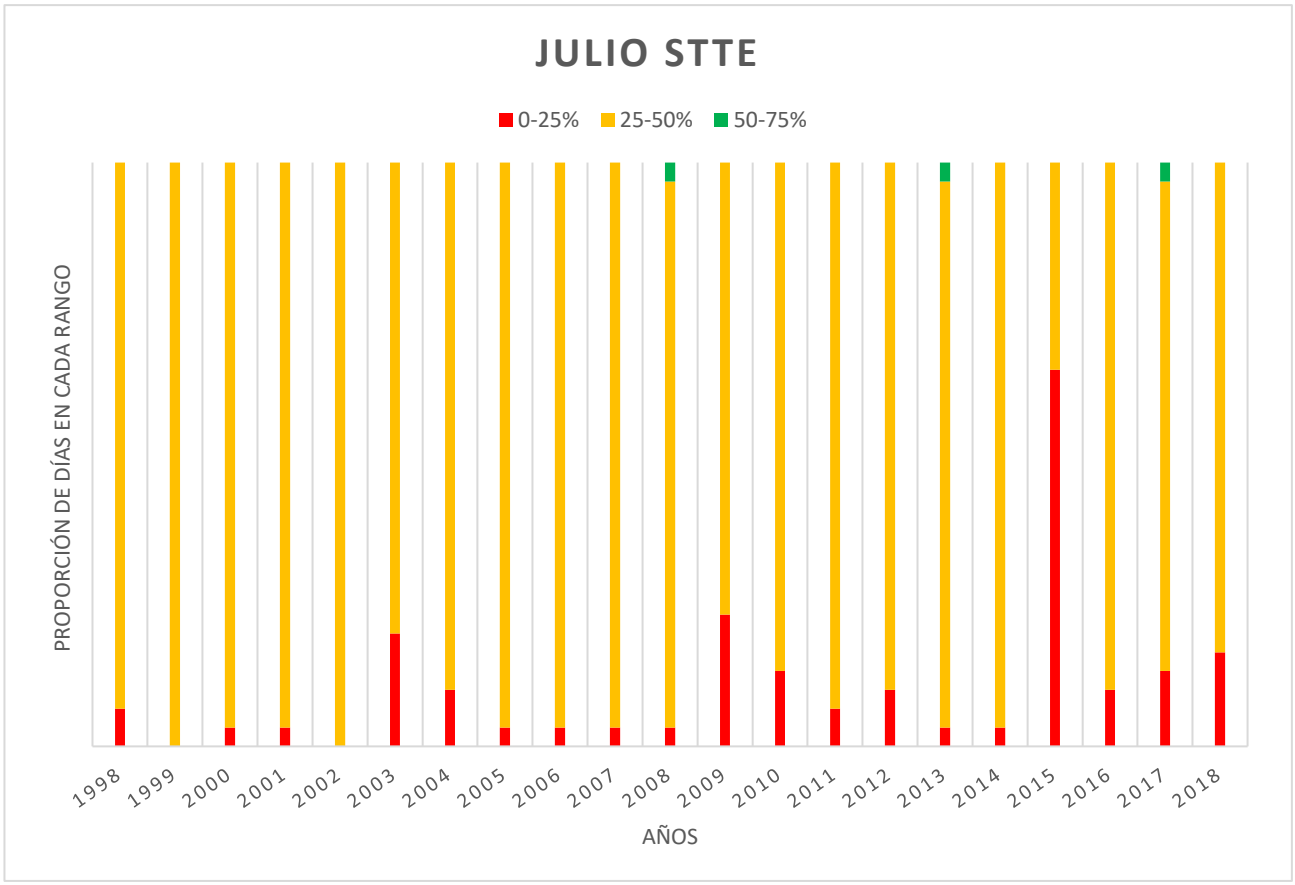


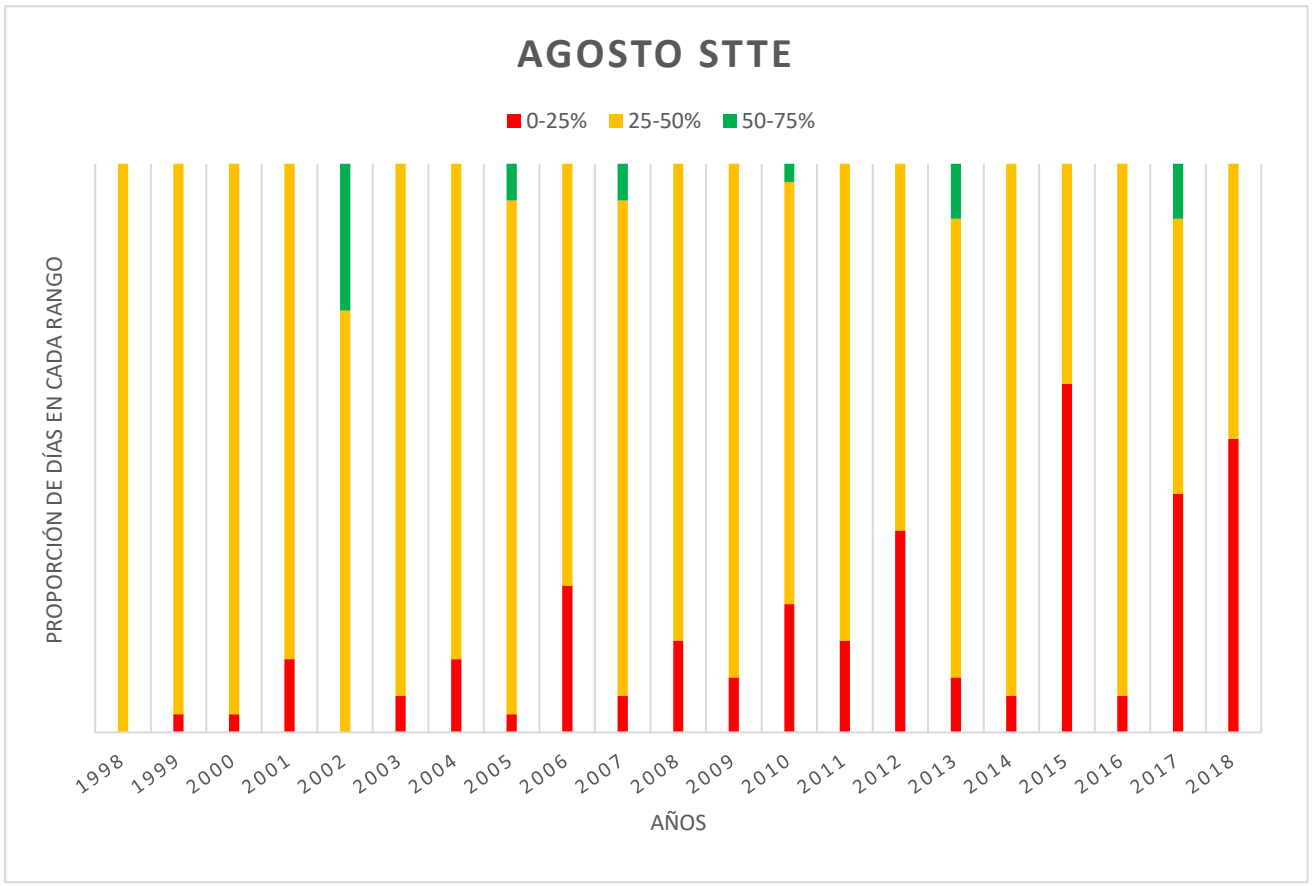

MARZO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

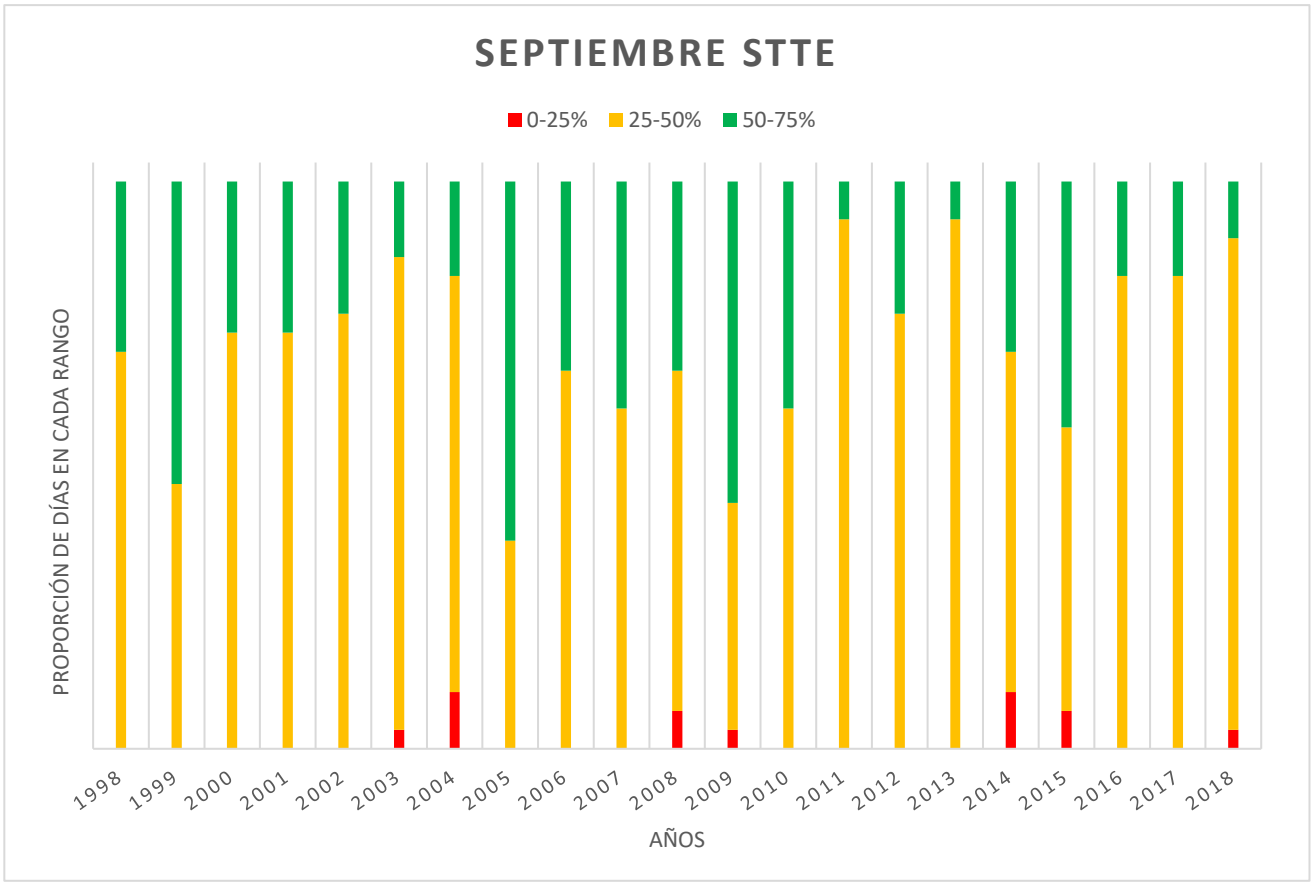

ABRIL STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

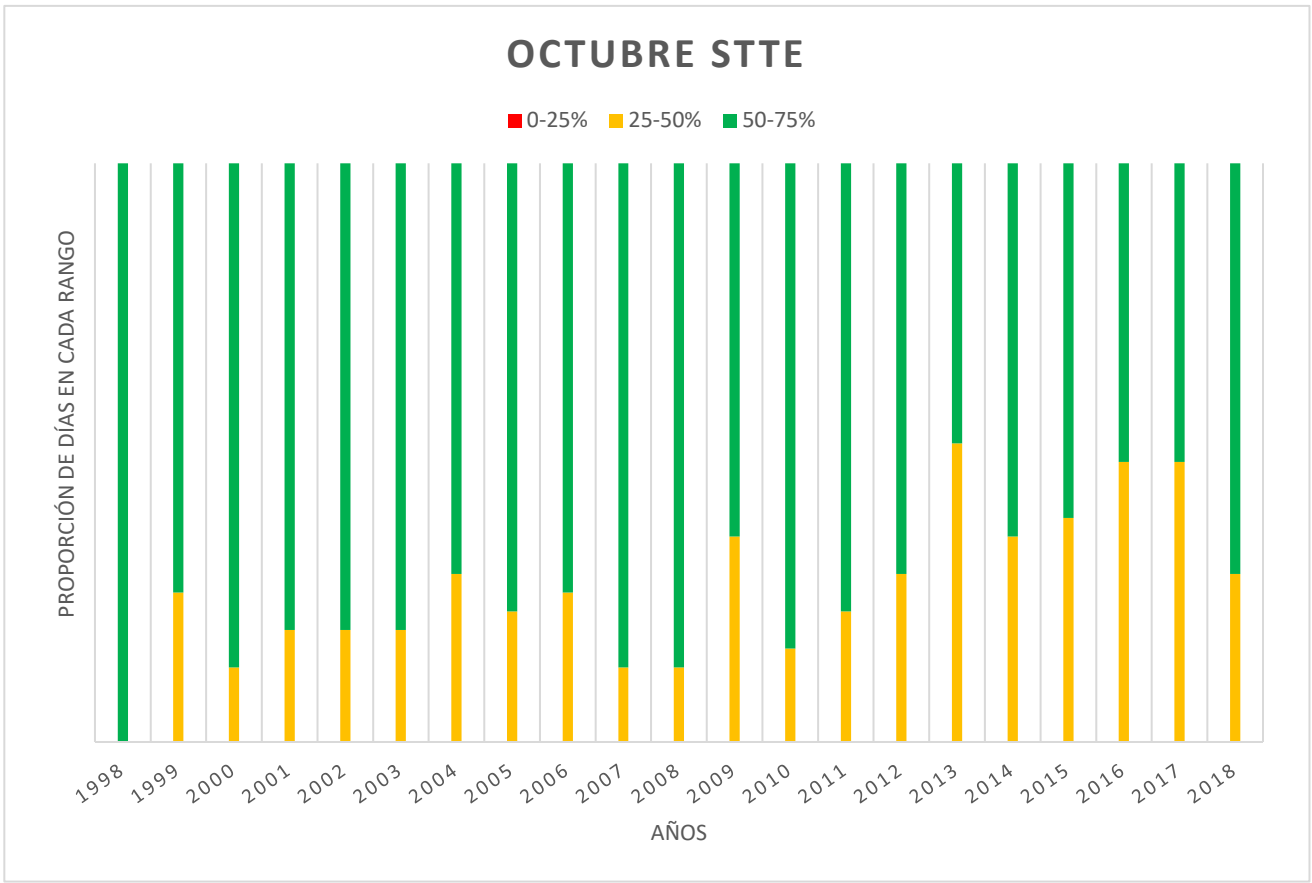

MAYO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

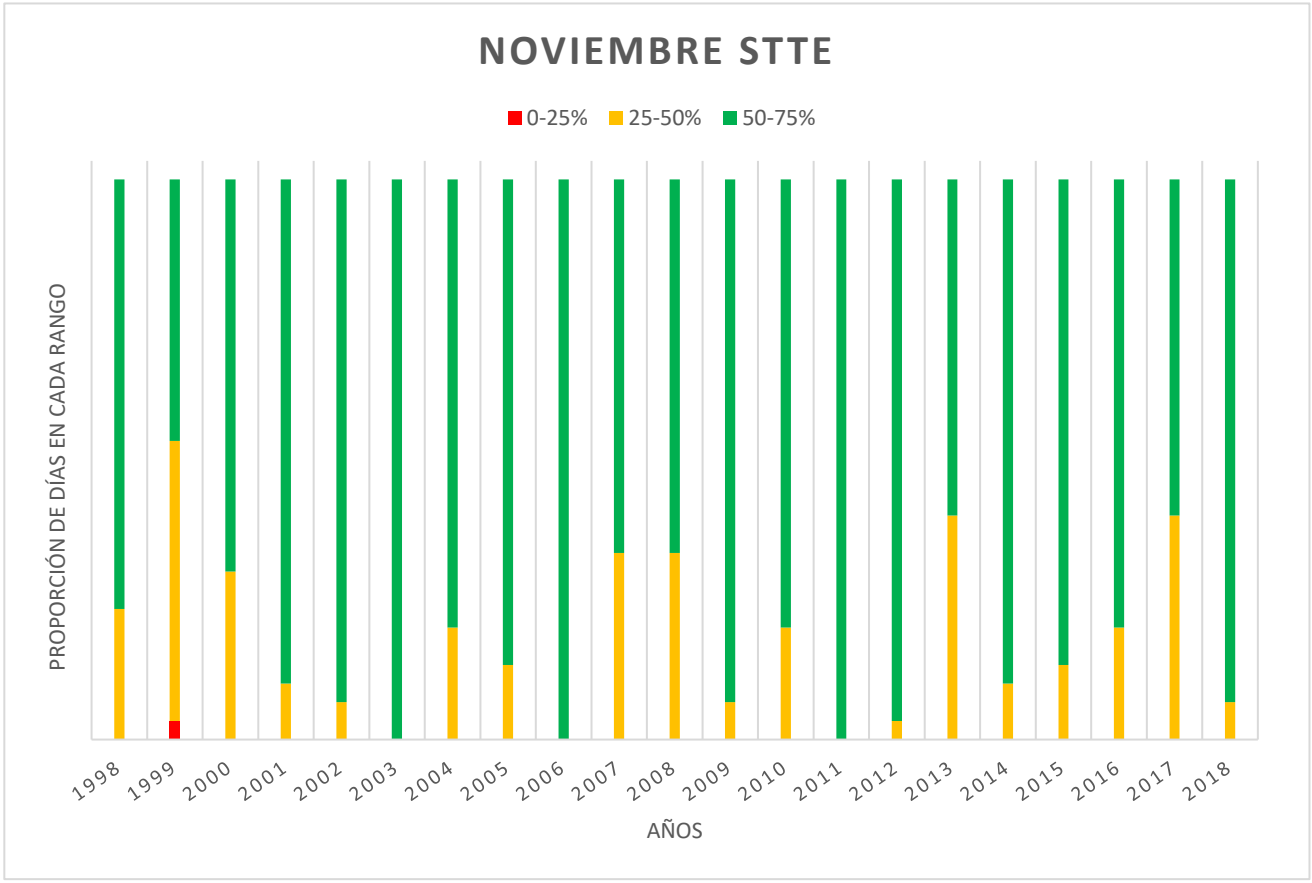

JUNIO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

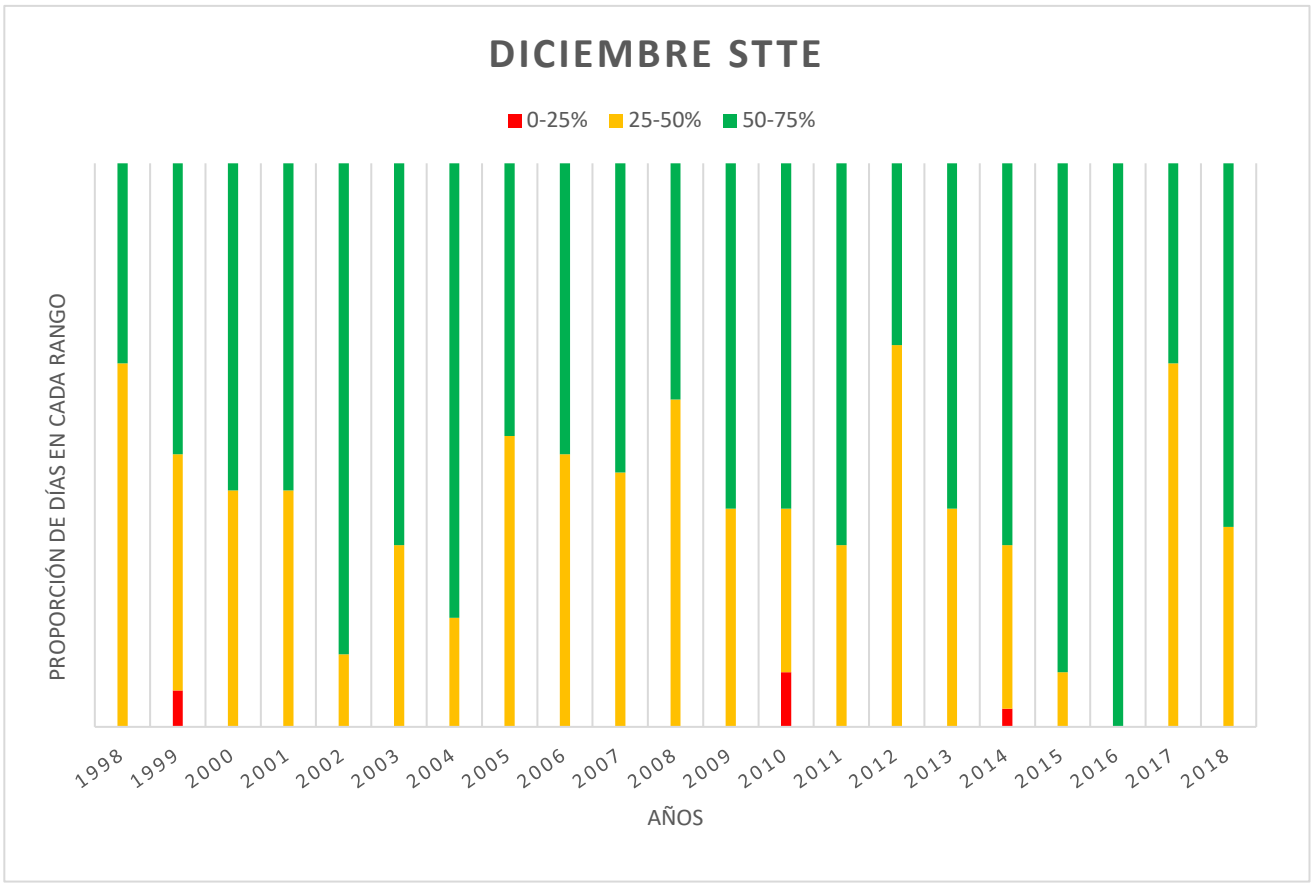

JULIO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

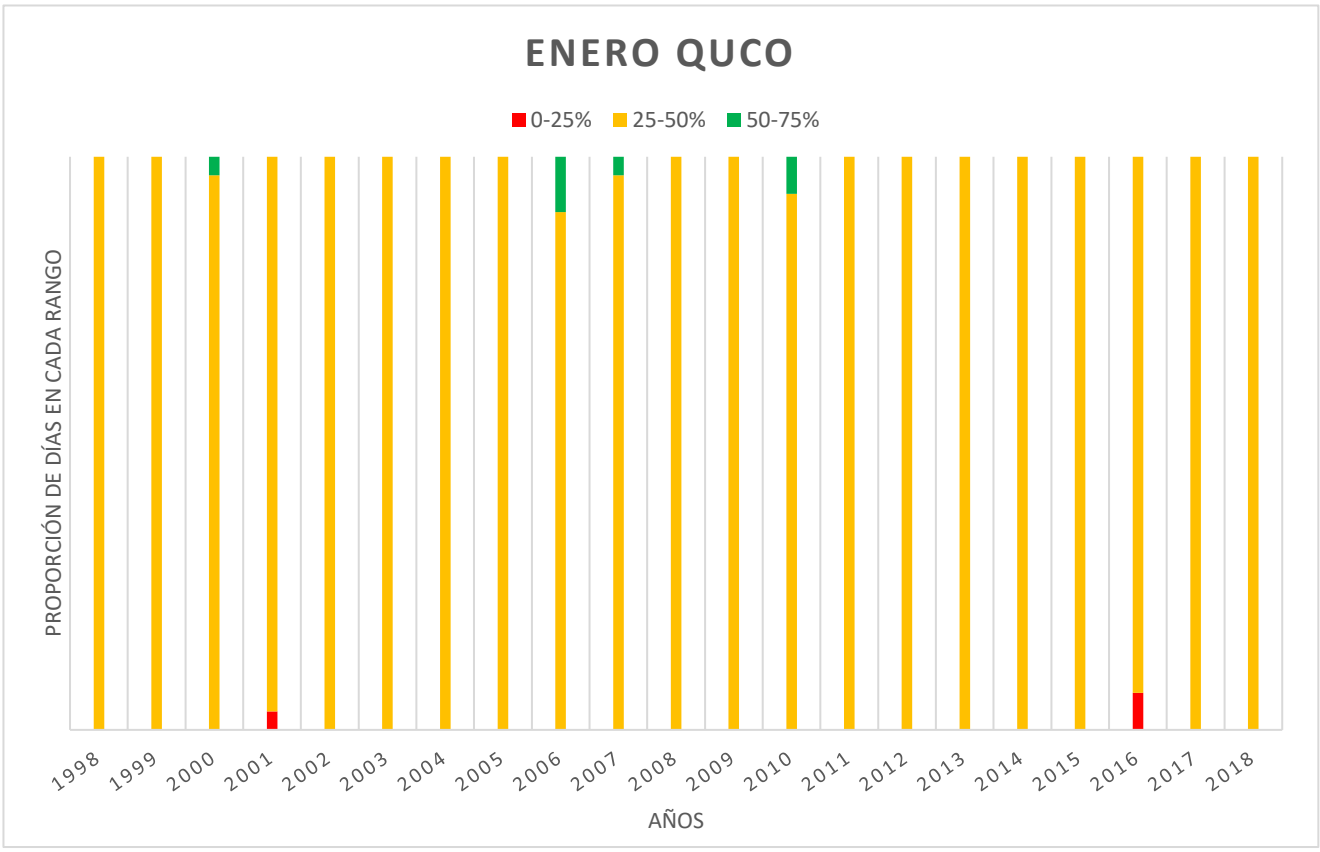

SEPTIEMBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

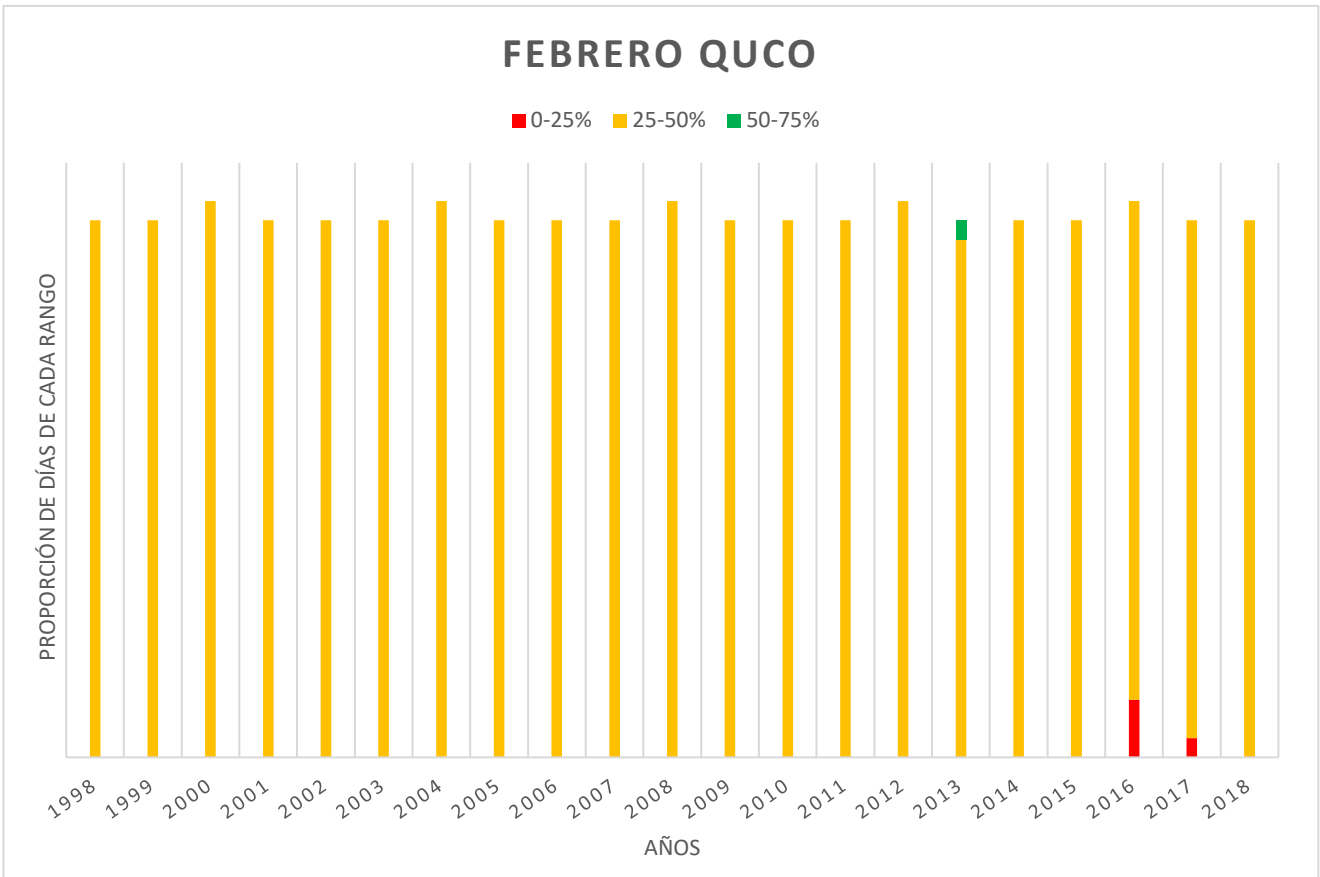

OCTUBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

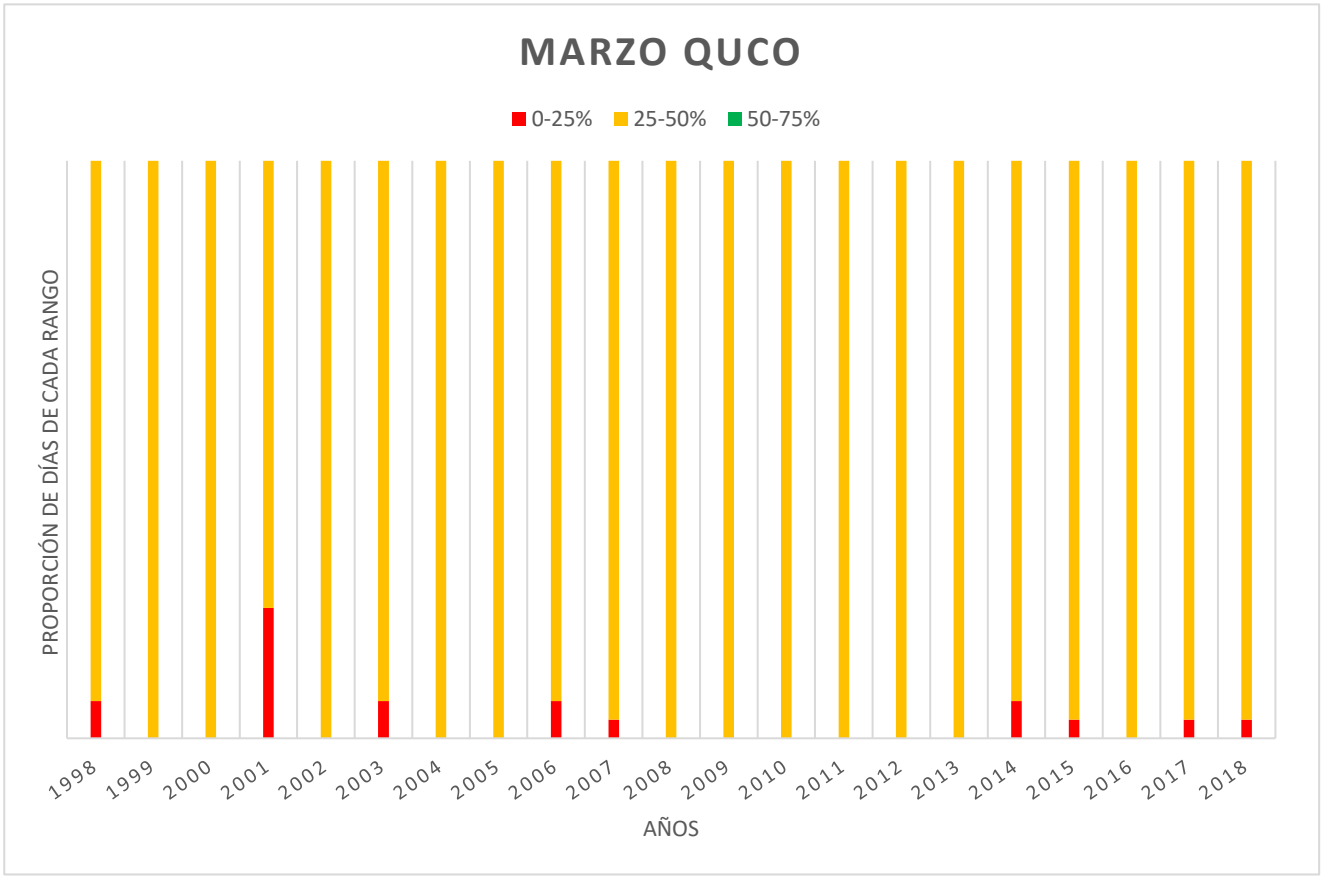

NOVIEMBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

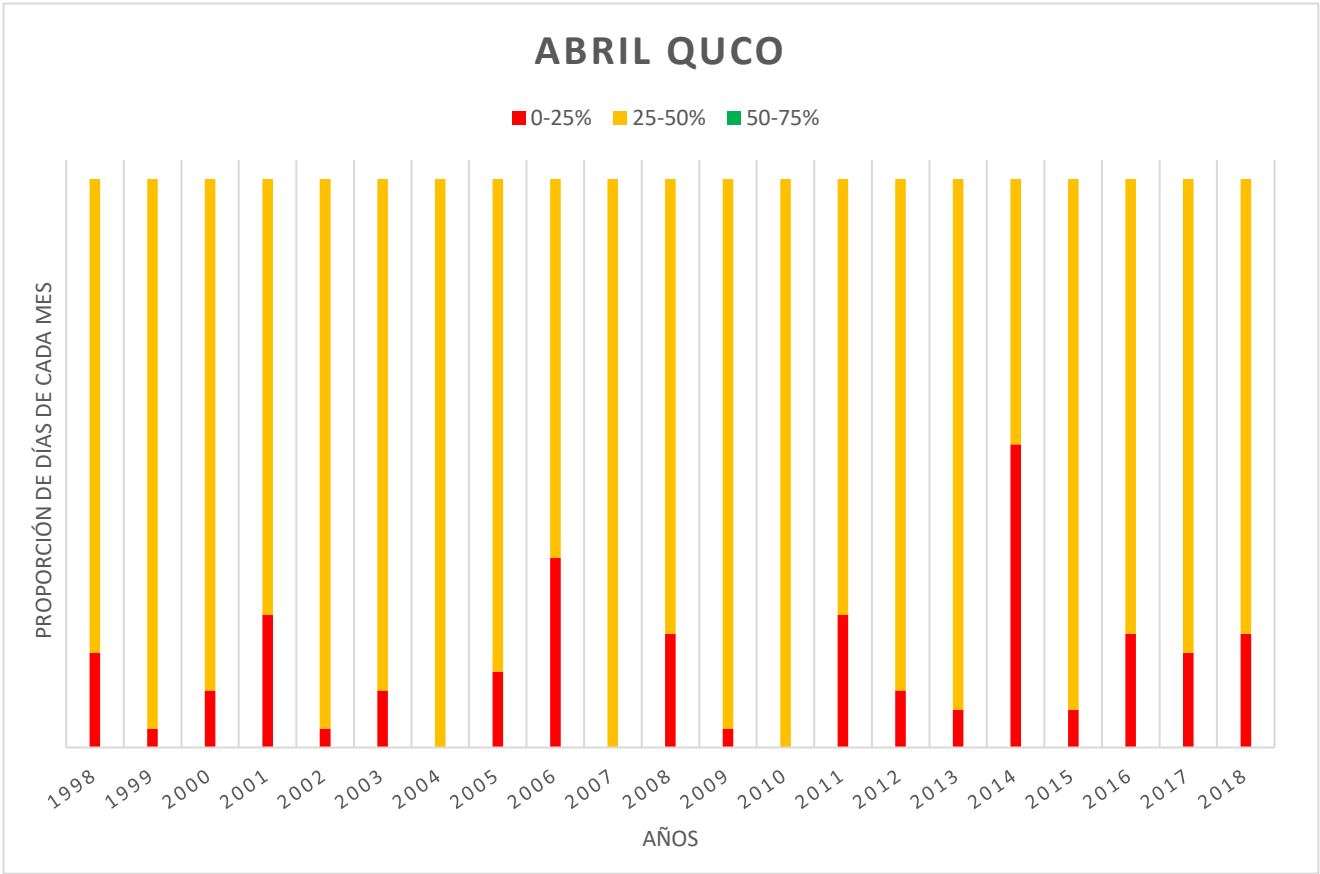

DICIEMBRE STTE
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

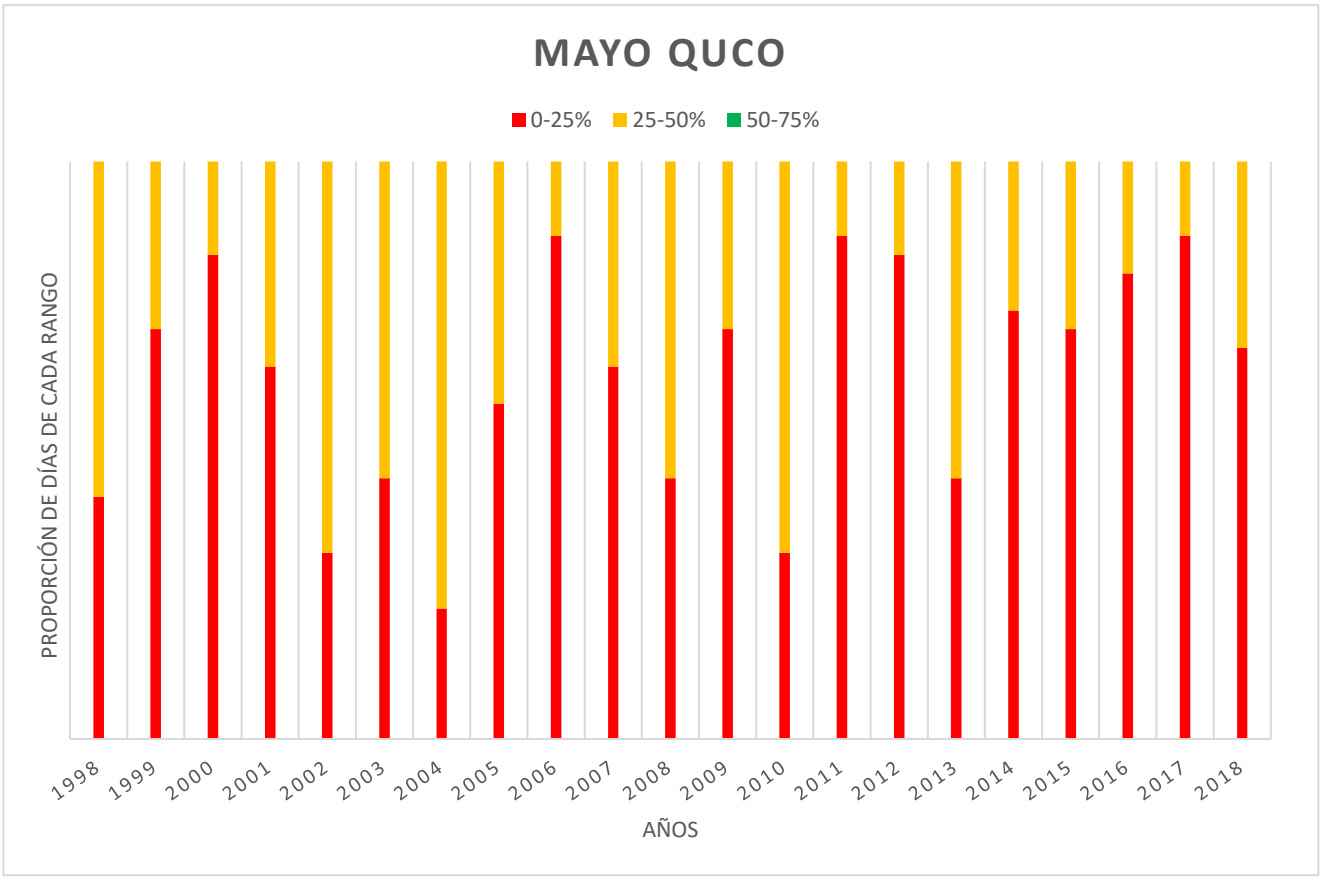
Anejo 11. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *Q. coccifera* (abreviado "QUCO") en Murcia. Fuente: Elaboración propia.

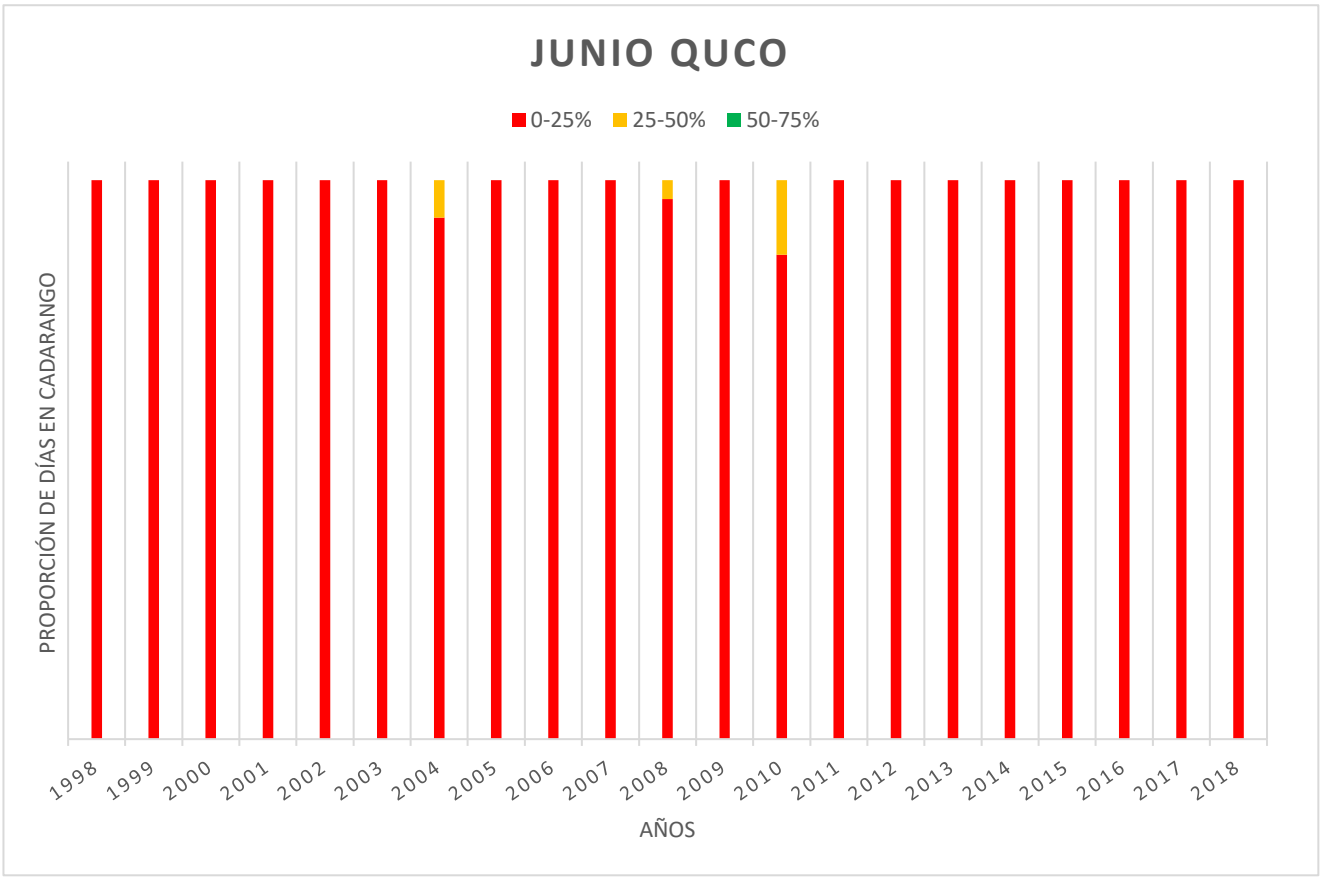


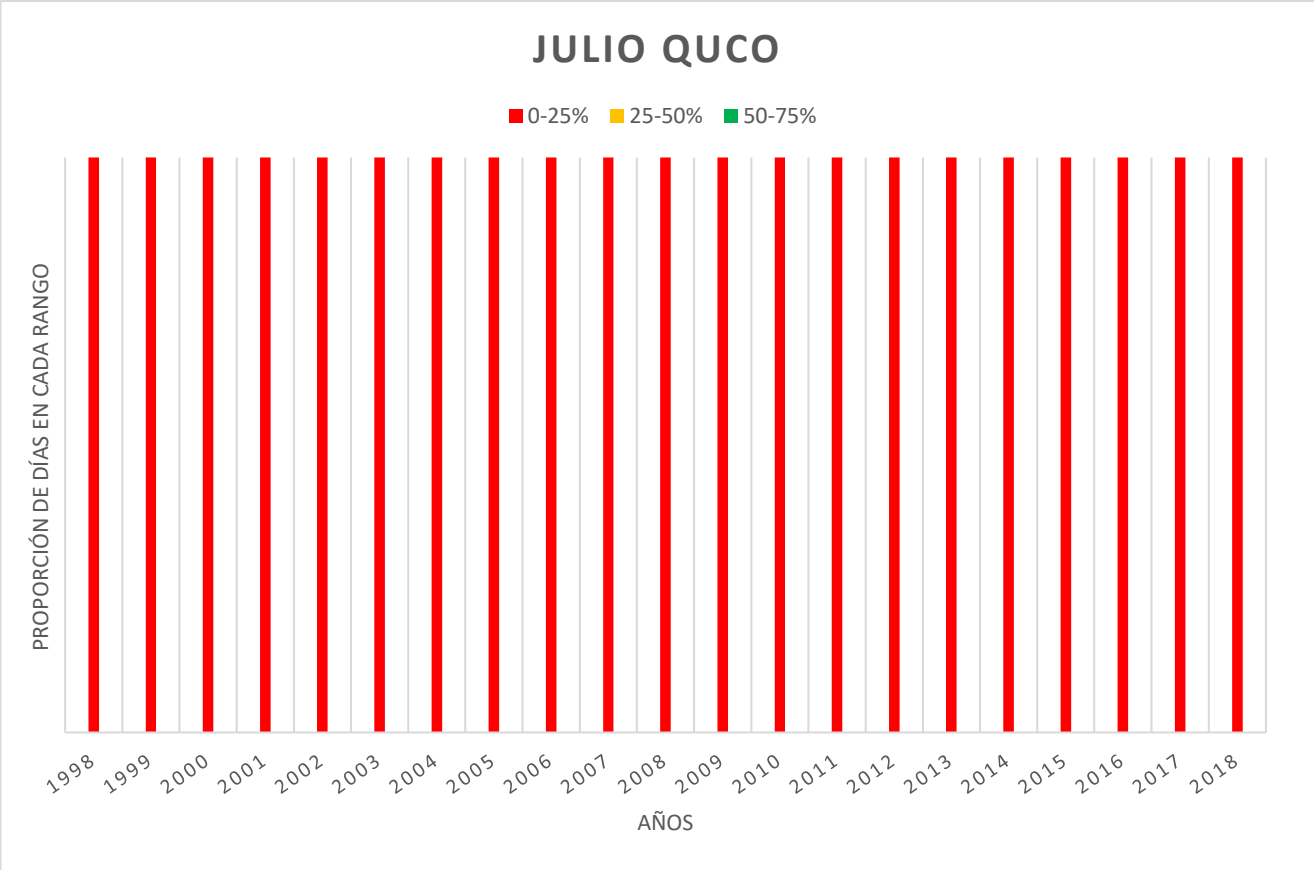


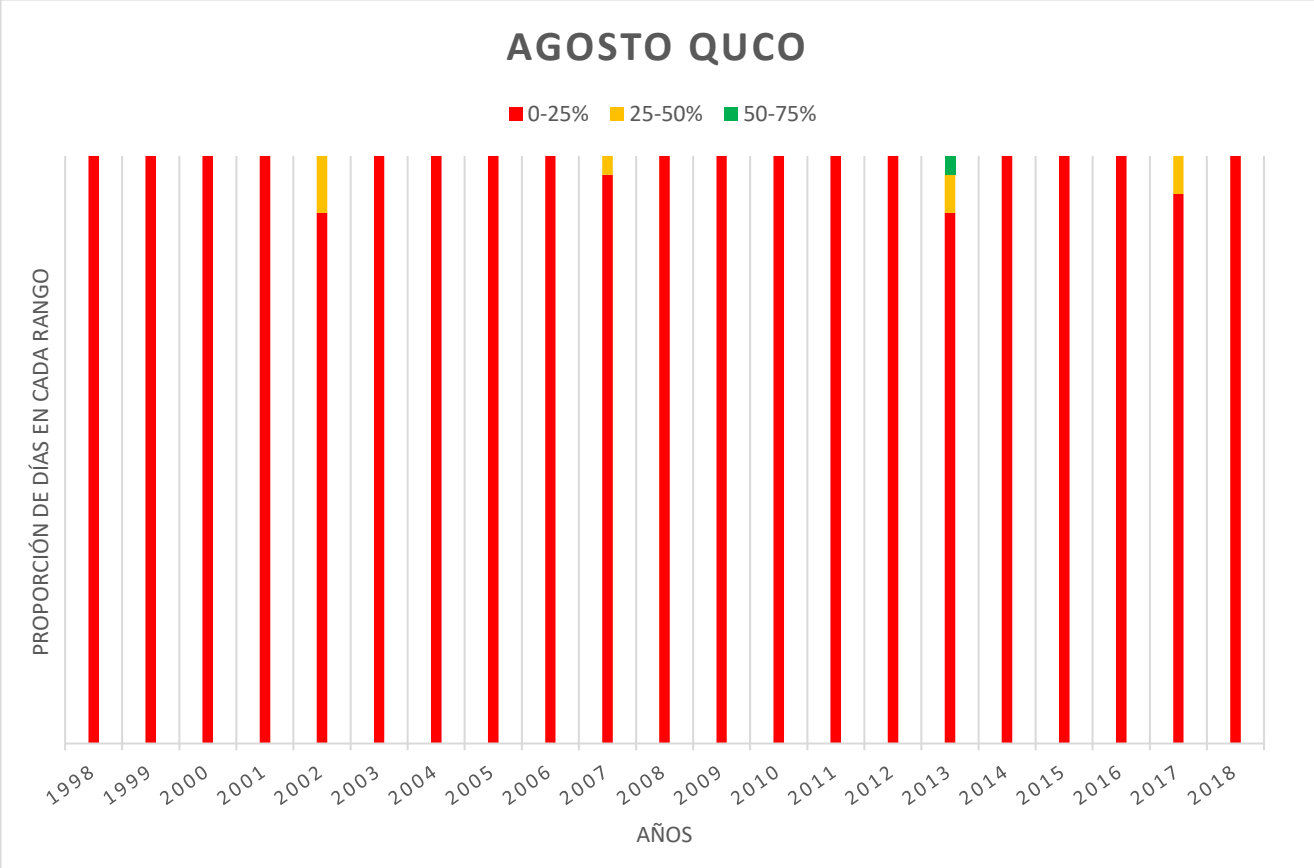

MARZO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

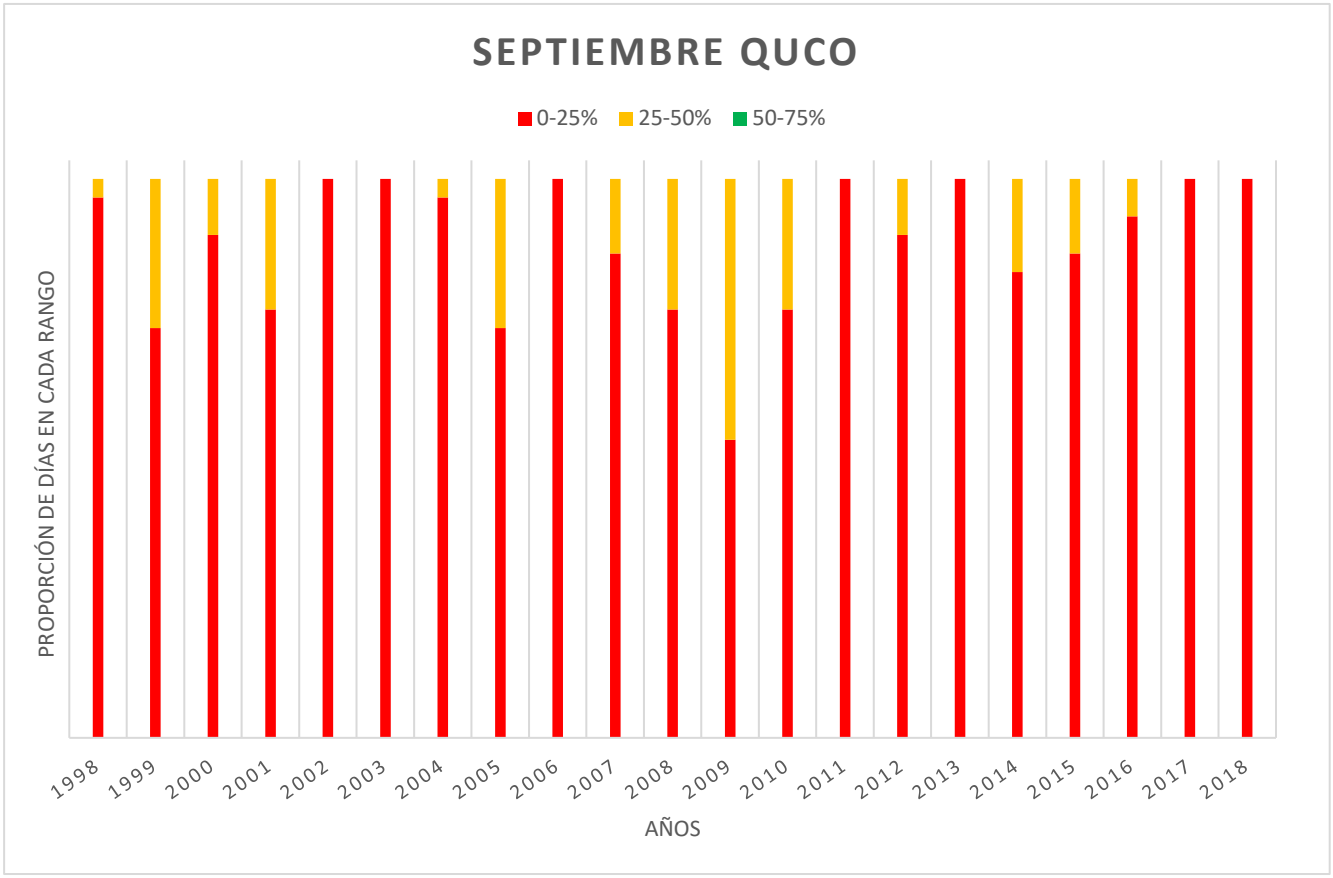

ABRIL QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA MES
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

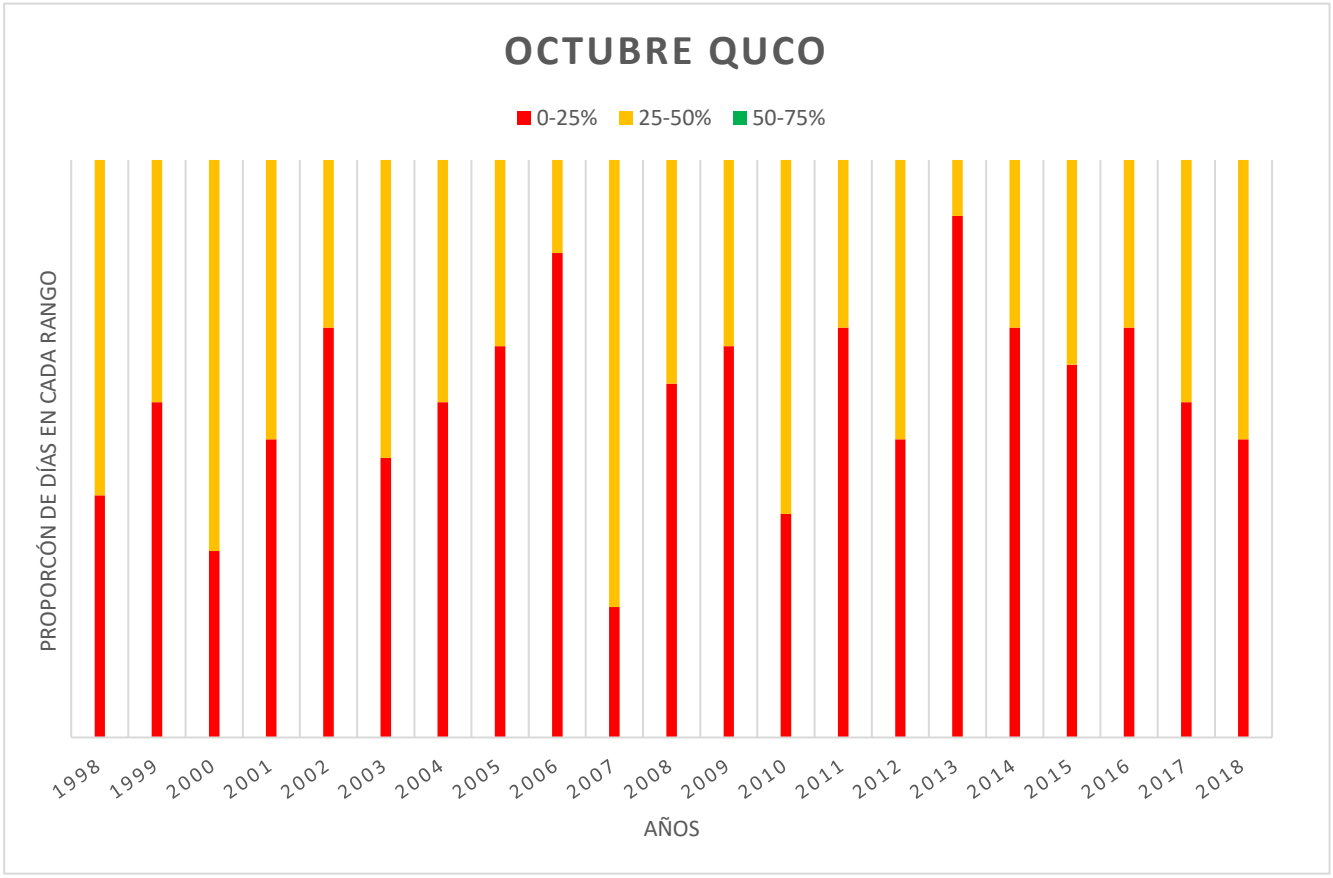

MAYO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

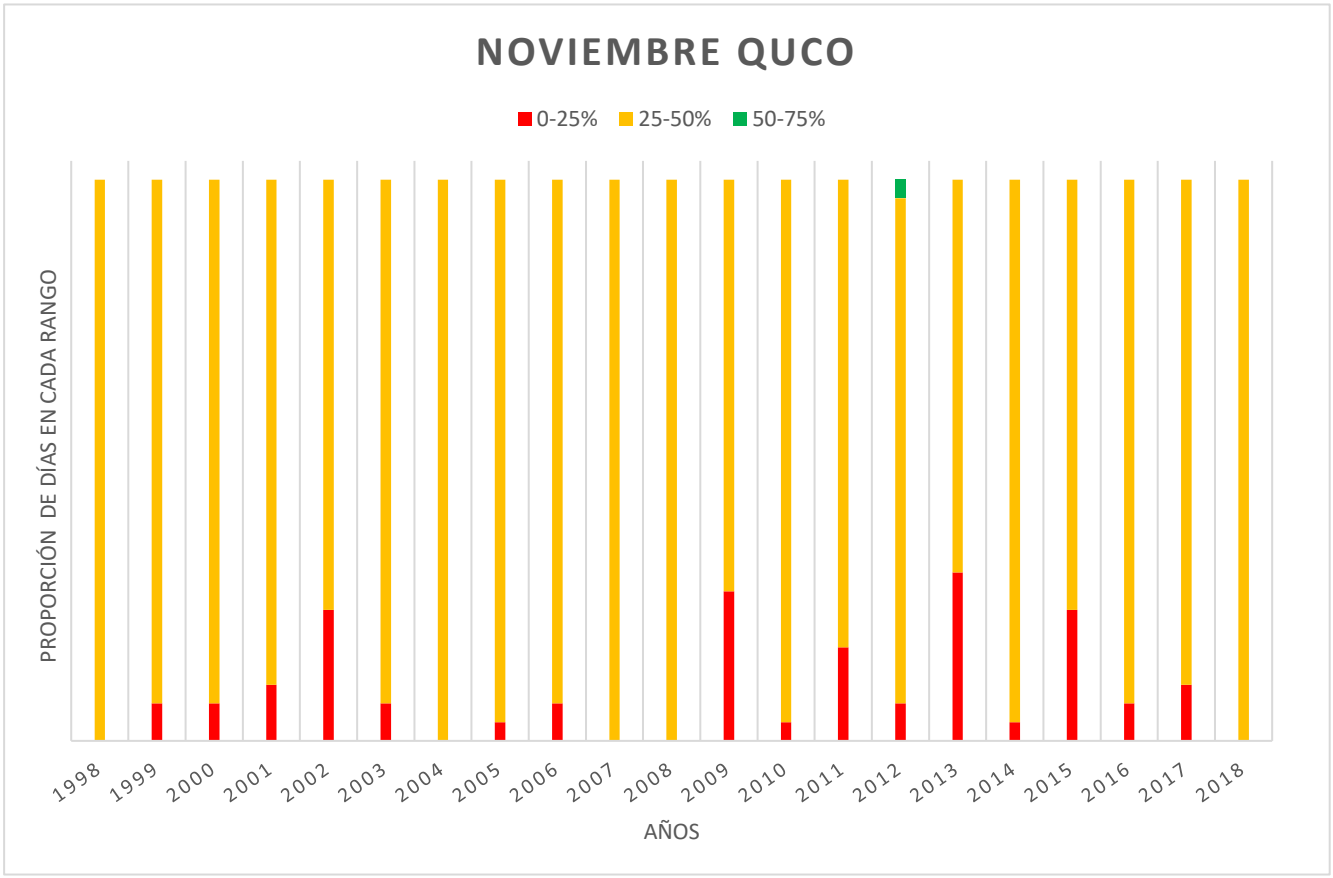

JUNIO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADARANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

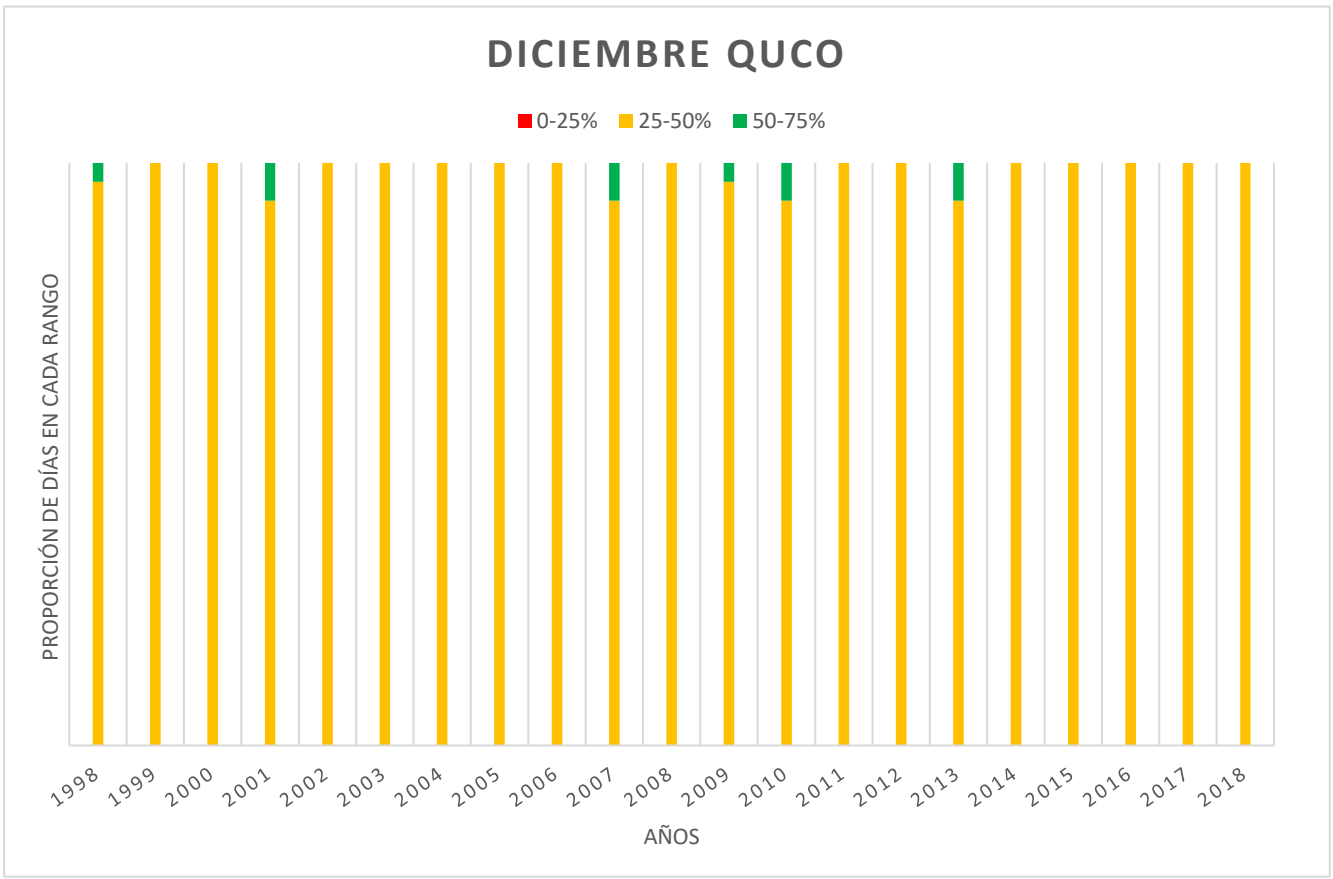

JULIO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

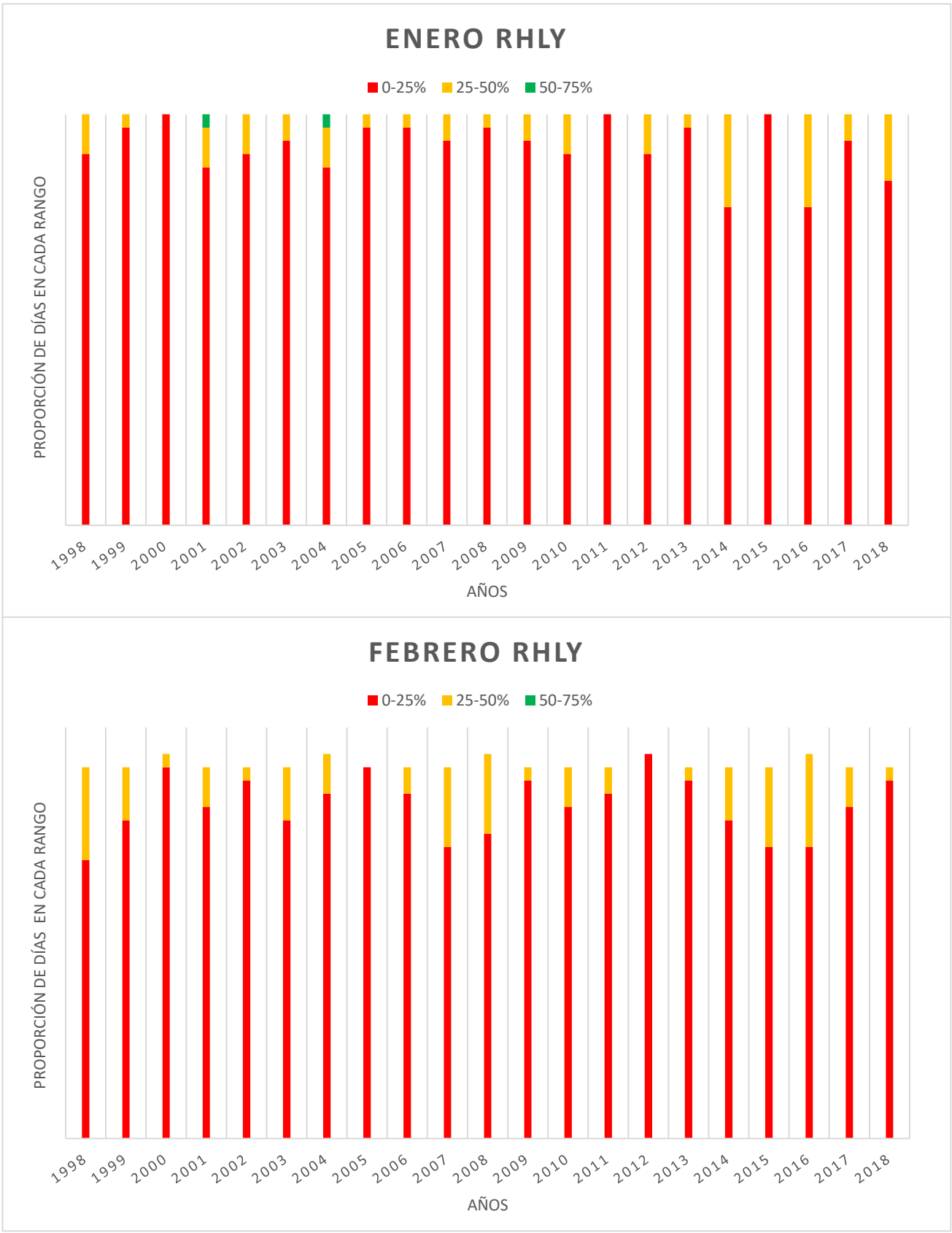

SEPTIEMBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

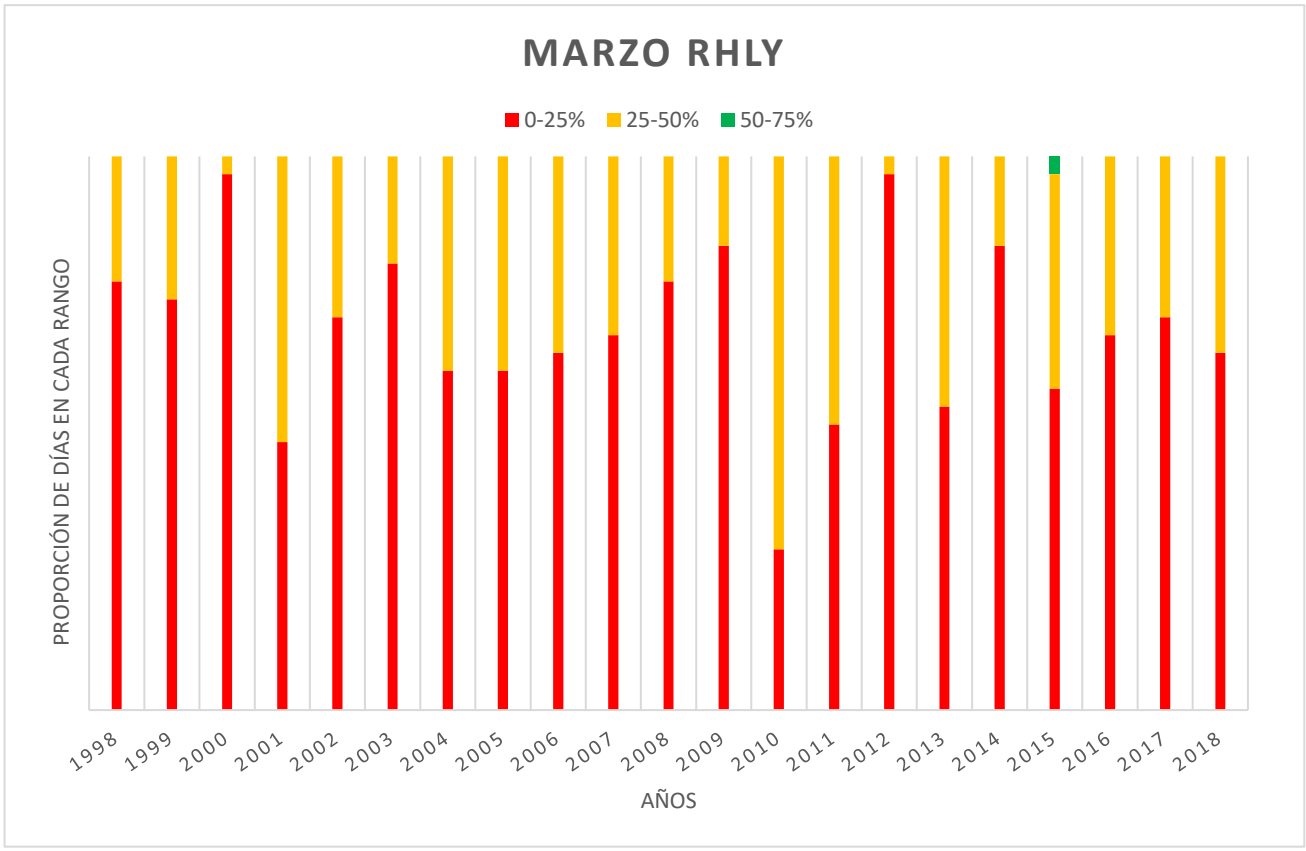

OCTUBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

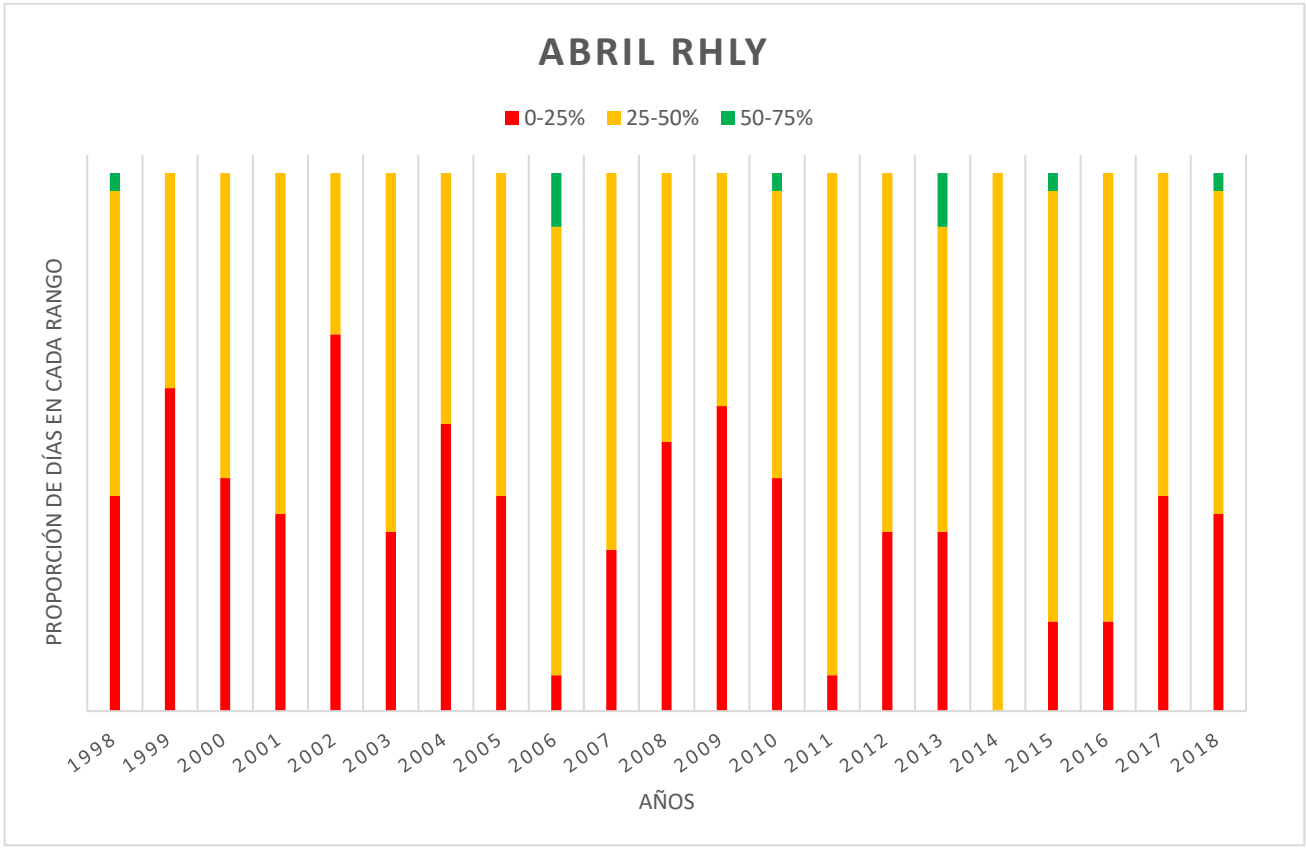

NOVIEMBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

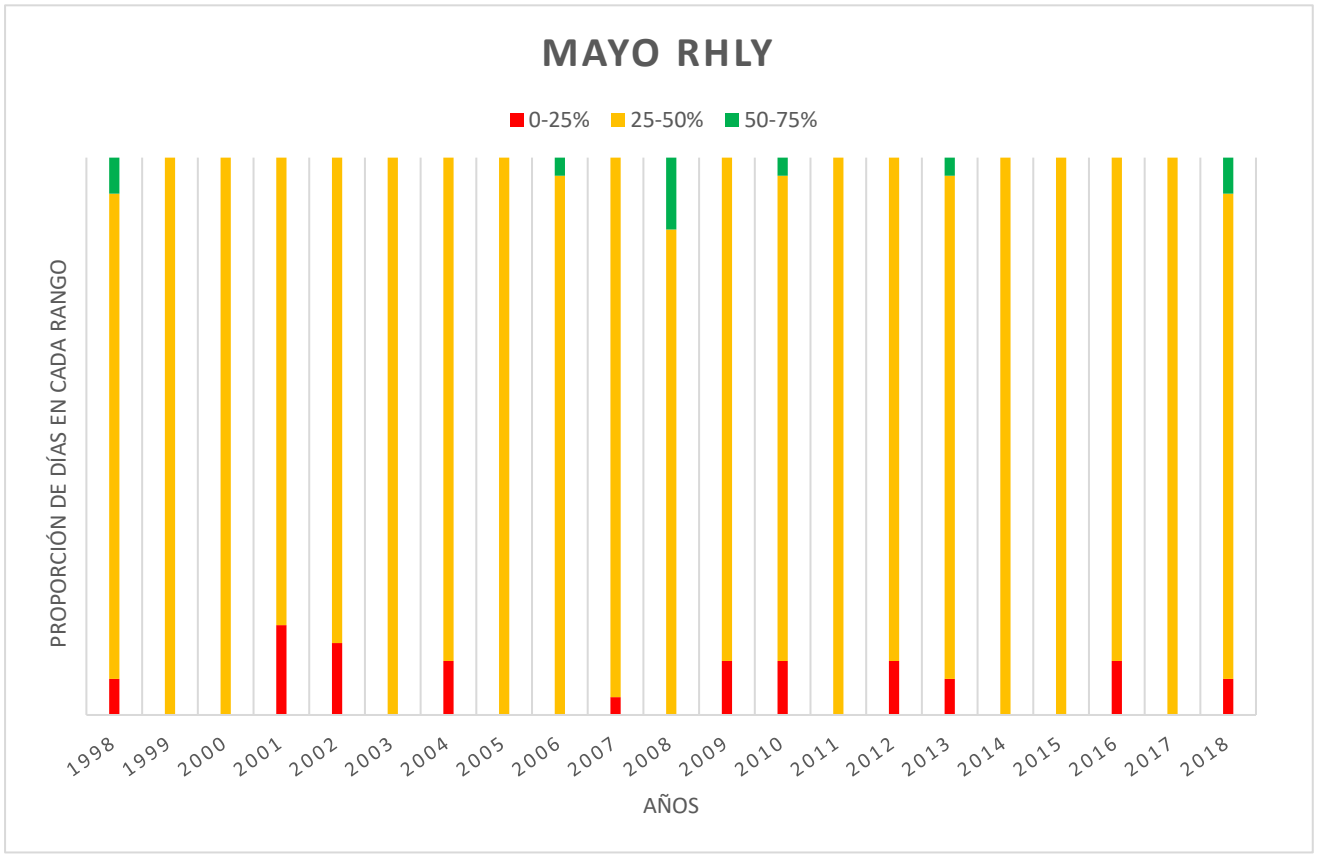

DICIEMBRE QUCO
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

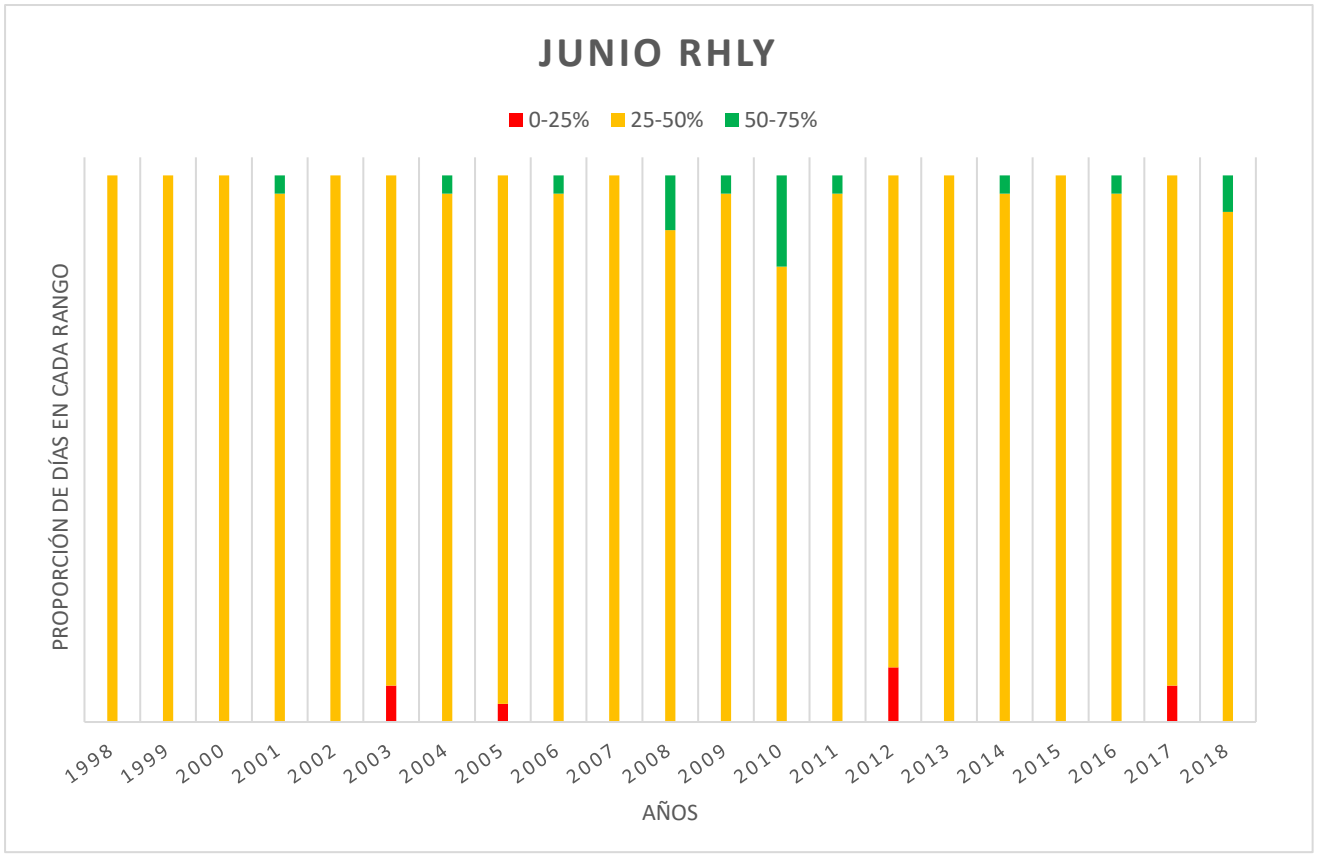
Anejo 12. Gráficas de proporción de días de cada rango de germinación por años de meses individuales para *R. lycioides* (abreviado "RHLY") en Murcia. Fuente: Elaboración propia.

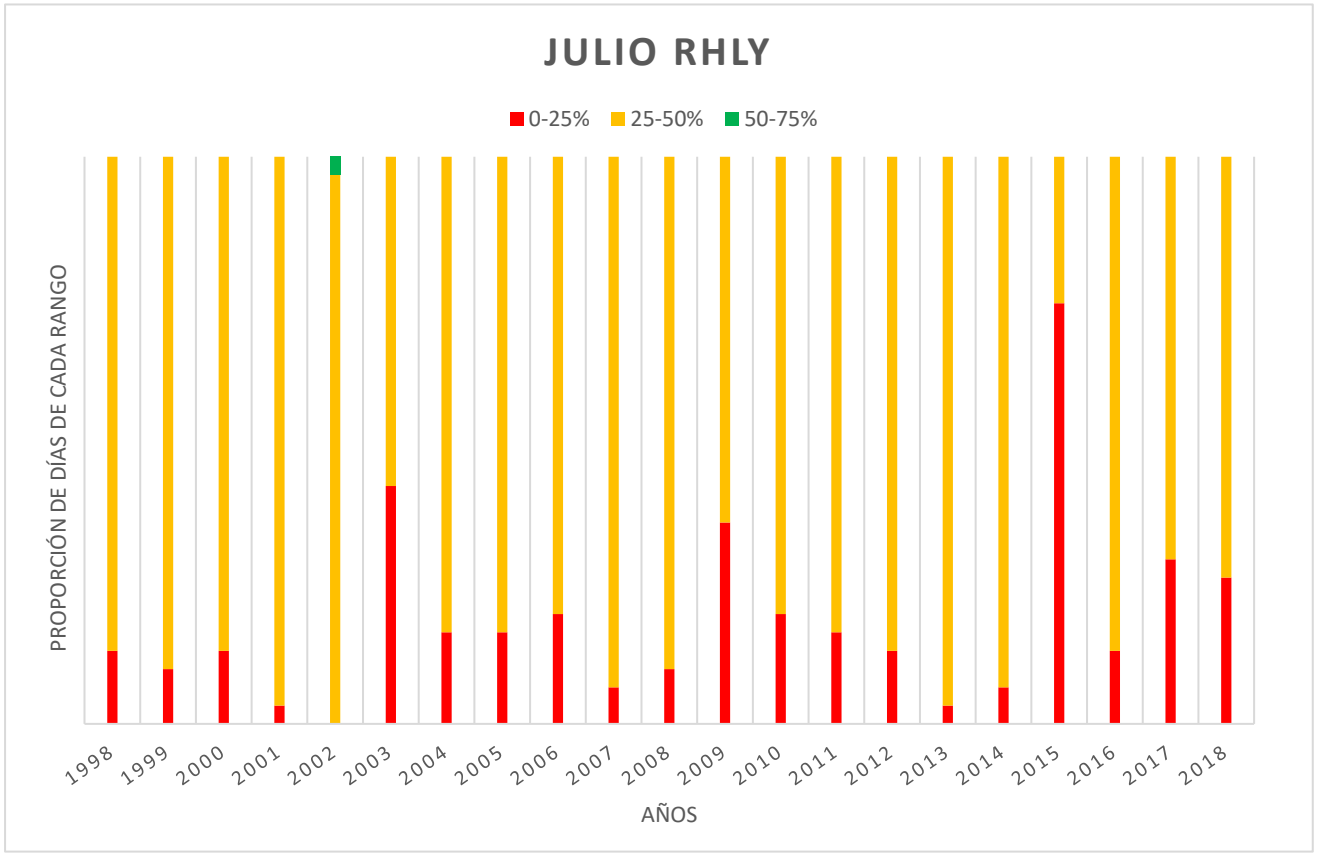


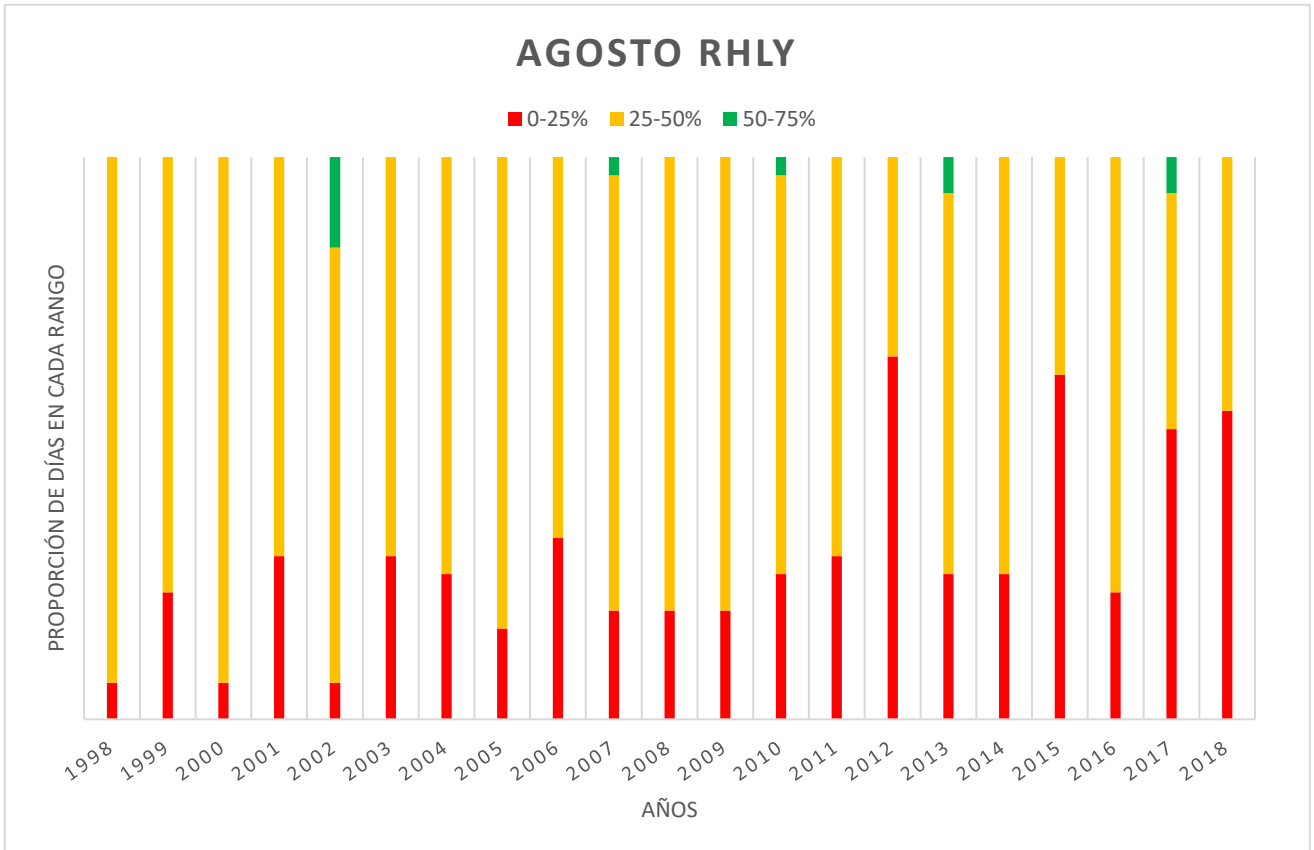

MARZO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

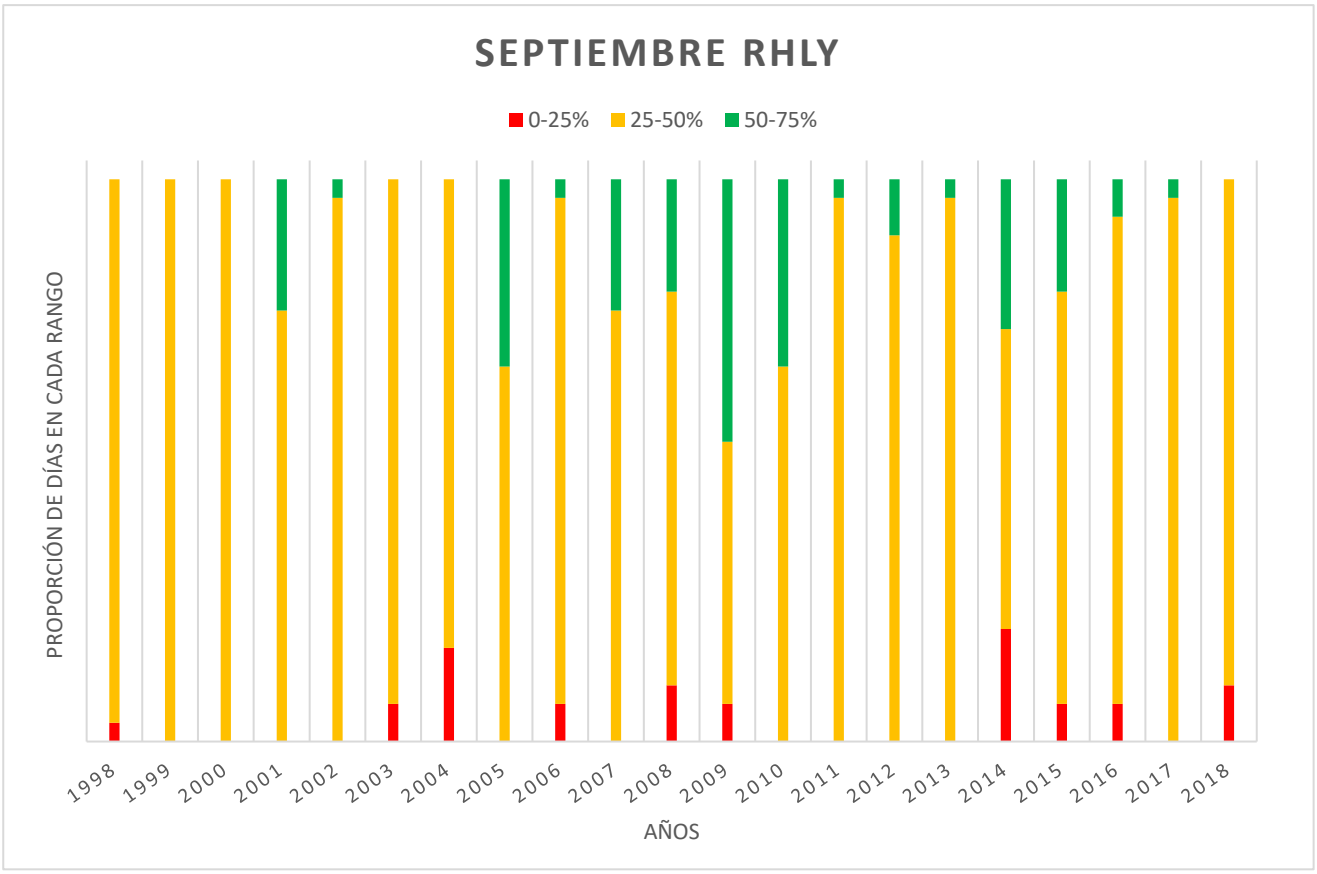

ABRIL RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

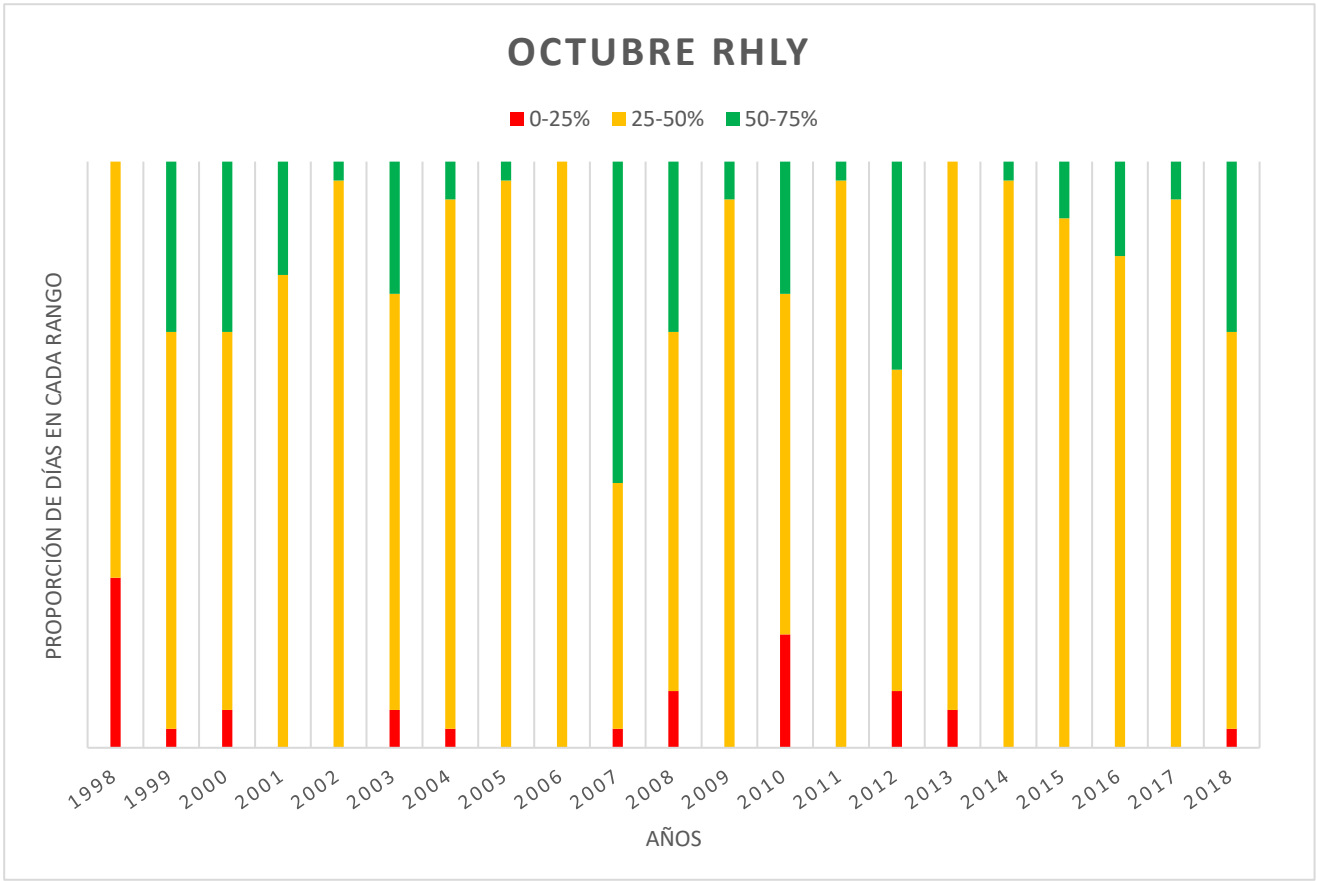

MAYO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

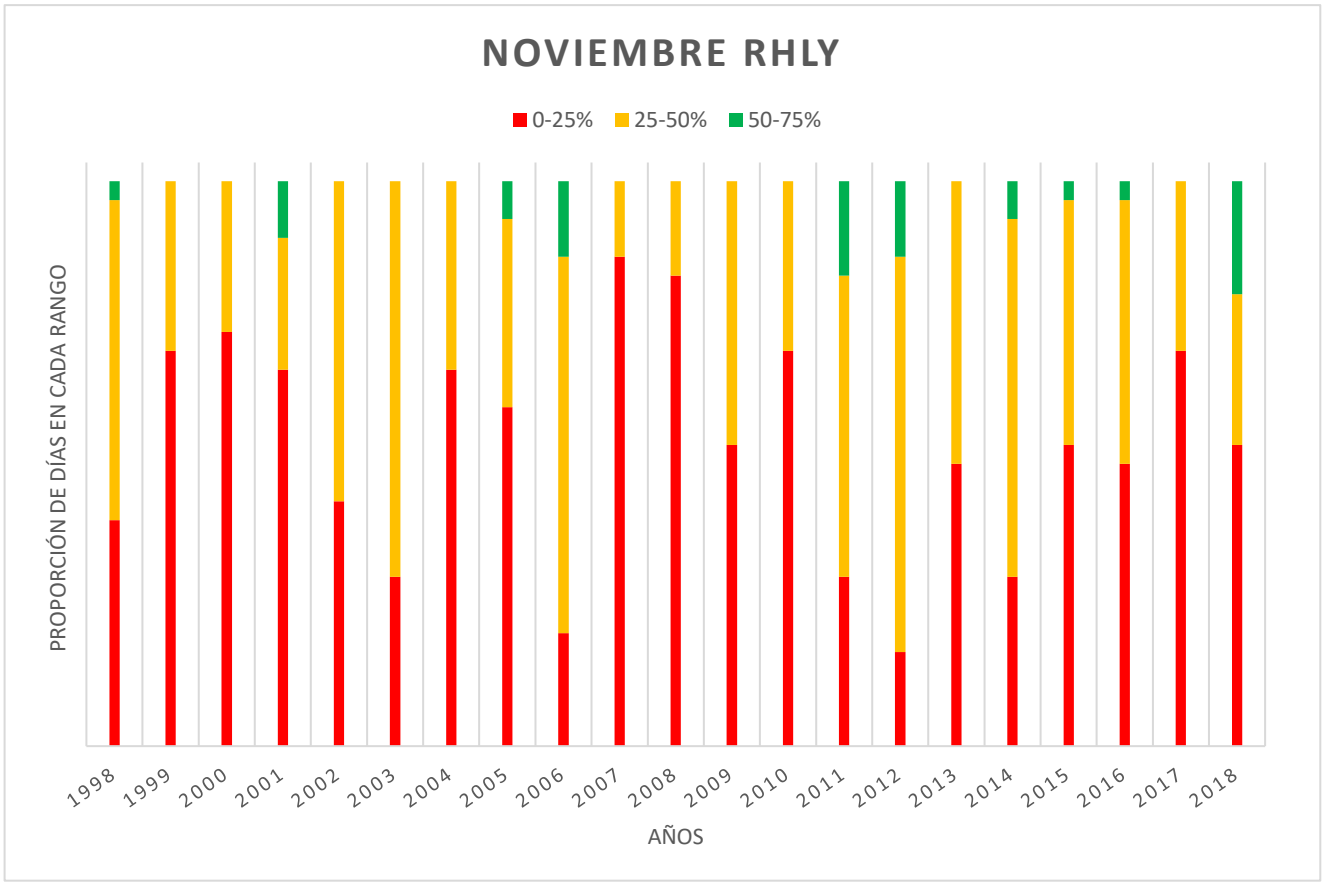

JUNIO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS

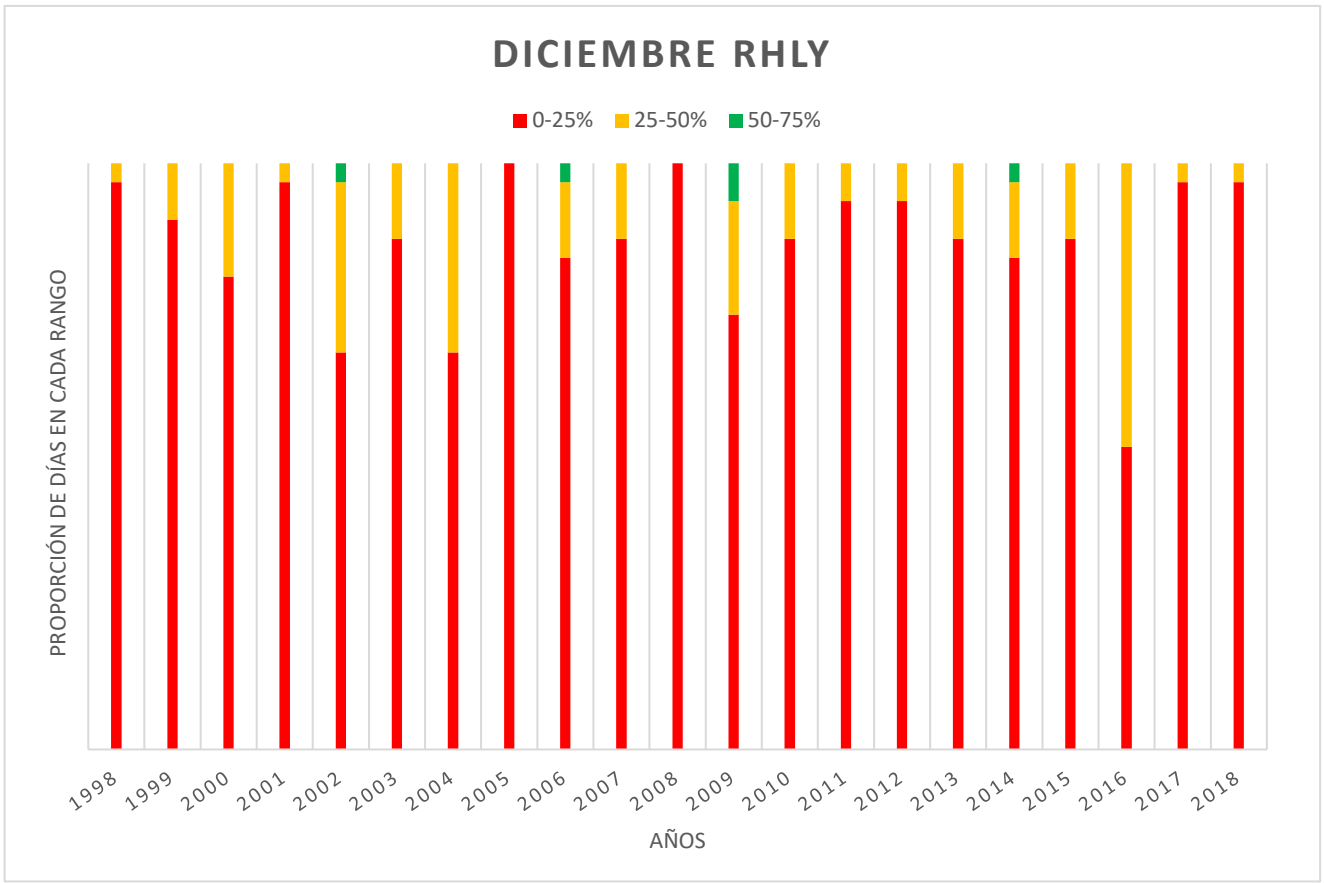

JULIO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS DE CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


AGOSTO RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


SEPTIEMBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


OCTUBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


NOVIEMBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS


DICIEMBRE RHLY
0-25%
25-50%
50-75%
PROPORCIÓN DE DÍAS EN CADA RANGO
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
AÑOS