



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

ANÁLISIS DE TENDENCIAS DE LA ARIDEZ CLIMÁTICA EN LAS ZONAS REGABLES DE ANDALUCÍA

Alumno: Raúl García Vigara.

Directores: Dr. Javier Estévez Gualda / Dra. Amanda P. García Marín.

Universidad de Córdoba.
Máster en Tecnología del Agua en Ingeniería Civil.



Agradecimientos

A mis amigos y familiares que me han apoyado en todo este camino y a mi tutor por toda la ayuda que me ha prestado.

Resumen

En el presente trabajo se ha estudiado la aridez climática, procediendo al análisis de distintos índices de aridez en las zonas regables de la Comunidad Autónoma de Andalucía entre los años 2003 y 2017. Para ello, se han obtenido y validado los datos procedentes de las estaciones meteorológicas pertenecientes a la Red de Información Agroclimática de Andalucía.

Con ellos y utilizando el software MatLAB, se han calculado los índices De Martonne, Emberger y UNEP para cada año en cada estación. Previamente se han aplicado una serie de procedimientos de validación para el control de calidad de los registros meteorológicos, permitiendo excluir datos que puedan ser anómalos, evitando así errores en los cálculos realizados posteriormente.

Con los resultados de los índices de aridez se ha estudiado la variabilidad temporal analizando las tendencias siguiendo la metodología de Mann-Kendall y la variabilidad espacial a partir de mapas realizados con ArcGIS usando el krigeado para obtener aproximaciones de los índices en todo el territorio.

En términos generales se ha detectado que existe una tendencia a que las zonas regables de Andalucía se conviertan en un territorio más árido con el paso de los años, aunque no se encontraron en la mayoría de las estaciones tendencias estadísticamente significativas para niveles de confianza superiores al 95%.

En relación con la variabilidad espacio-temporal de la aridez, a la vista de los resultados obtenidos en este trabajo se puede afirmar que la aridez aumenta de oeste a este, siendo la zona más árida la provincia de Almería junto con zonas próximas, mientras que las zonas más húmedas se concentran en la parte sur-occidental.

Abstract

The present work studies the climatic aridity, proceeding to the analysis of different indexes of aridity in the irrigable zones of the Autonomous Community of Andalusia between the years 2003 and 2017. In order to do this, data obtained from meteorological stations belonging to the Agroclimatic Information Network of Andalusia have been obtained and validated.

With this data and using MatLab software, it was able to calculate De Martonne, Emberger and UNEP indices for each year in each station. Previously, a series of validation procedures have been applied for the quality control of meteorological records, allowing the exclusion of data that may be anomalous, therefore avoiding errors in subsequent calculations.

With the results of the aridity indexes, the temporal variability has been studied by analysing the trends following the Mann-Kendall methodology and the spatial variability from maps made with ArcGIS using the kriging method to obtain approximations of the indexes throughout the territory.

In general terms, it has been detected that there is a tendency for the irrigable areas of Andalusia to become a more arid territory with the passing of the years, although most of the stations did not find statistically significant trends for confidence levels higher than 95%.

In view of the results obtained in this work and in relation to the spatial-temporal variability of aridity it can be stated that the aridity increases from west to east. The most arid zone being the province of Almeria together with nearby areas, while the most humid areas are concentrated in the south-western part.

Índice

<i>Capítulo 1 Introducción y antecedentes.</i>	1
<i>Capítulo 2 Objetivos.</i>	6
<i>Capítulo 3 Metodología.</i>	7
3.1. Fuente de Datos.....	7
3.2. Procedimientos de Validación	11
3.2.1. Test de rango.....	12
3.2.2. Test de consistencia interna.	14
3.3. Índices de Aridez	15
3.3.1. Índice de De Martonne:	15
3.3.2. Índice de Emberger:	16
3.3.3. Índice UNEP:	16
3.4. Test de Tendencias.....	19
<i>Capítulo 4 Resultados.</i>	21
4.1. Resultados dela validación de datos.	21
4.2. Análisis de Tendencias.	23
4.3. Análisis de la variabilidad espacio-temporal.	36
<i>Capítulo 5 Conclusiones.</i>	51
<i>Capítulo 6 Bibliografía.</i>	56
<i>Apéndice.</i>	59

Lista de tablas

<i>Tabla 1. Estaciones, provincia, coordenadas y altitud.....</i>	8
<i>Tabla 2. Límites de las diferentes variables climatológicas usados en el test de rango fijo (Estévez et al., 2011).....</i>	13
<i>Tabla 3. Valores máximos para diferentes variables climatológicas en cada provincia de Andalucía.....</i>	14
<i>Tabla 4. Validación las diferentes variables climatológicas usados en el test de consistencia interna.....</i>	15
<i>Tabla 5. Clasificación del clima según el índice de aridez de De Martonne.....</i>	18
<i>Tabla 6. Clasificación del clima según el índice de aridez de Emberger.....</i>	18
<i>Tabla 7. Clasificación del clima según el índice de aridez de la UNEP.....</i>	18
<i>Tabla 8. Datos marcados por el test de rango fijo en cada provincia clasificados por variable.....</i>	22
<i>Tabla 9. Datos marcados por el test de consistencia en cada provincia clasificados por variable.....</i>	22
<i>Tabla 10. Significancia del test de Mann-Kendall y estimación para la verdadera pendiente de la tendencia lineal Q. En las columnas de significancia, la casilla en blanco supone nivel de confianza <90%, + significa nivel de confianza del 90%, * significa nivel de confianza del 95%.....</i>	24
<i>Tabla 11. Valores medios de los índices de aridez y desviación típica entre paréntesis, para las estaciones donde encontramos los datos máximos y mínimos para dichos índices durante el período 2003-2017.....</i>	35
<i>Tabla 12. Valores Medios y desviación típica entre paréntesis de los distintos índices de aridez durante el período 2003-2017 para cada provincia.....</i>	36

Lista de figuras

<i>Figura 1. Mapa de situación de las estaciones agroclimáticas empleadas.</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2. Mapa de situación de las estaciones agroclimáticas empleadas clasificadas según la significancia de las tendencias encontradas.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3. Gráficas de los valores del índice De Martonne en distintas estaciones y su tendencia</i>	<i>31</i>
<i>Figura 4. Gráficas de los valores del índice de Emberger en distintas estaciones y su tendencia.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 5. Gráficas de los valores del índice UNEP en distintas estaciones y su tendencia.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores medios durante el periodo 2003-2017.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 7. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores medios durante el periodo 2003-2017.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores medios durante el periodo 2003-2017.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 9. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2003.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 10. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2005.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 11. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2010.</i>	<i>42</i>
<i>Figura 12. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2017.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 13. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2003.</i>	<i>45</i>
<i>Figura 14. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2005.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 15. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2010.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 16. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2017.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 17. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2003.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 18. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2005.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 19. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2010.....</i>	<i>50</i>

Figura 20. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2017..... 51

Capítulo 1. Introducción y antecedentes.

Desde los albores de la humanidad, los seres humanos procuraban instalarse en las cercanías de las aguas, de hecho, muchas de las metrópolis más importantes del mundo crecieron a lo largo de orillas de ríos o mares (Mora, 2018). El agua es el componente más abundante de nuestro planeta y además es vital, pero solo el 2,5% de toda el agua existente es apta para consumo y su principal fuente es la precipitación.

La lluvia es un fenómeno natural que forma parte del ciclo del agua y que por lo tanto es indispensable para toda clase de vida. Sin la lluvia el ciclo del agua se interrumpiría, afectando a todos los seres vivos a la cadena alimentaria. Así pues, la precipitación es uno de los elementos del clima más importantes que afectan directamente a la disponibilidad de los recursos hídricos (Randal, 2007), indispensable para el desarrollo social y económico en áreas como la que es objeto de estudio en este trabajo.

En zonas donde la agricultura es la principal fuente económica este requisito es aún más necesario, especialmente en los cultivos de regadío. En los años donde la precipitación es escasa, los cultivos pueden sufrir estrés hídrico debido a las limitaciones de cantidad de agua que restringen el riego. Esto se traduce en una menor producción, menor beneficio económico (incluso pérdidas) afectando a la economía de toda la región.

La limitada disponibilidad de recursos hídricos en Andalucía y el aumento de la superficie regable, han provocado una situación claramente deficitaria, mostrándose en esta comunidad un déficit hídrico estructural que se estima en torno al 15-20% (Corominas et al., 2001).

El riego se remonta hasta la época romana, donde aparecen las primeras grandes obras hidráulicas, sistemas de canalización, embalses, etc. Pero la aportación más rica acaecida a esta actividad viene dada por los árabes, durante el periodo de dominación musulmana, el riego se extendió en Al-Ándalus. Los árabes introdujeron importantes obras hidráulicas en materia de regadío, como acequias, azudes y norias, la organización de sistemas de propiedad y gestión colectiva del agua y la creación de marcos de resolución de conflictos, los cuales aún siguen vigentes en algunas comunidades de regantes.

Como hemos indicado anteriormente Andalucía se caracteriza por un régimen pluviométrico escaso e irregular, de ahí el tradicional regadío de la Andalucía mediterránea, que comprendía casi la totalidad de las zonas regables de Andalucía en el siglo XIX. Ya en el siglo XX, pese que se señalaba la expansión del regadío como instrumento eficaz para impulsar el crecimiento de la producción agraria, el regadío andaluz apenas prosperó en el primer tercio de este siglo. Fue en la época de la República cuando se impulsó un ambicioso plan de Reforma Agraria.

Tras la Guerra Civil, la expansión del regadío dependía sobremanera de la política hidráulica que se definió en el Plan General de Obras Públicas (1939), aunque en los años cuarenta los logros de este Plan fueron escasos al igual que los conseguidos por el Instituto Nacional de Colonización (1939).

En el riego, podemos cuantificar este déficit comparando la cantidad de lluvia proveniente de la precipitación con la evapotranspiración del cultivo (pérdida de agua por evaporación del suelo y transpiración de la planta), saliendo resultante la cantidad de agua

a aportar mediante técnicas de riego. La falta de materias primas, las restricciones energéticas, la débil financiación y la negativa de los grandes propietarios a invertir en materia de riegos consiguieron que el avance de este fuese mínimo.

En la siguiente década, hubo un cambio de tendencia gracias (según muchos autores) a ley sobre Colonización y Distribución de las zonas Regables (1949), y el mayor ritmo en la construcción de pantanos. Estos hechos consiguieron el impulso del regadío andaluz. Las leyes de 1939 y 1949 declararon en conjunto un total de 28 zonas regables en Andalucía.

Ya en 1973 la Ley de Reforma y Desarrollo Agrario, impulsó de nuevo la ampliación de las zonas regables, alcanzando un total de 37 zonas regables, las cuál comprendían un área cercana a las 450.000 ha.

La intervención Estatal fue clave en el desarrollo del regadío, siendo el principal promotor de la construcción de las grandes obras hidráulicas y responsable de la ampliación del regadío en este periodo, siendo mucho menor la iniciativa privada.

Entre los años 1954 y 1974 la superficie regada pasó de 300.000 ha. (6% de la superficie labrada) a 530.000 Ha. (13% de la superficie cultivada). En 1984 el cultivo de regadío comprendía ya 647.000 ha. (16% de los cultivos) y siguiendo esta tendencia en 2002 la superficie regada se aproximaba a las 900.000 ha. (22% de la superficie cultivada).

La constante modernización de las obras hidráulicas, la aparición de la Política Agraria Común, el Plan Nacional de Regadío y las Actuaciones de Transformación en Regadíos de la superficie de cultivo y las Actuaciones de Modernización de estos, llevadas

a cabo por la Consejería de Agricultura y Pesca, hacen que en 2008 existiese una superficie regable en Andalucía de 1.176.558 ha. y una superficie regada de 1.106.394 ha., lo que supone un 24,6% de la superficie agrícola utilizada en Andalucía, y un 33% del regadío en España (Junta de Andalucía, 2010).

Ante tal cantidad de superficie regada es muy importante el conocimiento de los recursos hídricos y su disponibilidad en la comunidad andaluza.

Los índices que se utilizan para estimar la aridez climática son índices bioclimáticos, permitiendo medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región e identificando áreas deficitarias o de excedentes de agua sin tener en cuenta aportes externos a la dinámica climática. Una de las variables empleadas en estos índices es la evapotranspiración de referencia (ET_0), que refleja el poder evaporante de la atmósfera sobre una superficie de referencia y que depende exclusivamente de parámetros meteorológicos (Allen et al., 1998).

El cálculo de índices numéricos facilita el manejo del concepto de aridez, sobre todo a la hora del planeamiento y manejo de recursos naturales como el agua. Se debe diferenciar la aridez de la sequía, la aridez se refiere a una condición hidro-climática permanente, mientras que la sequía describe una disminución del valor normal de la precipitación en un período de tiempo dado. Dado esto podemos afirmar que una zona árida es una zona que se caracteriza por tener menor disponibilidad hidro-ambiental (Mercado et al., 2010).

La desertificación sí es un concepto asociado a condiciones de aridez, caracterizándose los terrenos áridos según los índices como zonas vulnerables a la desertificación.

Existen varios índices en la literatura científica que cuantifican la aridez climática, siendo los índices de De Martonne, Emberger y el de la UNEP los empleados en el presente trabajo.

Capítulo 2. Objetivos.

Los objetivos principales de este trabajo son:

-Analizar la variabilidad espacio-temporal de la aridez en las zonas regables de Andalucía, utilizando diversos índices bioclimáticos empleados en la literatura específica.

-Evaluar la tendencia en dichos índices, determinando si esta tendencia es creciente (la aridez aumenta) o por lo contrario decreciente (la aridez tiende a disminuir).

Como objetivos específicos se plantean:

-Detección de datos anómalos o erróneos en los sets de datos iniciales mediante la aplicación de procedimientos de calidad básicos.

-Que el estudiante se familiarice con actividades de investigación tales como la revisión bibliográfica y la programación empleando software científico-técnico para la resolución de problemas en el marco del Agua y la Ingeniería.

Capítulo 3. Materiales y Métodos.

3.1. Fuente de Datos

Los datos usados en este estudio se obtienen de la Red de Información Agroclimática de Andalucía (RIAA). Con este nombre se denomina a la Red SIAR (Sistema de Información Agroclimática para el regadío) en Andalucía, instalada entre los años 1999 y 2000 por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (Estévez, 2008; Pérez de los Cobos et al., 2003)

Dicha Red está compuesta por más de un centenar de estaciones meteorológicas automáticas, que registran valores de precipitación, humedad relativa y temperatura del aire, radiación solar, velocidad y dirección del viento registrados junto con la evapotranspiración de referencia (ET_0).

La evapotranspiración de referencia es calculada automáticamente con los datos que aportan las estaciones, siguiendo el método de Penman-Monteith recomendado por la FAO (Allen et al., 1998).

Para este trabajo se han escogido estaciones que contasen como mínimo con datos de los últimos quince años y que se encontraran actualmente activas. Las estaciones que cumplían esos requisitos se exponen en la tabla 1. La estación de Cuevas de Almanzora se ha excluido al ver que faltaban datos durante más de un año, en días consecutivos. Se han estudiado finalmente 74 estaciones en total (Tabla 1), en todas ellas se han recogido datos

entre el año 2003 y 2017. Su situación geográfica, así como la demarcación de las distintas zonas regables se representan en la Figura 1.

A través de la página web de esta Red se han obtenido todos los datos necesarios, de las distintas estaciones: temperatura y humedad relativa del aire (máxima, mínima, media), velocidad del viento, radiación solar, precipitación y evapotranspiración de referencia.

Tabla 1. Estaciones, provincia, coordenadas y altitud.

Estación	Provincia	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Adra (1)	Almería	36,75	-2,99	42,0
Almería (2)	Almería	36,84	-2,40	22,0
Fiñana (3)	Almería	37,16	-2,84	971,0
Huércal-Overa (4)	Almería	37,41	-1,88	317,0
La Mojonera (5)	Almería	36,79	-2,70	142,0
Níjar (6)	Almería	36,95	-2,16	182,0
Tabernas (7)	Almería	37,09	-2,30	435,0
Tíjola (8)	Almería	37,38	-2,46	796,0
Virgen Fátima-Cuevas Almanzora (9)	Almería	37,39	-1,77	185,0
Basurta -Jerez de la Frontera (10)	Cádiz	36,76	-6,02	60,0
Conil de la Frontera (11)	Cádiz	36,33	-6,13	24,0
Jerez de la Frontera (12)	Cádiz	36,64	-6,01	32,0
Jimena de la Frontera (13)	Cádiz	36,41	-5,38	53,0
Vejer de la Frontera (14)	Cádiz	36,29	-5,84	24,0
Villamartín (15)	Cádiz	36,84	-5,62	171,0
Adamuz (16)	Córdoba	38,00	-4,45	90,0
Baena (17)	Córdoba	37,69	-4,31	334,0

Bélmez (18)	Córdoba	38,25	-5,21	523,0
Córdoba (19)	Córdoba	37,86	-4,80	117,0
El Carpio (20)	Córdoba	37,90	-4,50	165,0
Hornachuelos (21)	Córdoba	37,72	-5,16	157,0
Santaella (22)	Córdoba	37,52	-4,89	207,0
Baza (23)	Granada	37,56	-2,77	814,0
Cádiar (24)	Granada	36,92	-3,18	950,0
Iznalloz (25)	Granada	37,42	-3,55	935,0
Jerez del Marquesado (26)	Granada	37,19	-3,15	1.212,0
Loja (27)	Granada	37,17	-4,14	487,0
Padul (28)	Granada	37,02	-3,60	781,0
Puebla de Don Fadrique (29)	Granada	37,88	-2,38	1.110,0
Zafarraya (30)	Granada	36,99	-4,15	905,0
Almonte (31)	Huelva	37,15	-6,48	18,0
Aroche (32)	Huelva	37,96	-6,95	299,0
El Campillo (33)	Huelva	37,66	-6,60	406,0
Gibraleón (34)	Huelva	37,41	-7,06	169,0
IFAPA Torres-Tomejil. El Cebollar (35)	Huelva	37,24	-6,80	63,0
La Palma del Condado (36)	Huelva	37,37	-6,54	192,0
La Puebla de Guzmán (37)	Huelva	37,55	-7,25	288,0
Lepe (38)	Huelva	37,30	-7,24	74,0
Moguer (39)	Huelva	37,15	-6,79	87,0
Niebla (40)	Huelva	37,35	-6,74	52,0
Alcaudete (41)	Jaén	37,58	-4,08	645,0
Chiclana de Segura (42)	Jaén	38,30	-3,00	575,0

Huesa (43)	Jaén	37,75	-3,06	780,0
Jaén (44)	Jaén	37,89	-3,77	488,0
La Higuera de Arjona (45)	Jaén	37,95	-4,01	267,0
Mancha Real (46)	Jaén	37,92	-3,60	436,0
Pozo Alcón (47)	Jaén	37,67	-2,92	893,0
Sabiote (48)	Jaén	38,08	-3,24	822,0
San José de los Propios (49)	Jaén	37,86	-3,23	509,0
Sonto Tomé (50)	Jaén	38,03	-3,08	571,0
Torreblascopedro (51)	Jaén	37,99	-3,69	291,0
Úbeda (52)	Jaén	37,94	-3,30	358,0
Cártama (53)	Málaga	36,72	-4,68	95,0
Estepona (54)	Málaga	36,44	-5,21	199,0
IFAPA Churriana (55)	Málaga	36,67	-4,50	32,0
Málaga (56)	Málaga	36,76	-4,54	68,0
Pizarra (57)	Málaga	36,77	-4,72	84,0
Sierra Yeguas (58)	Málaga	37,14	-4,84	464,0
Vélez-Málaga (59)	Málaga	36,80	-4,13	49,0
Aznalcázar (60)	Sevilla	37,15	-6,27	4,0
Écija (61)	Sevilla	37,59	-5,08	125,0
Guillena (62)	Sevilla	37,51	-6,06	191,0
IFAPA Torres-Tomejil. Tomejil (63)	Sevilla	37,40	-5,59	79,0
La Luisiana (64)	Sevilla	37,53	-5,23	188,0
La Puebla del Río (65)	Sevilla	37,23	-6,13	25,0
La Puebla del Río II (66)	Sevilla	37,08	-6,05	41,0
La Rinconada (67)	Sevilla	37,46	-5,92	37,0

Las Cabezas de San Juan (68)	Sevilla	37,02	-5,88	25,0
Lebrija I (69)	Sevilla	36,98	-6,13	25,0
Lora del Río (70)	Sevilla	37,66	-5,54	68,0
Los Molares (71)	Sevilla	37,18	-5,67	90,0
Osuna (72)	Sevilla	37,26	-5,13	214,0
Puebla Cazalla (73)	Sevilla	37,22	-5,35	229,0
Sanlúcar La Mayor (74)	Sevilla	37,42	-6,26	88,0

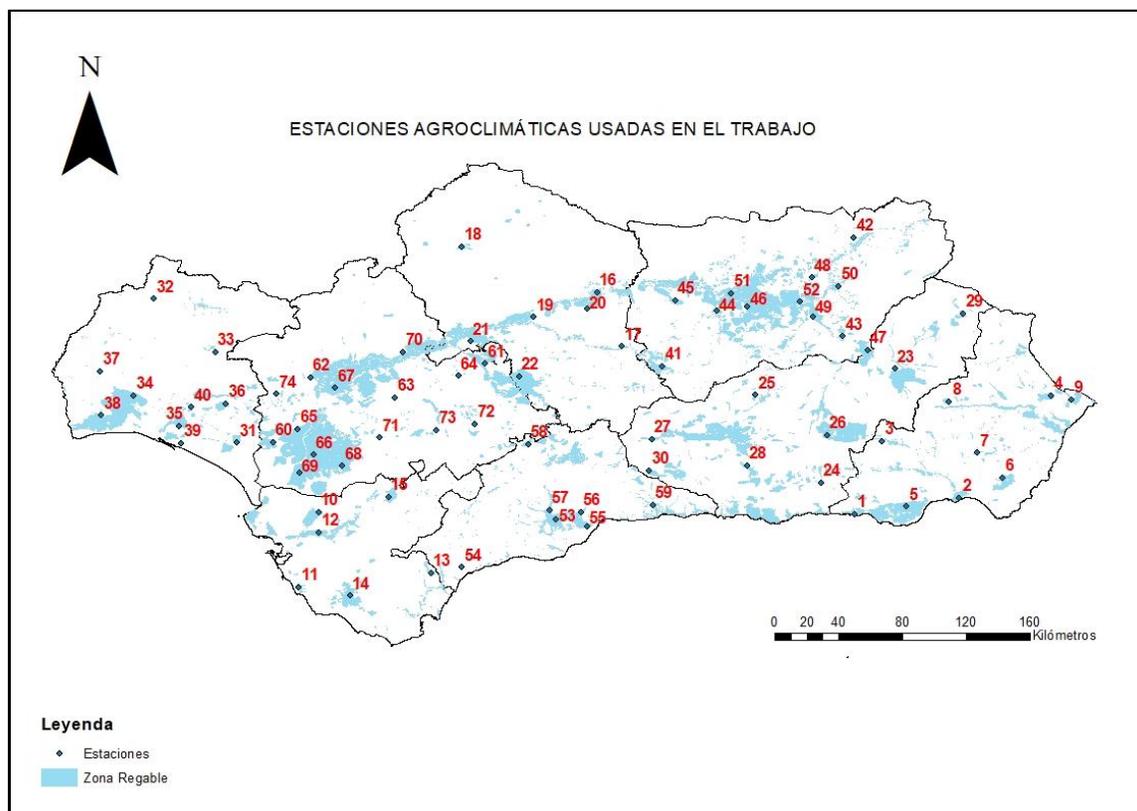


Figura 1. Mapa de situación de las estaciones agroclimáticas empleadas.

3.2. Procedimientos de Validación

La validación de los datos generados engloba un conjunto de técnicas, procedimientos, algoritmos y tests que sirven como herramientas para la identificación y

detección de errores y aportan un indicativo del nivel de calidad de cada uno de los datos registrados, asegurando la fiabilidad de dichas observaciones. Este código se conoce en la literatura con el nombre de “flag” o “bandera” y generalmente equivale a descripciones del tipo “dato bueno”, “sospechoso”, “erróneo”, “sin dato”, etc., y depende de si el mismo ha pasado o no satisfactoriamente el test aplicado. Se trata por tanto de generar una información añadida al registro meteorológico que sirve para describir el nivel o grado de confianza de ese valor. En el proceso de validación siempre hay una labor final de monitorización o análisis manual que debe ser efectuada por personal cualificado (Estévez et al., 2018).

Una vez se ha dispuesto de la totalidad de los datos procedentes de las 74 estaciones, y a través del software de MATLAB, se ha programado diversos scripts para validar los datos a través de una serie de tests, garantizando la verosimilitud de las series temporales utilizadas como inputs en los estudios posteriores y con ella, la calidad de los resultados obtenidos.

Los test de validación que se aplicaron se describen a continuación.

3.2.1. Test de rango

Este test se basa en una combinación de especificaciones de rendimiento de cada sensor de la estación automática y de datos físico/climáticos extremos. Los límites de las diferentes variables meteorológicas pueden depender de las condiciones climáticas del lugar en estudio y de la estación (Reek et al., 1992; Meek y Hatfield, 1994; Shafer et al., 2000; Feng et al., 2004).

Los límites dinámicos para cada variable meteorológica se basan en valores extremos medidos para cada ubicación o en el teórico posible extremo para cada sitio y período de tiempo, como Allen (1996) propuso para la radiación solar. Los extremos superior e inferior para la temperatura y la precipitación utilizados en esta prueba fueron dados por la Agencia Meteorológica Española (AEMET, 2017), y se obtuvieron de observaciones meteorológicas a largo plazo de cada estación.

Este test fijo comprueba que los diferentes datos se encuentren entre un límite inferior otro superior previamente definidos. Si algún dato se encuentra fuera de esos límites se considera erróneo y por tanto se descarta del set de datos (Estévez et al., 2011).

Los límites definidos para cada variable meteorológica se exponen en la Tabla 2:

Tabla 2. Límites de las diferentes variables climatológicas usados en el test de rango fijo (Estévez et al., 2011).

Procedimiento de validación	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Radiación solar (MJ/m ²)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Test de rango	-20 < T < 50	0 < RH < 100	0 < Rs < 120,96	0.025 < U < 60	0 ≤ P ≤ 508
Test de rango (AEMET)	-30 < T < 46,9			U < 68,89	P < 817

T: Temperatura máxima, mínima o media diaria (°C); RH: Humedad relativa máxima, mínima o media diaria (%); Rs: Radiación diaria global (MJ/m²); U: Velocidad media diaria del viento (m/s); P: Precipitación diaria (mm).

Además del test de rango utilizado, también se han tenido en cuenta los valores extremos recogidos por la AEMET, los cuales son menos restrictivos que los del test de rango usado,

a excepción de la temperatura donde la AEMET nos fija el máximo en 46,9 grados centígrados, en vez de los 50 que hemos usado en nuestro test.

Los máximos históricos desde 1920 encontrados en la red principal de la AEMET para cada provincia (únicos datos homologados) vienen indicados en la tabla 3.

Tabla 3. Valores máximos para diferentes variables climatológicas en cada provincia de Andalucía.

	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla
Temperatura máxima (°C)	41,2	45,1	46,9	45,7	43,8	46	44,2	46,6
Temperatura Mínima (°C)	0,1	-5,4	-8,2	-14,2	-5,8	-8	-3,8	-8
U máxima (m/s)	38,06	35	35	33,89	40	36,11	37,78	46,11
P diaria máx. (mm/día)	98	155	154,3	69,3	160	121	313	129,5

3.2.2. Test de consistencia interna.

Los test de consistencia interna están métodos basados en la verificación de consistencias físicas o climáticas de cada variable medida (Grüter et al., 2001). Este test se basa en una comprobación simple de los datos, la regla que se siguió fue que los valores máximos instantáneos deberán ser mayores que los valores medios instantáneos, y estos a su vez deberán ser mayores que los valores mínimos instantáneos (Feng et al., 2004; Reek et al., 1992).

Tabla 4. Validación las diferentes variables climatológicas usados en el test de consistencia interna.

Procedimiento de validación	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Radiación solar (MJ/m ²)	Velocidad del viento (m/s)	Precipitación (mm)
Test de consistencia interna	$T_x > T_m > T_n$	$RH_x > RH_m > RH_n$			$K_T^* < 0.5$ $RH^* > 80\%$

T_x : temperatura diaria máxima; T_m : temperatura diaria media; T_n : Temperatura diaria mínima; RH_x : humedad relativa diaria máxima; RH_m : humedad relativa diaria media; RH_n : humedad relativa diaria mínima; K_T^* : índice medio de claridad durante un evento de precipitación diurna; RH^* : humedad relativa media durante un evento de precipitación diurna.

3.3. Índices de Aridez

En este trabajo se han utilizado tres índices de aridez distintos, índice de aridez de De Martonne, índice de aridez de Emberger y el publicado por la UNEP.

3.3.1. Índice de De Martonne:

El índice de De Martonne fue creado por el geógrafo y climatólogo francés Emmanuel de Martonne. Este índice es solo aplicable localmente, y pese a que se creó hace más de 90 años, todavía prueba su utilidad para evaluar la disponibilidad de agua en un área (Baltas, 2007; Cheval et al., 2016). El valor anual de este índice se calcula con la Ecuación 1 (De Martonne, 1926).

$$IM = \frac{P}{T+10} \quad (1)$$

dónde P es la precipitación media acumulada anual y T es la temperatura media anual.

La clasificación de la aridez de un área según este índice se puede observar en la tabla 4.

3.3.2. Índice de Emberger:

El índice de aridez de Emberger fue creado por un botánico y fitogeógrafo francés llamado Marie Louis Emberger. Este índice se basa en los datos climáticos asociados con zonas de vegetación. El estableció un cociente de humedad, utilizando la zona árida del noroeste de África (Gunawat et al., 2016). El índice de Emberger se obtiene con la precipitación anual media y la temperatura media del mes más frío y caluroso del año, y se determina usando la Ecuación 2 (Emberger, 1932).

$$IE = \frac{100-P}{M^2-m^2} \quad (2)$$

donde P es la precipitación media anual, M la temperatura media del mes más cálido y m la temperatura media del mes más frío.

La clasificación de la aridez de un área según este índice se puede observar en la tabla 5.

3.3.3. Índice UNEP:

El índice propuesto por la UNEP, evalúa la demanda de agua basándose en la precipitación media anual y la evapotranspiración de referencia. Este índice clasifica la

aridez de una zona en cinco categorías. Se calcula con la siguiente fórmula (3) (Middleton et al., 1992).

$$IU = \frac{P}{ET_0} \quad (3)$$

donde P es la precipitación media anual y ET_0 es la evapotranspiración media anual.

El cálculo de la ET_0 se lleva a cabo mediante la ecuación de Penman-Monteith (4) (Allen et al. 1998).

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (4)$$

Donde:

ET_0 , evapotranspiración de referencia (mm/día): “La evapotranspiración desde la superficie de un cultivo hipotético de 0,12 m de altura, 70 s/m de resistencia y de 0,23 albedo, la cual se asemeja a la evapotranspiración de una extensa superficie de grama activa, de altura uniforme, en crecimiento y sin limitaciones de agua” (Allen et al., 1998); Δ , pendiente de la curva de la tensión de vapor saturado (kPa/ °C); R_n , radiación neta sobre la superficie del cultivo (MJ/ m² día); G, flujo calórico utilizado en el calentamiento del suelo (MJ/ m² día); T, Temperatura media diaria del aire a 2 metros de altura (°C); γ , Constante psicrométrica (kPa/ °C); u_2 , velocidad del viento a 2 m de altura, en m/s; e_s y e_a tensión de vapor saturado, y actual respectivamente (kPa/ °C); $(e_s - e_a)$, déficit de tensión de vapor saturado (kPa/ °C).

La clasificación del clima de un área según este índice se puede observar en la tabla 6.

Tabla 5. Clasificación del clima según el índice de aridez de De Martonne.

Índice de aridez	Tipo de clima
>60	Per-húmedo
60 – 30	Húmedo
30 – 20	Subhúmedo
20 – 15	Semiárido (mediterráneo)
15 – 5	Árido (estepario)
5 - 0	Árido extremo (desierto)

Tabla 6. Clasificación del clima según el índice de aridez de Emberger.

Índice de aridez	Tipo de clima
>90	Húmedo
90 – 50	Subhúmedo
50 – 30	Semiárido
30 – 0	Árido

Tabla 7. Clasificación del clima según el índice de aridez de la UNEP.

Índice de aridez	Tipo de clima
>0,65	Húmedo
0,65 – 0,50	Sub húmedo - seco
0,50 – 0,20	Semiárido
0,20 – 0,05	Árido
<0,05	Hiperárido

3.4. Test de Tendencias

Para estudiar la tendencia de los tres índices mencionados anteriormente, se ha utilizado el test de tendencias de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975). El test se deriva de correlación de rango para dos grupos de observaciones propuesto por Kendall (1975). El Test de tendencias de Mann-Kendall, es altamente recomendado para uso general por la Organización Meteorológica Mundial (Mitchell et al., 1966).

Este test de tendencias es un método no paramétrico, comúnmente usado para verificar la significancia de tendencias en series temporales hidro-meteorológicas (Yue and Pilon, 2004; Zhang et al., 2009).

El test basa en el estadístico S:

$$S = \sum_{z=1}^{N-1} \sum_{j=z+1}^N \text{signo}(x_j - x_z) \quad (5)$$

donde x_j y x_z son dos valores genéricos secuenciales de la variable, N es el tamaño del set de datos, y el signo(y) toma los siguientes valores:

$$\text{signo}(y) = \begin{cases} +1 & \text{si } y > 0 \\ 0 & \text{si } y = 0 \\ -1 & \text{si } y < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Cada par de valores consecutivos observados de la variable aleatoria es inspeccionado para encontrar si el segundo de estos datos es mayor que el primero.

Por lo tanto, un valor positivo de S indica una tendencia positiva en la serie de datos observados, y un valor negativo de S representa una tendencia negativa. Bajo la hipótesis nula de no tendencia en los datos, H_0 , la distribución del estadístico S es aproximadamente normal con media cero. Para set de datos con más de 10 valores, la varianza asociada con

el estadístico S de Mann-Kendall, puede ser calculada considerando la distribución muy cercana a una distribución normal:

$$\sigma_z = \sqrt{var_s} = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i i(i-1)(2i+5)}{18}} \quad (7)$$

donde t_i es el número de vínculos hasta la extensión de i.

Un test estadístico Z puede ser calculado de la siguiente forma:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_z} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_z} & \text{si } S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Para probar una tendencia con un nivel de significancia α , H_0 , es rechazada si el valor absoluto de Z es más grande que $Z_{1-\alpha/2}$, donde $Z_{1-\alpha/2}$ se obtiene de las tablas del estándar normal acumulativo (Espadafor, et al., 2011).

Para aplicar el test de tendencias de Mann-Kendal a nuestro set de datos se ha usado la hoja de Excel MAKESENS (Salmi et al., 2002).

Esta hoja comprueba la tendencia de los datos en cuatro niveles de significancia α : 0,1 – 0,5 – 0,01 – 0,001.

El nivel de significancia 0,1 significa que la probabilidad de haya un error al rechazar la hipótesis nula para valores de x dentro de una distribución aleatoria es del 10%. Para conocer la magnitud de las tendencias detectadas se ha aplicado el método Sen's al test de Mann-Kendall, el cual estima la pendiente de dicha tendencia. Esta pendiente viene dada por el valor Q. El test de Sen's puede usarse en casos donde la tendencia puede asumirse como lineal.

Capítulo 4. Resultados.

4.1. Resultados de la validación de datos.

Tras llevar a cabo los procedimientos de validación anteriormente expuestos y eliminar los días con datos en blanco (sin valores) que había en los distintos sets de datos, los datos marcados que se han encontrado han sido un total de 1.467 y los días con datos sin valores 3.581.

El total de días del conjunto de datos en bruto fue de 405.492 (sumando los días de todas las estaciones en el espacio temporal estudiado), siendo un total de 401.911 sin contar los blancos.

Tratando ya las cifras totales de datos estudiados tenemos 4.019.110 datos (401.911 días x 10 variables cada día. Tras aplicar los procedimientos de validación antes detallados se ha realizado una serie de toma de decisiones antes del análisis posterior, con el objetivo de garantizar la verosimilitud en la estimación de la evapotranspiración de referencia y en los diferentes índices de aridez.

Los datos marcados tras la aplicación de los tests en las distintas estaciones agroclimáticas se exponen en las tablas 6 y 7. El test de rango dinámico no arrojó ningún dato sospechoso.

De las 74 estaciones estudiadas 5 no han tenido datos marcados y 42 tienen menos de 10 datos marcados en base a los procesos de validación aplicados. De las 69 estaciones que tienen datos marcados, en 57 estos datos provienen de los tests de rango fijo y en 46 estaciones provienen de los test de rango dinámicos.

Tabla 8. Datos marcados por el test de rango fijo en cada provincia clasificados por variable.

Test de Rango Fijo					
Provincia	Temperatura	Humedad Relativa	Velocidad del Viento	Radiación	Precipitación
Almería	1	0	10	0	0
Cádiz	1	4	65	0	0
Córdoba	1	6	37	0	0
Granada	2	1	39	0	0
Huelva	1	383	29	0	0
Jaén	2	15	52	0	0
Málaga	0	17	17	0	0
Sevilla	2	101	80	0	0
Total	10	527	329	0	0

Tabla 9. Datos marcados por el test de consistencia en cada provincia clasificados por variable.

Test de consistencia interna			
Provincia	Temperatura	Humedad Relativa	Precipitación
Almería	8	2	0
Cádiz	17	85	0
Córdoba	3	11	0
Granada	10	2	0

Huelva	6	146	0
Jaén	11	96	0
Málaga	1	76	0
Sevilla	36	91	0
Total	92	509	0

Tras una última fase de inspección visual, se procedió a descartar todos ellos, con la excepción de datos de Humedad Relativa, que pese a superar el valor máximo físico, entraban dentro de la tolerancia del sensor ($\pm 3\%$ en el rango 90-100%), siendo corregidos antes de calcular la evapotranspiración de referencia.

4.2. Análisis de Tendencias.

Tras el proceso de validación, se llevó a cabo el cálculo de los distintos índices de aridez con el código desarrollado en Matlab, con los datos anuales de cada índice se aplicó el test de tendencias para cada uno de ellos.

En los quince años que se ha basado este estudio, existe una gran variabilidad climática en toda la superficie estudiada, como ejemplo de ello, en el año 2005 la precipitación acumulada en Adra (Almería) fue 143,2mm, y en el año 2010 en la misma estación este mismo dato fue 656,0mm. En la Tabla 8 se muestran los resultados tras aplicar el test de Mann-Kendall para los tres índices de aridez estudiados.

No aparecen referencias al nivel de significancia de 0.01 ya que en ningún índice de los tres estudiados en todas las estaciones ha logrado encontrar tendencias para ese nivel de significancia.

En términos de significancia cabe destacar las siguientes estaciones donde los tres índices decrecieron (aumento de la aridez):

-Tabernas registró una tendencia negativa de los índices UNEP y De Martonne para un nivel de confianza del 95% y una tendencia negativa en el índice de Emberger para un nivel de confianza del 90%.

-El Carpio, donde la tendencia negativa de los índices UNEP y Emberger fue significativa para un nivel de confianza del 90% y del mismo modo la tendencia negativa del índice De Martonne para un nivel de confianza del 95%.

*Tabla 10. Significancia del test de Mann-Kendall y estimación para la verdadera pendiente de la tendencia lineal Q. En las columnas de significancia, la casilla en blanco supone nivel de confianza <90%, + significa nivel de confianza del 90%, * significa nivel de confianza del 95%.*

		Índice De Martonne		Índice de Emberger		Índice UNEP	
Estación	Provincia	Sign.	Q	Sign.	Q	Sign.	Q
Adra	Almería		-0,06		-0,71		0,000
Almería	Almería		-0,10		-0,62		-0,002
Fiñana	Almería		0,00		0,00		-0,003
Huércal-Overa	Almería		-0,42	+	-1,73	+	-0,008
La Mojonera	Almería		-0,07		-0,33		0,000
Níjar	Almería		-0,14		-0,57		-0,002
Tabernas	Almería	*	-0,43	+	-1,74	*	-0,008
Tíjola	Almería		-0,31		-1,15		-0,005
Cuevas de Almanzora	Almería	*	-0,18		-0,97		-0,004

Jerez de la Frontera	Cádiz		-0,51		-2,75		-0,009
Conil de la Frontera	Cádiz		-0,75		-3,13		-0,011
Jerez de la Frontera	Cádiz		-0,27		-1,78		-0,004
Jimena de la Frontera	Cádiz		-0,53		-2,22		-0,003
Vejer de la Frontera	Cádiz		0,15		0,05		0,006
Villamartín	Cádiz		-0,19		-0,72		-0,002
Adamuz	Córdoba		0,16		0,17		0,002
Baena	Córdoba		-0,04		-0,20		0,000
Bélmez	Córdoba		-0,44		-1,90		-0,008
Córdoba	Córdoba		-0,18		-0,62		0,000
El Carpio	Córdoba	*	-0,44	+	-1,88	+	-0,010
Hornachuelos	Córdoba		-0,14		-0,12		0,004
Santaella	Córdoba		-0,17		-0,39		-0,002
Baza	Granada		-0,09		-0,75		-0,001
Cádir	Granada		-0,65		-2,02		-2,025
Iznalloz	Granada		-0,04		-0,31		-0,001
Jerez del Marquesado	Granada		-0,27		-1,57		-0,005
Loja	Granada		-0,04		-0,16		0,002
Padul	Granada	+	-0,53	+	-2,03		-0,010
Puebla de D. Fadrique	Granada		-0,32		-1,13		-0,006
Zafarraya	Granada		-0,49		-2,64		-0,013
Almonte	Huelva		-0,37		-2,15		-0,004
Aroche	Huelva		0,19		0,21		0,006
El Campillo	Huelva		-0,20		-1,41		0,000

Gibraleón	Huelva		-0,42		-2,39		-0,008
IFAPA El Cebollar	Huelva		-0,25		-1,04		-0,006
La Palma del Cdo.	Huelva		0,00		-0,53		0,002
La Puebla de Guzmán	Huelva		-0,11		0,06		0,006
Lepe	Huelva		-0,51		-1,97		-0,011
Moguer	Huelva		-0,37		-1,25		-0,003
Niebla	Huelva		-0,22		-0,47		-0,004
Alcaudete	Jaén		-0,23		-0,65		-0,004
Chiclana de Segura	Jaén		-0,05		-0,67		-0,001
Huesa	Jaén		0,18		0,97		0,003
Jaén	Jaén		-0,31		-1,30		-0,004
La Higuera de Arjona	Jaén		-0,01		-0,17		0,000
Mancha Real	Jaén		-0,10		-0,25		-0,001
Pozo Alcón	Jaén		-0,08		-0,31		-0,001
Sabiote	Jaén		-0,22		-0,60		-0,003
San José de los Propios	Jaén		0,05		-0,19		0,002
Sonto Tomé	Jaén		-0,32		-1,21		-0,002
Torreblascopedro	Jaén		-0,27		-1,48		-0,006
Úbeda	Jaén		-0,25		-1,37		-0,005
Cártama	Málaga		-0,68		-2,96	+	-0,019
Estepona	Málaga		0,11		0,38		-0,002
IFAPA Churriana	Málaga		-0,50		-2,62		-0,010
Málaga	Málaga		-0,43		-2,17		-0,009
Pizarra	Málaga		-0,56		-2,44		-0,013
Sierra Yeguas	Málaga		-0,12		-0,43		-0,002

Vélez-Málaga	Málaga		-0,28		-1,14		-0,012
Aznalcázar	Sevilla		-0,51		-1,45		-0,006
Écija	Sevilla		-0,35		-1,02		-0,002
Guillena	Sevilla		-0,17		-0,76		-0,003
IFAPA. Finca Tomejil	Sevilla		-0,13		-0,72		-0,002
La Luisiana	Sevilla		-0,01		-0,41		0,001
La Puebla del Río	Sevilla		-0,37		-1,70		-0,005
La Puebla del Río II	Sevilla		-0,18		-0,08		0,001
La Rinconada	Sevilla		-0,38		-1,79		-0,007
Las Cabezas de S. Juan	Sevilla		-0,10		0,11		0,000
Lebrija I	Sevilla		-0,35		-0,94		-0,005
Lora del Río	Sevilla		0,08		0,32		0,002
Los Molares	Sevilla		-0,18		-0,97		-0,001
Osuna	Sevilla		-0,22		-0,61		-0,002
Puebla Cazalla	Sevilla		-0,18		-0,21		-0,002
Sanlúcar La Mayor	Sevilla		-0,16		-1,60		-0,009

De las 74 estaciones estudiadas, se detectaron tendencias significativas para un nivel de confianza del 90% o superior en 6 (Huércal-Overa, Virgen de Fátima-Cuevas de Almazora, Tabernas, El Carpio, Cártama y Padul), podemos observar este dato en la figura 2.

De las estaciones mencionadas anteriormente, Tabernas y El Carpio encuentran tendencias significativas negativas (el índice tiende a disminuir) para un nivel de confianza

de al menos el 90% en los tres índices, esto nos reafirma con mayor seguridad la tendencia a que estas zonas cada año son más áridas.

En Huércal-Overa y Cártama, en dos de los tres índices encontramos estas tendencias significativas para un nivel de confianza del 90%, las cuales también son negativas, indicando la tendencia a que estas zonas sean cada vez más áridas.

En las estaciones Virgen de Fátima-Cuevas de Almanzora y Padul, solo uno de los índices tiene una tendencia significativa, en el caso de la estación Virgen de Fátima-Cuevas de Almanzora esta tendencia significativa para un nivel de confianza del 95% se da en el índice De Martonne; mientras que en Padul la tendencia significativa para un nivel de confianza del 90% se da en el índice de la UNEP. Cabe destacar que estas también son negativas al igual que todas las anteriores.

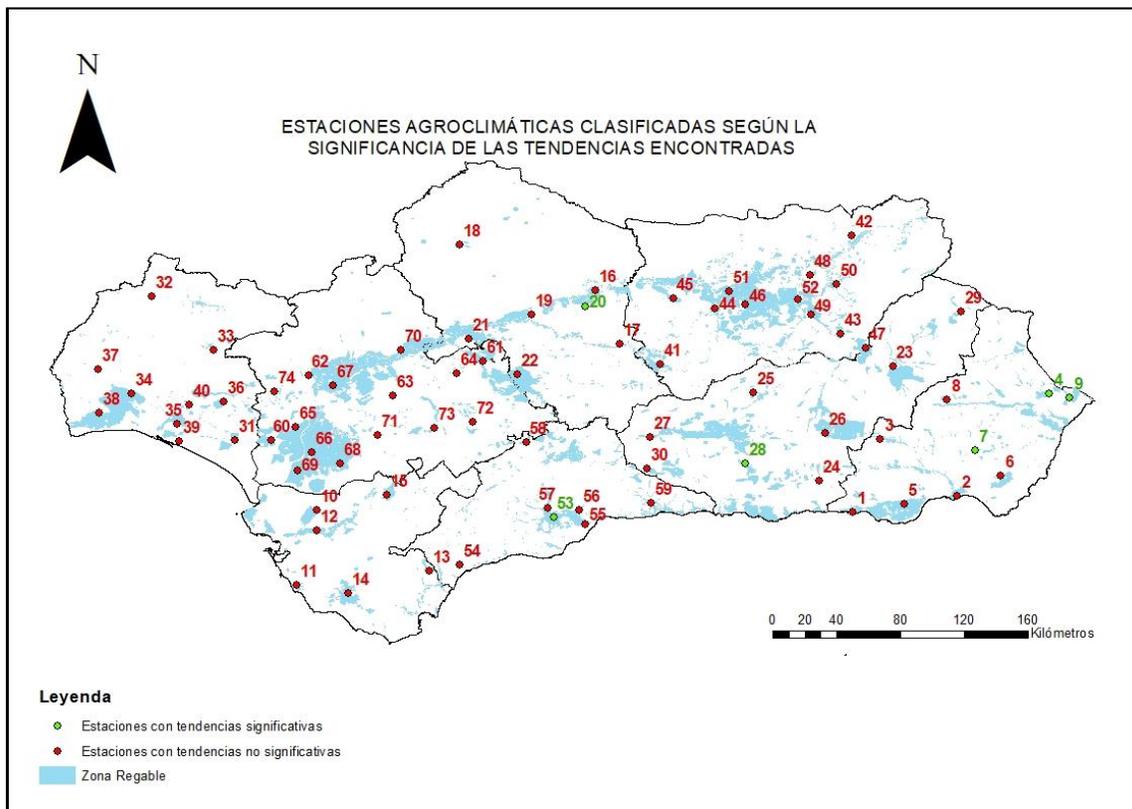


Figura 2. Mapa de situación de las estaciones agroclimáticas empleadas clasificadas según la significancia de las tendencias encontradas.

Los valores de Q (unidades del índice/año) nos indican la modificación que sufre el índice estudiado por año. Para el índice De Martonne alcanza sus valores máximos y mínimos en Conil de la Frontera (-0,75) y Aroche (0,19); para el índice de Emberger alcanza dichos valores en Conil de la Frontera (-3,13) y Huesa (0,97); para el índice UNEP estos valores máximos y mínimos son alcanzados en Cádiz (-2,03) y Vejer de la Frontera (0,06).

Las estaciones con tendencias positivas son Aroche, Huesa y Vejer de la Frontera; cabe destacar que las dos primeras se encuentran en zonas de sierra mientras que Vejer se

sitúa cerca de la costa, pero sobre un monte, y su tendencia positiva respecto al aumento de este índice de aridez (tiende a ser una zona cada vez más húmeda), puede deberse a una tendencia positiva en términos de precipitación.

En el resto de estaciones con tendencias negativas en relación a este índice de aridez se puede afirmar que se debe a un conjunto de tendencias a aumentar la temperatura y a la disminución de lluvias, al contrario que las anteriores Conil de la Frontera es una estación costera, mientras que Cádiar se encuentra en un valle próximo a Sierra Nevada.

Es destacable que ninguna de estas tendencias se detecta con al menos un nivel de confianza del 90%.

A la hora de realizar las gráficas, se han elegido las estaciones de Adra y Zafarraya por ser una de las más áridas (Adra) y una de las más húmedas (Zafarraya), mientras que las otras dos se han elegido aleatoriamente.

Centrándonos en la pendiente de la tendencia de los distintos índices estudiados; observamos que, para el índice De Martonne, encontramos que 7 de las 74 estaciones (Vejer de la Frontera, Adamuz, Aroche, Huesa, San José de Los Propios, Estepona y Lora del Río), tienden a ser más húmedos cada año. Este dato nos indica que según el análisis de tendencias la mayoría del territorio andaluz tiene una tendencia negativa respecto a la aridez, es decir el índice de Martonne es más bajo cada año, por lo que podemos decir que generalmente cada año la aridez crece en Andalucía (Figura 3).

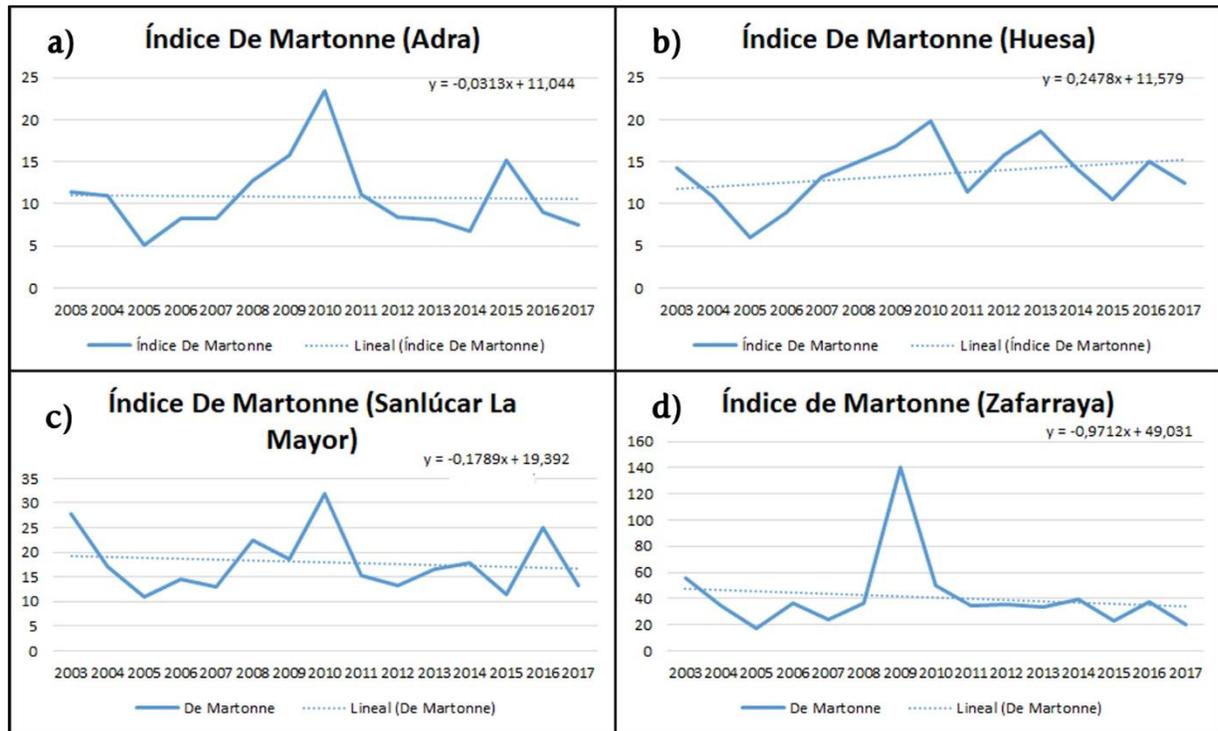


Figura 3. Gráficas de los valores del índice De Martonne en distintas estaciones y su tendencia.

Analizando la Figura 3a (Adra) se puede observar que el índice de Martonne oscila entre 5 y 15, a excepción de un pico en 2010, teniendo esta estación una ligera tendencia hacia la disminución de este índice y por tanto el aumento de la aridez.

En Huesa (Figura 3b) se aprecia que desde que en 2005 este índice se aproximó a un valor de 5, los demás años se mueve entre 10 y 20, siguiendo una tendencia creciente y por tanto de la disminución de la aridez.

En Sanlúcar La Mayor (Figura 3c) el índice es muy variable, pero tiene una tendencia decreciente.

Finalmente, se observa que en Zafarraya (Figura 3d) el índice oscila en todo el periodo analizado entre valores de 20 y 40, a excepción de un pico en 2009 donde éste alcanza un valor de 140, aunque en términos generales este tiende a disminuir.

Para el índice de Emberger obtenemos en general resultados muy similares en toda Andalucía, un crecimiento generalizado de la aridez, excepto en las siguientes estaciones donde existe una tendencia hacia condiciones más húmedas: Vejer de la Frontera, Adamuz, Aroche, La Puebla de Guzmán, Huesa (Figura 4b), Estepona, Las Cabezas de San Juan y Lora del Río.

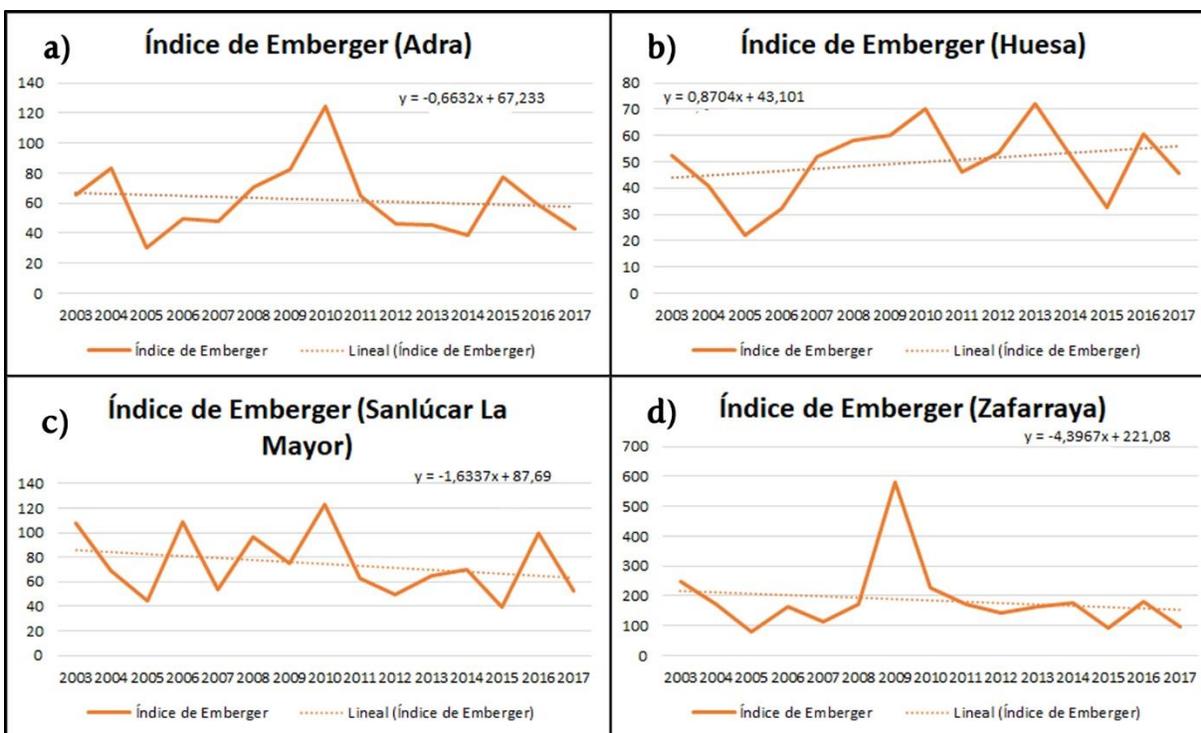


Figura 4. Gráficas de los valores del índice de Emberger en distintas estaciones y su tendencia.

En la Figura 4 se puede apreciar que en Adra (Figura 4a) el índice de Emberger tiene una mayor variabilidad con un pico de valor 120 aproximadamente en 2010, existiendo una tendencia decreciente.

En Huesa (Figura 4b) la gráfica es muy similar a la del anterior índice, existe una tendencia positiva, obteniéndose en la mayoría de los años valores para este índice por encima de 50 y solo existiendo dos picos de valores más bajos en los años 2005 y 2015.

En Sanlúcar La Mayor (Figura 4c) igual que en el anterior gráfico, el índice es muy variable, aunque globalmente tiende a bajar. En Zafarraya (Figura 4d) se puede observar que en la mayoría de los años existen valores entre 100 y 200, a excepción del pico positivo en 2010. A pesar de ello, la tendencia es decreciente.

El estudio de las tendencias para el índice UNEP, arroja que 13 estaciones tienen tendencias crecientes en la aridez, es decir que en esas 13 estaciones el índice de aridez aumenta cada año, por lo que su clasificación será cada vez más húmeda. Estas estaciones son: La Mojonera, Vejer de la Frontera, Adamuz, Baena, Hornachuelos, Aroche, La Palma del Condado, La Puebla de Guzmán, Huesa (Figura 5b), San José de Los Propios, La Luisiana, La Puebla del Río II y Lora del Río; aunque como podemos comprobar en la mayoría de estas estaciones el valor de Q que nos indica la cantidad que aumenta el índice por año es muy pequeño, tanto que al redondearlo a 3 decimales aparece como cero, posiblemente este salga positivo por el gran aumento de las lluvias en 2010 y que en un

estudio más amplio esta tendencia cambiaría. Ejemplo de lo anterior es la estación de La Mojonera en Almería.

En las 61 estaciones restantes repartidas por todo el territorio andaluz, la aridez aumenta.

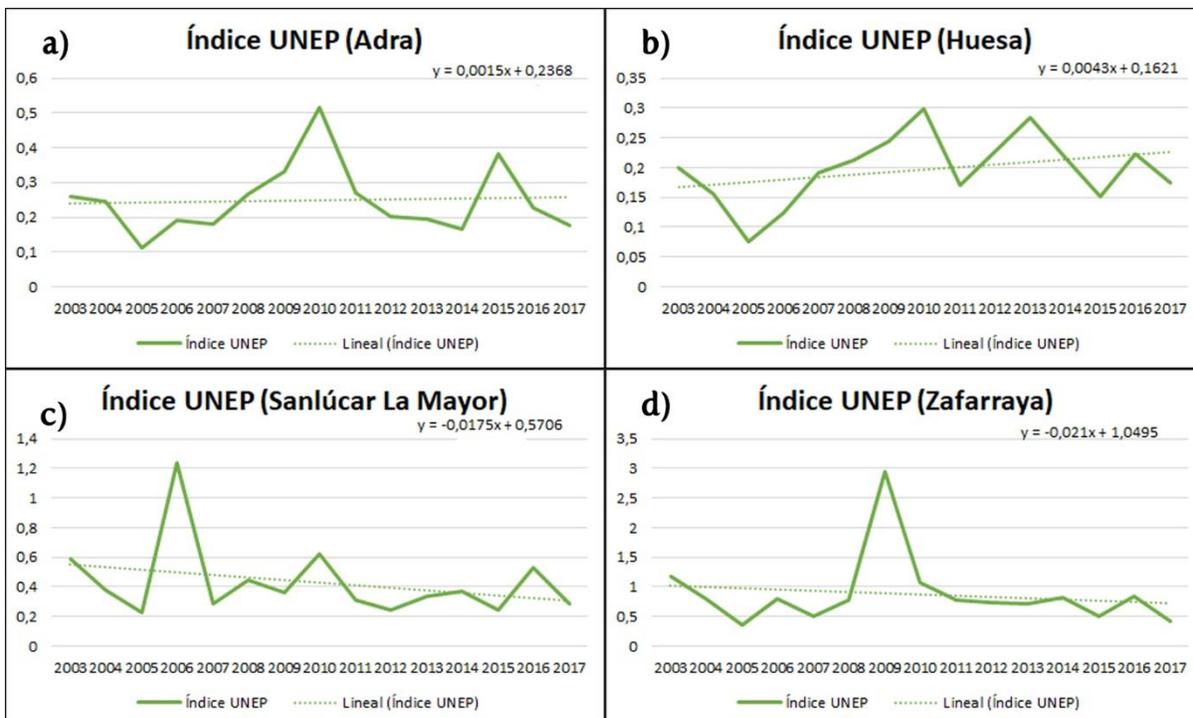


Figura 5. Gráficas de los valores del índice UNEP en distintas estaciones y su tendencia.

Analizando las gráficas se aprecia que en Adra (Figura 5a) el índice varía normalmente entre valores de 0,1 y 0,3, encontrando picos cercanos a 0,4 y 0,5 en los años 2010 y 2015, respectivamente. En Huesa (Figura 5b) la gráfica es igual que en los anteriores gráficos, en 2005 encontramos el valor más bajo de la serie (0,075 aprox.), variando los demás años entre 0,15 y 0,3; obteniendo una tendencia positiva. En Sanlúcar La Mayor (Figura 5c) la gráfica cambia con este índice, manteniéndose constante entre los

valores 0,2 y 0,6, a excepción del año 2006 que llega a valores de 1,2; este hecho puede ser la causa de que la tendencia sea negativa. Finalmente, en Zafarraya (Figura 5d) el índice varía entre valores de 0,5 y 1, obteniendo un máximo en 2009 (valor 3 aprox.); la tendencia como se puede observar es negativa en esta estación.

Para analizar la variabilidad temporal en las estaciones que han registrado los datos extremos en los índices estudiados se ha realizado la Tabla 11. Aquí se indica el valor medio de cada índice de aridez en cada estación, así como la variabilidad temporal en ellas, mediante la desviación típica de los valores de los índices en la serie de años estudiados.

Se puede apreciar que en las estaciones más áridas la variabilidad es menor ya que se mantiene más o menos estable a excepción de los años con gran cantidad de lluvia, como por ejemplo 2010; mientras que en las estaciones más húmedas la variabilidad es mayor, ya que en los años de lluvia los índices aumentan mucho respecto al resto de los años.

Tabla 11. Valores medios de los índices de aridez y desviación típica entre paréntesis, para las estaciones donde encontramos los datos máximos y mínimos para dichos índices durante el período 2003-2017.

Estación	Provincia	Índice De Martonne	Índice de Emberger	Índice UNEP
Almería (mín.)	Almería	7,49/ (2,79)	37,25/ (13,05)	0,17/ (0,06)
Níjar (mín.)	Almería	8,58/ (2,25)	39,88/ (10,48)	0,18/ (0,05)
Zafarraya (máx.)	Granada	41,26/ (29,18)	185,91/ (118,95)	0,88/ (0,61)

Estepona (máx.)	Málaga	30,57/ (12,98)	158,87/ (61,40)	0,65/ (0,26)
--------------------	--------	----------------	-----------------	--------------

4.3. Análisis de la variabilidad espacial.

Con los datos ya validados y tras el análisis de tendencias, se procede al estudio de la variabilidad espacial de cada uno de los índices de aridez estudiados.

En términos medios en estos quince años, las estaciones con mayores índices de aridez fueron las de Zafarraya (Granada) y Estepona (Málaga) tanto para Martonne, Emberger como UNEP, mientras que las estaciones con los índices más bajos se detectaron en Almería, más concretamente en las estaciones de Almería y Níjar.

Para observar la variabilidad espacial en cada provincia se ha llevado a cabo la Tabla 12, donde se recogen los valores medios y la desviación típica. Se observa que la provincia con los valores máximos, en promedio, es Huelva y la provincia con valores mínimos, en promedio, es Almería.

Tabla 12. Valores Medios y desviación típica entre paréntesis de los distintos índices de aridez durante el período 2003-2017 para cada provincia.

Provincia	Índice De Martonne	Índice de Emberger	Índice UNEP
Almería	10,35/ (1,87)	48,13/ (8,95)	0,21/ (0,04)
Cádiz	22,32/ (2,74)	109,64/ (14,87)	0,47/ (0,06)
Córdoba	19,77/ (1,89)	72,66/ (8,12)	0,40(0,05)
Granada	20,82/ (9,78)	85,17/ (45,81)	0,40/ (0,23)
Huelva	21,49/ (2,41)	98,61/ (7,43)	0,46/ (0,05)

Jaén	17,18(2,05)	62,12/ (8,20)	0,35/ (0,07)
Málaga	19,86/ (4,82)	93,43/ (29,00)	0,42/ (0,11)
Sevilla	18,50/ (1,22)	77,91/ (9,75)	0,37/ (0,04)

En las provincias de Almería, Córdoba, Huelva, Jaén y Sevilla; los distintos índices tienen valores similares en todas sus estaciones. En las provincias de Cádiz, Granada y Málaga la desviación es mayor, lo que indica la desigualdad de los índices en las diferentes zonas regables de estas provincias, destacando el caso de Granada; esto se debe a que tiene estaciones próximas a Almería con índices muy bajos y a la vez tiene una estación como Zafarraya que es la más húmeda por lo que tiene valores del índice de aridez muy altos.

Las siguientes Figuras 6, 7 y 8 consisten en una serie de mapas realizados mediante krigado de los valores medios en las estaciones. Se puede observar que los índices De Martonne y Emberger, califican una mayor área de territorio como húmedo, mientras que el índice de la UNEP clasifica más área de territorios áridos.

Según el índice de De Martonne (Figura 6), se considera como subhúmeda toda la parte este de Granada, norte y sur de Córdoba, suroeste de Jaén, toda la provincia de Málaga excepto los alrededores de la estación de Sierra de Yeguas, prácticamente la totalidad de las provincias de Cádiz y Huelva, y el noroeste de la provincia de Sevilla.

La Provincia de Almería y el este de Granada es considerada como zona árida, y el resto de la comunidad andaluza se considera semiárida o mediterránea.

El índice de Emberger (Figura7) sigue un patrón similar al anterior, pero este califica como zona semiárida la parte este de Almería, donde se encuentran las estaciones con menor valor de este índice, la zona húmeda se concentra en Huelva, Cádiz, sur de Málaga y suroeste de Granada (donde encontramos la estación de Zafarraya); siendo el resto de la comunidad declarado como zona subhúmeda.

Viendo los resultados del kriging, se puede observar que el índice UNEP (Figura 8) es mucho más restrictivo que los demás ya que etiqueta las zonas húmeda y árida en una zona mucho menor, sobre todo la húmeda que la reduce a los alrededores de Estepona (Málaga) y sur de la provincia de Cádiz. La zona árida queda acotada en el sureste de Almería.

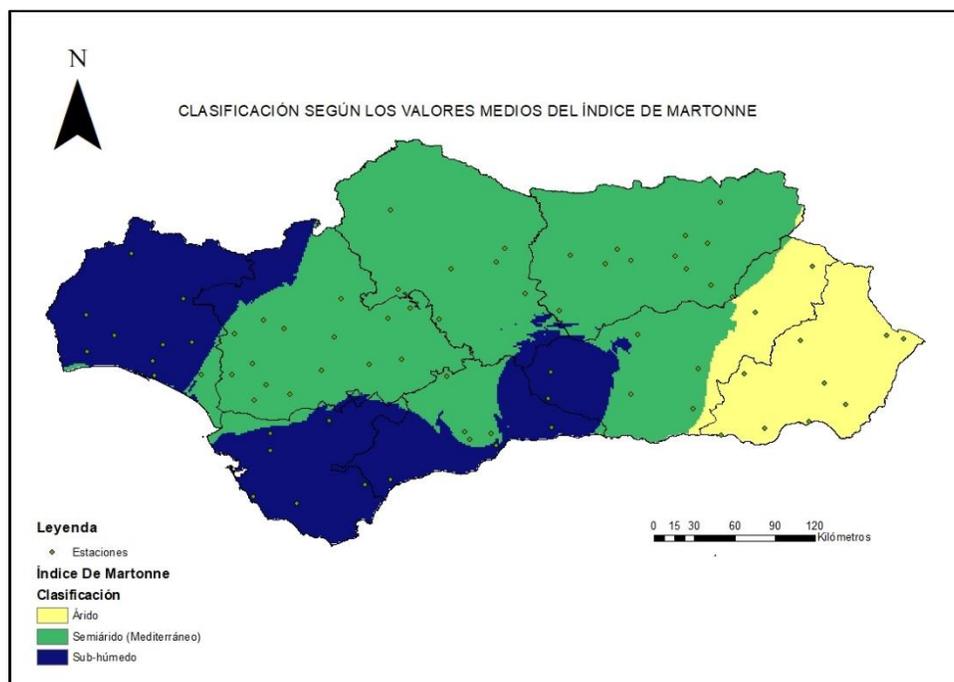


Figura 6. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores medios durante el periodo 2003-2017.

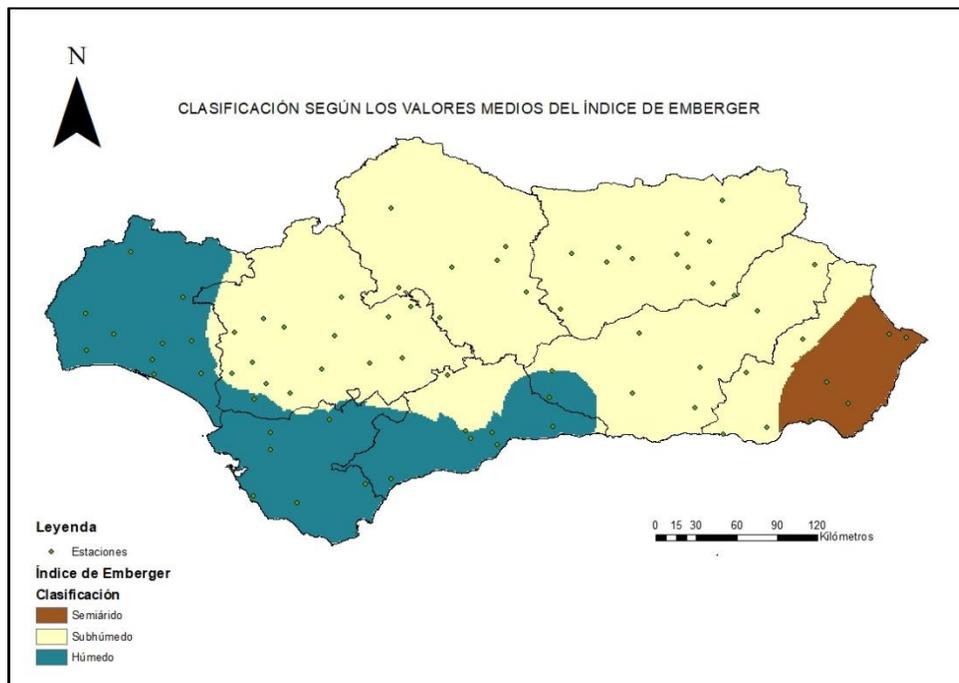


Figura 7. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores medios durante el periodo 2003-2017.

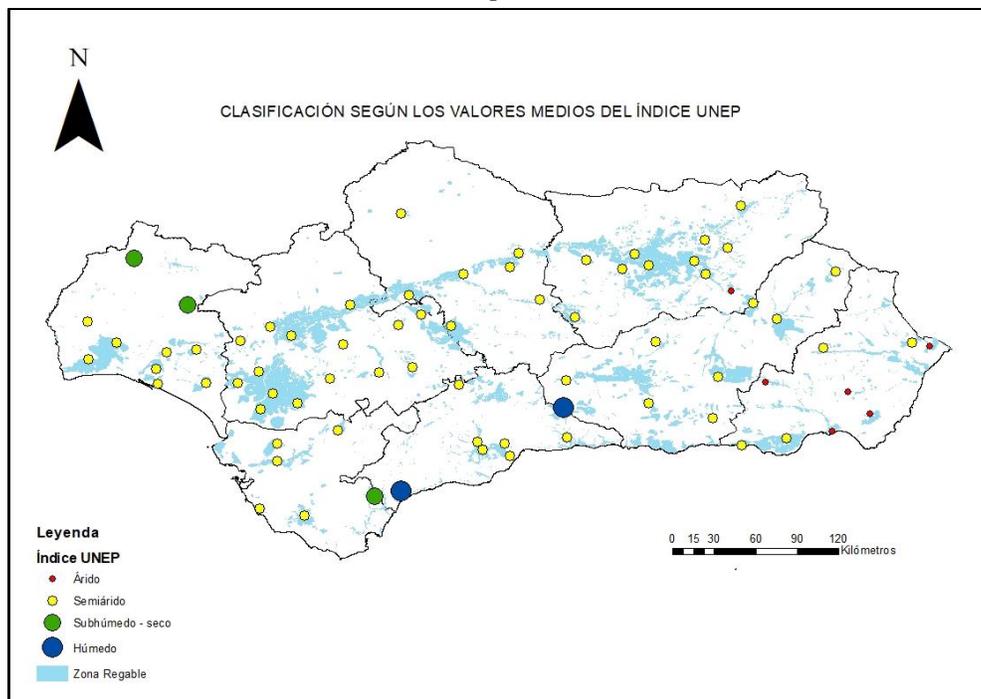


Figura 8. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores medios durante el periodo 2003-2017.

A continuación, se analizan espacialmente los diferentes índices en los años inicial, final y los años intermedios 2005 y 2010.

4.3.1. Índice De Martonne.

Este índice a excepción de algunos años con valores más extremos (años más secos de lo normal y más húmedos de lo normal), se distribuye por el territorio andaluz de la siguiente forma:

Generalmente la aridez aumenta conforme nos desplazamos de la parte oeste a la este, por ello es que la zona de la provincia de Almería, el este de Granada y este de Jaén; sea donde encontramos la clasificación de zona árida según este índice.

Esta clasificación se debe principalmente al déficit hídrico existente, provocado por una escasez de lluvia que azota a esta parte oriental de Andalucía.

El valle del Guadalquivir, zonas próximas a este, la mayor parte de la provincia de Sevilla, el norte de las provincias de Cádiz, Granada y Málaga, y la provincia de Córdoba, generalmente se clasifica como zona semiárida (Mediterránea).

En estas zonas se caracterizan también por un balance hídrico negativo, pero menos acusado que en las anteriormente mencionadas (áridas). El principal problema de estas zonas es la alta variabilidad temporal de las precipitaciones, que junto a temperaturas cálidas contribuyen a la clasificación de esta zona como semiárida.

La parte sur de Málaga, sur este de Granada, la provincia de Huelva y Cádiz (a excepción de su parte norte se clasifican como zonas sub-húmedas; esta condición puede deberse a unas temperaturas más suaves en las zonas costeras.

El norte de la provincia de Córdoba en los años de estudio se le clasifica también como zona sub-húmeda, aunque normalmente se ha clasificado como zona semiárida. Esta zona junto con la parte norte de Huelva es zona de sierra lo que puede contribuir con unas temperaturas más bajas y con mayor presencia de lluvia, a la clasificación de este territorio como sub-húmedo (Figuras 9, 10, 11 y 12).

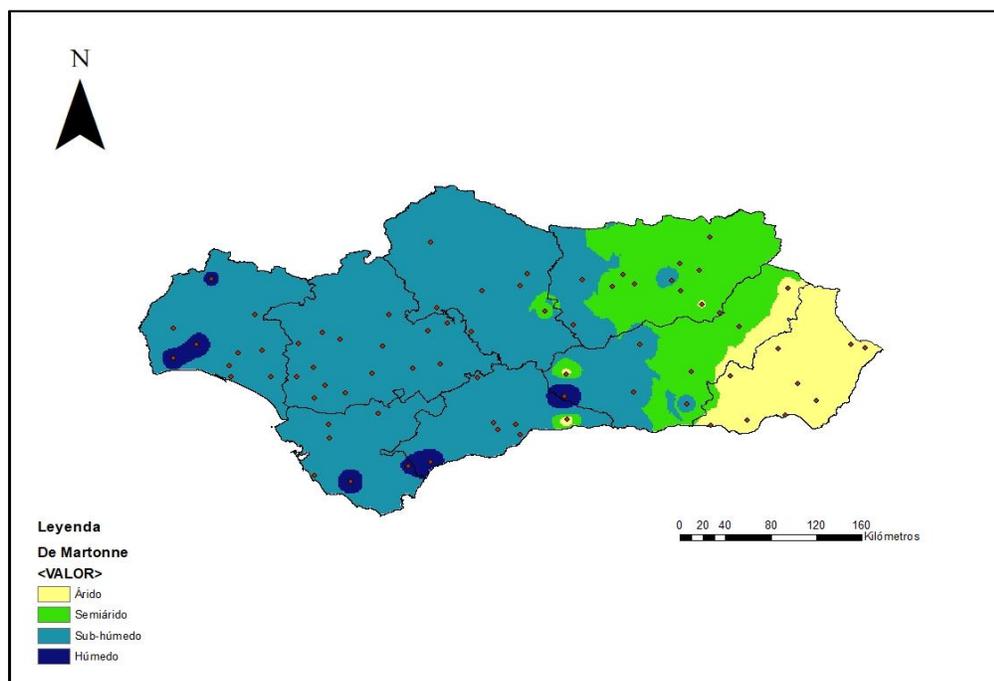


Figura 9. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2003.

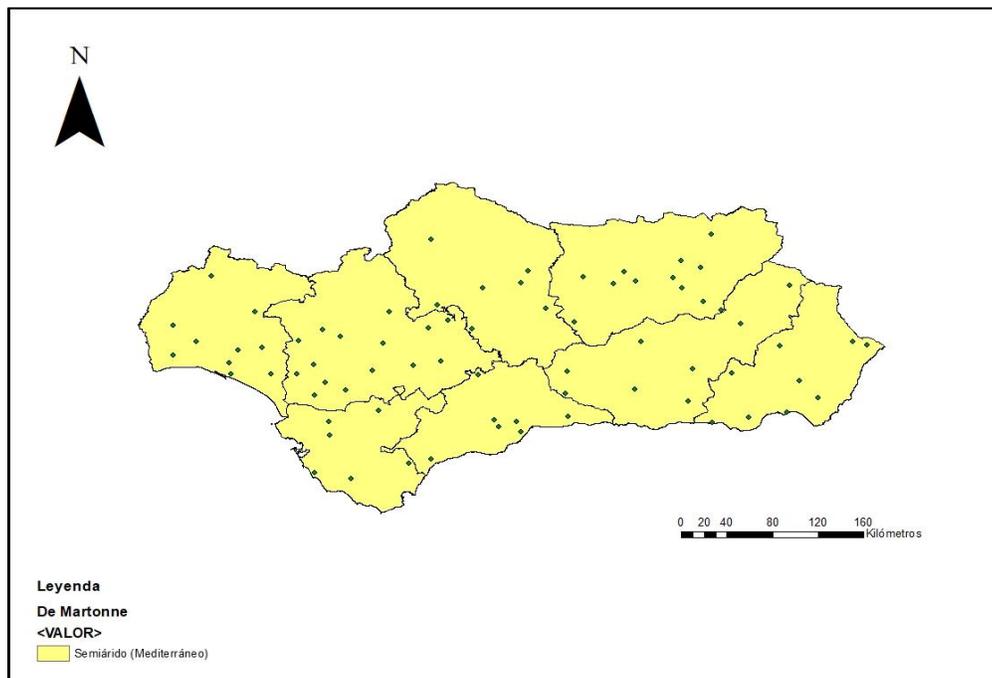


Figura 10. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2005.

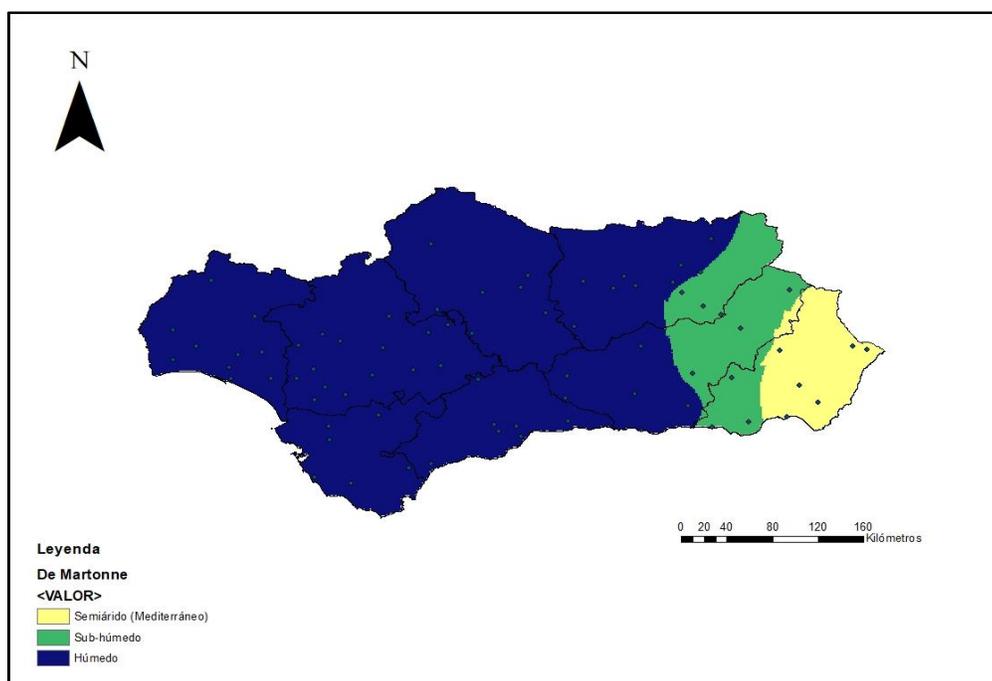


Figura 11. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2010.

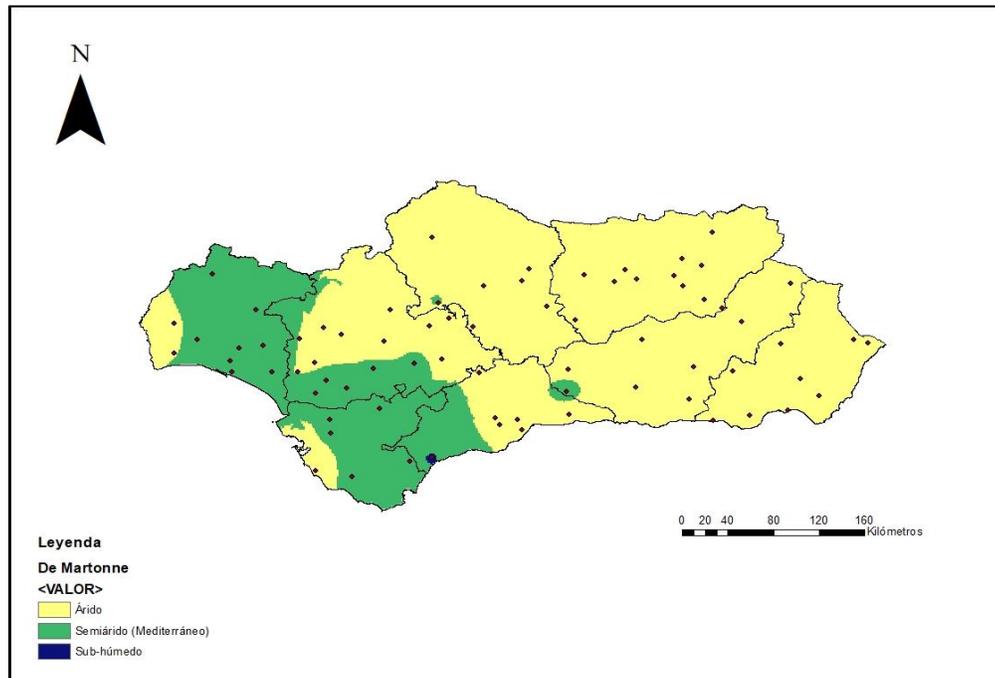


Figura 12. Mapa de la variabilidad espacial del índice De Martonne para los valores de este índice en el año 2017.

En el año 2003, el primero de la serie, dos tercios del territorio andaluz son considerados principalmente subhúmedos con algunas zonas puntuales húmedas y semiáridas (llegando alguna estación a considerarse árida) y el tercio restante perteneciente a la zona más oriental de la comunidad andaluza se clasifica como semiárido o árido. Almería y la parte este de Granada son las zonas que se consideran más áridas existiendo un déficit hídrico mayor, esto se debe a la mayor escasez de lluvias que existe en esa zona (Figura 9).

El año 2005, uno de los más secos de toda la serie estudiada, el índice De Martonne disminuye y todo el territorio andaluz se clasifica como zona semiárida (Figura 10).

El año 2010 es el año donde más precipitación se recoge dentro de la serie estudiada y por consecuencia es el año más húmedo donde la mayor parte de Andalucía se considera zona húmeda, exceptuando el oeste de las provincias de Jaén, Granada y el oeste de Almería que se clasifican como zona subhúmeda y el centro y oeste de Almería que se clasifica como semiárido (Figura 11).

El último año de estudio, 2017, vuelve a cambiar la tendencia, clasificando gran parte de la provincia como árida. La provincia de Huelva (menos su parte más occidental), el este y sur de Sevilla, Cádiz (a excepción de su parte más occidental), el oeste Málaga y algunos puntos concretos como Hornachuelos (Córdoba) y Zafarraya (Granada); se clasifican como semiáridas. La estación de Estepona se clasifica como subhúmeda (Figura 12).

4.3.2. Índice de Emberger

Al igual que para el índice De Martonne, el índice de Emberger también establece la clasificación del territorio andaluz en relación con la aridez de oeste a este, siendo la zona oeste más húmeda que la zona este.

Como ya se ha comentado anteriormente este índice es algo menos negativo, es decir que clasifica el territorio andaluz menos árido que el anterior índice, pero repitiendo aproximadamente el mismo patrón de clasificación.

Las provincias de Cádiz y Huelva, suroeste de Sevilla, mitad sur de Málaga y oeste de Granada (donde se encuentra la estación de Zafarraya que junto con la de Estepona, es una de las más húmedas); todas estas zonas obtienen la clasificación de zonas húmedas.

Las zonas sub-húmedas para este índice se encuentran en gran parte de Andalucía; el resto de las provincias de Sevilla, Granada y Málaga, la provincia de Córdoba y Jaén, y la mitad oeste de Almería.

Para este índice la zona semiárida se reduce solo a la parte más occidental de Almería (Figuras 13, 14, 15 y 16).

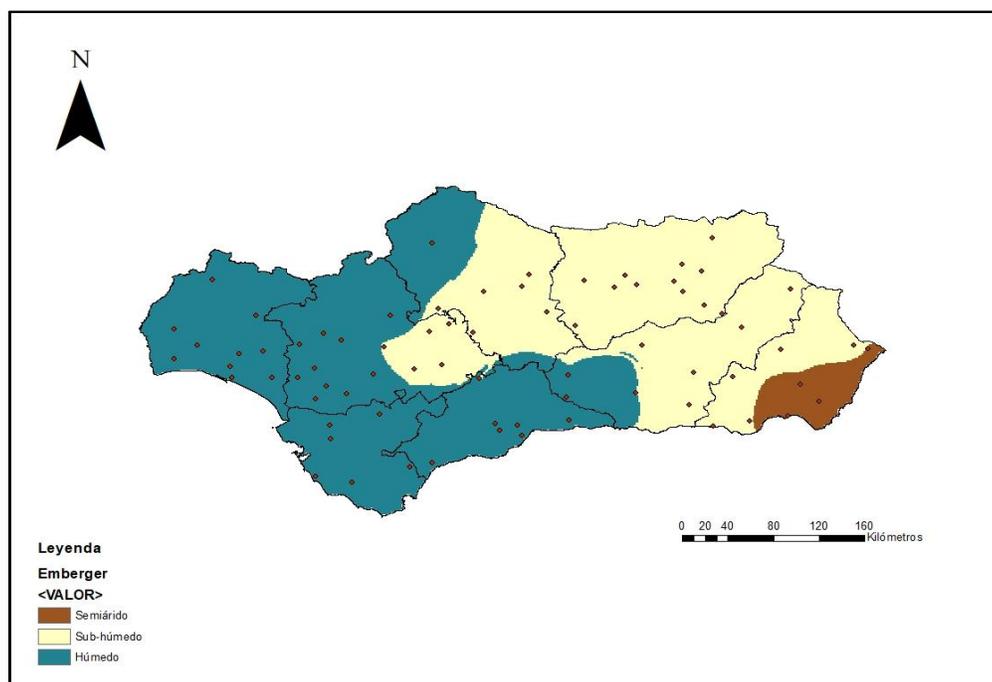


Figura 13. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2003.

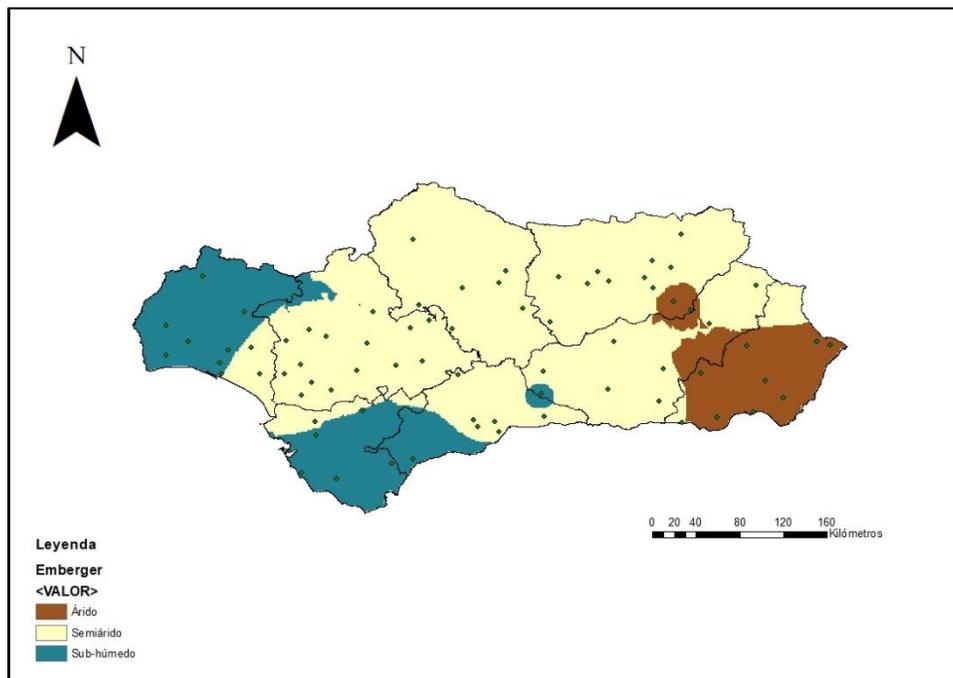


Figura 14. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2005.

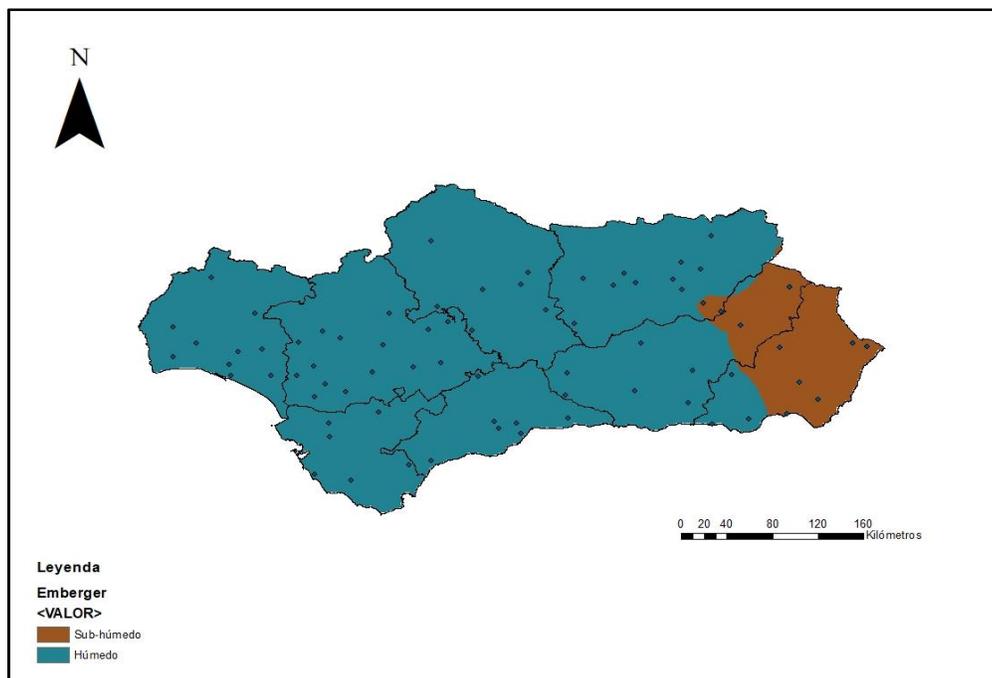


Figura 15. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2010.

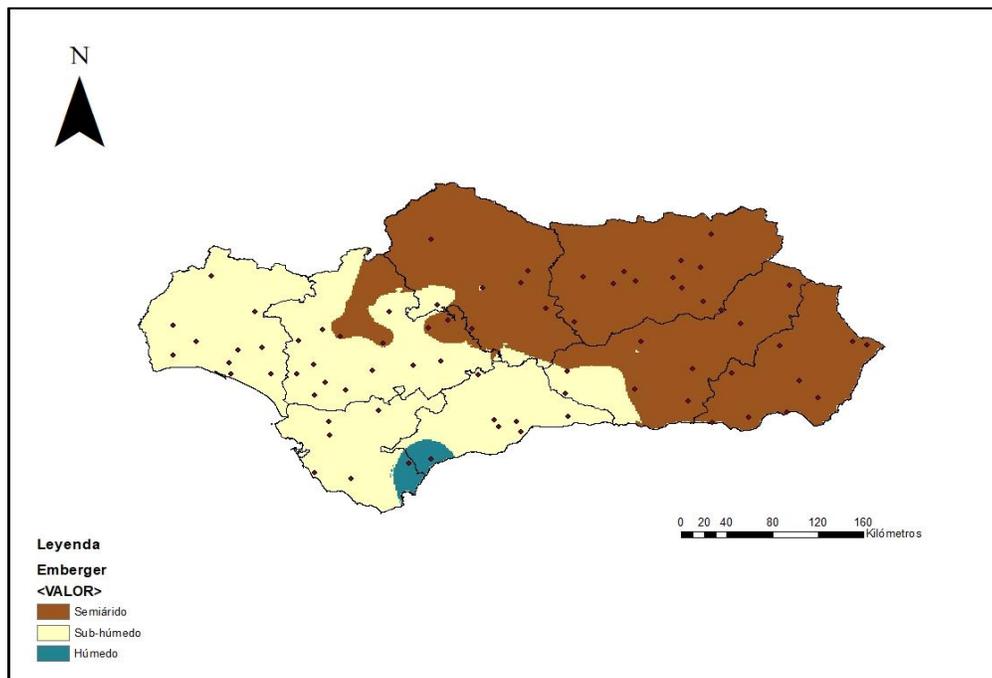


Figura 16. Mapa de la variabilidad espacial del índice de Emberger para los valores de este índice en el año 2017.

En el 2003, el índice de Emberger nos indica para el año en cuestión que la parte este de Almería se considera zona semiárida; la parte oeste de esta provincia, Jaén, el centro y sur de Córdoba, Granada (a excepción de su parte oeste) y el este de Sevilla se clasifican como zonas subhúmedas y la provincia de Huelva, Málaga, el norte de Córdoba, oeste de Granada y Sevilla (menos su parte este) se encuentran clasificadas como zonas húmedas (Figura 13).

El año 2005 es un año de los más áridos como ya hemos comentado, siendo gran parte de Andalucía considerada como zona semiárida, encontrando en la mayor parte de Almería y sureste de Jaén zonas áridas. Existen zonas húmedas localizadas en Huelva (a

excepción del sureste), noroeste de Sevilla, la práctica totalidad de Cádiz menos el norte, el suroeste de Málaga y los alrededores de Zafarraya (Granada) (Figura 14).

En el año 2010, el índice se distribuye de la siguiente forma: por la mayor parte de Andalucía se considera como húmeda; siendo Almería (a excepción de su parte más occidental), el este de Granada y alguna pequeña zona en el sureste de Jaén, las zonas que se clasifican como subhúmedas (Figura 15).

En 2017 encontramos que el índice de Emberger clasifica las provincias de Almería, Jaén, algunas zonas de Sevilla (centro, norte y este) y gran parte de las provincias de Córdoba y Granada, como zonas semiáridas. Huelva, el resto de la provincia sevillana, oeste de Granada, una pequeña zona al oeste de Córdoba y casi la totalidad de Cádiz y Málaga, son clasificadas como zonas subhúmedas; también encontramos una pequeña zona húmeda en el sur de la confrontación de las provincias de Cádiz y Málaga (Figura 16).

4.3.3. Índice UNEP

El último índice estudiado, es el que nos propone la UNEP, este índice como hemos visto, viene dado por la relación entre precipitación y evapotranspiración.

Siguiendo la tónica general, igualmente con este índice vemos que la aridez crece conforme nos desplazamos al este de la comunidad andaluza.

De forma general este índice clasifica como zona árida la parte sureste de Almería, a excepción de los años más secos que puede extenderse a toda la zona este de Andalucía más algunas zonas de Sevilla y Córdoba.

La zona húmeda queda reducida a las zonas próximas a las estaciones de Estepona y Zafarraya.

El resto del territorio se clasifica generalmente como zona sub-húmeda (seca).

Este índice vemos que varía con respecto a los otros dos en su distribución, lo cual puede deberse a que entra en juego otra variable que no aparece anteriormente, la evapotranspiración de referencia. Este hecho es el que puede hacer que la mayoría del territorio andaluz se clasifique prácticamente de la misma forma, variando solo en los puntos donde la lluvia es más escasa y más frecuente (Figuras 17, 18,19 y 20). Idem

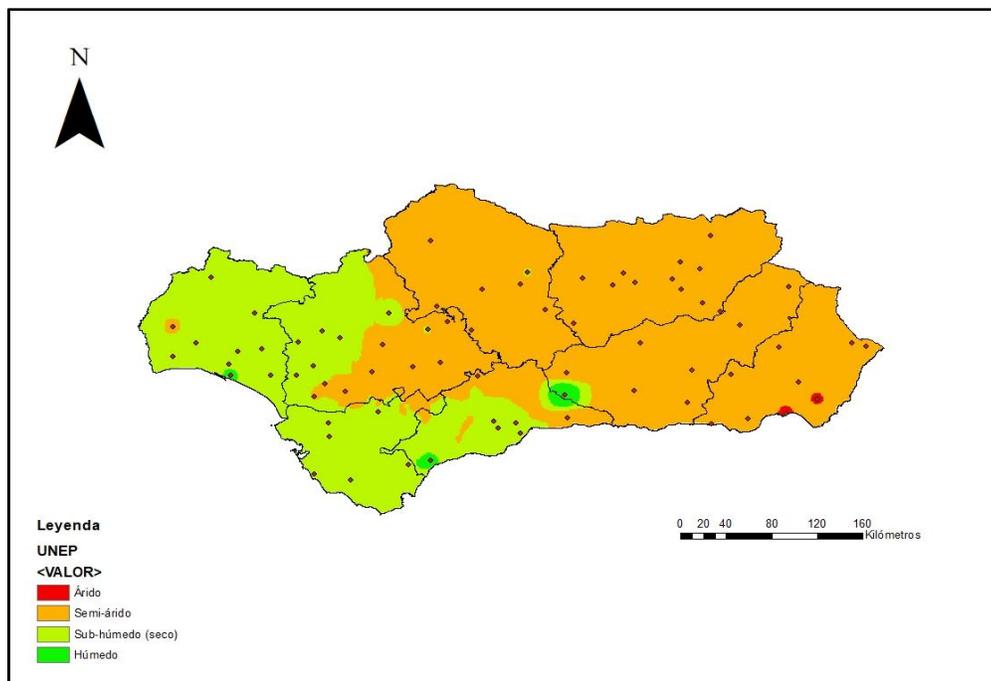


Figura 17. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2003.

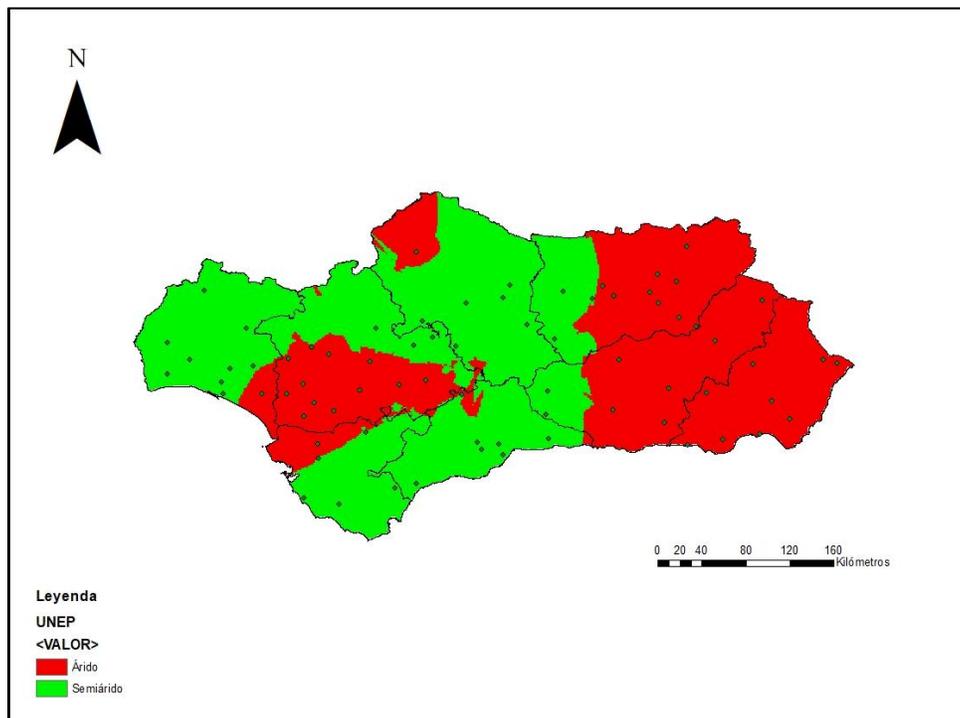


Figura 18. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2005.

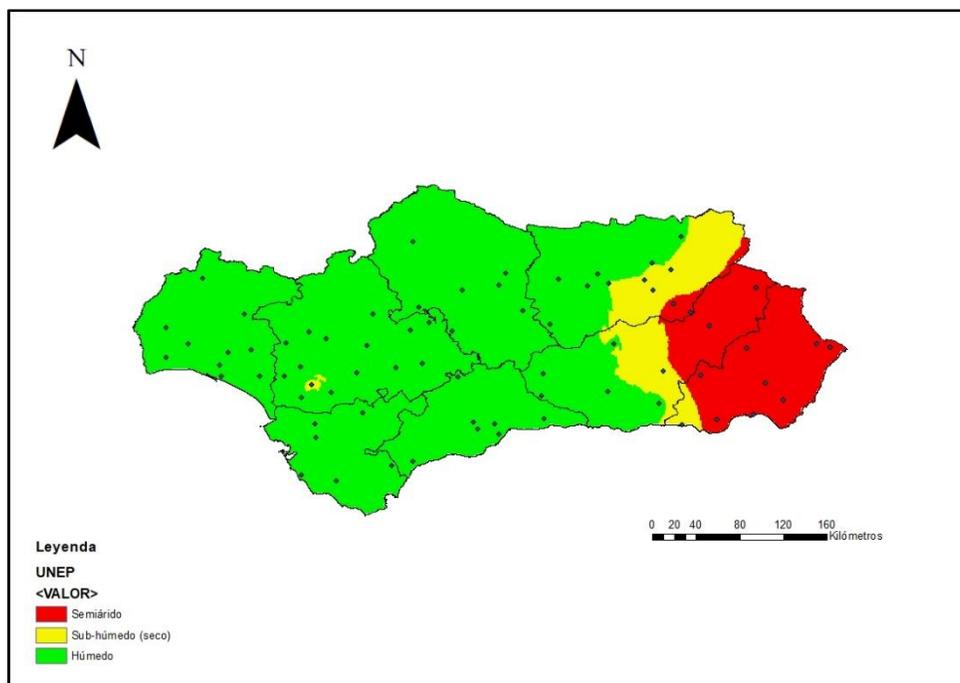


Figura 19. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2010.

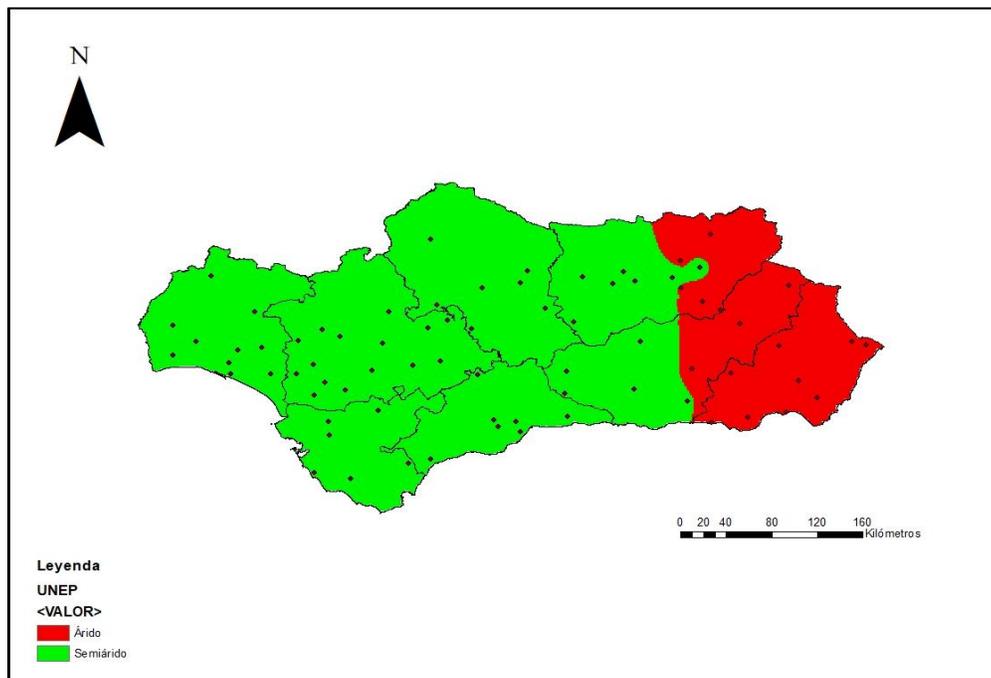


Figura 20. Mapa de la variabilidad espacial del índice UNEP para los valores de este índice en el año 2017.

El índice de la UNEP para el año 2003 se distribuye en la comunidad andaluza de la siguiente forma: Córdoba se clasifica como zona semiárida (a excepción de la zona de una de sus estaciones que se clasifica como zona subhúmeda), Jaén es totalmente semiárida, Almería al igual que Córdoba es prácticamente semiárida, exceptuando alguna de sus estaciones que se clasifica como zona árida; Granada también se encuentra clasificada como zona semiárida, solo cambia esta clasificación alrededor de la estación de Zafaraya, donde el radio más próximo es una zona clasificada como húmeda y seguida una zona subhúmeda. El norte, este y una zona en el centro de Málaga se clasifica como zona semiárida, mientras que el resto es subhúmedo, solo en Estepona encontramos una zona húmeda; Cádiz y Huelva son provincias clasificadas como zonas subhúmedas,

exceptuando alguna zona húmeda en Huelva y algunas zonas semiáridas en ambas provincias (Figura 17).

El año 2005 el índice de la UNEP clasifica las zonas áridas el este de Andalucía, norte y sur de Córdoba, mitad sur y una pequeña zona en el norte de Sevilla, sureste de Huelva y norte/noroeste de Cádiz; también podemos encontrar algunas zonas áridas en el norte de Málaga. El resto de la comunidad se clasifica como zona semiárida (Figura 18).

En el año 2010, se clasifican tres cuartas partes de la comunidad andaluza como zona húmeda. La zona más oriental es la que no cumple esta condición junto con una pequeña parte al suroeste de Sevilla. Jaén en su parte este, el centro de Granada, y el suroeste de Almería, junto con la zona mencionada de Sevilla, se clasifican como zonas subhúmedas. El resto de la provincia almeriense, oeste de Granada y la frontera sur/sureste de Jaén, se encuentran clasificadas como zonas semiáridas (Figura 19).

En el último año en estudio, 2017, se clasifica la zona más oriental como zona árida (Almería y la mitad este de las provincias de Granada y de Jaén), siendo el resto de la comunidad clasificada como zona semiárida (Figura 20).

Capítulo 5

Conclusiones.

En el presente trabajo se ha analizado la aridez climática mediante el estudio de los distintos valores de los índices De Martonne, Emberger y UNEP en las zonas regables de Andalucía durante el periodo 2003-2017. Estos tres índices nos arrojan información cualitativa y cuantitativa sobre la aridez en el territorio estudiado. Para dicho fin se han obtenido los datos climáticos necesarios de 74 estaciones repartidas por Andalucía y pertenecientes a la Red de Información Agroclimática (RIA), los requisitos para elegir las estaciones han sido: que se encontraran actualmente en funcionamiento (activa) y que tuviesen los datos registrados durante la serie temporal que se ha elegido.

Una vez obtenidos todos los datos agro-climáticos necesarios para calcular los índices se procesaron mediante varios scripts desarrollados bajo el programa Matlab. El código que se programó para este trabajo en primer lugar eliminaba los datos erróneos, tras validar los datos, se calculaban los distintos valores de los índices para cada estación en cada año estudiado. Con esos valores se realizaron los distintos mapas en ArcGIS, usando el Krigeado ordinario.

En el mismo código usado para calcular los valores de los índices para cada estación, se incorporó el test de Mann-Kendall para comprobar la existencia de tendencias y su significancia.

Centrándonos en el resultado del test de Mann-Kendall, en términos generales se ha detectado que existe una tendencia a que Andalucía se convierte en un territorio más

árido con el paso de los años. Para cada estación se estudió la tendencia de cada índice de aridez calculado; para el índice de Martonne 67 estaciones tuvieron una tendencia hacia la aridez (disminución de los índices de aridez), de las cuales en tres se encontraron tendencias para un nivel de significancia del 95% y en una se encontró una tendencia para un nivel de confianza del 80%, mientras que en 7 estaciones se obtuvo una tendencia a reducir la aridez; para el índice de Emberger en 8 estaciones la tendencia fue a la disminución de la aridez, mientras que en las 66 restantes la tendencia nos indicaba el aumento de la aridez, en 4 estaciones esta tendencia encontró para un nivel de confianza del 80%; por último el índice de la UNEP nos indica que la tendencia en 61 estaciones nos lleva al aumento de la aridez, en las que tres se encontraron tendencias para un nivel de confianza del 80% y una tendencia para un nivel de confianza del 95%, mientras que en las trece restantes la tendencia es la contraria

Como se ha comentado anteriormente, a la luz de estos resultados se puede afirmar que en general existe una tendencia hacia el aumento de la aridez, pese a no encontrarse en la mayoría de las estaciones tendencias para niveles de confianza superiores al 95%. Si bien es cierto que se han encontrado tendencias para niveles de confianza destacables en estaciones con tendencias negativas, es decir tendencias a un aumento de la aridez.

Respecto a la variabilidad espacio-temporal de la aridez, a la vista de los mapas obtenidos en este trabajo se puede afirmar que la aridez aumenta de oeste a este, siendo la zona más árida es la provincia de Almería junto con zonas próximas, mientras que las zonas más húmedas se concentran en la parte sur-occidental, encontrando los puntos más

húmedos en Zafarraya (Granada) y Estepona (Málaga). Debido a la temporalidad de las lluvias, existen años mucho más húmedos que otros en el estudio, pero generalmente se sigue el patrón anterior, siendo las zonas restantes principalmente semiáridas.

A la vista de los resultados resulta apreciable que la tendencia al aumento de la aridez vendrá dada por una disminución de lluvias y un aumento de la temperatura y la evapotranspiración, causada muy probablemente entre otros factores por el cambio climático de origen antropogénico. Con el presente estudio se pretende mejorar la gestión de recursos hídricos conociendo las tendencias de los años venideros en las zonas regables del Sur de España y sentando las bases de un futuro estudio más amplio que utilice más estaciones y que pueda aportar mayor detalle espacial dentro del territorio Andaluz.

Capítulo 6

Bibliografía.

- AEMET, 2017. Resumen de extremos climatológicos en España. <http://www.aemet.es/documentos/es/divulgacion/resumen_efemerides/Resumen_extremos.pdf> (acceso octubre 2018).
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO-Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- Baltas, E. (2007). Spatial distribution of climatic indices in northern Greece. *Meteorological Applications*, 14(1), 69-78.
- Cheval, S., Dumitrescu, A., & Birsan, M. V. (2017). Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050. *Catena*, 151, 74-86.
- Corominas, J., Cuevas, R., 2001. Los regadíos de Andalucía después de la sequía y ante la agenda 2000. Curso “Modernización de la Agricultura”. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.
- De Martonne, E. (1926). Areism and aridity index. *Cr Hebd Acad Sci*, 182, 1395-1398.
- Emberger, L. (1932). Sur une formule climatique et ses applications en botanique. *La Météorologie*, 92, 1-10.
- Estévez, J. (2008). Diseño de un sistema integrado para el control de calidad de datos de estaciones meteorológicas automáticas. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Servicio de Publicaciones.
- Estévez, J., Gavilán, P., & Giráldez, J. V. (2011). Guidelines on validation procedures for meteorological data from automatic weather stations. *Journal of Hydrology*, 402(1-2), 144-154.
- Estévez, J., Gavilán, P., García-Marín, A.P. (2018). Spatial regression test for ensuring temperature data quality in southern Spain, *Theoretical and Applied Climatology*, 131:309–318
- Espadafor, M., Lorite, I. J., Gavilán, P., & Berengena, J. (2011). An analysis of the tendency of reference evapotranspiration estimates and other climate variables

- during the last 45 years in Southern Spain. *Agricultural Water Management*, 98(6), 1045-1061.
- Feng, S., Hu, Q., & Qian, W. (2004). Quality control of daily meteorological data in China, 1951–2000: a new dataset. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 24(7), 853-870.
- Grüter, E., Häberli, C., Küng, U., Mumenthaler, P., Mettler, J., Bassi, M., ... & Dösseger, R. (2001). The next generation of quality control tools for meteorological data at MeteoSwiss DACH-MT 2001.
- Gunawat, A., Dubey, S. K., & Sharma, D. (2016). Development of Indices for Aridity and Temperature Changes Pattern through GIS Mapping for Rajasthan, India. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 4(2), 178-189.
- Junta de Andalucía. (2010). *Inventario de Regadíos 2008 y Su Evolución en la Última Década*.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods* Charles Griffin. London, United Kingdom.
- Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Meek, D. W., & Hatfield, J. L. (1994). Data quality checking for single station meteorological databases. *Agricultural and Forest Meteorology*, 69(1-2), 85-109.
- Mercado-Mancera, G., Troyo-Diéguez, E., Aguirre-Gómez, A., Murillo-Amador, B., Beltrán-Morales, L. F., & García-Hernández, J. L. (2010). Calibración y aplicación del índice de aridez de Martonne para el análisis del déficit hídrico como estimador de la aridez y desertificación en zona áridas. *Universidad y ciencia*, 26(1), 51-64.
- Middleton, N. J., & Thomas, D. S. (1992). *World atlas of desertification*.
- Mitchell Jr, J. M., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hofmeyr, W. L., Lamb, H. H., Rao, K. N., & Wallén, C. C. (1966). *Climatic change*. WMO Technical Note, 79 (WMO-No. 195/TP. 100). World Meteorological Organization, Geneva.
- Mora, C. (2018). La regulación del agua en la historia de los pueblos y su identidad cultural. [online] iAguá. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/consuelo-mora/la->

regulacion-del-agua-en-la-historia-de-los-pueblos-y-su-identidad-cultural.
(Consultado el 23.10.18).

- Pérez de los Cobos, P., Carazo, J. I., & Padilla, F. (2003). Agroclimatic information system for irrigation areas. In 3rd International Conference on experiences with automatic weather stations. Torremolinos (Málaga).
- Randall, D. A., Wood, R. A., Bony, S., Colman, R., Fichefet, T., Fyfe, J., ... & Stouffer, R. J. (2007). Climate models and their evaluation. In *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (FAR)* (pp. 589-662). Cambridge University Press.
- Reek, T., Doty, S. R., & Owen, T. W. (1992). A deterministic approach to the validation of historical daily temperature and precipitation data from the cooperative network. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 73(6), 753-765.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., & Amnell, T. (2002). Makesens 1.0. Mann-Kendall test and Sen's slope estimates for the trend of annual data.
- Shafer, M. A., Fiebrich, C. A., Arndt, D. S., Fredrickson, S. E., & Hughes, T. W. (2000). Quality assurance procedures in the Oklahoma Mesonet. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 17(4), 474-494.
- Yue, S., & Pilon, P. (2004). A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection/Une comparaison de la puissance des tests t de Student, de Mann-Kendall et du bootstrap pour la détection de tendance. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1), 21-37.
- Zhang, Q., Xu, C. Y., Zhang, Z., & Chen, Y. D. (2009). Changes of temperature extremes for 1960–2004 in Far-West China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23(6), 721-735.

Apéndice

Aquí se expone el código usado en MatLAB para este trabajo.

```
%Script para el análisis de la aridez en estaciones agroclimáticas
%El archivo debe ser .txt

ruta=input('Script de análisis de datos de aridez, introduzca nombre
del archivo:', 's');
a=importdata(ruta);
datos=a.data; %matriz de datos
tmax=datos(:,2);
tmin=datos(:,3);
tmed=datos(:,4);
hmax=datos(:,5);
hmin=datos(:,6);
hmed=datos(:,7);
u=datos(:,8);
rad=datos(:,9);
precip=datos(:,10);
eto=datos(:,11); %Separamos las variables
fechas=a.textdata; %vector fechas
clear ('a')

%Codigo para crear vectores fecha para cada variable y añadir meses
Y
%años a estas
fechas(1,:)=[];
fechas(any('*-*-*'),:)=[]; %Codigo para crear una tabla con las fechas
solo
fechas=fechas(:,1);

fechas_num=cell2mat(fechas);
mesesa1=fechas_num(:,4:5);
years1=fechas_num(:,7:8);
tmax(:,2)=str2num(mesesa1);
tmax(:,3)=str2num(years1);
clear('mesesa1')
clear('years1')

mesesa2=fechas_num(:,4:5);
years2=fechas_num(:,7:8);
tmin(:,2)=str2num(mesesa2);
tmin(:,3)=str2num(years2);
clear('mesesa2')
clear('years2')

mesesa3=fechas_num(:,4:5);
years3=fechas_num(:,7:8);
```

```
tmed(:,2)=str2num(mesesa3);
tmed(:,3)=str2num(years3);
clear('mesesa3')
clear('years3')

mesesa4=fechas_num(:,4:5);
years4=fechas_num(:,7:8);
hmax(:,2)=str2num(mesesa4);
hmax(:,3)=str2num(years4);
clear('mesesa4')
clear('years4')

mesesa5=fechas_num(:,4:5);
years5=fechas_num(:,7:8);
hmin(:,2)=str2num(mesesa5);
hmin(:,3)=str2num(years5);
clear('mesesa5')
clear('years5')

mesesa6=fechas_num(:,4:5);
years6=fechas_num(:,7:8);
hmed(:,2)=str2num(mesesa6);
hmed(:,3)=str2num(years6);
clear('mesesa6')
clear('years6')

mesesa7=fechas_num(:,4:5);
years7=fechas_num(:,7:8);
u(:,2)=str2num(mesesa7);
u(:,3)=str2num(years7);
clear('mesesa7')
clear('years7')

mesesa8=fechas_num(:,4:5);
years8=fechas_num(:,7:8);
rad(:,2)=str2num(mesesa8);
rad(:,3)=str2num(years8);
clear('mesesa8')
clear('years8')

mesesa9=fechas_num(:,4:5);
years9=fechas_num(:,7:8);
precip(:,2)=str2num(mesesa9);
precip(:,3)=str2num(years9);
clear('mesesa9')
clear('years9')

mesesa10=fechas_num(:,4:5);
years10=fechas_num(:,7:8);
eto(:,2)=str2num(mesesa10);
```

```
eto(:,3)=str2num(years10);
clear('mesesa10')
clear('years10')

%limpiar los de NaNs en las diferentes variables
b1=isnan(tmax(:,1));
c1=find(b1(:,1)==1);
tmax(c1,:)=[];

b2=isnan(tmin(:,1));
c2=find(b2(:,1)==1);
tmin(c2,:)=[];

b3=isnan(tmed(:,1));
c3=find(b3(:,1)==1);
tmed(c3,:)=[];

b4=isnan(hmax(:,1));
c4=find(b4(:,1)==1);
hmax(c4,:)=[];

b5=isnan(hmin(:,1));
c5=find(b5(:,1)==1);
hmin(c5,:)=[];

b6=isnan(hmed(:,1));
c6=find(b6(:,1)==1);
hmed(c6,:)=[];

b7=isnan(rad(:,1));
c7=find(b7(:,1)==1);
rad(c7,:)=[];

b8=isnan(precip(:,1));
c8=find(b8(:,1)==1);
precip(c8,:)=[];

b9=isnan(eto(:,1));
c9=find(b9(:,1)==1);
eto(c9,:)=[];

b10=isnan(u(:,1));
c10=find(b10(:,1)==1);
u(c10,:)=[];

clear('b1');

clear('b2');
```

```
clear('b3');

clear('b4');

clear('b5');

clear('b6');

clear('b7');

clear('b8');

clear('b9');

clear('b10');

%Validación de temperatura

tconsistencyerror1=find((tmed(:,1)>tmax(:,1)));
tconsisterror1(:,1)=tmax(tconsistencyerror1,1);
tconsisterror1(:,2)=tmed(tconsistencyerror1,1);
tmax(tconsistencyerror1,:)=[];
tmed(tconsistencyerror1,:)=[];
tmin(tconsistencyerror1,:)=[];

tconsistencyerror2=find((tmin(:,1)>tmed(:,1)));
tconsisterror2(:,1:3)=tmed(tconsistencyerror2,:);
tconsisterror2(:,4:6)=tmin(tconsistencyerror2,:);
tmed(tconsistencyerror2,:)=[];
tmin(tconsistencyerror2,:)=[];
tmax(tconsistencyerror2,:)=[];

tmaxerror=find((tmax(:,1)<-20)|(tmax(:,1)>50));
errorestmax=tmax(tmaxerror,:);
tmax(tmaxerror,:)=[];
tmed(tmaxerror,:)=[];
tmin(tmaxerror,:)=[];

tmederror=find((tmed(:,1)<-20)|(tmed(:,1)>50));
errorestmed=tmed(tmederror,:);
tmed(tmederror,:)=[];
tmax(tmederror,:)=[];
tmin(tmederror,:)=[];
```

```
tminerror=find((tmin(:,1)<-20)|(tmin(:,1)>50));
errorestmin=tmin(tminerror,:);
tmin(tminerror,:)=[];
tmax(tminerror,:)=[];
tmed(tminerror,:)=[];

%Validación de radiación
raderror=find((rad(:,1)<0)|(rad(:,1)>121));
erroresrad=rad(raderror,:);
rad(raderror,:)=[];

A=vertcat(tmaxerror,tmederror,tminerror,tconsistencyerror2,tconsistency
error1,raderror);
eto(A,:)=[];

clear('tconsistencyerror2')
clear('tconsistencyerror1')
clear('raderror')
clear('tminerror')
clear('tmederror')
clear('tmaxerror')

%Validación Humedad
hmaxerror=find((hmax(:,1)<0)|(hmax(:,1)>100));
erroreshmax=hmax(hmaxerror,:);
hmax(hmaxerror,:)=[];
hmed(hmaxerror,:)=[];
hmin(hmaxerror,:)=[];
clear('hmaxerror')

hmederror=find((hmed(:,1)<0)|(hmed(:,1)>100));
erroreshmed=hmed(hmederror,:);
hmed(hmederror,:)=[];
hmax(hmederror,:)=[];
hmin(hmederror,:)=[];
clear('hmederror')

hminerror=find((hmin(:,1)<0)|(hmin(:,1)>100));
erroreshmin=hmin(hminerror,:);
hmin(hminerror,:)=[];
hmax(hminerror,:)=[];
hmed(hminerror,:)=[];
clear('hminerror')

hconsistencyerror1=find((hmed(:,1)>hmax(:,1)));
hconsistencyerror1(:,1:3)=hmax(hconsistencyerror1,:);
hconsistencyerror1(:,4:6)=hmed(hconsistencyerror1,:);
hmax(hconsistencyerror1,:)=[];
```

```
hmed(hconsistencyerror1,:)=[];  
hmin(hconsistencyerror1,:)=[];  
clear('hconsistencyerror1')
```

```
hconsistencyerror2=find((hmin(:,1)>hmed(:,1)));  
hconsisterror2(:,1)=hmed(hconsistencyerror2,1);  
hconsisterror2(:,2)=hmin(hconsistencyerror2,1);  
hmed(hconsistencyerror2,:)=[];  
hmin(hconsistencyerror2,:)=[];  
hmax(hconsistencyerror2,:)=[];  
clear('hconsistencyerror2')
```

```
%Validación velocidad del viento  
uerror=find((u(:,1)<(0.025))|(u(:,1)>60));  
erroresu=u(uerror,:);  
u(uerror,:)=[];  
clear('uerror')
```

```
%Tras validar datos calculamos los distintos Índices de Aridez
```

```
%De Martonne  
%Calculamos temperaturas medias anuales  
tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==17);  
tmed017(:,1)=tmed(tmedb,1);  
tmed17=mean(tmed017);  
clear('tmedb');
```

```
tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==16);  
tmed016(:,1)=tmed(tmedb,1);  
tmed16=mean(tmed016);  
clear('tmedb');
```

```
tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==15);  
tmed015(:,1)=tmed(tmedb,1);  
tmed15=mean(tmed015);  
clear('tmedb');
```

```
tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==14);  
tmed014(:,1)=tmed(tmedb,1);  
tmed14=mean(tmed014);  
clear('tmedb');
```

```
tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==13);  
tmed013(:,1)=tmed(tmedb,1);  
tmed13=mean(tmed013);  
clear('tmedb');
```

```
tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==12);  
tmed012(:,1)=tmed(tmedb,1);
```

```
tmed12=mean(tmed012);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==11);
tmed011(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed11=mean(tmed011);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==10);
tmed010(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed10=mean(tmed010);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==9);
tmed09(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed9=mean(tmed09);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==8);
tmed08(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed8=mean(tmed08);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==7);
tmed07(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed7=mean(tmed07);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==6);
tmed06(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed6=mean(tmed06);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==5);
tmed05(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed5=mean(tmed05);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==4);
tmed04(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed4=mean(tmed04);
clear('tmedb');

tmedb(:,1)=find(tmed(:,3)==3);
tmed03(:,1)=tmed(tmedb,1);
tmed3=mean(tmed03);
clear('tmedb');

%Calulamos precipitaciones medias anuales
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==17);
```

```
precip017(:,1)=precip(precipb,1);  
precip17=mean(precip017);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==16);  
precip016(:,1)=precip(precipb,1);  
precip16=mean(precip016);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==15);  
precip015(:,1)=precip(precipb,1);  
precip15=mean(precip015);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==14);  
precip014(:,1)=precip(precipb,1);  
precip14=mean(precip014);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==13);  
precip013(:,1)=precip(precipb,1);  
precip13=mean(precip013);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==12);  
precip012(:,1)=precip(precipb,1);  
precip12=mean(precip012);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==11);  
precip011(:,1)=precip(precipb,1);  
precip11=mean(precip011);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==10);  
precip010(:,1)=precip(precipb,1);  
precip10=mean(precip010);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==9);  
precip09(:,1)=precip(precipb,1);  
precip9=mean(precip09);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==8);  
precip08(:,1)=precip(precipb,1);  
precip8=mean(precip08);  
clear('precipb');  
  
precipb(:,1)=find(precip(:,3)==7);
```

```
precip07(:,1)=precip(precipb,1);
precip7=mean(precip07);
clear('precipb');

precipb(:,1)=find(precip(:,3)==6);
precip06(:,1)=precip(precipb,1);
precip6=mean(precip06);
clear('precipb');

precipb(:,1)=find(precip(:,3)==5);
precip05(:,1)=precip(precipb,1);
precip5=mean(precip05);
clear('precipb');

precipb(:,1)=find(precip(:,3)==4);
precip04(:,1)=precip(precipb,1);
precip4=mean(precip04);
clear('precipb');

precipb(:,1)=find(precip(:,3)==3);
precip03(:,1)=precip(precipb,1);
precip3=mean(precip03);
clear('precipb');

precip03=sum(precip03);
precip04=sum(precip04);
precip05=sum(precip05);
precip06=sum(precip06);
precip07=sum(precip07);
precip08=sum(precip08);
precip09=sum(precip09);
precip010=sum(precip010);
precip011=sum(precip011);
precip012=sum(precip012);
precip013=sum(precip013);
precip014=sum(precip014);
precip015=sum(precip015);
precip016=sum(precip016);
precip017=sum(precip017);

%Calculamos De Martonne
IM=2003:2017;
IM=IM';
IM(1,2)=precip03/(tmed3+10);
IM(2,2)=precip04/(tmed4+10);
IM(3,2)=precip05/(tmed5+10);
IM(4,2)=precip06/(tmed6+10);
IM(5,2)=precip07/(tmed7+10);
IM(6,2)=precip08/(tmed8+10);
IM(7,2)=precip09/(tmed9+10);
IM(8,2)=precip010/(tmed10+10);
```

```
IM(9,2)=precip011/(tmed11+10);  
IM(10,2)=precip012/(tmed12+10);  
IM(11,2)=precip013/(tmed13+10);  
IM(12,2)=precip014/(tmed14+10);  
IM(13,2)=precip015/(tmed15+10);  
IM(14,2)=precip016/(tmed16+10);  
IM(15,2)=precip017/(tmed17+10);
```

%%%

```
%UNEP  
%Calulamos evanpotranspiración media anual
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==17);  
eto17(:,1)=eto(etob,1);  
eto17=mean(eto17);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==16);  
eto16(:,1)=eto(etob,1);  
eto16=mean(eto16);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==15);  
eto15(:,1)=eto(etob,1);  
eto15=mean(eto15);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==14);  
eto14(:,1)=eto(etob,1);  
eto14=mean(eto14);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==13);  
eto13(:,1)=eto(etob,1);  
eto13=mean(eto13);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==12);  
eto12(:,1)=eto(etob,1);  
eto12=mean(eto12);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==11);  
eto11(:,1)=eto(etob,1);  
eto11=mean(eto11);  
clear('etob');
```

```
etob(:,1)=find(eto(:,3)==10);  
eto10(:,1)=eto(etob,1);  
eto10=mean(eto10);
```

```
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==9);
eto9(:,1)=eto(etob,1);
eto9=mean(eto9);
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==8);
eto8(:,1)=eto(etob,1);
eto8=mean(eto8);
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==7);
eto7(:,1)=eto(etob,1);
eto7=mean(eto7);
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==6);
eto6(:,1)=eto(etob,1);
eto6=mean(eto6);
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==5);
eto5(:,1)=eto(etob,1);
eto5=mean(eto5);
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==4);
eto4(:,1)=eto(etob,1);
eto4=mean(eto4);
clear('etob');

etob(:,1)=find(eto(:,3)==3);
eto3(:,1)=eto(etob,1);
eto3=mean(eto3);
clear('etob');

%Calculamos UNEP
IU=2003:2017;
IU=IU';
IU(1,2)=precip3/eto3;
IU(2,2)=precip4/eto4;
IU(3,2)=precip5/eto5;
IU(4,2)=precip6/eto6;
IU(5,2)=precip7/eto7;
IU(6,2)=precip8/eto8;
IU(7,2)=precip9/eto9;
IU(8,2)=precip10/eto10;
IU(9,2)=precip11/eto11;
```

```
IU(10,2)=precip12/eto12;  
IU(11,2)=precip13/eto13;  
IU(12,2)=precip14/eto14;  
IU(13,2)=precip15/eto15;  
IU(14,2)=precip16/eto16;  
IU(15,2)=precip17/eto17;
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%EMBERGER
```

```
%Calculamos medias de temperaturas mensuales para cada año
```

```
%Temperaturas medias mensuales para 2003
```

```
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==3);  
tmed2003(:,1)=tmed(tmedc,1);  
tmed2003(:,2)=tmed(tmedc,2);  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==1);  
T03(1,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(1,2)=1;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==2);  
T03(2,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(2,2)=2;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==3);  
T03(3,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(3,2)=3;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==4);  
T03(4,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(4,2)=4;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==5);  
T03(5,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(5,2)=5;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==6);  
T03(6,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(6,2)=6;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==7);  
T03(7,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(7,2)=7;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==8);  
T03(8,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(8,2)=8;  
clear('tmedc');  
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==9);  
T03(9,1)=mean(tmed2003(tmedc));  
T03(9,2)=9;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==10);
T03(10,1)=mean(tmed2003(tmedc));
T03(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==11);
T03(11,1)=mean(tmed2003(tmedc));
T03(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2003(:,2)==12);
T03(12,1)=mean(tmed2003(tmedc));
T03(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2004
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==4);
tmed2004(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2004(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==1);
T04(1,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==2);
T04(2,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==3);
T04(3,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==4);
T04(4,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==5);
T04(5,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==6);
T04(6,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==7);
T04(7,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==8);
T04(8,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==9);
```

```
T04(9,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==10);
T04(10,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==11);
T04(11,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2004(:,2)==12);
T04(12,1)=mean(tmed2004(tmedc));
T04(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2005
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==5);
tmed2005(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2005(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==1);
T05(1,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==2);
T05(2,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==3);
T05(3,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==4);
T05(4,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==5);
T05(5,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==6);
T05(6,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==7);
T05(7,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==8);
T05(8,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(8,2)=8;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==9);
T05(9,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==10);
T05(10,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==11);
T05(11,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2005(:,2)==12);
T05(12,1)=mean(tmed2005(tmedc));
T05(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2006
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==6);
tmed2006(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2006(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==1);
T06(1,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==2);
T06(2,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==3);
T06(3,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==4);
T06(4,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==5);
T06(5,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==6);
T06(6,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==7);
T06(7,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==8);
```

```
T06(8,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==9);
T06(9,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==10);
T06(10,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==11);
T06(11,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2006(:,2)==12);
T06(12,1)=mean(tmed2006(tmedc));
T06(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2007
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==7);
tmed2007(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2007(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==1);
T07(1,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==2);
T07(2,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==3);
T07(3,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==4);
T07(4,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==5);
T07(5,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==6);
T07(6,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==7);
T07(7,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(7,2)=7;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==8);
T07(8,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==9);
T07(9,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==10);
T07(10,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==11);
T07(11,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2007(:,2)==12);
T07(12,1)=mean(tmed2007(tmedc));
T07(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2008
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==8);
tmed2008(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2008(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==1);
T08(1,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==2);
T08(2,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==3);
T08(3,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==4);
T08(4,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==5);
T08(5,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==6);
T08(6,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==7);
```

```
T08(7,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==8);
T08(8,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==9);
T08(9,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==10);
T08(10,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==11);
T08(11,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2008(:,2)==12);
T08(12,1)=mean(tmed2008(tmedc));
T08(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2009
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==9);
tmed2009(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2009(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==1);
T09(1,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==2);
T09(2,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==3);
T09(3,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==4);
T09(4,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==5);
T09(5,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==6);
T09(6,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(6,2)=6;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==7);
T09(7,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==8);
T09(8,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==9);
T09(9,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==10);
T09(10,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==11);
T09(11,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2009(:,2)==12);
T09(12,1)=mean(tmed2009(tmedc));
T09(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2010
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==10);
tmed2010(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2010(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==1);
T010(1,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==2);
T010(2,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==3);
T010(3,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==4);
T010(4,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==5);
T010(5,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==6);
```

```
T010(6,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==7);
T010(7,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==8);
T010(8,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==9);
T010(9,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==10);
T010(10,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==11);
T010(11,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2010(:,2)==12);
T010(12,1)=mean(tmed2010(tmedc));
T010(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2011
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==11);
tmed2011(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2011(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==1);
T011(1,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==2);
T011(2,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==3);
T011(3,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==4);
T011(4,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==5);
T011(5,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(5,2)=5;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==6);
T011(6,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==7);
T011(7,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==8);
T011(8,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==9);
T011(9,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==10);
T011(10,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==11);
T011(11,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2011(:,2)==12);
T011(12,1)=mean(tmed2011(tmedc));
T011(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2012
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==12);
tmed2012(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2012(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==1);
T012(1,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==2);
T012(2,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==3);
T012(3,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==4);
T012(4,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==5);
```

```
T012(5,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==6);
T012(6,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==7);
T012(7,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==8);
T012(8,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==9);
T012(9,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==10);
T012(10,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==11);
T012(11,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2012(:,2)==12);
T012(12,1)=mean(tmed2012(tmedc));
T012(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2013
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==13);
tmed2013(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2013(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==1);
T013(1,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==2);
T013(2,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==3);
T013(3,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==4);
T013(4,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(4,2)=4;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==5);
T013(5,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==6);
T013(6,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==7);
T013(7,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==8);
T013(8,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==9);
T013(9,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==10);
T013(10,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==11);
T013(11,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2013(:,2)==12);
T013(12,1)=mean(tmed2013(tmedc));
T013(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2014
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==14);
tmed2014(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2014(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==1);
T014(1,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==2);
T014(2,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==3);
T014(3,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==4);
```

```
T014(4,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==5);
T014(5,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==6);
T014(6,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==7);
T014(7,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==8);
T014(8,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==9);
T014(9,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==10);
T014(10,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==11);
T014(11,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2014(:,2)==12);
T014(12,1)=mean(tmed2014(tmedc));
T014(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2015
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==15);
tmed2015(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2015(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==1);
T015(1,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==2);
T015(2,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==3);
T015(3,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(3,2)=3;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==4);
T015(4,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==5);
T015(5,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==6);
T015(6,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==7);
T015(7,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==8);
T015(8,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==9);
T015(9,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==10);
T015(10,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==11);
T015(11,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2015(:,2)==12);
T015(12,1)=mean(tmed2015(tmedc));
T015(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2016
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==16);
tmed2016(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2016(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==1);
T016(1,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==2);
T016(2,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(2,2)=2;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==3);
```

```
T016(3,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==4);
T016(4,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==5);
T016(5,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==6);
T016(6,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==7);
T016(7,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==8);
T016(8,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==9);
T016(9,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==10);
T016(10,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==11);
T016(11,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2016(:,2)==12);
T016(12,1)=mean(tmed2016(tmedc));
T016(12,2)=12;
clear('tmedc');

%Temperaturas medias mensuales para 2017
tmedc(:,1)=find(tmed(:,3)==17);
tmed2017(:,1)=tmed(tmedc,1);
tmed2017(:,2)=tmed(tmedc,2);
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==1);
T017(1,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(1,2)=1;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==2);
T017(2,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(2,2)=2;
```

```
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==3);
T017(3,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(3,2)=3;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==4);
T017(4,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(4,2)=4;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==5);
T017(5,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(5,2)=5;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==6);
T017(6,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(6,2)=6;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==7);
T017(7,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(7,2)=7;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==8);
T017(8,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(8,2)=8;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==9);
T017(9,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(9,2)=9;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==10);
T017(10,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(10,2)=10;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==11);
T017(11,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(11,2)=11;
clear('tmedc');
tmedc(:,1)=find(tmed2017(:,2)==12);
T017(12,1)=mean(tmed2017(tmedc));
T017(12,2)=12;
clear('tmedc');
clear('tmed2003');
clear('tmed2004');
clear('tmed2005');
clear('tmed2006');
clear('tmed2007');
clear('tmed2008');
clear('tmed2009');
clear('tmed2010');
clear('tmed2011');
clear('tmed2012');
clear('tmed2013');
```

```

clear('tmed2014');
clear('tmed2015');
clear('tmed2016');
clear('tmed2017');

%Calculamos los índices de Emberger

IE(1,1)=100*(precip03/(((max(T03(:,1)))^2)-(min(T03(:,1)))^2)));
IE(1,2)=2003;
IE(2,1)=100*(precip04/(((max(T04(:,1)))^2)-(min(T04(:,1)))^2)));
IE(2,2)=2004;
IE(3,1)=100*(precip05/(((max(T05(:,1)))^2)-(min(T05(:,1)))^2)));
IE(3,2)=2005;
IE(4,1)=100*(precip06/(((max(T06(:,1)))^2)-(min(T06(:,1)))^2)));
IE(4,2)=2006;
IE(5,1)=100*(precip07/(((max(T07(:,1)))^2)-(min(T07(:,1)))^2)));
IE(5,2)=2007;
IE(6,1)=100*(precip08/(((max(T08(:,1)))^2)-(min(T08(:,1)))^2)));
IE(6,2)=2008;
IE(7,1)=100*(precip09/(((max(T09(:,1)))^2)-(min(T09(:,1)))^2)));
IE(7,2)=2009;
IE(8,1)=100*(precip010/(((max(T010(:,1)))^2)-(min(T010(:,1)))^2)));
IE(8,2)=2010;
IE(9,1)=100*(precip011/(((max(T011(:,1)))^2)-(min(T011(:,1)))^2)));
IE(9,2)=2011;
IE(10,1)=100*(precip012/(((max(T012(:,1)))^2)-(min(T012(:,1)))^2)));
IE(10,2)=2012;
IE(11,1)=100*(precip013/(((max(T013(:,1)))^2)-(min(T013(:,1)))^2)));
IE(11,2)=2013;
IE(12,1)=100*(precip014/(((max(T03(:,1)))^2)-(min(T03(:,1)))^2)));
IE(12,2)=2014;
IE(13,1)=100*(precip015/(((max(T015(:,1)))^2)-(min(T015(:,1)))^2)));
IE(13,2)=2015;
IE(14,1)=100*(precip016/(((max(T016(:,1)))^2)-(min(T016(:,1)))^2)));
IE(14,2)=2016;
IE(15,1)=100*(precip017/(((max(T017(:,1)))^2)-(min(T017(:,1)))^2)));
IE(15,2)=2017;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%5
%TEST DE MANN KENDALL APLICADO A LOS ÍNDICES DE ARIDEZ
%DE MARTONE
[HIM,p_valueIM,ZetaM]=Mann_Kendall(IM(:,1),0.05);
xlswrite('Test IM',HIM,'Hojal','A1');
xlswrite('P_valorIM',p_valueIM,'Hojal','A1');
xlswrite('ZetaM',ZetaM,'Hojal','A1');
%UNEP
[HIU,p_valueIU,ZetaU]=Mann_Kendall(IU(:,1),0.05);
xlswrite('Test IU',HIU,'Hojal','A1');
xlswrite('P_valorIU',p_valueIU,'Hojal','A1');
xlswrite('ZetaU',ZetaU,'Hojal','A1');
%EMBERGER

```

```
[HIE,p_valueIE,ZetaE]=Mann_Kendall(IE(:,1),0.05);
xlswrite('Test IE',HIE,'Hojal','A1');
xlswrite('P_valorIE',p_valueIE,'Hojal','A1');
xlswrite('ZetaE',ZetaE,'Hojal','A1');
%%%%%%%%%%Exportar datos poner nombre
a1=input('Introducir nombre estación+De Martonne:', 's');
xlswrite(a1,IM,'Hojal','A1');
a2=input('Introducir nombre estación+EMBERGER:', 's');
xlswrite(a2,IE,'Hojal','A1');
a3=input('Introducir nombre estación+UNEP:', 's');
xlswrite(a3,IU,'Hojal','A1');

xlswrite('Error viento',erroresu,'Hojal','A1');
xlswrite('Error radiación',erroresrad,'Hojal','A1');
xlswrite('Error consistencia h1',hconsisterror1,'Hojal','A1');
xlswrite('Error consistencia h2',hconsisterror2,'Hojal','A1');
xlswrite('Error consistencia t1',tconsisterror1,'Hojal','A1');
xlswrite('Error consistencia t2',tconsisterror2,'Hojal','A1');
```