



**MEMORIA DE ACTUACIÓN.
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES
REALIZADAS DENTRO DEL
PROYECTO:**

**“Efecto del Cambio Climático en las
Sequías y Evaluación del Ciclo
Hidrológico para la agricultura
(ECCOSECHA)”**

**Fundación para la Investigación del
Clima (FIC)**

2019

RESUMEN

Las sequías son uno de los eventos climáticos más extremos y persistentes con implicaciones en sectores tan variados como la salud, las actividades económicas y los ecosistemas y uno de los episodios menos entendidos debidos a su complejidad. La intensificación del calentamiento global esperado para el próximo siglo, podría incrementar la ocurrencia de episodios de sequía, así como su duración e intensidad, siendo especialmente críticos en aquellas regiones cuyo clima es especialmente árido como es el caso de algunas zonas de las cuencas hidrográficas del Júcar y del Segura, objeto de este estudio.

Con el fin de reducir los impactos asociados a dichos fenómenos es esencial disponer de estudios a escala local. En este estudio se han generado escenarios de índices de sequía futuros a partir de 9 Modelos climáticos (Earth System Models) y dos escenarios de emisiones (RCPs) pertenecientes a la quinta fase del Couple Model Intercomparison Project (CMIP5). Los índices empleados han sido el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice de Precipitación y Evapotranspiración estandarizado (SPEI). Los episodios de sequía han sido analizados a partir de tres aspectos principales: Magnitud (valores propios del índice), Duración y Extensión espacial.

Los resultados de los escenarios climáticos futuros mostraron que apenas se esperan variaciones en el régimen pluviométrico promedio en la zona, y las pocas variaciones que señalan las proyecciones se centran en el litoral mediterráneo, bajo el escenario RCP8.5. Respecto a la evolución de las temperaturas, se esperan aumentos acusados de entre 3°C y 7°C, en función de la estación del año y el escenario de emisiones considerado (los casos más elevados se proyectan para el verano de acuerdo al escenario RCP8.5).

En cuanto a las proyecciones de la sequía, los escenarios futuros basados en el SPI (considerando solo precipitación) apenas muestra variaciones con respecto a valores normales para las regiones de estudio. Sin embargo, los escenarios basados en el SPEI (considerando precipitación y temperatura) muestran una clara tendencia hacia episodios de sequía cada vez más intensos, especialmente para periodos acumulados de 12 meses y a finales del siglo XX.

Agradecimientos: Este proyecto ha sido apoyado por el Ministerio para la Transición Ecológica, en la convocatoria de 2019 sobre "Concesión de subvenciones a entidades del tercer sector u organizaciones no gubernamentales que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental".

Contenido

1. Introducción	3
2. Objetivos	4
3. Metodologías empleadas en el estudio	6
3.1. Metodología de regionalización estadística FICLIMA.....	6
3.2. Índices de Sequía	6
4. Resultados	12
4.1. Análisis de la meteorología y climatología de la zona de estudio.....	12
4.2. Evolución histórica de la sequía	16
4.3. Verificación y validación de la metodología FICLIMA.....	18
<i>Verificación de la metodología</i>	18
<i>Validación de la metodología</i>	20
4.4. Escenarios de clima futuro de variables meteorológicas.....	21
4.4.1. Escenarios de clima futuro de precipitación	21
4.4.2. Escenarios de clima futuro de temperatura máxima	25
4.4.3. Escenarios de clima futuro de temperatura mínima.....	28
4.5. Escenarios de clima futuro de índices de sequía.....	31
5. Divulgación de la problemática	38
6. Conclusiones	39
7. Referencias	40
ANEXO I: INFORMES DE LOS CENTROS EDUCATIVOS	45
<i>Colegio Santa Catalina de Sena</i>	45
<i>CEIP Francisco de Quevedo (Getafe)</i>	45
<i>CEIP Julián Besteiro (Getafe)</i>	48
<i>CEIP Hermanos Pinzón</i>	49
<i>CEIP Pi i Margall</i>	50
<i>CEIP San Pablo de Vallecas</i>	51
<i>CEIP Mario Benedetti (Rivas)</i>	52
<i>Colegio Victoria Kent (Rivas)</i>	53
<i>Mayrit Escuela Activa</i>	64

1. Introducción

El clima Mediterráneo, presente en gran parte del territorio nacional, se caracteriza por una gran variabilidad anual de precipitaciones, de más del 50% entre un año y otro, y por el carácter de la propia precipitación, pudiendo ser torrencial en ciertos puntos, resultando en que buena parte del total anual pueda registrarse en pocos días, lo que, acentuado por la escorrentía, determina la escasez de agua del suelo.

Como consecuencia, la sequía en España es un fenómeno de vital importancia y las situaciones de sequía hidrológica son mucho más frecuentes que las de sequía meteorológica, lo que repercute en la necesidad de un uso más restrictivo y prudente del agua en todos los ámbitos, y ha llegado a forzar varios Planes Hidrológicos Nacionales y obras como el Trasvase del Tajo para proveer de agua suficiente para el uso civil a las cuencas de interés para este Proyecto, la del Júcar y la del Segura. Sequías tan extremas y amplias como la acontecida durante los años 2016 y 2017 nos recuerdan que el riesgo de este fenómeno es constante y es necesario estudiarlo y plantear medidas de adaptación.

Además, el estudio de la evolución de la disponibilidad de agua bajo los efectos del cambio climático es de especial importancia para la utilización sostenible de los recursos naturales, ya que el sector agrícola es el que utiliza una mayor proporción del volumen de agua total (INE, 2008). Desde una perspectiva económica, la sequía es uno de los factores de riesgo más importantes para el sector agrícola, ya que la escasez de recursos hídricos es uno de los factores limitantes con mayor influencia en la producción.

Para evaluar un fenómeno tan complejo como la sequía se utilizan diversos indicadores calculados según diferentes metodologías, para evaluar el nivel de escasez de agua que sufre el suelo en función de factores como el tipo de suelo, radiación solar, temperatura, humedad media, precipitación recogida, etc. El estudio e inferencia de la evolución de dichos índices se considera la mejor manera de analizar la evolución de la aparición de sequías, para analizar sus impactos y, en función de ellos, regular de una manera más eficiente el uso del agua.

El Proyecto que se presenta permitirá analizar el impacto del cambio climático sobre las sequías, a través de índices internacionalmente utilizados para la evaluación de estos fenómenos, aplicados a simulaciones a escala local del clima futuro (que se habrán generado cumpliendo todos los requisitos técnicos exigibles a este tipo de simulaciones para su utilización en proyectos de adaptación al cambio climático). Los resultados del Proyecto serán de gran utilidad para evaluar el impacto del clima futuro sobre los recursos hídricos, y por tanto para planificar una mejor gestión y uso sostenible de los mismos, adaptados al cambio climático

Por tanto, la presente investigación se justifica plenamente por incorporar enfoques innovadores, que sin duda permitirán avanzar notablemente sobre el estado del arte, *“para la obtención de nuevos resultados en materia de protección del medio ambiente para la utilización sostenible de los recursos naturales”*, como se exige en la convocatoria.

La zona de estudio incluye las cuencas hidrográficas del Júcar y del Segura, que abarcan territorio de las Comunidades Autónomas de Andalucía, Región de Murcia, Comunidad Valenciana, Castilla-La Mancha y Aragón.

Por último, no puede dejarse de mencionar el apoyo recibido por distintas entidades, que destacan el interés de los estudios propuestos.

2. Objetivos

El objetivo principal del Proyecto es evaluar la influencia del cambio climático sobre la sequía hidrológica y agrícola en las cuencas del Júcar y del Segura, a partir de las últimas proyecciones climáticas disponibles a escala local (regionalización estadística de modelos del CMIP5). El análisis de la evolución de diferentes índices de sequía permitirá conocer los cambios que pueden acontecer en el ciclo hidrológico y en la disponibilidad de agua, provocados por el cambio climático, así como evaluar las consecuencias, riesgos y amenazas de la sequía sobre la agricultura, con vistas a una mejor gestión y uso sostenible de los recursos hídricos.

Para alcanzar el objetivo principal del proyecto se han de conseguir ciertos objetivos específicos como:

- Revisar los índices más apropiados para evaluar el riesgo de sequía. Esta revisión se realiza desde una perspectiva centrada en la utilidad de los indicadores para el sector agrícola.
- Proyectar los índices seleccionados de acuerdo con las simulaciones locales de clima futuro que se generen en el Proyecto, y analizar los resultados para evaluar los impactos del cambio climático sobre las sequías y los recursos hídricos, con vistas a una mejor gestión y uso sostenible de los mismos.
- Investigar sobre la eficacia de la educación ambiental y la divulgación en materia de la utilización sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente en general, a través de cuentos infantiles.

Teniendo en cuenta los objetivos a alcanzar se ha realizado las siguientes actividades:

Actividad 1. Revisión de los antecedentes y selección, entre los más utilizados internacionalmente, de los índices más apropiados para evaluar el riesgo de sequía para la agricultura, tales como el *Standardised Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI) o el *Standardised Precipitation Index* (SPI).

Actividad 2. Simulación del clima futuro a escala local. Esta actividad incluye la recopilación de los datos de temperatura y precipitación a partir de las redes meteorológicas disponibles y verificación de la calidad de los datos. Estos datos se obtienen a partir de los observatorios meteorológicos de la Agencia Estatal de Meteorología, y de otras fuentes de observación disponibles. Adicionalmente, se realiza un control de calidad de los datos meteorológicos, dado que los errores existentes podrían anular las simulaciones climáticas que se utilicen. Por ello los datos se someten a un proceso de homogeneización con técnica propia (Monjo et al. 2013). Igualmente, es esta actividad se incluye la aplicación de la metodología de regionalización FICLIMA (Ribalaygua *et al.*, 2013) a las salidas de Modelos Climáticos bajo diferentes hipótesis de concentraciones futuras de Gases de Efecto Invernadero, correspondientes al Quinto Informe del IPCC, para generar los escenarios locales de clima futuro.

Actividad 3. Análisis de las series históricas de sequías de acuerdo con los índices seleccionados y de acuerdo con la afección a las cadenas de valor de la agricultura. En esta actividad se analizará la duración, recurrencia y efectos de las sequías que históricamente han afectado a las cuencas del Júcar y Segura.

Actividad 4. Proyección a escala local de los índices seleccionados para las próximas décadas, de acuerdo con la temperatura y precipitación de los diferentes escenarios climáticos futuros generados con FICLIMA, y análisis de los resultados para evaluar los impactos del cambio climático sobre las sequías y los recursos hídricos, con vistas a una mejor gestión y uso sostenible de los mismos.

Actividad 5. Investigación sobre la eficacia de la educación ambiental y la divulgación a través de cuentos infantiles. Uno de los objetivos fundacionales de la FIC es la difusión de su conocimiento para la protección del medio ambiente. Cumpliendo ese objetivo, en este Proyecto se va a incluir una componente de investigación centrada en analizar la eficacia de la educación ambiental y la divulgación en materia de la utilización sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente en general, a través de cuentos infantiles. Para ello, se ha establecido un acuerdo con un autor que ha elaborado una colección de cuentos infantiles con esa temática, que cede gratuitamente sus derechos para una edición especial de dichos cuentos para este Proyecto. En esta actividad del Proyecto, esa edición será distribuida entre diferentes colegios, y posteriormente se realizará una investigación sobre la eficacia de la educación y divulgación a través de dichos cuentos.

3. Metodologías empleadas en el estudio

3.1. Metodología de regionalización estadística FICLIMA

A día de hoy, la herramienta más potente en la simulación del clima futuro son los Modelos Climáticos Globales y concretamente los *Earth System Models* (ESMs). Estos modelos muestran una capacidad notable para reproducir las principales características de la circulación atmosférica general. El problema surge cuando se evalúan los resultados a una escala más pequeña (es decir, se seleccionan unos pocos puntos de la rejilla de trabajo) donde las variables, especialmente en superficie, no se aproximan a los valores observados en la realidad.

Dado que en la mayor parte de los estudios de evaluación de impactos es necesaria la presencia de escenarios climáticos con resolución local de variables cercanas a la superficie terrestre (temperatura a 2 m., precipitación, etc.), surge la necesidad de adaptar la información proporcionada por los ESMs (de baja resolución espacial) a la información requerida por los modelos de impacto (de mayor resolución espacial-local en superficie). Este proceso de regionalización es conocido como *downscaling*. Existen dos maneras principales de afrontar el problema de la regionalización: aproximaciones estadísticas y aproximaciones por modelización dinámica. Cada una de ellas tiene ciertas ventajas y limitaciones pero ambas son igual de

En este proyecto se ha utilizado una metodología de regionalización estadística en dos pasos desarrollada por la Fundación para la Investigación del Clima (Ribalaygua *et al.* 2013) la cual se resume a continuación y que se explica más ampliamente en el Anexo 1.

En términos generales, la metodología sigue el siguiente esquema: se selecciona un día problema “X”, cuyos campos atmosféricos (geopotenciales, temperaturas a distintos niveles de presión...) de baja resolución son conocidos (mediante las salidas de los Modelos Climáticos Globales para el día “X”). A partir de esos campos conocidos, se pretende estimar el valor de las variables meteorológicas en superficie (temperaturas máxima y mínima, precipitación...) para el día “X” en un punto concreto del territorio (observatorio).

Con el fin de asegurar que las proyecciones climáticas han sido generadas de la forma más rigurosa posible, se proceden a realizar un proceso de verificación de la metodología y otro de la validación de los modelos climáticos (véase Anexo 1).

Para este estudio es necesario que los datos regionalizados en un punto de un cierto modelo climático se puedan interpretar en sus valores absolutos y no sólo en términos de incrementos relativos, por lo que dichos datos han sido sometidos a un proceso de corrección para evitar los posibles errores consecuencia de la regionalización para así poder obtener valores que podamos estudiar en su magnitud absoluta (véase Anexo 1).

3.2. Índices de Sequía

La sequía es uno de los temas de mayor peso dentro de la comunidad científica (Scheffield *et al.* 2012, Dai 2013, Spinoni *et al.* 2014) y uno de los fenómenos naturales que más afectan a la sociedad ya que sus consecuencias no son tan cuantificables en el mismo momento en que se detecta el fenómeno como ocurre con otros fenómenos naturales como son las tormentas tropicales, los huracanes o los terremotos (Bryant 1991, Wilhite 1992). Debido a que los efectos asociados a un episodio de sequía pueden perdurar, e incluso, intensificarse con el paso de los meses, en la mayoría de las ocasiones no se cuantifican adecuadamente debido a la falta de registros históricos (Hayes 2011). Las consecuencias de la sequía también dependen de su uso socioeconómico por lo que tienen una

componente social y otra cultural (Hayes 2011), como ejemplo, se produce escasez de agua debido al aumento de la población, a los usos agrícolas, usos energéticos o el consumo en sectores industriales (Bates et al 2008). Además, es complicado por los múltiples mecanismos que lo causan y por su operacionabilidad a diferentes escalas espaciales y temporales convirtiéndola en uno de los fenómenos más difíciles de monitorizar y manejar (Wilhite 1992) y que requiere considerar el riesgo que supone el manejo de la sequía (Wilhite 1992). Los episodios de sequía varían debido a múltiples factores dinámicos que conllevan a una red de impactos subjetivos por lo que su caracterización es esencial para facilitar las tareas de planificación frente a riesgos asociados y disminuir sus efectos, bien mediante sistemas de alerta temprana bien mediante análisis de riesgo. La manera de caracterizarla es mediante índices ya que no existe una variable física ni un instrumento que permita medirla (Vicente-Serrano *et al.* 2016). Por lo que el impacto de la sequía es muy subjetivo (Eiderdanz *et al.* 2008).

Es tal el impacto que desde las instituciones se están haciendo grandes esfuerzos por construir una base de datos de sequía que permitan ayudar a cuantificar el fenómeno como el *European Drought Observatory* (www.ge.uio.no/de) donde se recopila información del *Combined Drought Index*, CDI (Sepulcre-Canto et al 2012) y del *European Drought Impact Inventory*, EDII o el *National Drought Mitigation Center* que realiza un inventario semanal de las condiciones de sequía en US a través de varios índices de sequía. En España se ha generado una base de datos del SPEI (Vicente-Serrano *et al.* 2017).

Es un fenómeno recurrente que afecta todos los tipos de clima (desde los más secos a los más lluviosos) y que no ha de confundirse con climas áridos, que supone una característica permanente del clima de la zona caracterizada por bajas precipitaciones. Sequías de la misma magnitud pueden tener efectos muy diferentes en función de la época del año y el lugar en el que ocurran.

Es uno de los fenómenos más complejos y menos entendidos de la naturaleza, debido a su naturaleza intrínseca, a pesar de ser uno de los fenómenos con ms consecuencias socioeconómicas. Debido a las consecuencias asociadas a los efectos de la sequía en sus diferentes escalas temporales, se han realizado grandes esfuerzos en analizar y cuantificar sus impacto en múltiples sectores como en desastres naturales (Wilhite 2000), impactos en problemas sociales (García-Herrera et al 2010, Hsiang et al, Tsakiris and Vangelis 2004) en ecología (Lake 2011, Lewis et al 2011), en incendios forestales, en escasez de agua (Pedro-Monzonis et al 2015), impactos generales (Stagge et al 2015, Blauhut et al 2016), en abastecimiento de agua (Hoerling et al 2014, Seager et al 2015, Wilhite 2004), en las limitaciones de las actividades humanas (Van Loon and Laaha, 2015), en la agricultura (Tsakiris et al 2010, Lesk et al 2016), en gandería (Alary et al 2014), en el aumento del precio de los alimentos, en la ganadería y la salud (Stanke et al 2013). Además, estos pueden ser considerados para una región o periodo de tiempo concreto (Beran and Rodier 1985, Correira et al 1994).

Las principales diferencias que hacen que la sequía sea un fenómeno natural difícil de cuantificar y monitorizar respecto a otros fenómenos naturales podrían enumerarse de la siguiente manera (Wilhite, 2000):

1. Los efectos de episodios de sequía suelen acumularse en el tiempo, desde unos pocos meses hasta varios años, y sus efectos siguen teniendo repercusión en algunos sectores años después de que el fenómeno haya terminado.
2. La falta de un consenso universal sobre una definición estándar y global que determine la existencia o no de un fenómeno de sequía. Esta “laguna teórica” propicia la definición de cientos de índices de sequía (Wilhite & Glantz, 1985), la mayoría de ellos dependientes de la región y del sector para el que han sido definidos, que no pueden ser aplicables fuera de su área de definición.
3. En la mayoría de los eventos de sequía los daños de su ocurrencia no suelen ser estructurales ni propician pérdidas de vidas, principales diferencias con otros fenómenos como huracanas o

terremotos que conllevan daños estructurales y personales. Como consecuencia de esta falta de “daños físicos inmediatos” que permiten cuantificar in situ sus efectos negativos muchos servicios de protección civil colocan a la sequía como uno de los eventos naturales más peligrosos.

Las zonas más afectadas en las últimas décadas por sequías son las zonas semiáridas del mediterráneo (Hoerling et al 2012) así como Europa en general (Rebetez et al 2006), Rusia (Parry et al 2012) o Escandinavia (Hislader et al 2006). Stagge et al 2016 concluyen que una de las regiones que verán incrementada la severidad y frecuencia de las sequías es el Mediterráneo.

Episodios de sequía ocurren en cualquier tipo de clima independientemente de si el régimen de precipitaciones es elevado o escaso, aunque sus efectos serán diferentes si estamos ante un clima mediterráneo o un clima montañoso, por ejemplo. Por lo tanto, se puede definir un episodio de sequía como la consecuencia natural de la reducción de cantidad de precipitación respecto a los valores normales para esa época que se prolonga durante un periodo de tiempo más o menos extenso. La definición general se basa únicamente en defecto o exceso de precipitación sobre valores climáticos promedios, pero hay otros factores meteorológicos que pueden agravar esta situación como las rachas de viento fuerte (McVivar et al 2012a), el contenido de agua (Willet et al 2014), la nubosidad y la duración solar (Wild et al 2013) o altas temperaturas (Cook et al 2014, Livneh and Hoerling 2016, Hao et al 2018, Hartman et al 2013).

Desde el punto de vista exclusivamente meteorológico, el mecanismo que origina un episodio de sequía es la interrupción durante un tiempo prolongado de los patrones normales de la circulación atmosférica global (Wilhite, 2000). En muy pocas ocasiones, la sequía se evalúa exclusivamente por su componente meteorológica, sino que se consideran factores sociales y económicos. Por lo que la manera en la que se define una sequía va a depender de las características climáticas, sociales e ideológicas de cada región (Wilhite 1992).

Se puede definir la sequía desde dos puntos de vista: conceptual y operacional (Wilhite and Glantz, 1985).

- ✓ Conceptual: se define el evento de sequía desde un punto de vista genérico basándose exclusivamente en el hecho de que supone un descenso de precipitación respecto a los valores considerados normales para cada época del año.
- ✓ Operacional: las definiciones operacionales pretenden identificar características más precisas como el comienzo y fin del evento, la recurrencia y la severidad de cada episodio. Estas definiciones son las que se utilizan en los sistemas de alerta temprana.

Independientemente de unas definiciones u otras lo que es claro es que la importancia de la sequía reside en su impacto y a los sectores que afecta. Teniendo esto en cuenta se definen cuatro tipos de sequías:

Tipo	Descripción
Meteorológica	Atendiendo únicamente al grado de sequedad y duración respecto a valores normales. Específico de cada región.
Agrícola	Relaciona las características meteorológicas con los impactos agrícolas. Importante a corto plazo. Considera factores como la evapotranspiración, permeabilidad del suelo, etc.
Hidrológica	Se asocia a los efectos que la sequía pudiera tener sobre el almacenamiento de aguas subterráneas, aporte hídrico etc. Se define en la cuenca hídrica.

Socioeconómica	Se asocia a la demanda y aporte de reservas hídricas por parte del sistema socioeconómico y engloba los efectos de las tres anteriores.
-----------------------	---

Tabla 1. Tipos de sequías

Lo que diferencia los distintos tipos de sequías son la intensidad, la duración y la cobertura espacial del fenómeno y el sector al que afecta (Licoln 2000, WMO).

Conocer el comportamiento de estos fenómenos a corto plazo es de gran importancia para minimizar los impactos negativos. El riesgo asociado a un episodio de sequía es consecuencia de las características naturales del propio fenómeno y de la vulnerabilidad de la sociedad frente a dicho fenómeno.

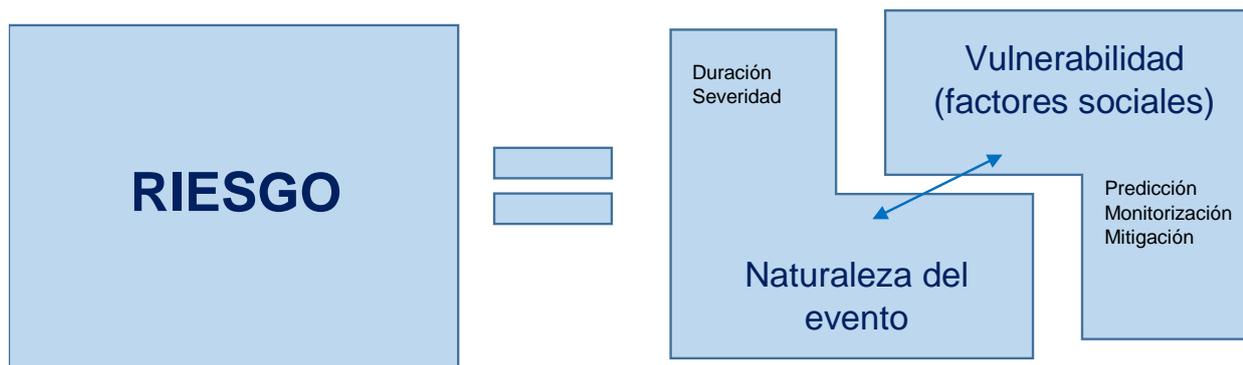


Figura 1. Riesgo asociado al fenómeno de la sequía.

La manera en la que se puede analizar la sequía es mediante los indicadores u índices de sequía. Un índice de sequía es un indicador directo basado en información climática y que suelen ser ajustados en la zona de estudio de ahí la inmensa variedad. Un índice es útil si proporciona una evaluación clara, simple y cuantitativa de las características principales de la sequía (Hayes et al 2000). Un índice permite resumir las características principales de la sequía en un único valor lo que facilita su uso frente a valores puros de las variables meteorológicas (Hayes 2006).

Debido a la gran cantidad de índices existentes se han llevado a cabo diversos recopilatorios muy extensos (Zagar 2011, Niemeyer 2008, Wilhite and Glatz 1985) otros estudios analizan algunos de ellos (Hayes 2006, Hayes et al 2000, Heime 2002, Kallis 2008, Keyantash and Dracup 2002, Quiring 2009, Steinemann et al 2005, Tsakiris et al 2007, Mishra 2011) y otros ms recientes que vienen a completar a los anteriores (Cai et al 2011, Karamouz et al 2009, Rhee et al 2010, Vasiliades et al 2011, Vicente-Serrano, 2010).

Los índices se deben escoger en función del tipo de sequía ya que existe discrepancia entre ellos y no existe ninguno que caracterice completamente todo el ciclo hidrológico (Wanders 2010, Bachmair 2016). La elección de un índice u otro también se ve condicionada por los datos disponibles (Steinemann et al 2005) ya que se necesitan datos de alta calidad y en tiempo real para su monitorización (Moran-Tejada 2012).

En las últimas décadas se ha producido una gran evolución en los índices de sequía. Existen índices que solo usan precipitación como el SPI (McKee et al 1993), el RAI (Van-Rooy 1965), el DSI (Bryant et al 1992), el NRI (Gommes and Petrassi 1994) o el DFI (Gonzalez and Valdes 2006), algunos se basan en temperatura y precipitación como el SPEI (Vicente-Serrano et al 2010) y el RDI (Tsakaris and Vangelis 2005, Thomas et al 2015) o el *aridity index*. Los hay que son muy complejos incluyendo multitud de campos como la cobertura nubosa, o el *stream flow* (SWSI, Nagarajan 2003), la humedad del suelo (SPDI, Palmer 1965) o la vegetación (NDVI, Nagarajan 2003).

Tanto el SPI como el SPEI permite, más fácilmente que otros índices más complejos como el de Palmer, realizar un mayor seguimiento de las condiciones de sequía en una gran variedad de sistemas (Vicente-Serrano et al 2012). Siendo estos índices de los más utilizados en Europa (Spinoni et al 2015)

Para poder facilitar la labor de escoger un índice u otro, organismos como el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) o la *World Meteorological Organization* (WMO) desarrollan guías de usuarios para ayudar a explorar los índices de sequía a escala global, evaluando desde los lugares para donde se han definido, así como para que tipo de sequía han sido monitorizados, el uso que le dan y las limitaciones y ventajas que presentan, con el fin de intentar presentar una guía de usuario que permita unificar su uso.

Existen muchas y diversas definiciones de sequía (WMO, 1975; Zargar et al., 2011), la gran mayoría de ellas válidas únicamente para la zona donde se definieron. En “*The Lincoln declaration on Drought Indices*” (Hayes et al., 2011) se determinó que el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) es el único índice válido para cualquier región del mundo y escala temporal. Vicente-Serrano et al. (2010a), definieron el Índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración (SPEI) que supone una modificación del SPI mediante la introducción de la evapotranspiración.

Es evidente que el Cambio Climático inducido por la temperatura ha acelerado el proceso hidrológico, por un lado, incrementando la energía disponible mediante la evapotranspiración y por otro aumentando la capacidad de almacenamiento de la atmosfera (Trenberth 2014) que se supone que aumenta un 7% por cada °C aumentado a esto hay que añadir que la energía disponible en la superficie aumenta de forma mucho más lenta y es la que gobierna la precipitación total a través de la humedad disponible, por lo que aumentan los periodos secos. Estas conclusiones son evidentes en estudios de sequía (Vicente-Serrano et al., 2010b), especialmente en los meses de verano. Existen diversos estudios que frente a esta situación proponen incluir la evapotranspiración como un extra al SPI (Hu and Willson 2000, Tsakiris and Vangelis 2005, Vicente-Serrano et al 2010a), de ahí que se haya considerado aplicar ambos índices en este estudio.

Índice de Precipitación Estandarizado SPI

El índice SPI se define como un valor numérico que representa el número de desviaciones estándar de la precipitación caída a lo largo del período de acumulación de que se trate, respecto de la media, una vez que la distribución original de la precipitación ha sido transformada a una distribución normal. De este modo se define una escala de valores que se agrupa en tramos relacionados con el carácter de la precipitación. Tiene como ventaja que permite trabajar a escalas temporales identificando diferentes tipos de sequías y sus respuestas a diferentes sistemas naturales. Se basa en dos asunciones: 1) que la variabilidad de la precipitación es mayor que la de la temperatura y la ETP; 2) y que el resto de variables son estacionarias en el tiempo.

Es uno de los índices más usados en las últimas décadas ya que cuenta con una base sólida, robusta y versátil. Puede calcularse a diferentes escalas, de manera que el SPI a 1 mes representa las condiciones a corto plazo como el estrés hídrico de un cereal, a 3 meses representara el medio y corto plazo y un ejemplo sería la precipitación estacional, a 6 meses representa el medio plazo y como ejemplo sería el déficit potencial de precipitación, a 9 meses supone la caracterización de los patrones de precipitación, valores inferiores a 1.5 en este caso podrían suponer impactos sustanciales en la agricultura y a 12 meses representa los patrones a largo plazo de precipitación con impacto en reservas de agua.

Índice de Evapotranspiración y Precipitación Estandarizado SPEI

El SPEI supone una variante del SPI. Presenta un mayor potencial ya que es sensible al impacto del cambio climático al considerar el balance hídrico como la diferencia entre la precipitación mensual y la evapotranspiración potencial.

4. Resultados

4.1. Análisis de la meteorología y climatología de la zona de estudio

El estudio se ha desarrollado en las cuencas hidrográficas del Júcar y el Segura. Debido a la intrincada orografía de las cuencas hidrográficas del Júcar y el Segura la climatología de la zona es muy variada. Por lo que, para entender el comportamiento climático de la zona de estudio, y poder desarrollar mejor su estudio meteorológico, se ha partido de la clasificación climática de Köppen-Geiger para extraer los climogramas típicos dentro de la zona de estudio (figura 2).

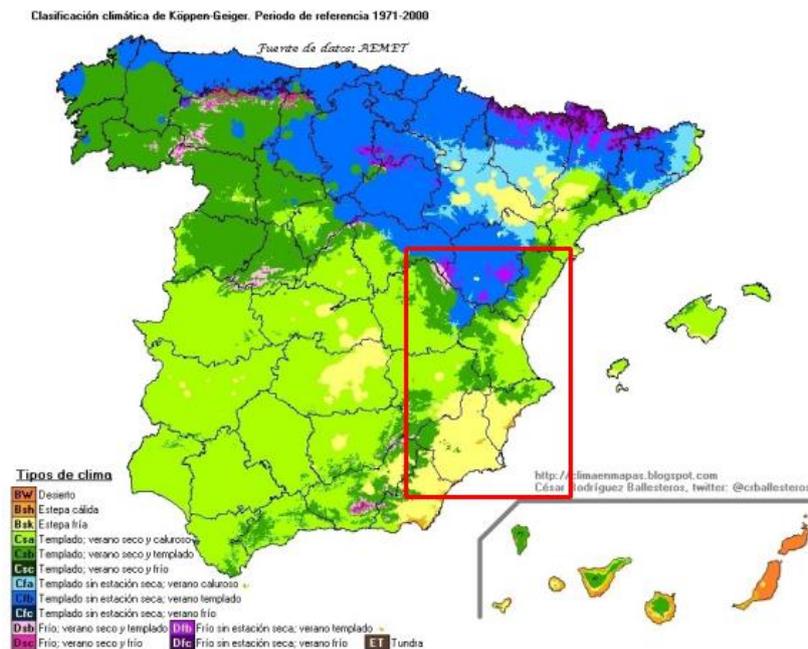


Figura 2. Clasificación climática de Köppen-Geiger para el periodo de referencia 1971-2000. Fuente de datos Aemet, fuente representación: @crballesteros

Así pues, la cuenca hidrográfica del Segura se puede asimilar al clima predominante: bsk, estepa fría, que coincide también bastante bien con la provincia de Murcia y la zona de Almería que pertenece a dicha Cuenca (figura 3).

La Cuenca del Júcar es mucho más variada y compleja para poder extraer un climograma tipo, así que para discriminar diferentes comportamientos climáticos acordes con su orografía se ha asimilado que la zona montañosa del norte de la demarcación hidrográfica del Júcar (Cuenca y Teruel), se corresponde con una zona homogénea de temperaturas más bajas y lluvias más repartidas a lo largo del año, el clima medio que ha resultado según la clasificación de Köppen-Geiger ha sido el Csb, incumpliendo el criterio de precipitación mínima para la estación seca, no el de regularidad de lluvia, para no ser un Cfb (figura 4).

Entre ambas ubicaciones, en la Cuenca del Júcar, tenemos una zona de transición; con unas temperaturas ligeramente más bajas que las del clima de la cuenca del Segura. Pero que a diferencia de esta e incluso del clima de la zona norte destaca por estar muy bien expuesta a los vientos mediterráneos húmedos, con lo que las acumulaciones de precipitación media anual son los mayores de las tres áreas en la provincia de València, que se ha escogido como representativa de este tipo de clima: Csa. (figura 5).

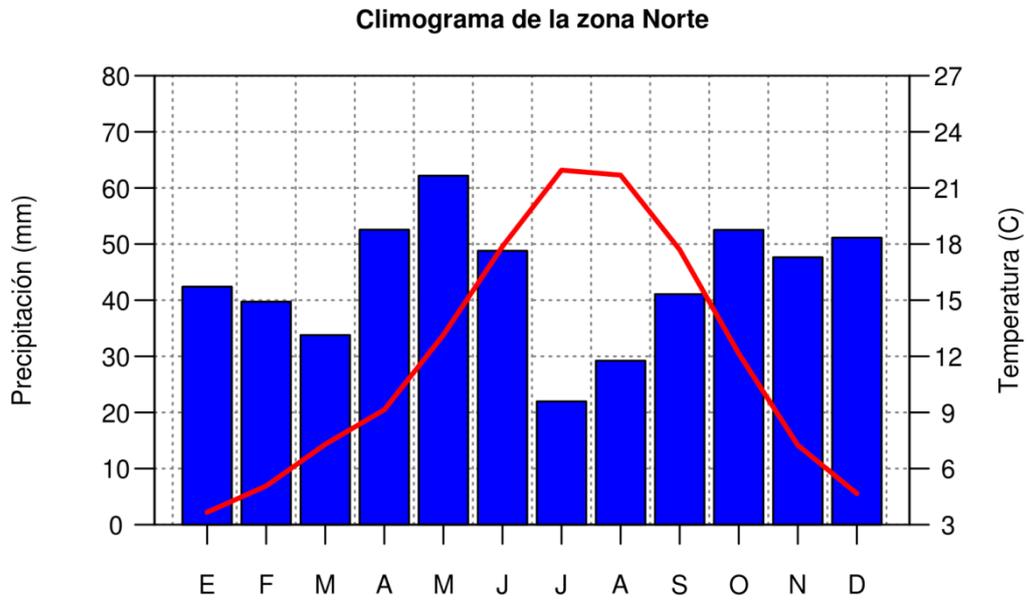


Figura 3. Climograma promedio para el periodo 1971-2000 del área norte de la zona de estudio. Clima (Csb), zona muy influenciada por el sistema Ibérico

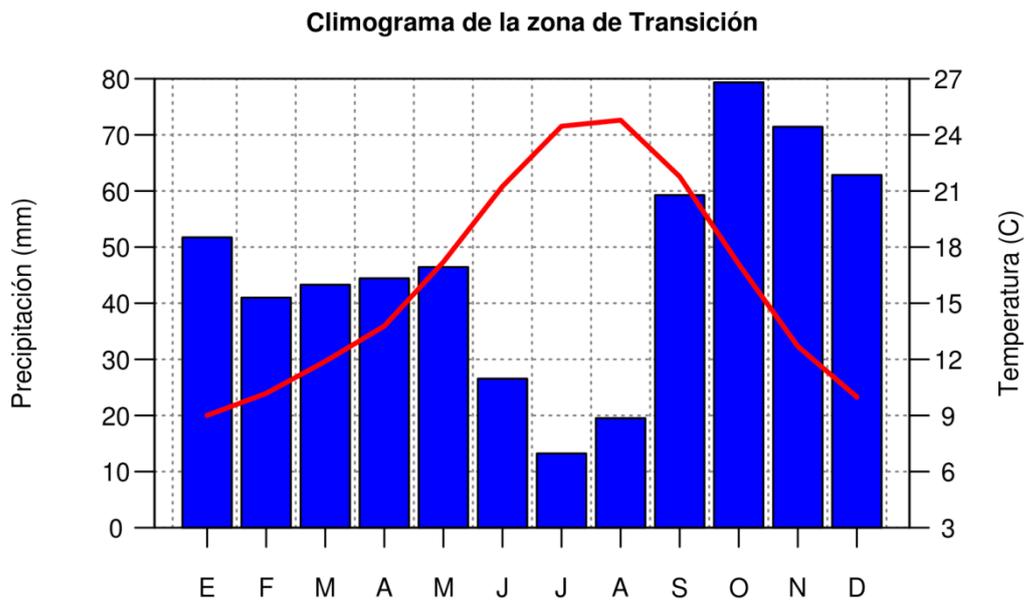


Figura 4. Climograma promedio para el periodo 1971-2000 del área de transición de la zona de estudio. Clima (Csa), zona muy influenciada por su apertura a los vientos mediterráneos

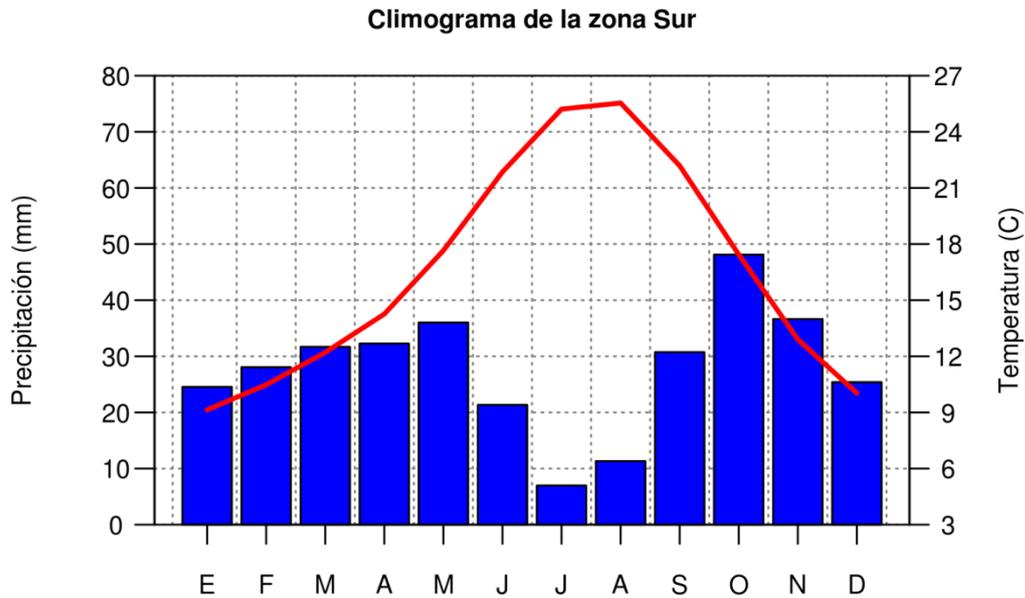


Figura 5. Climograma promedio para el periodo 1971-2000 del área sur de la zona de estudio. Clima (BSh), zona muy influenciada por la orografía al quedar a sotavento de la mayor parte de los vientos húmedos.

Una vez aproximados a los tipos de clima en los que estamos inmersos en cada zona se pueden estudiar las condiciones meteorológicas que favorecen la estratificación estable de la baja atmósfera y la mala ventilación por debajo de la capa límite que se suele dar con la presencia de inversiones térmicas. Existe gran cantidad de literatura sobre este fenómeno, como por ejemplo (Watson et al., 2015) o (Conesa et al., 2014), siendo este último a microescala en la zona del medio Segura.

Todos los datos meteorológicos a emplear (temperaturas máxima y mínima diarias del aire y precipitación diaria) se han obtenido de estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet). Dado que para el cálculo de los bioindicadores es necesario poseer datos tanto de precipitación como de temperatura, sólo se han considerado observatorios meteorológicos que tuvieran datos diarios de ambas variables. Además, y puesto que más adelante necesitaremos regionalizar los datos de los modelos climáticos sobre tales observatorios, necesitaremos imponer un número mínimo de datos observados en cada observatorio (para así caracterizar bien su clima), al menos 4.000 datos diarios en nuestro caso, lo que ha impuesto una nueva condición sobre los observatorios.

Antes de emplear tales datos se hace necesario un trabajo previo de control de calidad de los datos y de la homogeneización de éstos.

- El control de calidad de los datos consiste en desarrollar un conjunto de pruebas sobre tal serie que garantice que los datos son coherentes dentro de la propia serie de estudio. Los dos controles automáticos principales a emplear en un control de calidad son:
 - Coherencia básica. Rechazo directo de valores manifiestamente erróneos, como por ejemplo las precipitaciones negativas.
 - Puntos atípicos u outliers. Valores desacomodadamente atípicos dentro de un conjunto dado de datos, es decir, valores que parecen provenir de fuentes de datos diferentes o haber sido generados de una forma distinta al resto de los datos. En este caso, la dificultad teórica de su detección provendrá de la definición que hagamos de “atípicos”. En la práctica, la detección se refiere generalmente a valores de magnitud absoluta desacomodadamente alta.

- La homogeneización de los datos de una serie temporal hace referencia al control de calidad de los datos en tanto que elementos de una serie temporal, es decir, estudia la posible coherencia de los datos exactamente en el orden en el que son presentados. Nótese que los controles anteriores podrían realizarse sobre las mismas series, pero desordenadas, pero no nos informan sobre la posible variabilidad temporal de los datos, algo que casi siempre viene ligado cuanto menos a ciclos anuales.

Debe hacerse notar que el proceso de homogeneización de una serie puede presentarse también como parte del proceso general del control de la calidad de los datos de una serie; si se presenta aquí como un punto separado es para subrayar la importancia de tal proceso y de sus resultados.

En la figura 6 podemos ver los datos reales de temperatura máxima diaria de un observatorio meteorológico real. Como se puede apreciar mediante mera inspección visual de la representación gráfica de los valores diarios de la temperatura máxima, entre los años 1960 y 1965 se presenta una fuerte irregularidad de los datos. Esa irregularidad ha sido perfectamente detectada por el test de homogeneidad (las líneas rojas verticales), y por lo tanto los datos de tal periodo deben ser rechazados.

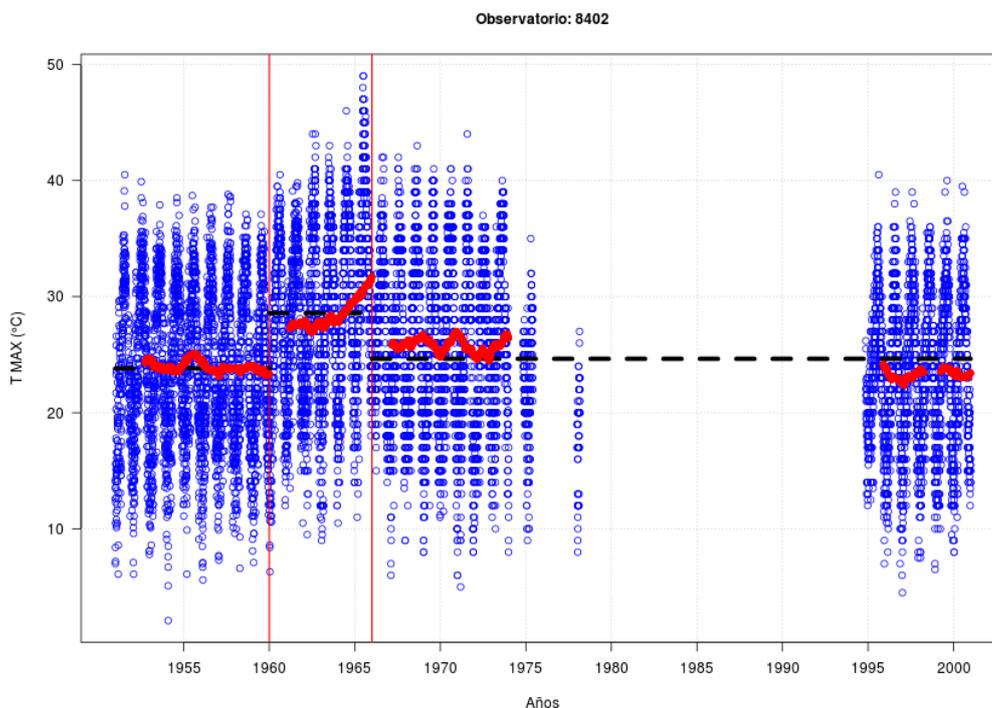


Figura 6. Serie observada diaria de temperatura máxima correspondiente a un observatorio real utilizado como ejemplo.

Para realizar la búsqueda de inhomogeneidades, empleamos un test de comparación de distribuciones de Kolmogorov-Smirnov, un test estadístico no-paramétrico (que no presupone distribuciones de la variable a estudiar, por tanto) que nos proporciona un p-valor que podemos emplear como medida del parecido entre dos años. Si un cierto año ha sido marcado como posible indicador de inhomogeneidad entonces se le somete a una prueba más genérica, averiguando el p-valor de cada uno de los años de toda la serie con respecto a esos dos años. Si se presenta un salto o una ruptura entre todos esos p-valor en los años que estamos considerando entonces sí que se considera que tenemos una inhomogeneidad verdadera para toda la serie.

Tras el proceso de control de calidad y homogeneización de las series meteorológicas proporcionadas por los distintos modelos y considerando que deben disponer de datos tanto de temperatura como de precipitación se han seleccionado para el estudio 265 observatorios (figura 7).

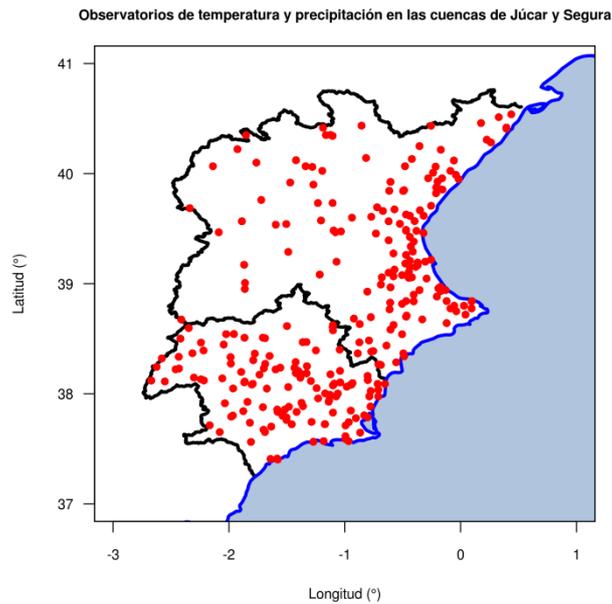


Figura 7. Observatorios con datos diarios suficientes tanto para temperatura como para precipitación seleccionados finalmente para el estudio.

4.2. Evolución histórica de la sequía

La evolución de la sequía en las últimas décadas en la zona de estudio se caracteriza por periodos de alternancia secos y húmedos de diversas magnitudes (figura 8). Los estudios muestran como observatorios ubicados en la misma región sufren episodios de déficit/exceso de precipitación diferentes, aunque si se habla de sequía a largo plazo se pueden apreciar periodos de sequía bien definidos. Estas diferencias entre observatorios remarcan la necesidad de trabajar a escala local.

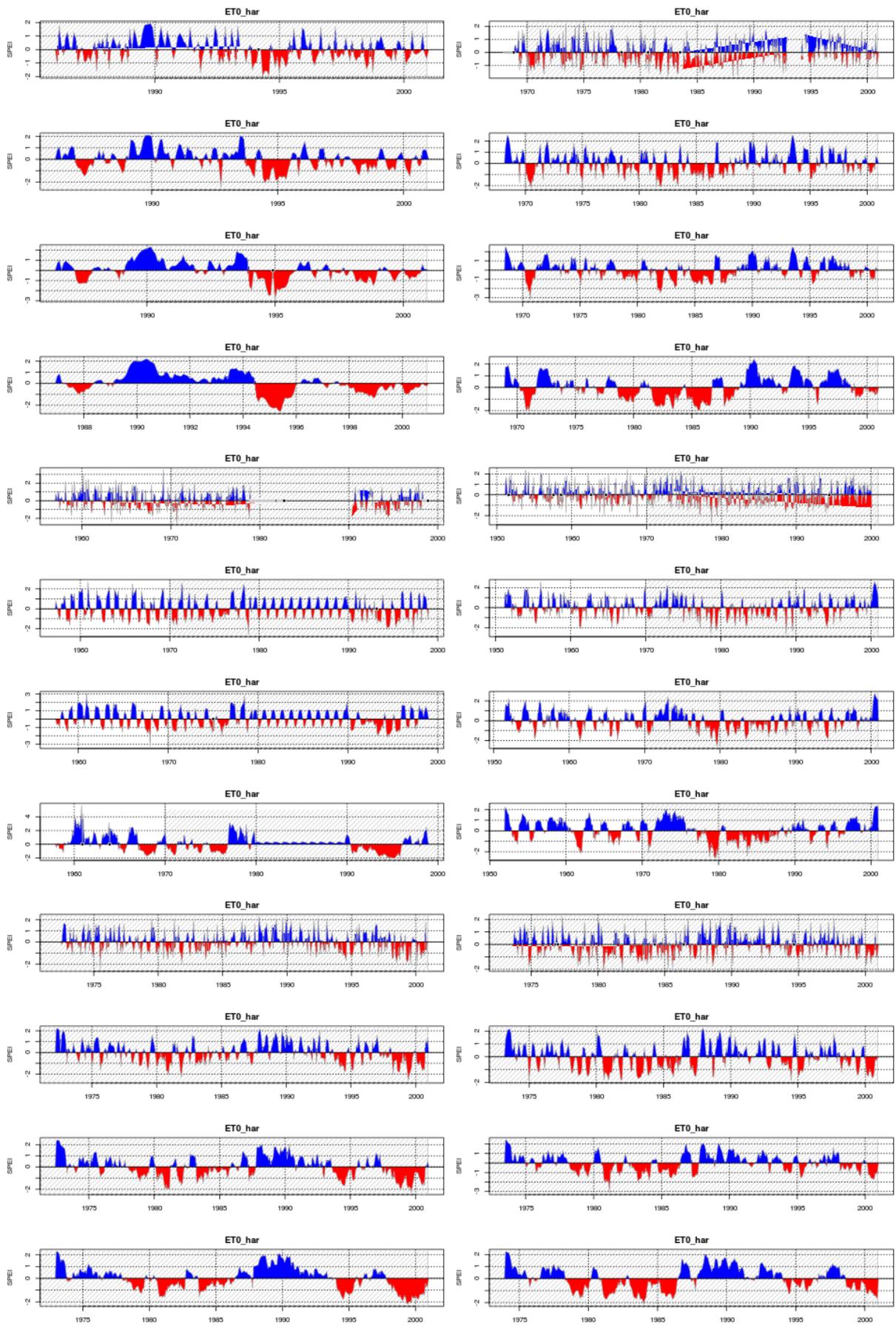


Figura 8. Evolución del SPEI en el periodo 1976-2015 en distintos observatorios ubicados en la zona de estudio.

4.3. Verificación y validación de la metodología FICLIMA

Como se ha comentado en el apartado de metodología, antes de generar los escenarios de clima futuro han de llevarse a cabo los procesos de verificación y validación que nos permiten corregir el error sistemático a las series “puras” para obtener los escenarios futuros finales.

Los modelos climáticos que se han utilizado en el estudio y sus características se resumen en la tabla 2.

Climatic Model	Spatial /temporal Resolution	Research Center	References
GFDL-ESM2M	2°x2,5° daily	<u>National Oceanic and Atmospheric Administration</u> (NOAA), E.E.U.U.	Dunne et al. (2012)
CanESM2	2,8°x2,8° daily	Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis (CC-CMA), Canadá.	Chylek et al. (2011)
CNRM-CM5	1,4°x1,4° daily	CNRM (Centre National de Recherches Meteorologiques), Meteo-France, Francia.	Voldoire et al. (2013)
BCC-CSM1-1	1,4°x1,4° daily	Beijing Climate Center (BCC), China Meteorological Administration, China.	Xiao-Ge et al. (2013)
HADGEM2-CC	1,87°x1,25° daily	Met Office Hadley Center, United Kingdom.	Collins et al. (2008)
MIROC-ESM-CHEM	2,8°x2,8° daily	Japan Agency for marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI), and National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan.	Watanabe et al. (2011)
MPI-ESM-MR	1,8°x1,8° daily	Max-Planck Institute for Meteorology (MPI-M), Germany.	Raddatz et al. (2007); Marsland et al. (2003)
MRI-CGCM3	1,2°x1,2° daily	Meteorological Research Institute (MRI), Japan.	Yukimoto et al. (2011)
NorESM1-M	2,5°x1,9° daily	Norwegian Climate Centre (NCC), Norway.	Bentsen et al. (2012); Iversen et al. (2012)

Tabla 2. Relación de modelos climáticos usados en el estudio.

Verificación de la metodología

La verificación es un proceso en el cual se analiza la capacidad de la metodología aplicada para simular el clima pasado; en este caso se comparan las series de observaciones simuladas mediante la regionalización del reanálisis ERA40 (tanto de precipitación como de temperatura) con las observaciones reales del periodo común (1958-2000) de la zona de estudio.

En cuanto a la variable de Temperatura, los resultados de la verificación son bueno, con unos valores de MAE notablemente por debajo de aquellos que se obtendrían mediante el mero uso de la climatología como predictor, cometiendo un error medio inferior a 2 o C en la predicción diaria. El Bias se comporta de la manera esperada, con un valor aproximado de 0 (Figura 11).

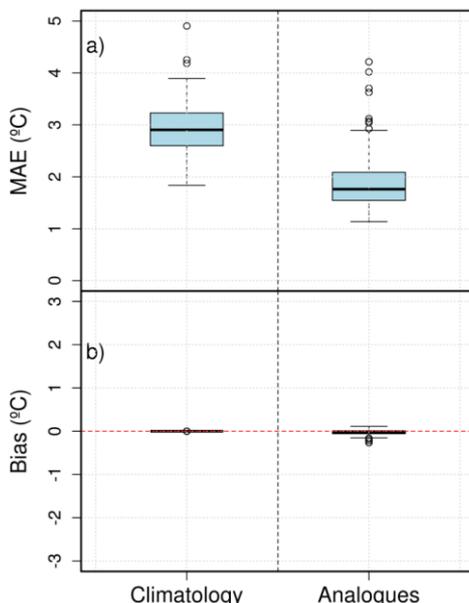


Figura 9. Resultados del proceso de verificación de la Temperatura donde se han comparado los resultados de regionalizar el ERA40 frente a datos observados para las estaciones de las cuencas hidrográficas del Segura y del Júcar (derecha). Con el fin dar calidad a los resultados, se representa a la izquierda los resultados de tomar de referencia la climatología de cada estación. Los estadísticos empleados son el MAE (a) y el Bias (b).

Respecto a la Precipitación, los resultados de los estadísticos son muy satisfactorios. El valor del MAE se encuentra bajo el de la climatología, con un error medio de menos de 2mm. El Bias se sitúa en torno a 0, mientras que en el test KS la mediana de las estaciones se haya por encima del valor umbral de la significancia, lo que mostraría que la distribución de datos obtenida del downscaling presenta un comportamiento igual a la serie observada original (Figura 10).

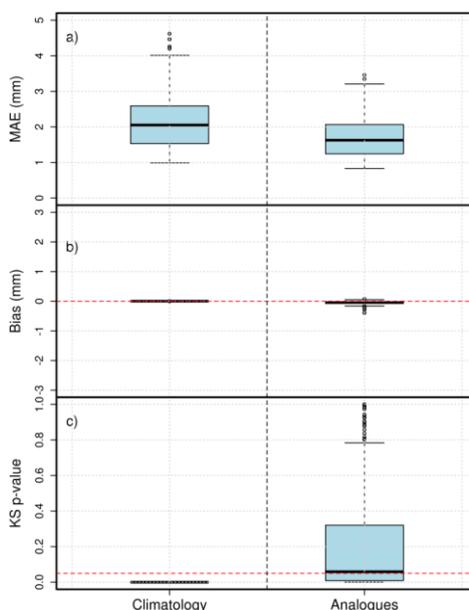


Figura 10. Resultados del proceso de verificación de la Precipitación donde se han comparado los resultados de regionalizar el ERA40 frente a datos observados para las estaciones de las cuencas hidrográficas del Segura y del Júcar (derecha). Con el fin dar calidad a los resultados, se representa a la izquierda los resultados de tomar de referencia la climatología de cada estación. Los estadísticos empleados son el MAE (a), el Bias (b) y el test Kolmogorov-Smirnov (c).

Validación de la metodología

Mediante la validación, se estudia el error introducido por el Modelo de Circulación General (MCG) utilizado. Para ello se comparan las series obtenidas al regionalizar las salidas de control del modelo con las series obtenidas mediante la aplicación de la metodología FICLIMA verificada con anterioridad sobre las proyecciones de los MCG para un periodo común (1958-2000). Los modelos climáticos utilizados en el estudio se resumen en la tabla 2.

Los resultados obtenidos de la validación de la variable Temperatura son buenos. El estadístico Bias muestra una tendencia general de los modelos a sobreestimar el valor de la temperatura alrededor de 0,5 o C, siendo en CNRM-CM5 el modelo con el menor sesgo. La relación de SD es buena para prácticamente todos los modelos, con una SD semejante a la observada, con la excepción del GFDL-ESM2M, cuyo cociente es elevado. El test KS es ampliamente aprobado por todos los modelos (Figura 11).

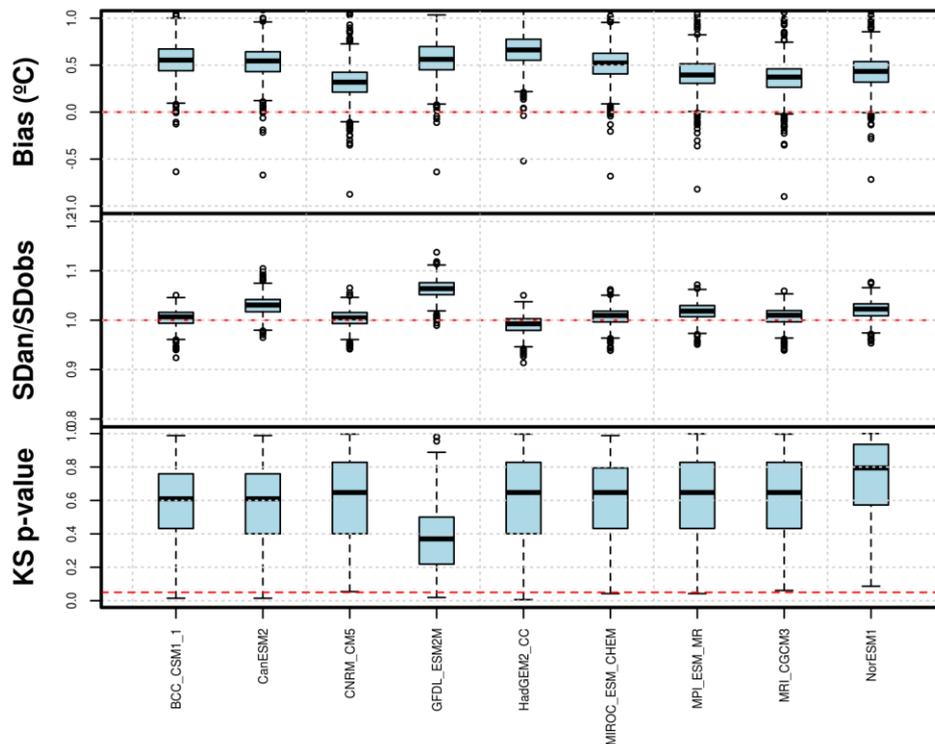


Figura 11. Resultados del proceso de validación de la Temperatura para los MCG regionalizados a las estaciones de las cuencas hidrográficas del Segura y del Júcar. Los estadísticos empleados son el Bias (superior), el cociente entre sendas SD (medio) y el test Kolmogorov-Smirnov (inferior).

Respecto a la Precipitación los resultados son igualmente muy buenos. Se observa que, en este caso, los modelos tienden a subestimar ligeramente el total de precipitación, entre 0 y -0.15mm/día en el peor de los casos. La relación de SD es buena con la salvedad del modelo MIROC-ESM-CHEM, cuyo valor es algo bajo comparado al resto. En cuanto al test KS entre la salida de control de los MCG y la obtenida mediante el método FICLIMA, todos los modelos lo superan con creces, lo que muestra la buena similitud entre ambas distribuciones (Figura 12).

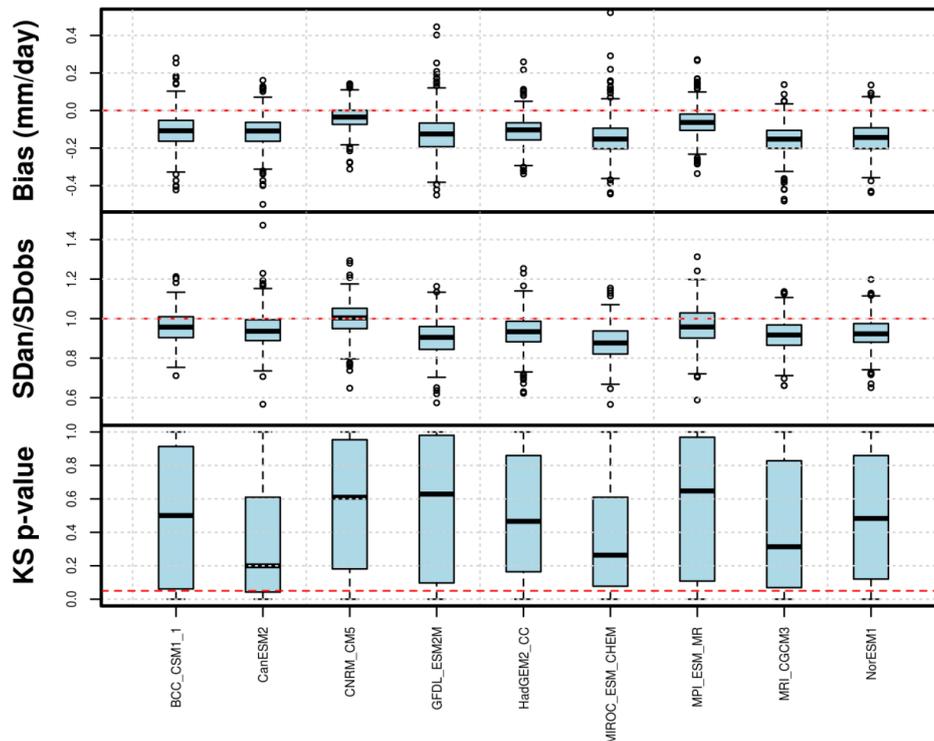


Figura 12. Resultados del proceso de validación de la Precipitación para los MCG regionalizados a las estaciones de las cuencas hidrográficas del Segura y del Júcar. Los estadísticos empleados son el Bias (superior), el cociente entre sendas SD (medio) y el test Kolmogorov-Smirnov (inferior).

4.4. Escenarios de clima futuro de variables meteorológicas

En esta sección se resumen los resultados de los escenarios de clima futuro para las variables meteorológicas principales, es decir temperatura y precipitación, en el ámbito de las cuencas hidrográficas del Júcar y el Segura. Los escenarios de clima futuro simulados muestran un ascenso progresivo de las temperaturas máximas y mínimas a lo largo de todo el siglo XXI, siendo los ascensos esperados más marcados en el caso de la temperatura máxima y en los meses estivales. Respecto al régimen pluviométrico, las variaciones con respecto a las características actuales se espera que se vean alteradas muy levemente.

4.4.1. Escenarios de clima futuro de precipitación

Respecto a la precipitación se esperan leves descensos de las mismas a lo largo de todo el siglo XXI de alrededor de 0.2mm/ día lo que equivaldría a un 10% de descenso en las precipitaciones respecto al periodo histórico (1976-2005) para los meses de invierno y otoño. Para los meses de primavera y verano los cambios esperados en las precipitaciones son mínimos (Figuras 13 y 14). Como se aprecia en los mapas de las figuras 15 y 16, donde se representa de forma espacial los valores de la precipitación esperados para cada una de las estaciones del año según el RCP4.5 y el RCP8.5, respectivamente, las mayores cantidades se espera que se registran durante los meses de otoño en la vertiente mediterránea.

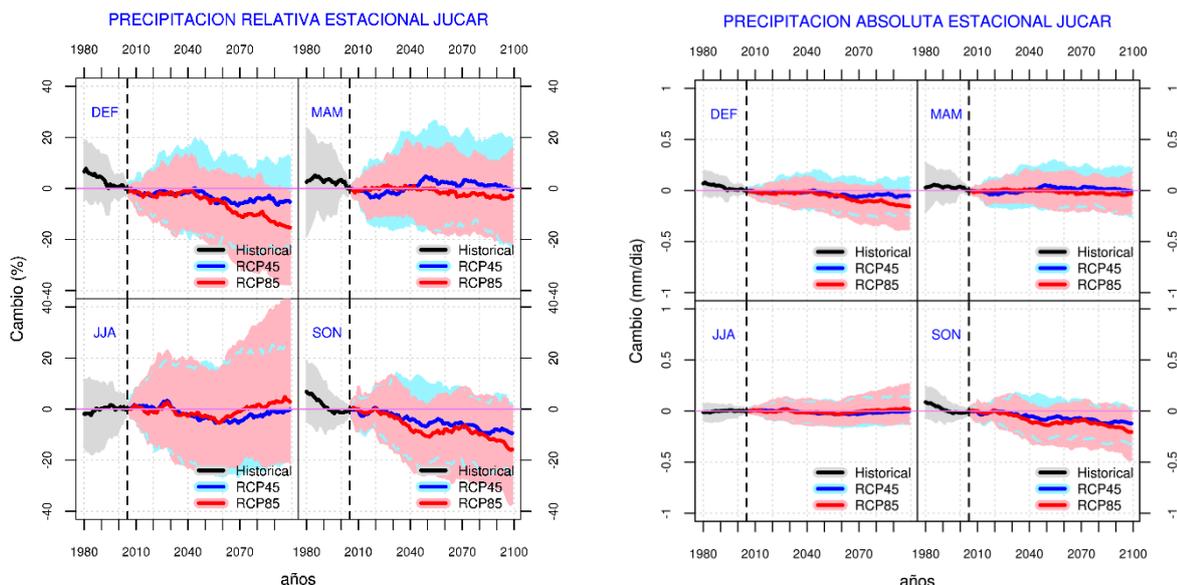


Figura 13. Incrementos estacionales relativos (izquierda) y absolutos (derecha) esperados de precipitación para el siglo XXI, representados como medias móviles de 30 años, según los RCPs representados (4.5, y 8.5) con respecto al promedio del periodo 1976 – 2005 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Historical y el comienzo de los RCPs. Simulaciones de todos los modelos sobre todos los observatorios. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90

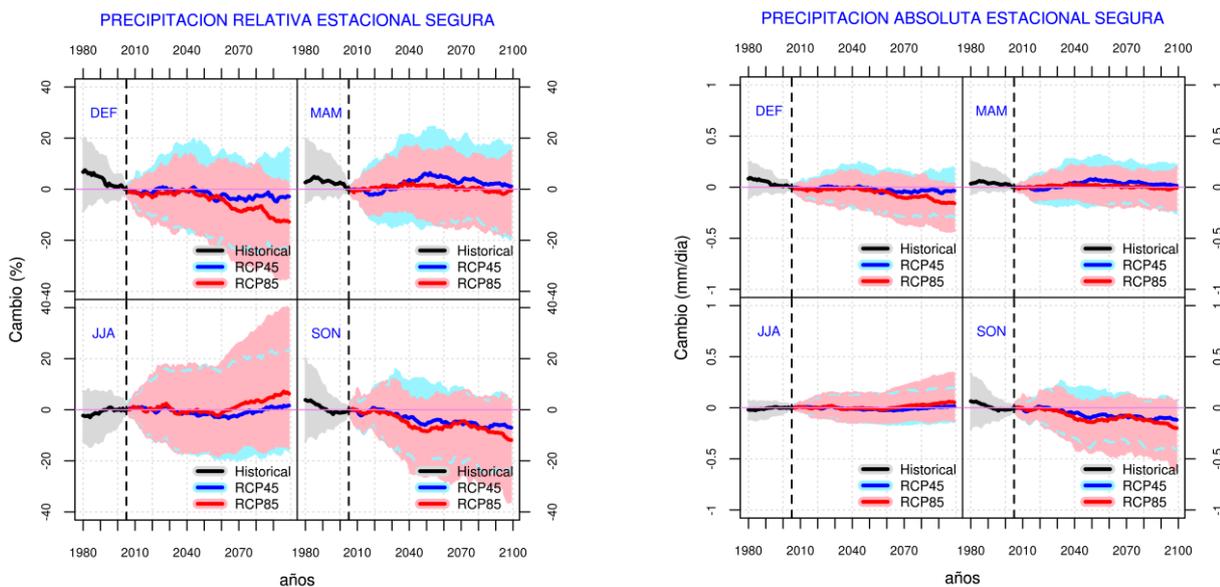


Figura 14. Incrementos estacionales relativos (izquierda) y absolutos (derecha) esperados de precipitación para el siglo XXI, representados como medias móviles de 30 años, según los RCPs representados (4.5, y 8.5) con respecto al promedio del periodo 1976 – 2005 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Historical y el comienzo de los RCPs. Simulaciones de todos los modelos sobre todos los observatorios. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90

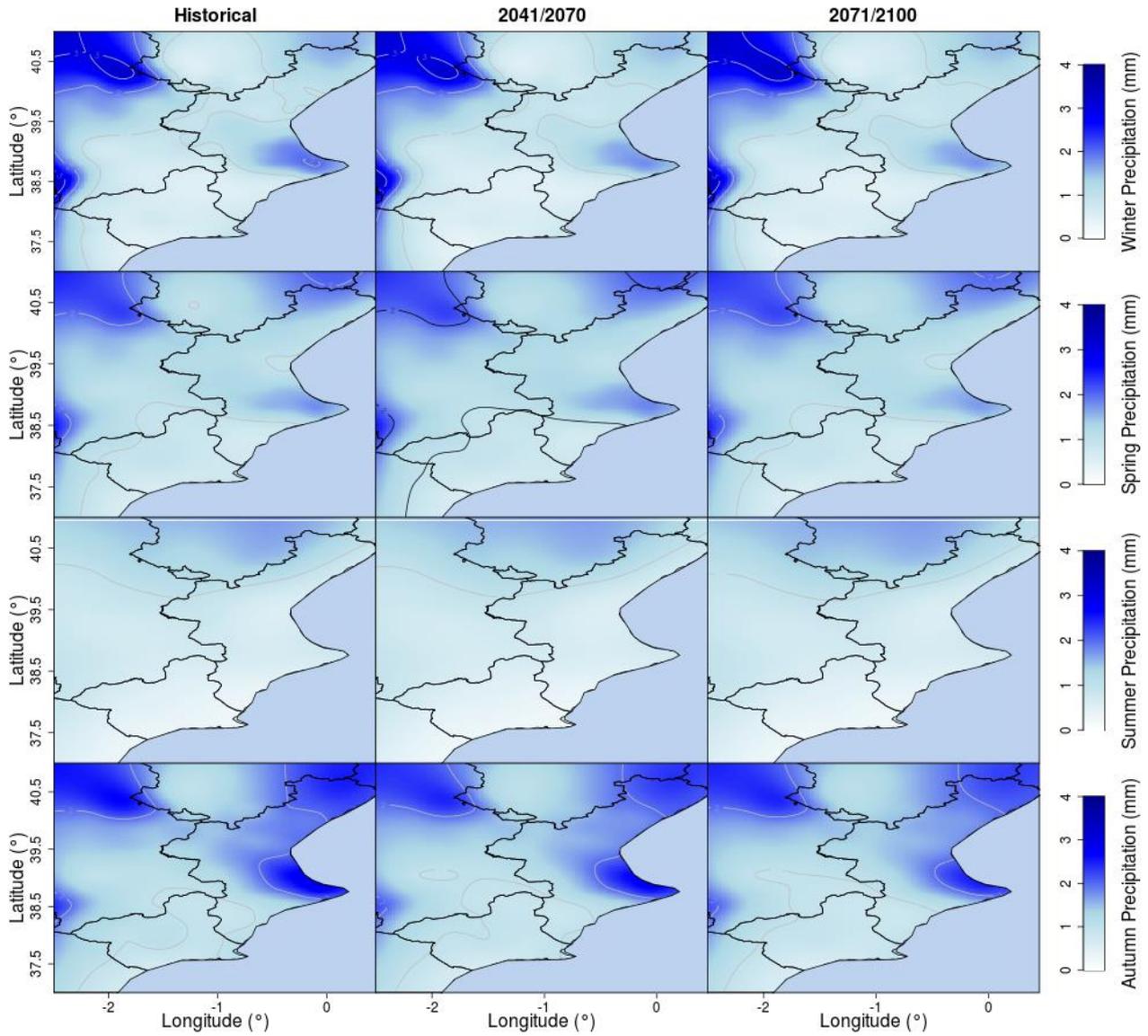


Figura 15. Representación espacial de la evolución esperada de la Precipitación absoluta en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP4.5. Las filas muestran las cuatro estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio

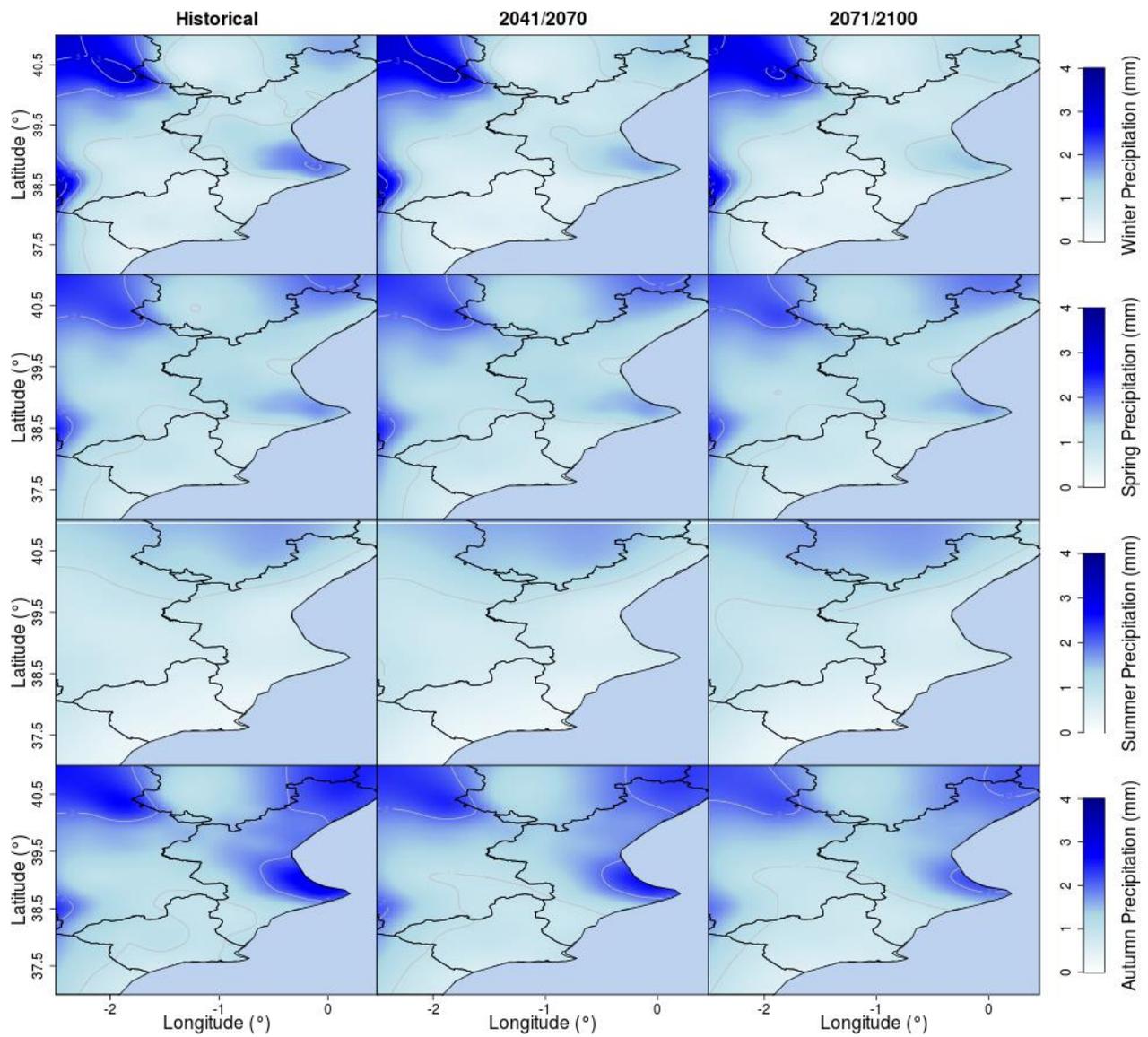


Figura 16. Representación espacial de la evolución esperada de la Precipitación absoluta en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP8.5. Las filas muestran las cuatro estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio

4.4.2. Escenarios de clima futuro de temperatura máxima

Para el caso de las temperaturas máximas (figura 17) los mayores incrementos esperados se obtienen para los meses de verano (entre 3 y 7°C según el RCP4.5 y el RCP8.5, respectivamente), seguido del otoño (entre 2.9 y 6.5 °C según RCP4.5 y RCP8.5) y con los aumentos menos acusados para los meses de invierno y primavera (entre 2 y 4°C según el RCP4.5 y el RCP8.5, respectivamente). La zona de Murcia se espera que sea la más afectada por el incremento de temperatura máxima esperados, especialmente en verano y a finales de siglo (figuras 18 y 19).

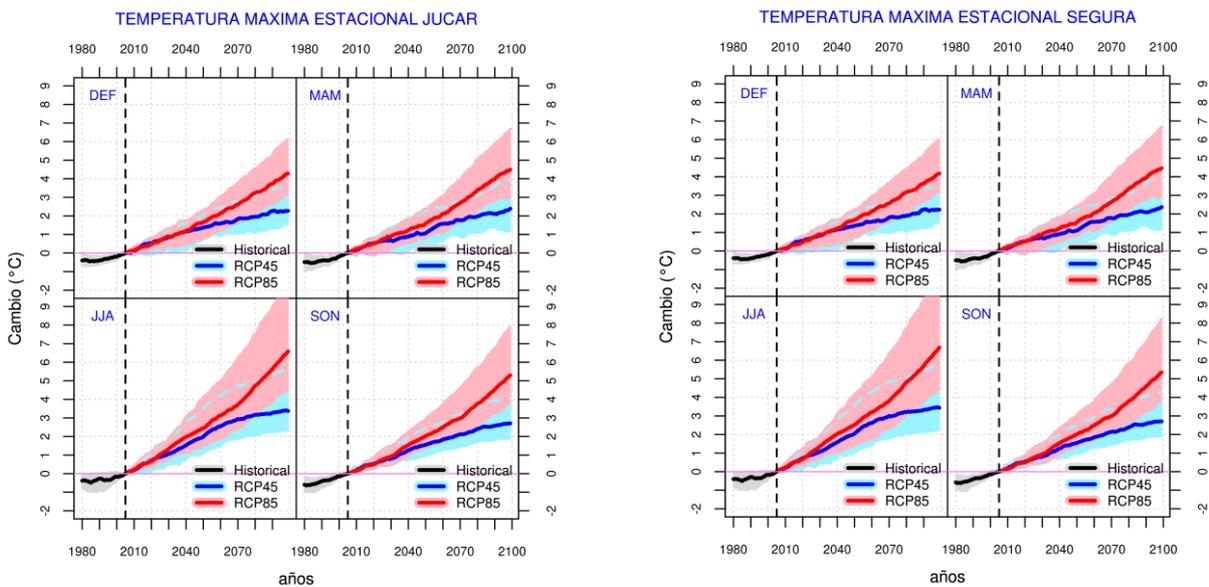


Figura 17. Incrementos estacionales relativos esperados de la Temperatura Máxima para el siglo XXI para la zona del Júcar (izquierda) y del Segura (derecha), representados como medias móviles de 30 años, según los RCPs representados (4.5, y 8.5) con respecto al promedio del periodo 1976 – 2005 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Historical y el comienzo de los RCPs. Simulaciones de todos los modelos sobre todos los observatorios. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90

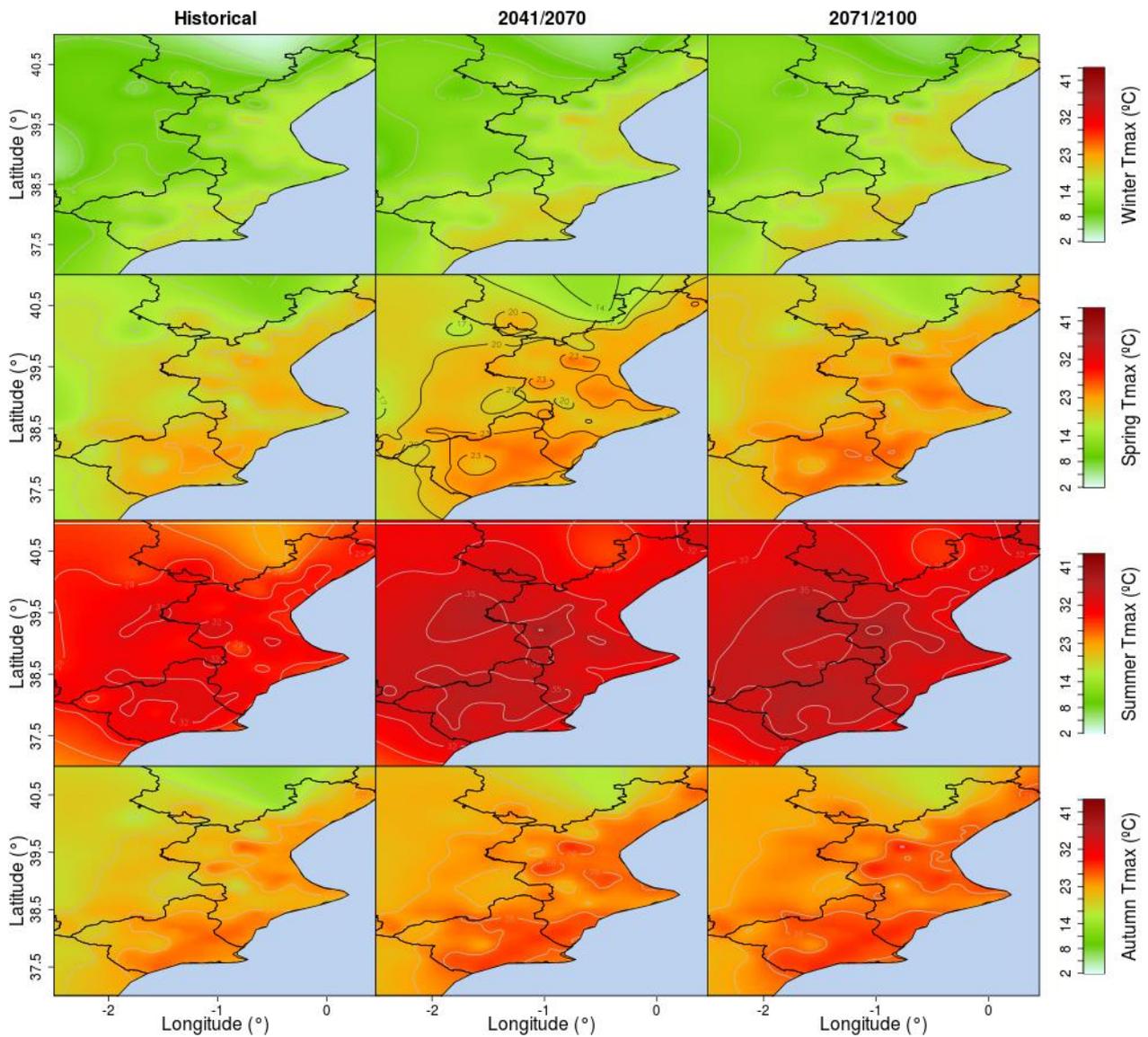


Figura 18. Representación espacial de la evolución esperada de la Temperatura Máxima en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP4.5. Las filas muestran las cuatro estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio

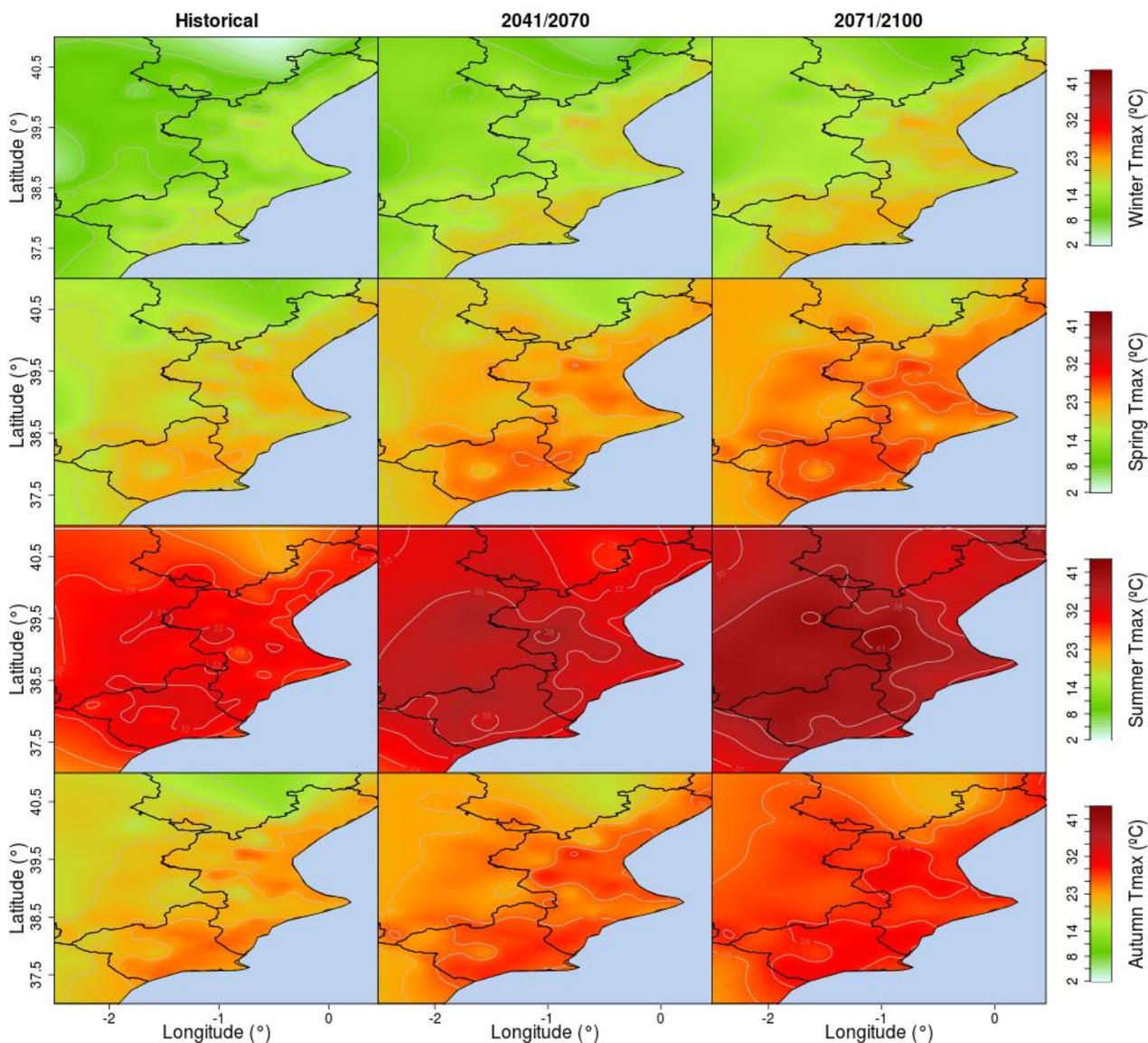


Figura 19. Representación espacial de la evolución esperada de la Temperatura Máxima en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP8.5. Las filas muestran las cuatro estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio

4.4.3. Escenarios de clima futuro de temperatura mínima

Los incrementos de temperatura mínima (figura 20) esperados varían en función de la estación del año. Los incrementos menos acusados se esperan en los meses de invierno y primavera entre 2 y 4 ° C según RCP4.5 y RCP8.5), en otoño se esperan levemente más acusados (entre 2 y 5 ° C según RCP4.5 y RCP8.5) y en verano se esperan que se den los incrementos más altos (entre 3 y 6 ° C según RCP4.5 y RCP8.5). Nuevamente la vertiente mediterránea será la que sufra los impactos más importantes de los cambios de temperatura mínima esperados (figuras 21 y 22).

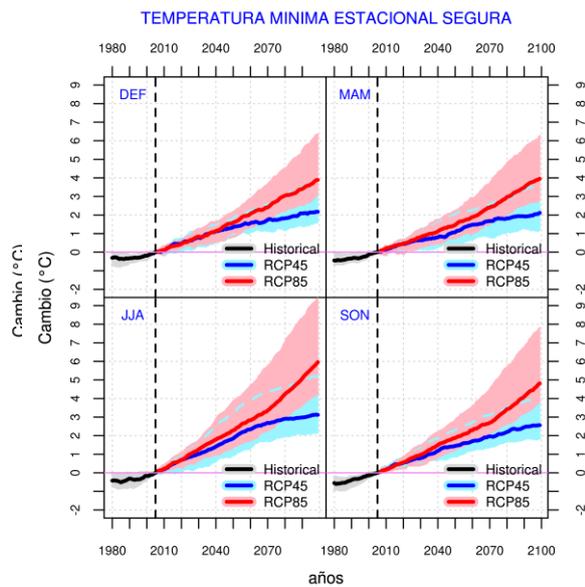


Figura 19. Incrementos estacionales relativos esperados de la Temperatura Mínima para el siglo XXI para la zona del Júcar (izquierda) y del Segura (derecha), representados como medias móviles de 30 años, según los RCPs representados (4.5, y 8.5) con respecto al promedio del periodo 1976 – 2005 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Historical y el comienzo de los RCPs. Simulaciones de todos los modelos sobre todos los observatorios. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90

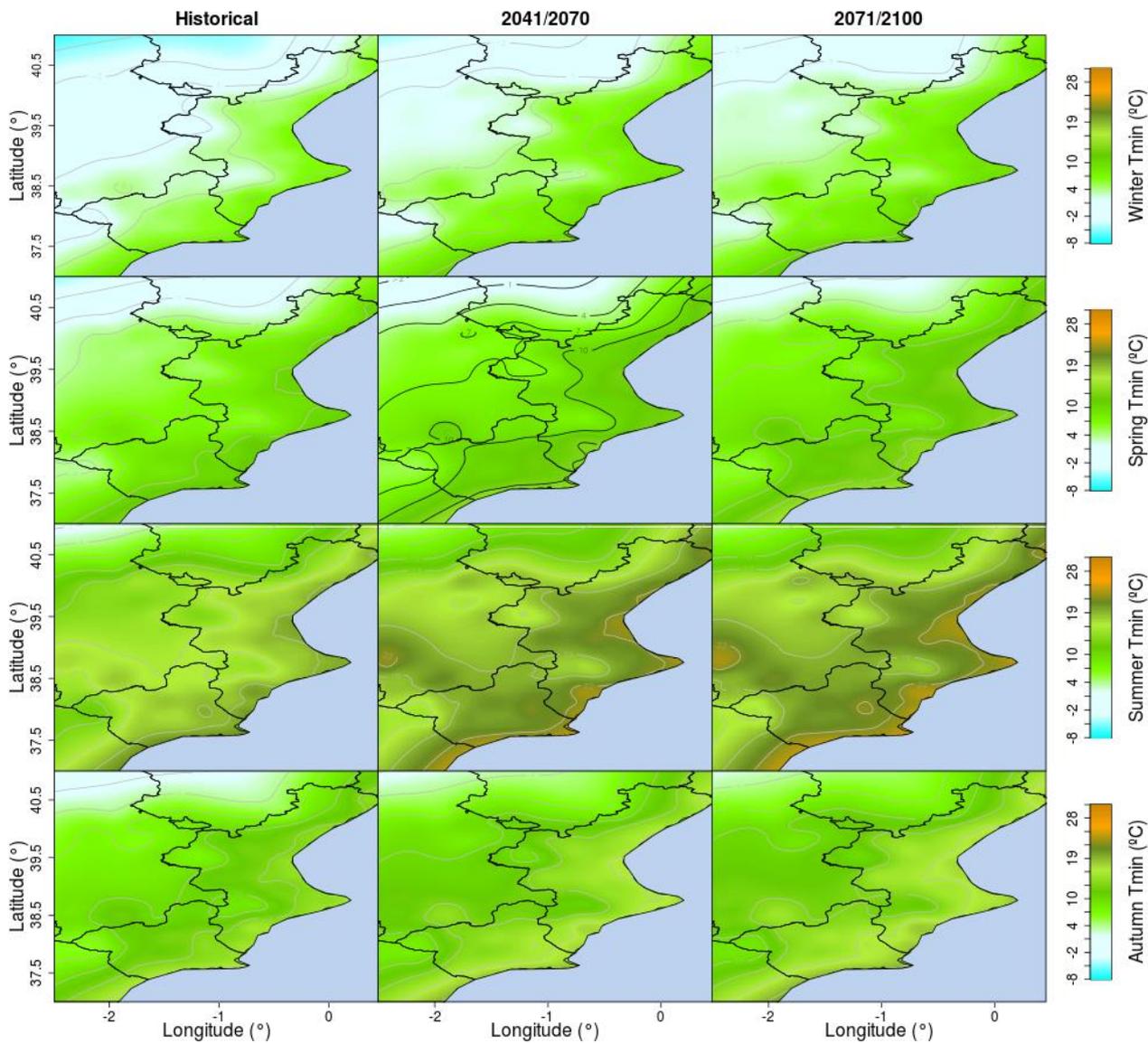


Figura 20. Representación espacial de la evolución esperada de la Temperatura Mínima en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP4.5. Las filas muestran las cuatro estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio.

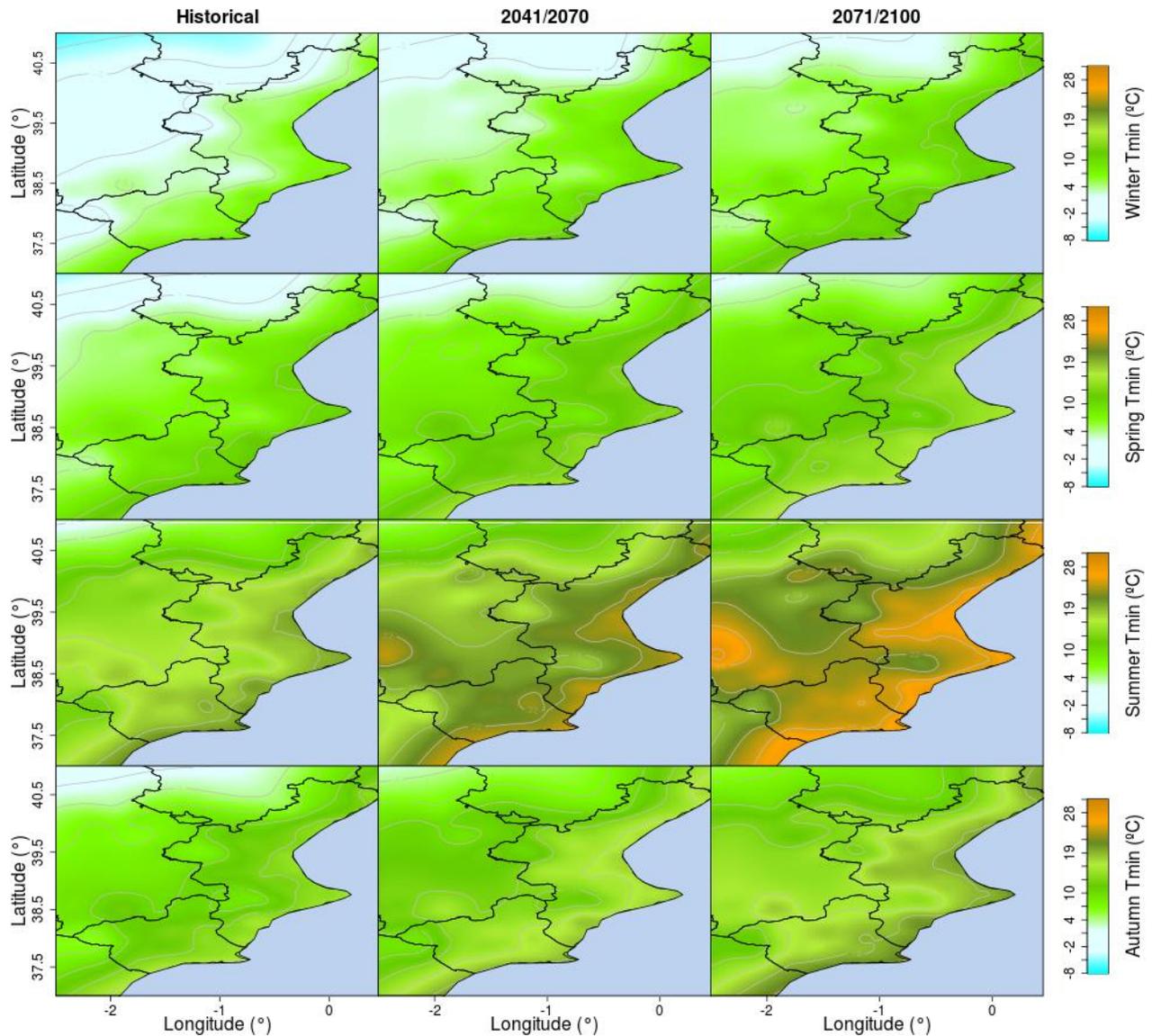


Figura 21. Representación espacial de la evolución esperada de la Temperatura Mínima en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP8.5. Las filas muestran las cuatro estaciones del año (invierno, primavera, verano y otoño) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio.

4.5. Escenarios de clima futuro de índices de sequía

A partir de los escenarios de precipitación y temperatura se han simulados los valores del SPI y del SPEI para las dos cuencas hidrográficas. Como se aprecia en las figuras 22 y 23, donde se representa la evolución de ambos índices para el siglo XXI bajo las condiciones del RCP4.5 y RCP8.5 para la cuenca hidrográfica del Júcar y del Segura, respectivamente. Los resultados obtenidos varían sustancialmente si se tiene en consideración la evapotranspiración y por ende la temperatura. Según los resultados obtenidos para el SPI, la zona de estudio apenas presentaría variaciones en su balance hídrico a lo largo del siglo XXI, mientras que los resultados obtenidos para el SPEI muestran una clara tendencia a situaciones de estrés hídrico. Estos resultados están en concordancia con aquellos obtenidos por los escenarios de precipitación y temperatura, y ponen de manifiesto la necesidad de incluir la temperatura en estudios hídricos cuando se esté trabajando bajo condiciones de calentamiento global.

En las figuras 24 y 25 se muestra la distribución geográfica esperada para el SPEI bajo las condiciones del escenario RCP4.5 y RCP8.5, respectivamente. Se aprecia cómo la región de Murcia será la que sufra los episodios de estrés hídrico más acusados. Las figuras 26 y 27 muestran lo mismo que las anteriores, pero para los resultados obtenidos para el SPI.

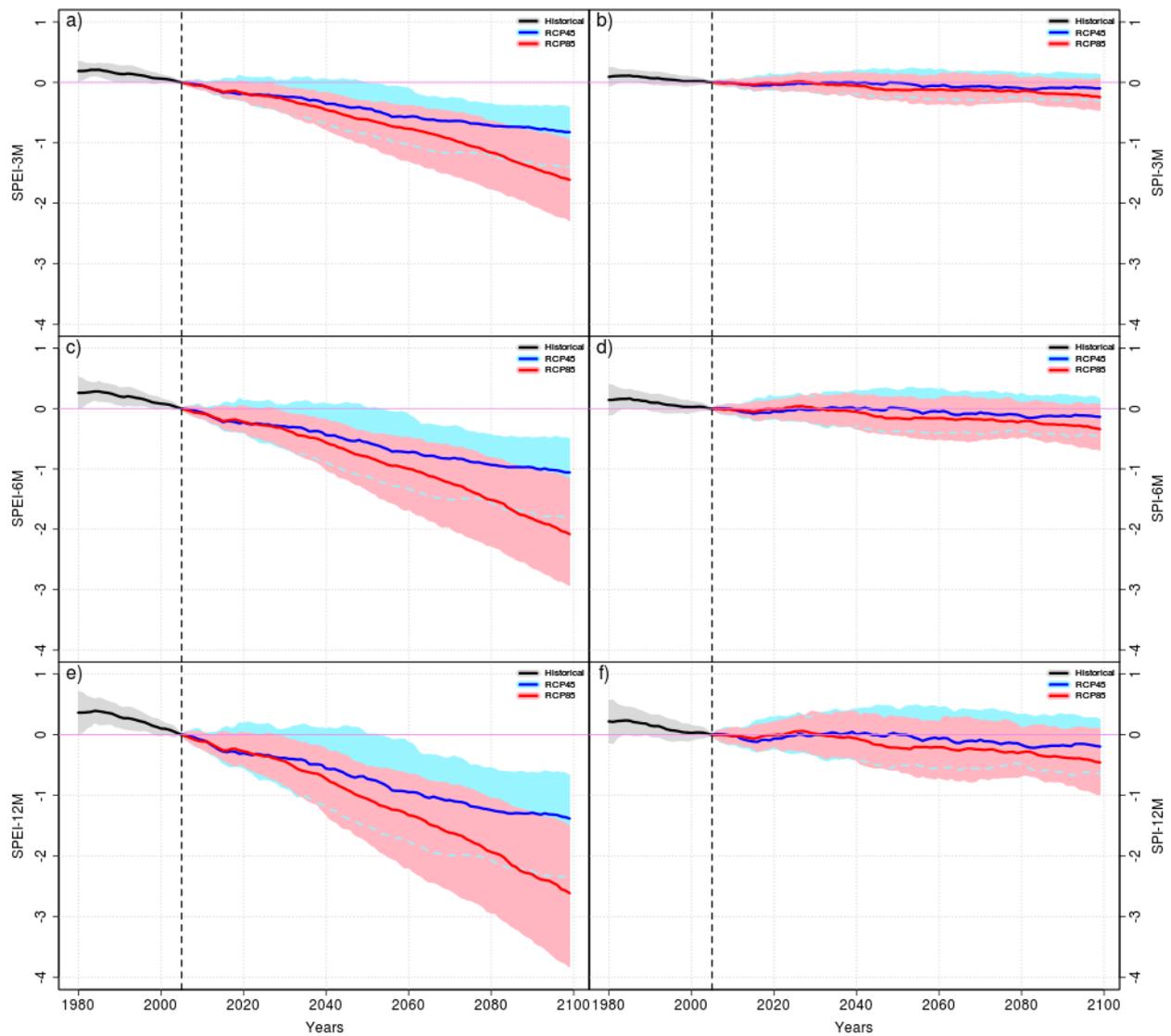


Figura 22. Incrementos esperados del SPEI (izquierda) y del SPI (derecha) para el siglo XXI para periodos de sequía acumulados de 3, 6 y 12 meses, representados como medias móviles de 30 años, según los RCPs representados (4.5, y 8.5) con respecto al promedio del periodo 1971 – 2000 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Histórico y el comienzo de los RCPs. Simulaciones de todos los modelos sobre todos los observatorios pertenecientes a la cuenca hidrográfica del Júcar. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90.

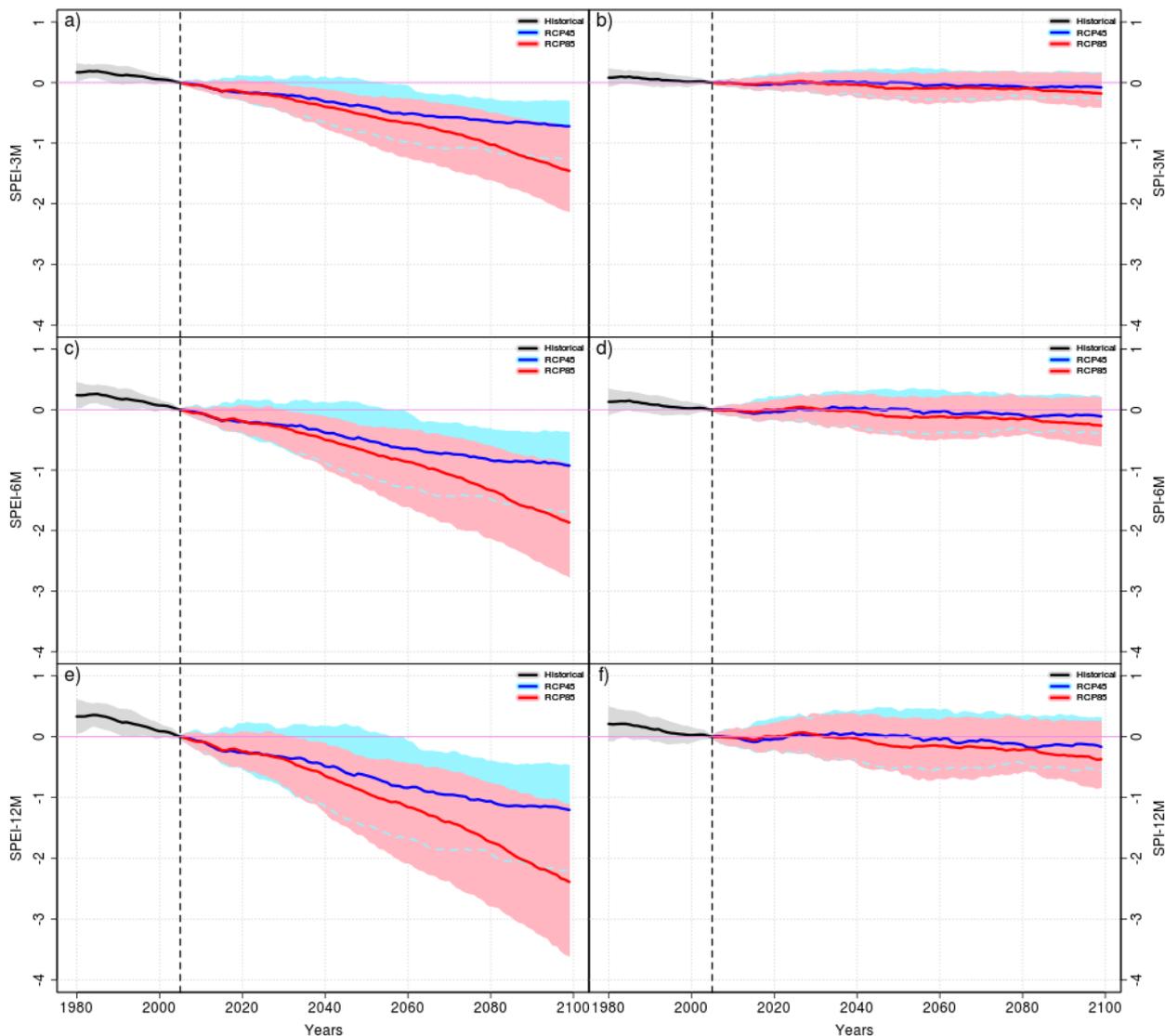


Figura 23. Incrementos esperados del SPEI (izquierda) y del SPI (derecha) para el siglo XXI para periodos de sequía acumulados de 3, 6 y 12 meses, representados como medias móviles de 30 años, según los RCPs representados (4.5, y 8.5) con respecto al promedio del periodo 1971 – 2000 (tomado como referencia). La línea discontinua marca el fin del experimento Histórico y el comienzo de los RCPs. Simulaciones de todos los modelos sobre todos los observatorios pertenecientes a la cuenca hidrográfica del Segura. Las líneas muestran la mediana de todos los valores; las sombras cubren desde el percentil 10 hasta el 90.

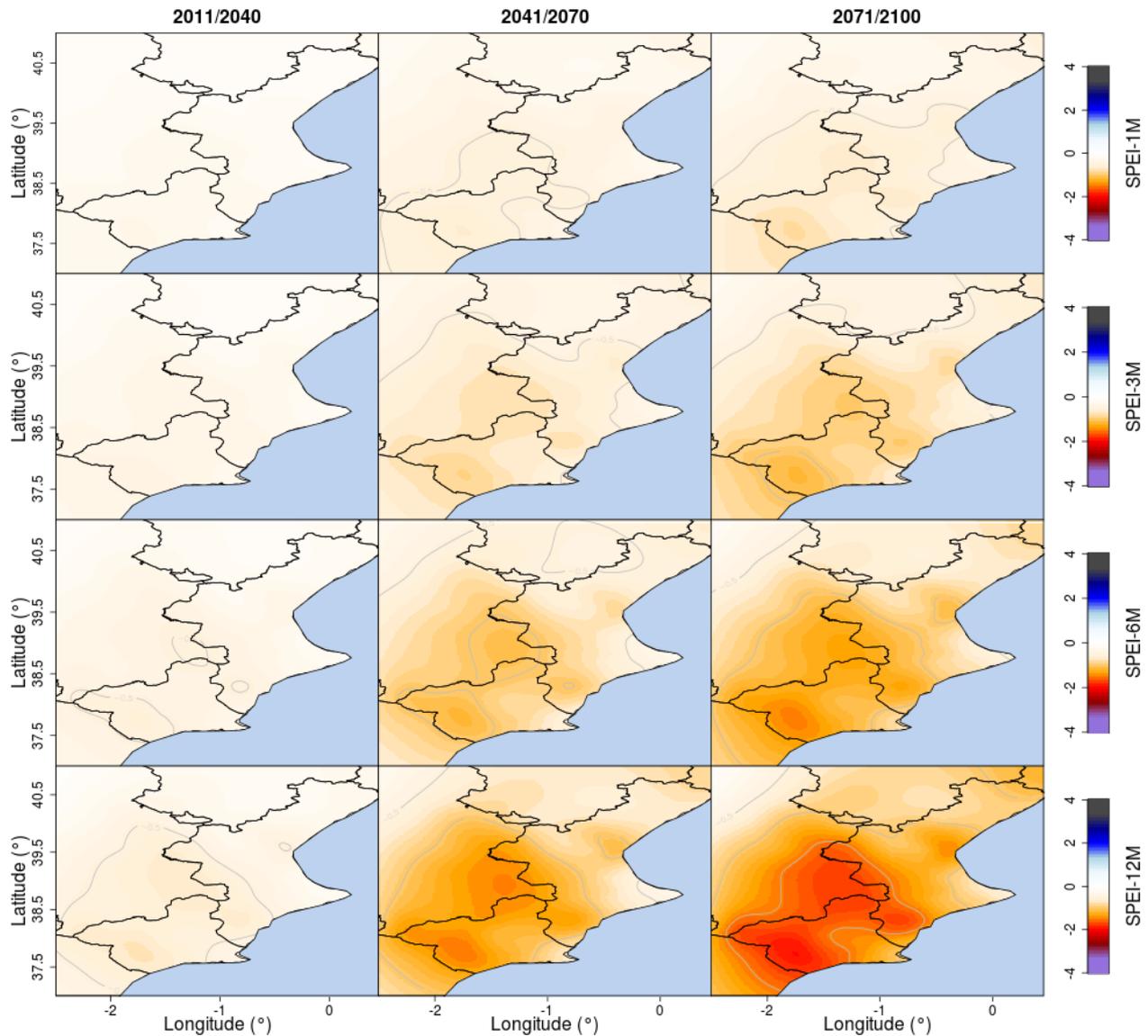


Figura 24. Representación espacial de la evolución esperada del SPEI en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP4.5. Las filas muestran los cuatro periodos acumulados de sequías considerados (1 mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio.

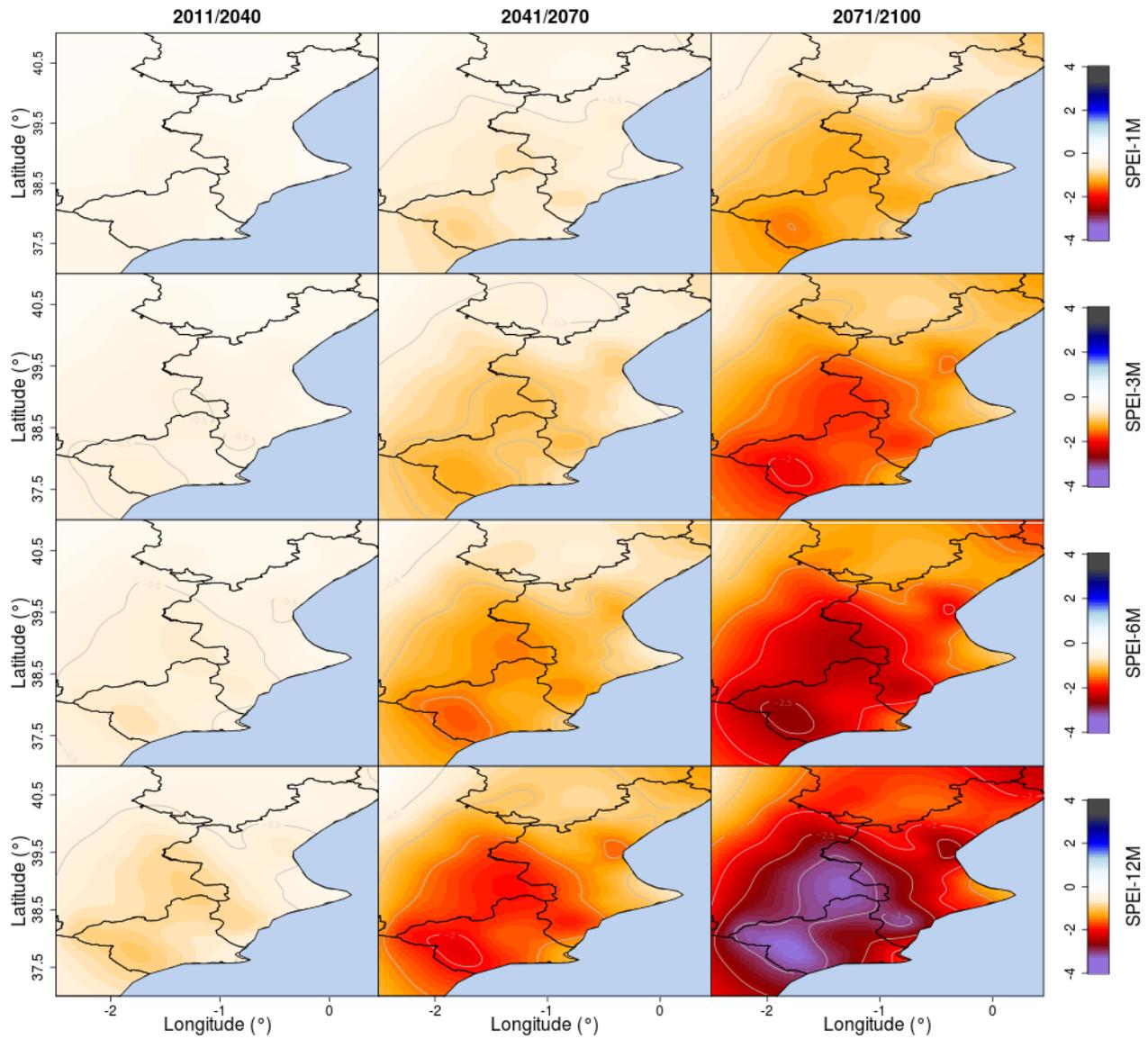


Figura 25. Representación espacial de la evolución esperada del SPEI en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP8.5. Las filas muestran los cuatro periodos acumulados de sequías considerados (1 mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio.

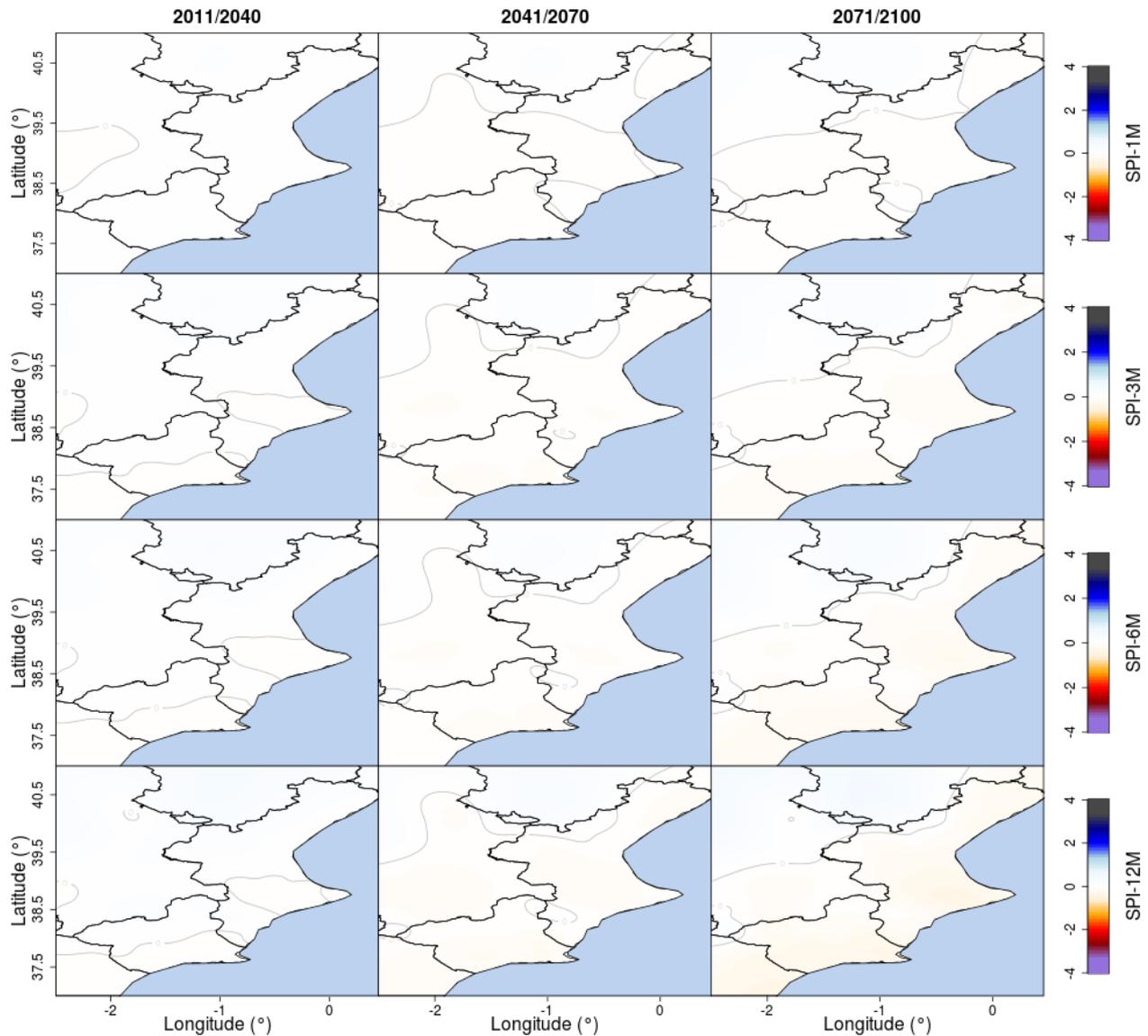


Figura 26. Representación espacial de la evolución esperada del SPI en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP4.5. Las filas muestran los cuatro periodos acumulados de sequías considerados (1 mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio.

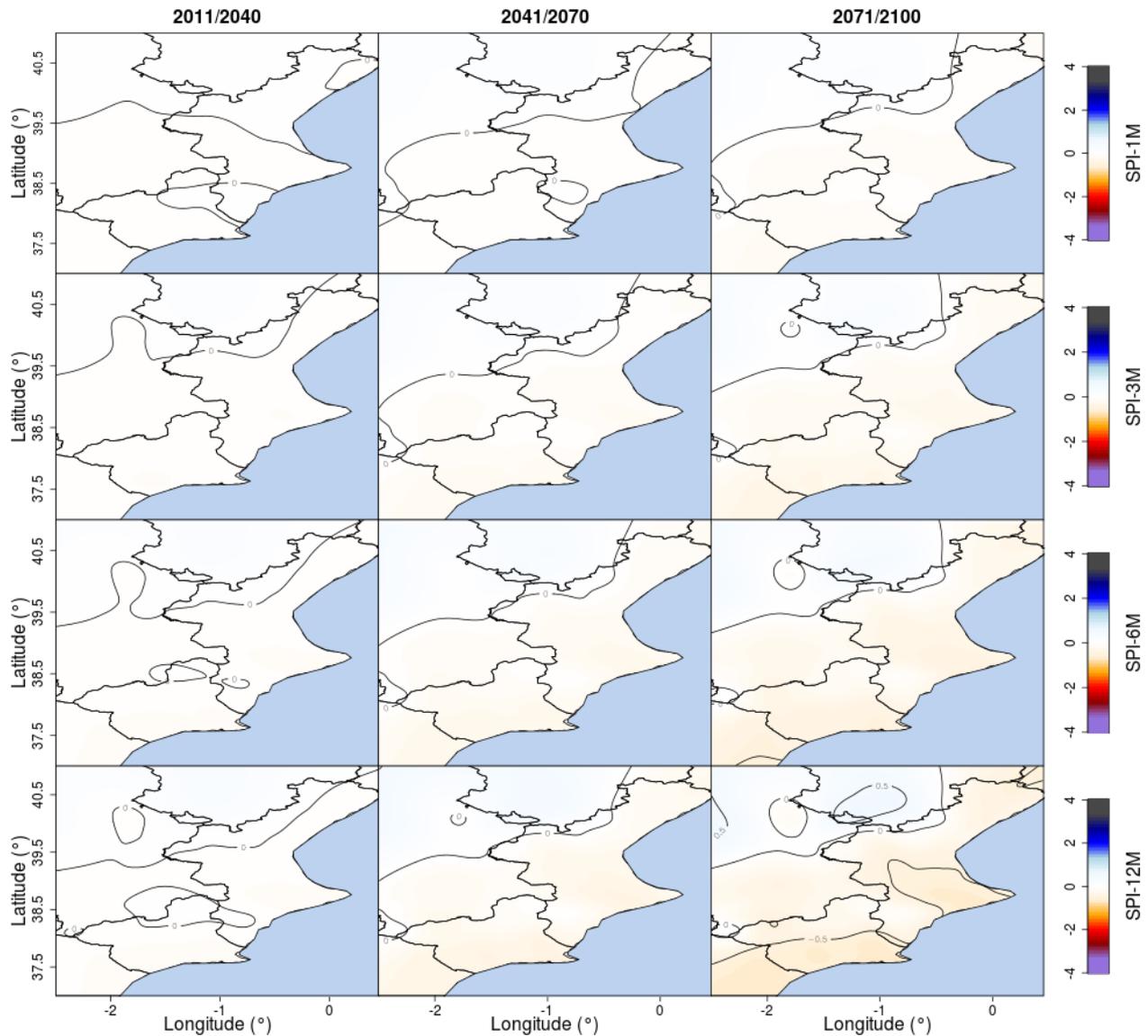


Figura 27. Representación espacial de la evolución esperada del SPI en los periodos 2041-2070 y 2071-2100 comparados con el periodo de referencia (1971-2000) según el escenario RCP4.5. Las filas muestran los cuatro periodos acumulados de sequías considerados (1 mes, 3 meses, 6 meses y 12 meses) y las columnas los tres periodos temporales (Historical, 2041-2070 and 2071-2100). Los mapas se han generado interpolando todos los observatorios disponibles en el estudio.

5. Divulgación de la problemática

Dentro de este proyecto se ha llevado a cabo un estudio sobre el impacto de la literatura infantil en la educación medioambiental de los niños. El estudio se ha realizado a través de la lectura de tres libros ilustrados (500 ejemplares cada uno) y actividades participativas relacionadas con los contenidos en diez centros escolares con niños entre 5 y 6 años. Ellos representan el futuro de la salud del planeta, pero, además, son parte de un núcleo familiar que comparte un mensaje común, una manera única de favorecer el cambio de mentalidad. Si en cada uno de ellos germina un pequeño acto en favor de la sostenibilidad y el respeto a la naturaleza, su comportamiento irá creciendo de una manera exponencial hasta traspasar los límites del individuo. No creemos que la conciencia ecológica sea una singularidad, en todo ser humano hay un instinto de supervivencia que, en muchas sociedades actuales, se relega y se esconde tras la inexorable cultura del bienestar, pero está latente. Las campañas diseñadas para combatir los desastres generados por el hombre han servido para visibilizar un problema global, compartido por todos y sin importar las fronteras tras las que vivamos. En los niños, ese efecto ha de ser siempre favorecedor, reforzando aquellos aspectos de su formación en los que la valoración personal sirva para construir una arquitectura sólida y digna a través de sus acciones. El personaje de Marea, una niña de 6 años que vive con su familia en una pequeña casa junto al mar, muestra una actitud ecológica y sostenible ante tres problemas entrelazados que afectan gravemente a la salud del planeta: los plásticos, el cambio climático y el consumo de alimentos.

Hay que destacar que muchos colegios no han podido participar en el proyecto y han mostrado su deseo ferviente de poder hacerlo en el futuro. Los docentes, catalizadores de un proceso en el que han estado totalmente implicados, mostraron la necesidad de disponer de más tiempo, para vincular el texto a acciones más duraderas implantadas en el seno de las familias. Se han generado muchas ideas que necesitaban dilatarse en el tiempo y llevar a cabo más detenidamente. La investigación respetó en todo momento la metodología de cada centro educativo, generando así una visión múltiple de los resultados obtenidos. De igual manera, no se ha hecho distinción alguna en cuanto a las particularidades de cada uno, reforzando así la idea global de los beneficios adquiridos sea cual sea la condición y el credo.

Los cuentos poseen dos vertientes interconectadas: un texto sencillo donde predomina la acción descriptiva a lo simbólico, y unas ilustraciones marcadamente infantiles y conceptuales que perfilan con amabilidad el resultado de la acción conjunta. La respuesta general de los niños ha sido muy positiva, mostrándose muy identificados con el personaje principal y una necesidad de participar en una sola dirección. El interés con que quisieron acompañar a Marea en su intento por proteger la naturaleza y sanar sus heridas fue unánime, protagonizando a su vez tareas y proyectos cuyo alcance podría servir a otros niños de su edad para cooperar con una contribución activa. Los libros son objetos concebidos para reclamar la atención y el interés de un modo orgánico y natural, sin señuelos ni tecnologías incompatibles con su proceso formativo. La dinámica de grupo y la puesta en marcha de iniciativas por parte de los niños ha sido uno de los factores diferenciadores de la investigación.

Una primera valoración de los resultados nos obliga a ratificar la necesidad de proyectos a más largo plazo, para la cimentación de las actividades y la participación activa de las familias. De igual modo, dentro de los tiempos marcados, hemos comprobado el valor intrínseco de la literatura infantil y las ilustraciones en la concienciación de valores positivos en los niños. Su naturaleza es participativa, el interés nace de la búsqueda constante del aprendizaje y la ratificación de sus acciones. En todos los colegios a los que hemos podido acceder para realizar esta investigación, los alumnos han respondido con una fuerza y un entusiasmo que han marcado la modificación en la duración del proyecto, teniendo que generar actividades a más largo plazo para desarrollar todas las ideas generadas.

Los temas que se tratan en los libros ya están siendo vinculados a la enseñanza en sus primeros años de formación escolar, pero los libros de Marea han servido para reforzar esas acciones y poner el foco

en otras que no estaban tan presentes en la educación medioambiental. Hay que diferenciar dos ámbitos de acción: los colegios y las familias, y los libros han demostrado un impacto igual de importante en los dos.

El tema del consumo sostenible de alimentos y su desarrollo ha sido el más alejado al conocimiento y actitudes de los niños, y demuestra la imperiosa necesidad de ahondar sobre su relevancia y significación en los usos y costumbres de los niños. No son ellos quienes tienen ese poder de decisión, pero, inexorablemente, el conocimiento de sus acciones tiene un eco en las relaciones creadas con su entorno. Creemos que campañas centradas en esto tendrían una enorme relevancia en los hábitos saludables de los más pequeños.

Los niños han guardado los cuentos como verdaderos tesoros, se han visto muy reflejados en el personaje principal y, en muchos casos, se ha convertido ya en una especie de heroína (En el CEIP San Pablo, la profesora ha empezado a confeccionar la muñeca de Marea con telas para tener en clase). Su vinculación con Marea ha sido total.

En definitiva, que los valores generados por un personaje de ficción como Marea, ilustrados en un lenguaje extensible a niños que empiezan a comprender los problemas medioambientales, asegura una durabilidad en sus acciones y una necesidad de proteger los recursos naturales a largo plazo. Por tanto, en la razón que han encontrado en estos libros, en la sensación de no haber convencido ni manipulado, sino acompañado a su disposición permanente hacia una causa universal.

6. Conclusiones

- La sequía es un fenómeno natural de vital importancia en la sociedad y cuyos efectos tienen implicaciones en todos los sectores socioeconómicos. Evaluar cómo se verá afectado el balance hídrico en las próximas décadas es fundamental para poder minimizar los impactos negativos y potenciar los positivos que el impacto del cambio climático tenga sobre el balance hídrico de la región de estudio.
- Como punto de partida se han generado escenarios de clima futuro a escala local de precipitación y temperatura (máxima y mínima) a lo largo del siglo XXI a partir de 9 modelos climáticos pertenecientes al CMPI5 y bajo dos escenarios de emisiones, RCP4.5 y RCP8.5.
- A partir de los escenarios futuros locales de temperatura y precipitación, se ha simulado la evolución esperada de dos índices de sequía: SPI y SPEI. Ambos índices tienen formulación similar lo que permite la comparación de resultados entre ambos.
- Para el caso de las temperaturas máximas los mayores incrementos esperados se obtienen para los meses de verano (entre 3 y 7°C según el RCP4.5 y el RCP8.5, respectivamente), seguido del otoño (entre 2.9 y 6.5 ° C según RCP4.5 y RCP8.5) y con los aumentos menos acusados para los meses de invierno y primavera (entre 2 y 4°C según el RCP4.5 y el RCP8.5, respectivamente). La zona de Murcia se espera que sea la más afectada por el incremento de temperatura máxima esperados, especialmente en verano y a finales de siglo.
- Los incrementos de temperatura mínima esperados varían en función de la estación del año. Los incrementos menos acusados se esperan en los meses de invierno y primavera entre 2 y 4 ° C según RCP4.5 y RCP8.5), en otoño se esperan levemente más acusados (entre 2 y 5 ° C según RCP4.5 y RCP8.5) y en verano se esperan que se den los incrementos más altos (entre

3 y 6 ° C según RCP4.5 y RCP8.5). Nuevamente la vertiente mediterránea será la que sufra los impactos más importantes de los cambios de temperatura mínima esperados.

- Respecto a la precipitación se esperan leves descensos de las mismas a lo largo de todo el siglo XXI de alrededor de 0.2mm/ día lo que equivaldría a un 10% de descenso en las precipitaciones respecto al periodo historical (1976-2005) para los meses de invierno y otoño. Para los meses de primavera y verano los cambios esperados en las precipitaciones son mínimos. Las mayores cantidades se espera que se registran durante los meses de otoño en la vertiente mediterránea.
- Los resultados obtenidos de los índices de Sequía varían sustancialmente si se tiene en consideración la evapotranspiración y por ende la temperatura. Según los resultados obtenidos para el SPI, la zona de estudio apenas presentaría variaciones en su balance hídrico a lo largo del siglo XXI, mientras que los resultados obtenidos para el SPEI muestran una clara tendencia a situaciones de estrés hídrico. Estos resultados están en concordancia con aquellos obtenidos por los escenarios de precipitación y temperatura, y ponen de manifiesto la necesidad de incluir la temperatura en estudios hídricos cuando se esté trabajando bajo condiciones de calentamiento global.
- Se espera que la zona de Murcia sea la que sufra los mayores problemas de estrés hídrico.
- Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la necesidad de trabajar a escala local, ya que puntos cercanos se podrán ver sometidos a episodios de estrés hídrico de diferente consideración y por ende, las medidas de adaptación a tomar han de ser diferentes.
- En vista de los resultados sería interesante ampliar el estudio a todo territorio nacional que permita evaluar de la forma más local posible el posible impacto que el cambio climático pueda tener sobre la sequía meteorológica.
- Como complemento al estudio se ha realizado una actividad divulgativa entre niños de 5 y 6 años que consistían en transmitirles la problemática objeto de este estudio a través de cuentos adaptados a su edad. En definitiva, que los valores generados por un personaje de ficción como Marea, ilustrados en un lenguaje extensible a niños que empiezan a comprender los problemas medioambientales, asegura una durabilidad en sus acciones y una necesidad de proteger los recursos naturales a largo plazo. Por tanto, en la razón que han encontrado en estos libros, en la sensación de no haber convencido ni manipulado, sino acompañado a su disposición permanente hacia una causa universal.

7. Referencias

- Alary V, Messad S, Aboul-Naga A, Osman MA, Daoud I, Bonnet P, et al. Livelihood strategies and the role of livestock in the processes of adaptation to drought in the Coastal Zone of Western Desert (Egypt). *Agricultural Systems* 2014; 128: 44-54.
- Bachmair, S., Svensson, C., Hannaford, J., Barker, L. J., & Stahl, K. (2016). A quantitative analysis to objectively appraise drought indicators and model drought impacts. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(7), 2589–2609. <https://doi.org/10.5194/hess-20-2589-2016>

- Bates B, Kundzewicz Z, Wu S, Palutikof J. Climate Change and water. 2008. Eds. IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp
- Beran, M., and Rodier, J.A. 1985. Hydrological aspects of drought. Studies and reports in hydrology 39. UNESCO-WMO, Paris.
- Blauhut, V., Stahl, K., Stagge, J. H., Tallaksen, L. M., De Stefano, L., & Vogt, J. (2016). Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(7), 2779–2800. <https://doi.org/10.5194/hess-20-2779-2016>
- Bryant, S., Arnell, N.W., and Law, F.M. 1992. The long-term context for the current hydrological drought. Institute of Water and Environmental Management (IWEM) Conference on the management of scarce water resources. 13–14 October 1992.
- Bryant. EA. Natural hazards. *International Journal of Climatology*, E. Cambridge University Press, Cambridge. ISBN 0 521 37295 X. 1993; 13:344-346. <https://doi.org/10.1002/joc.3370130310>
- Cai, G., Du, M., and Liu, Y. 2011. Regional drought monitoring and analyzing using MODIS data — A case study in Yunnan Province. In *Computer and Computing Technologies in Agriculture IV*. Edited by D. Li, Yande Liu, and Y. Chen. Springer, Boston. pp.243–251
- Cook BI, Smerdon JE, Seager R, Coats S. Global warming and 21st century drying. *Climate Dynamics* 2014; 43: 2607-2627.
- Correia, F., Santos, M.A., and Rodrigues, R. 1994. Reliability in regional drought studies. *Water Resources Engineering Risk Assessment*. Porto. Karras. NATO ASI Series, 29: 43–62.
- Dai AG. Increasing drought under global warming in observations and models (vol 3, pg 52, 2013). *Nature Climate Change* 2013; 3: 171-171.
- Eierdanz, F., Alcamo, J., Acosta-Michlik, L., Krömker, D., and Tänzler, D. 2008. Using fuzzy set theory to address the uncertainty of susceptibility to drought. *Reg. Environ. Change*, 8 (4): 197–205. doi:10.1007/s10113-008-0069-1.
- Garcia-Herrera, R., Daz, J., Trigo, R.M., Luterbacher, J., Fischer, E.M., 2010. A review of the european summer heat wave of 2003. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 40 (4),267–306.
- Gomme, R., and F. Petrassi, 1994: Rainfall variability and drought in sub-Saharan Africa since 1960. *Agrometeorology Series Working Paper 9*, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 100 pp.
- González, J., and Valdés, J. 2006. New drought frequency index: Definition and comparative performance analysis. *Water Resour. Res.* 42 (11): W11421. doi:10.1029/2005WR004308.
- Hao, Z., Singh, V. P., & Xia, Y. (2018). Seasonal drought prediction: Advances, challenges, and future prospects. *Reviews of Geophysics*, 56, 108–141. <https://doi.org/10.1002/2016RG000549>
- Hartmann, D.L., Klein Tank, A.M.G., Rusticucci, M., Alexander, L.V., Brönnimann, S., Kaplan, A., Soden, B.J., Thorne, P.W., Wild, M., Zhai, P.M. 2013. Observations: Atmosphere and Surface. In T.F. Stocker, D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hsiang, S.M., Burke, M., Miguel, E. Quantifying the influence of climate on human conflict, *Science* 341 (6151). arXiv:<http://www.sciencemag.org/content/341/6151/1235367.full.pdf>, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1235367>.
- Hayes M. 2006. Drought indices. <<http://www.drought.unl.edu/whatis/indices.htm>> (accessed 11 October 2010).
- Hayes M, Svoboda M, Wall N, Widhalm M. The lincoln declaration on drought indices. *Bulletin of the American Meteorological Society* 2011; 92: 485-488.

- Heim, R. R., Jr., 2002: A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, 1149–1166, <https://doi.org/10.1175/1520-0477-83.8.1149>.
- Hisdal H., Lars a. Roald and Stein Beldring (2006) Past and future changes in flood and drought in the Nordic countries. *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts* (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, November 2006), IAHS Publ. 308, 2006.
- Hoerling M, Eischeid J, Perlwitz J, Quan XW, Zhang T, Pegion P. On the Increased Frequency of Mediterranean Drought. *Journal of Climate* 2012; 25: 2146-2161.
- Kallis, G. 2008. Droughts. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 33 (1): 85–118. doi:10.1146/annurev.environ.33.081307.123117.
- Karamouz, M., Rasouli, K., and Nazif, S. 2009. Development of a hybrid index for drought prediction: case study. *J. Hydrol. Eng.* 14 (6): 617–627. doi:10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000022.
- Keyantash, J. A., and Dracup, J. A. 2002. The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 83(8): 1167–1180.
- Lake, P.S., 2011. *Drought and Aquatic Ecosystems: Effects and Responses*. John Wiley & Sons.
- Lewis, S.L., Brando, P.M., Phillips, O.L., van der Heijden, G.M.F., Nepstad, D., 2011. The 2010 Amazon drought. *Science* 331 (6017), 554. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1200807>.
- Livneh B, Hoerling MP. The Physics of Drought in the US Central Great Plains. *Journal of Climate* 2016; 29: 6783-6804.
- Mckee T, Doesken N and Kleist J. The Relationship of Drought Frequency and Duration Times Scales. *American Meteorological Society. 8th Conference on Applied Climatology. 1993: January 17–22 Anaheim, California*, pp. 179–184.
- McVicar TR, Roderick ML, Donohue RJ, Li LT, Van Niel TG, Thomas A, et al. Global review and synthesis of trends in observed terrestrial near-surface wind speeds: Implications for evaporation. *Journal of Hydrology* 2012a; 416: 182-205.
- McVicar TR, Roderick ML, Donohue RJ, Van Niel TG. Less bluster ahead? Ecohydrological implications of global trends of terrestrial near-surface wind speeds. *Ecohydrology* 2012b; 5: 381-388.
- Mishra AK, Singh VP. Drought modeling - A review. *Journal of Hydrology* 2011; 403: 157-175.
- Nagarajan, R (2003). *Drought: Assessment, Monitoring, Managment and Resource Conservation*. New Delhi: Capital publishing.
- Niemeyer, S. 2008. New drought indices. *Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens*, 80: 267–274.
- Organization WMO. (2012) In: Svoboda, M., Hayes, M. and Wood, D.(Eds.) *Standardized Precipitation Index User Guide*. Geneva: WMO.
- Palmer W. «Meteorological Drought». Research paper no.45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, febrero de 1965 (58 páginas). Available in National Climatic Data Center de NOAA: <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/docs/palmer.pdf>
- Parry, S., Hannaford, J., Lloyd-Hughes, B., Prudhomme, C., 2012. Multi-year droughts in Europe: analysis of development and causes. *Hydrol. Res.* 43 (5), 689–706. <http://dx.doi.org/10.2166/nh.2012.024>.
- Pedro-Monzonís, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., & Paredes-Arquiola, J. (2015). A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management. *Journal of Hydrology*, 527, 482–493. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.003>
- Quiring, S.M. 2009. Monitoring drought: An evaluation of meteorological drought indices. *Geography Compass*, 3(1): 64–88. doi:10.1111/j.1749-8198.2008.00207.x.

- Rebetez M, Mayer H, Dupont O, Schindler D, Gartner K, Kropp JP, et al. Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis. *Annals of Forest Science* 2006; 63: 569-577.
- Rhee, J., Im, J., and Carbone, G.J. 2010. Monitoring agricultural drought for arid and humid regions using multi-sensor remote sensing data. *Remote Sens. Environ.* 114 (12): 2875–2887. doi:10.1016/j.rse.2010.07.005.
- Seager, R., Hoerling, M., Schubert, S., Wang, H., Lyon, B., Kumar, A., Henderson, N. (2015). Causes of the 2011–14 California drought. *Journal of Climate*, 28(18), 6997–7024. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00860.1>
- Sepulcre-Canto, G., Horion, S., Singleton, A., Carrao, H., & Vogt, J. (2012). Development of a Combined Drought Indicator to detect agricultural drought in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(11), 3519–3531. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-3519-2012>
- Sheffield J, Wood EF, Roderick ML. Little change in global drought over the past 60 years. *Nature* 2012; 491: 435-+.
- Spinoni, J., G. Naumann, H. Carrão, P. Barbosa, and J. Vogt, 2014: World drought frequency, duration, and severity for 1951– 2010. *Int. J. Climatol.*, 34, 2792–2804, <https://doi.org/10.1002/joc.3875>
- Spinoni J., Vogt, and P. Barbosa, 2015a: European drought climatologies and trends based on a multi-indicator approach. *Global Planet. Change*, 127, 50–57, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.01.012>.
- Stagge JH, Kohn I, Tallaksen LM, Stahl K. Modeling drought impact occurrence based on meteorological drought indices in Europe. *Journal of Hydrology* 2015; 530: 37-50.
- Stanke C, Kerac M, Prudhomme C, Medlock J, Murray V. Health effects of drought: a systematic review of the evidence. *PLoS Curr.* 2013 Jun 5;5. pii: ecurrents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004. DOI: 10.1371/currents.dis.7a2cee9e980f91ad7697b570bcc4b004.
- Steinemann, A. C. (2006). Using climate forecasts for drought management. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 45, 1353–1361. <https://doi.org/10.1175/JAM2401.1>
- Steinemann, A. C., & Cavalcanti, L. F. N. (2006). Developing multiple indicators and triggers for drought plans. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132, 164–174. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2006\)132:3\(164\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(164))
- Thomas R. K. Jaiswal, R. V. Galkate, T. R. Nayak (2015) Reconnaissance drought index based evaluation of meteorological drought characteristics in Bundelkhand. *Procedia Technology* 24 (2016) 23 – 30
- Trenberth, K.E., Dai, A., Van der Schrier, G., Jones, P.D., Barichivich, J., Briffa, K.R., Sheffield, J. 2014. Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change* 4, 17-22. Doi:10.1038/nclimate2067. Hu Q, Willson GD. Effects of temperature anomalies on the Palmer Drought Severity Index in the central United States. *International Journal of Climatology* 2000; 20: 1899-1911.
- Tsakiris, G., and Vangelis, H. 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water* 2005; 9 (10): 3–11.
- Tsakiris G., Pangalou D. and Vangelis H., 2007. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). In: *Water Resources Management*, 21, p. 821-833.
- Tsakiris G., Vangelis H., Tigkas D. Drought impacts on yield potential in rain fed agriculture. In: López-Francos A. (comp.), López-Francos A. (collab.). *Economics of drought and drought preparedness in a climate change context*. Zaragoza : CIHEAM / FAO / ICARDA / GDAR / CEIGRAM / MARM, 2010. p.191-197 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 95) Lesk C, Rowhani P, Ramankutty N. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature* 2016; 529: 84-+.
- Van Loon A, G. Laaha (2015) Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology* 526 (2015) 3–14

- Van-Rooy, M.P. 1965. A rainfall anomaly index (RAI) independent of time and space. *Notos*, 14: 43–48.
- Vasiliades, L., Loukas, A., and Liberis, N. 2011. A water balance derived drought index for Pinios River Basin, Greece. *Water Resources Management*, 25(4): 1087–1101.
- Vicente-Serrano SM, Begueria S, Lopez-Moreno JI. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* 2010a; 23: 1696-1718.
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., López-Moreno, J.I., Angulo, M., El Kenawy, A. (2010b): A new global 0.5° gridded dataset (1901-2006) of a multiscalar drought index: comparison with current drought index datasets based on the Palmer Drought Severity Index. *Journal of Hydrometeorology* 11: 1033–1043.
- Vicente-Serrano, S.M. Spatial and temporal evolution of precipitation droughts in Spain in the last century in *Adverse Weather in Spain*; Martínez, C.C.-L.; Rodríguez, F.V., Eds.; WCRP Spanish Committee: Madrid, Spain, 2013; 283–296.
- Vicente-Serrano SM. Foreword: drought complexity and assessment under climate change conditions. *Cuadernos De Investigacion Geografica* 2016; 42: 7-11
- Vicente-Serrano, Miquel Tomas-Burguera, Santiago Beguería, Fergus Reig 1 Borja Latorre, Marina Peña-Gallardo, M. Yolanda Luna, Ana Morata and José C. González-Hidalgo (2017) A High Resolution Dataset of Drought Indices for Spain. *Data* 2017, 2, 22; doi:10.3390/data2030022
- Wanders, N., van Lanen, H. A. J., and van Loon, A. F. 2010. Indicators for drought characterization on a global scale. Technical Report No. 24.
- Willett KM, Dunn RJH, Thorne PW, Bell S, de Podesta M, Parker DE, et al. HadISDH land surface multi-variable humidity and temperature record for climate monitoring. *Climate of the Past* 2014; 10: 1983-2006.
- Wild, M., Folini, D., Schaer, C., Loeb, N., Dutton, E.G., Koning-Langlo, G. 2013. The global energy balance from a surface perspective. *Climate Dynamics* 40 (11), 3107-3134. Doi:10.1007/s00382-012-1569-8.
- Wilhite, D.A., Glantz, M.H. (1985). Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10(3): 111-120
- Wilhite, D. Drought, *Encyclopaedia of Earth System Science*. San Diego,. CA: Academic Press.1992; 2: 81–92.
- Wilhite D. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Wilhite DA, ed. *Droughts: Global Assessment*. London: Routledge; 2000; 3–18.
- Wilhite, D.A. 2004. Drought as a natural hazard. In *International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, and Consequences*. Edited by J.P. Stoltman, J. Lidstone, and L.M. Dechano. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 147–162.
- WMO (World Meteorological Organization), 2017. Statement on the State of the Global Climate in 2016. N° 1189.2017. ISBN 978-92-63-11189-0
- Zargar A., Rehan Sadiq, Bahman Naser, and Faisal I. Khan (2011) A review of drought indices. *Environ. Rev.* 19: 333–349. doi:10.1139/A11-013

ANEXO I: INFORMES DE LOS CENTROS EDUCATIVOS

Colegio Santa Catalina de Sena

EDAD: 6 años

CURSO 1º

PROYECTO EDUCACIÓN MEDIOAMBIENTAL 1º DE PRIMARIA

Entre el 25 y el 29 de noviembre hemos llevado a cabo un pequeño proyecto de educación medioambiental en las clases de 1º de primaria del colegio Santa Catalina de Sena. Para ello nos hemos servido de tres cuentos y diversas actividades. Cada cuento estaba relacionado con un aspecto diferente, que son los mismos que hemos tratado en clase.

- La basura y los plásticos
- El cambio climático
- Cómo afecta nuestra alimentación al medio ambiente.

Antes de la lectura de cada cuento hemos realizado distintas actividades (rutinas de pensamiento, técnicas de trabajo cooperativo, lluvias de ideas) para comprobar el punto de partida de los alumnos en cada uno de los temas. En general, saben que existen problemas medioambientales y son capaces de mencionar algunas soluciones y acciones que ellos mismos pueden llevar a cabo como son: reciclar (sin duda, su respuesta favorita y más extendida), no tirar la basura al campo, cerrar el grifo mientras nos lavamos las manos o duchamos y apagar la luz si no la necesitamos.

Después de conocer qué saben y qué piensan, pasamos a la lectura de los cuentos: Marea y el plástico, Marea y el cambio climático, Marea y la comida. Acompañamos la lectura de reflexiones y repetimos en cada caso una lluvia de ideas. Ahora son capaces de añadir otras acciones a su lista, como son: no utilizar tantas cosas de plástico, utilizar botella reutilizable, usar más el transporte público y menos el coche, no poner tan alta la calefacción, plantar tus propias semillas. Lo de la botella reutilizable fue especialmente sonado, porque muchos niños llevan una botella de estas características a clase, y al terminar el cuento se dieron cuenta de que era algo que ya hacían bien, aunque no lo habían contemplado como una medida positiva para el medioambiente anteriormente.

Lo que más llamó su atención indudablemente fue el tema de la comida. Es en el asunto que había menos concienciación, nunca habían oído hablar de lo que es un producto de proximidad o de temporada, ni se habían parado a pensar en que la compra que hacen en sus familias pueda también ser una parte de la solución o del problema.

Hemos aprovechado este proyecto para iniciar en este curso el compromiso: merienda sin residuos que ya se había puesto en marcha en otros cursos. Los alumnos se han comprometido a traer una merienda para el recreo que no genere residuos de plástico, envoltorios o envases. Cada día muestran sus meriendas y valoramos si cada uno se ajusta o no al compromiso.

CEIP Francisco de Quevedo (Getafe)

CASO 1

EDAD: 6 años

CURSO: 1º

ESTRATEGIA DE TRABAJO: Lectura grupal y pequeño debate para ver la comprensión de los textos y reflexionar sobre los diferentes temas.

MAREA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Con la lectura de este libro, los niños muestran su conocimiento e interés por el cuidado del planeta. Además, con lo que han escuchado en las noticias sobre la cumbre del cambio climático, los niños han relacionado el cuento con las posibles actuaciones que se quieren llevar a cabo.

La mayoría de los niños ya tienen conductas adquiridas como cerrar la puerta y apagar las luces al salir de clase, tirar el agua del día anterior de sus botellas a las plantas y luego rellenarla, cuidar el material del aula para no generar basura, usar el papel por ambas caras...

MAREA Y LOS PLÁSTICOS

Todos los alumnos creen que es importante reciclar el plástico y no tirarlo a mares y ríos para cuidar y proteger a los animales que habitan en esos entornos. Sin embargo, no son tan conscientes de la relevancia de no tirar plásticos en el resto de hábitats (bosques, parques naturales, etc)

A la pregunta de si recogerían un plástico encontrado en la naturaleza al igual que hace Marea, la mayoría responde afirmativamente; aunque a muchos les preocupa mancharse o ser contagiados por alguna enfermedad. No obstante, todos creen que Marea ha hecho bien recogiendo la botella.

Cuando les pregunto por posibles soluciones para no utilizar botella de plástico, los alumnos dan múltiples respuestas: reutilizar botellas de plástico, comprar botellas reutilizables de cristal o metal y beber de fuentes. Lo cierto es que tanto familias como alumnos están muy concienciados y los niños traen al aula botellas libres de BPA reutilizables y fiambreras para traer sus sandwiches, bocadillos, frutos secos, frutas y verduras.

Además, los niños tienen muy buena actitud hacia el cuidado del patio y están muy concienciados con la importancia del reciclaje y el uso correctos de las diferentes papeleras que tenemos en nuestro centro.

MAREA Y LA COMIDA

A la mayoría de los niños les gustaría comer sus propios alimentos. Algunos alumnos tienen familiares con huerto y están familiarizados con el cuidado del mismo. Leyendo el cuento, los niños proponen traer semillas de frutos para plantarlos y cultivarlos en el huerto del centro.

Lo más difícil de entender para ellos ha sido cuales son los productos de proximidad y de temporada ya que la mayoría de las familias compran en grandes superficies en las que pueden encontrar productos provenientes de otros países o de invernaderos.

Un aspecto que sí conocen y que la mayoría utiliza en sus vidas cotidianas son las bolsas de tela o de plástico reutilizable.

CASO 2

EDAD: 5 años

CURSO: Infantil

ESTRATEGIA DE TRABAJO: LECTURA COLECTIVA Y DIÁLOGO GRUPAL.

Una vez finalizada la lectura colectiva de las tres propuestas ofrecidas, paso a facilitaros la información necesaria relacionada con las reacciones de mi alumnado, nivel de comprensión de las diferentes temáticas, así como el posible cambio de conducta en sus hábitos cotidianos.

Mi grupo-clase se compone de 25 niños y niñas con una edad de 5 años, es decir, del tercer nivel del segundo ciclo de la Educación Infantil.

En general la lectura de los tres títulos ha tenido una muy buena acogida en mi aula resultándole los temas tratados de sumo interés. En mi caso, estas lecturas las he llevado a cabo en 3 días (un cuento por día) para posteriormente establecer un diálogo colectivo sobre aspectos como: si ellos hacen en casa lo que dice el cuento, qué piensan que sentía la protagonista cuando se encontraba las botellas, si había alguna palabra que no entendieran, qué consejos se nos daban para cuidar el planeta, si podíamos hacer algo desde casa y el cole para solucionar el cambio climático.....

En el caso de “Marea y los plásticos” considero que se trata un tema muy cercano y del día a día de mi alumnado y que es abordado de una manera muy clara y sencilla y utilizando un lenguaje claro y conciso y adaptado al nivel de comprensión para los niños y niñas de infantil. Así mismo, rápidamente se pusieron en el lugar de la protagonista y comenzaron a decirme cosas que ellos hacían cuando iban a la playa, al campo, a la calle, etc. Al día siguiente, antes de la lectura, les pregunté por los aspectos trabajados el día anterior y sorprendentemente me enumeraron todas las acciones que el cuento recomendaba, así como algunos consejos que les mencioné.

La segunda lectura “Marea y el cambio climático” resultó ser igual de motivadora que la anterior puesto que querían saber qué le ocurría a la protagonista en esta ocasión. Comencé preguntándoles si sabían que era el cambio climático y en un primer momento se mostraron dubitativos, pero, una vez les fui dando datos, se fueron mostrando motivados a la vez que preocupados por lo que podía ocurrir si no reciclamos ni cuidamos el planeta. Fue el cuento con el que más preguntas me plantearon.

La lectura del tercer Cuento “Marea y los alimentos” no tuvo la misma acogida que los dos anteriores, puesto que no entendieron bien el argumento del mismo. Al terminar la lectura, tuve que volver a explicarles con mis palabras lo que se planteaba e, incluso así, no entendieron el tema principal. A pesar de ello, hacían esfuerzos por responder a mis preguntas e interesarse por la nueva aventura de Marea.

Con todo ello, considero que tanto el formato, las ilustraciones y el lenguaje empleado en los cuentos es muy adecuado para el nivel de 5 años y que el hecho de que sea una colección con el mismo personaje que trate temas tan importantes de abordar hoy en día en las aulas, fomenta las ganas por descubrir nuevas aventuras a la vez que de manera lúdica toman conciencia de tal problemática.

Así mismo, he podido recoger datos sobre qué grado de conocimientos tenían sobre el respeto y cuidado por el medio ambiente, así como dotarles de recursos y acciones que pueden aplicar en su vida cotidiana.

CASO 3

EDAD: 5 años

CURSO: Infantil

ESTRATEGIA DE TRABAJO: Contar los cuentos en asamblea y realizar preguntas de comprensión del cuento.

PREGUNTAS MAREA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO:

- ¿Crees que necesitas encender las luces de casa como antes? No, y lo recuerdan constantemente que apague la luz.
- ¿Te gustaría subir por las escaleras en vez de usar el ascensor? Si, sobre todo porque hicimos una actividad de subir al primer piso del centro.
- ¿Cómo podrías utilizar menos el coche? Entienden que deben venir andando al centro o en bicicleta.

PREGUNTAS MAREA Y LOS PLÁSTICOS:

- ¿Querías tener tu propia botella reutilizable? Si, aunque utilizamos vasos de plástico duro que utilizan todo el año.
- ¿Si vieras un plástico en la naturaleza, lo recogerías? Por supuesto, nosotros reciclamos en el centro y siempre preguntan dónde van los residuos para no equivocarse.
- ¿Crees que es importante reciclar todos los residuos? Si y trabajamos sobre ello.

PREGUNTAS MAREA Y LA COMIDA:

- ¿Te gustaría comer alimentos que se cultivan cerca de tu casa? Si, aunque ha sido difícil entender este concepto.
- ¿Quieres crear tu propio huerto? Nos encantaría crearlo, aunque en el cole ya tenemos uno pequeñito donde cultivamos alguna hortaliza.
- ¿Estás interesado en saber qué es la comida de temporada? Si y lo trabajamos en cada temporada con la celebración de los cumpleaños.

Síntesis:

Me gustaría decir que les han gustado mucho los cuentos, aunque el de MAREA Y LOS ALIMENTOS, les ha resultado complicado porque ellos ven “que la comida sale del supermercado” y el cuento que más les ha gustado es el de MAREA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

[CEIP Julián Besteiro \(Getafe\)](#)

CASO 1

EDAD: 5 años

CURSO: Infantil

ESTRATEGIA DE TRABAJO: A través de la lectura hemos comenzado una tertulia acerca de que piensan ellos sobre lo que Marea nos cuenta. Vemos las cosas que nosotros hacemos igual que ella y cuáles no y cómo podemos mejorar.

Tras el diálogo hacemos un dibujo de lo que más nos ha gustado del cuento.

PREGUNTAS “MAREA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO”

- ¿Crees qué necesitas encender las luces como antes? Si es un día que no hay nubes, con la luz del sol podemos ver para hacer las cosas.
- ¿Te gustaría subir por las escaleras en vez de por el ascensor? Si, porque además hacemos ejercicio.
- ¿Cómo podrías utilizar menos el coche? Podemos venir al cole en patinete, en bici o andando.

PREGUNTAS “MAREA Y LOS PLÁSTICOS”

- ¿Querías tener tu propia botella reutilizable? Si, como la de María (María es una niña que al cole trae su bidón para el agua). Vemos la botella de María y la comparamos con las de otros que traen de plástico.

- Si vieras un plástico en la naturaleza, ¿lo recogerías? Claro. En la playa se ven muchas botellas que se las comen los peces que luego nos comemos nosotros y que llegan a nuestra tripa y nos ponemos malos.

- ¿Crees qué es importante reciclar todos los residuos? Si porque de ahí salen otras cosas.

El papel es importante tirarlo al contenedor azul para así no tener que matar muchos árboles.

PREGUNTAS “MAREA Y LA COMIDA”

- ¿Te gustaría comer alimentos que se cultivan cerca de tu casa? Si, de los de nuestro huerto.
- ¿Quieres crear tu propio huerto? Así cuando quieras puedes salir a tu huerto y coger la fruta o la verdura que te apetezca.

- ¿Estas interesado en saber qué es la comida de temporada? Es como la de otoño, las frutas y los frutos secos que hemos estado viendo y que vamos a comprar a la frutería.

Los temas de estos cuentos están muy en las rutinas del colegio. El tema del reciclado y el de las comidas sanas, principalmente. Desde aquí hacemos mucho hincapié en clasificar y tirar la basura cada una al contenedor que corresponde (los tenemos dentro del aula) así como tomar una dieta sana para no caer enfermos (tomamos fruta en el almuerzo 2 días a la semana). También disponemos de un huerto escolar en el que plantamos en cada época lo que procede.

CASO 2

EDAD: 6 años

CURSO: 1º primaria

ESTRATEGIA DE TRABAJO:

- Antes de la lectura del cuento se hizo una lluvia de ideas para conocer las ideas previas que tenían los alumnos acerca del uso de los plásticos, y del cambio climático.
- La gran mayoría de nuestros alumnos ya utilizaban botellas reutilizables en el aula. Comparamos los tipos de botellas que tenían en clase y por qué eran diferentes.
- Aquellos alumnos que no tenían botella reutilizable acordaron preguntar en casa y traer botellas nuevas el próximo día.
- Analizamos las ilustraciones de los cuentos.

RESPUESTA POR PARTE DE LOS ALUMNOS

- La lectura del cuento inició un diálogo acerca de por qué la botella estaba en la orilla.
- Los alumnos estuvieron muy interesados en hablar acerca del tema que plantea el libro.
- Ha servido como introducción para seguir ampliando conocimientos acerca del cambio climático y el uso que le damos a los plásticos en nuestro día a día.
- Los alumnos están interesados en leer los otros dos libros.

CONCLUSIONES

Como equipo docente nos parece muy provechosa y necesaria la existencia de este tipo de material para leer y aplicar con nuestros alumnos en el centro. Para servir tanto como hilo conductor para trabajar la conciencia ecológica como para crear debates acerca del cambio climático. En estos niveles de primaria es esencial el trabajo del reciclaje tanto de plásticos como de cartón y papel para crear unos hábitos en las nuevas generaciones.

CEIP Hermanos Pinzón

EDAD: 6 años

CURSO: 1º primaria

Elaboro este informe tras la lectura de los tres cuentos de Marea en las aulas de 1º de Educación Primaria del CEIP Hermanos Pinzón de Madrid.

Tras la recepción de los cuentos iniciamos la lectura, debido al corto plazo para la elaboración de este informe con las respuestas de los alumnos. Al tener que leer los cuentos en tan corto espacio de tiempo no hemos podido realizar un trabajo adecuado de los materiales, pero nos ha servido para realizar un primer acercamiento y toma de contacto con los temas tratados, y volveremos a trabajarlos durante el curso y profundizar adecuadamente sobre ellos.

Tras la lectura de Marea y los plásticos los niños indicaron que les había gustado mucho, tanto el formato y las ilustraciones, como su contenido. También reflexionamos sobre el contenido medioambiental en sí y los consejos de Marea.

Mis alumnos tienen que traer una botella de agua para su utilización en el aula y, principalmente, para el área de Educación física. Muchas de ellas no eran reutilizables, ni los alumnos conocían la distinción con las no reutilizables, por lo que considero un aspecto adecuado a trabajar en posteriores campañas de sensibilización, debido a su importancia y cotidianeidad.

Sí están muy concienciados en no tirar plásticos, o basura en general, porque los animales enferman por comer basura y mueren. Indicaron que cuando vamos al campo hay que guardar la basura en la mochila o en una bolsa y luego tirarla a su contenedor adecuado.

Nuestro centro tiene contenedores de todos los tipos en las aulas y patio: azules, amarillos y marrones, por lo que cuando Marea tira la botella al contenedor amarillo lo reconocieron y sabían su utilidad.

Tras leer Marea y la comida hemos reflexionado sobre las frutas de temporada y sobre cómo plantar nuevos árboles, concepto que desconocían.

En este nivel educativo, ellos no tienen adquirido la noción de tiempo, por lo que no son conscientes de qué fruta consumen en cada momento del año, pero sí dijeron que se fijarían en el cambio de frutas cuando fueran a la frutería con sus padres.

El tema más desconocido para ellos ha sido el tratado en Marea y el cambio climático. Debido a la edad de mis alumnos es el concepto más alejado a su realidad, por lo que no lo hemos podido trabajar adecuadamente en estos días. Durante el curso le dedicaremos más sesiones en las que podamos profundizar sobre ello y lo comprendan mejor.

No obstante, sí que hemos adquirido el compromiso de fijarnos más en si dejamos la luz del aula apagada cuando salimos de ella y de las habitaciones en casa, por ejemplo. Y también comentaron que van a muchos sitios andando porque no hace falta coger el coche para ir a sitios cercanos.

CEIP Pi i Margall

EDAD: 6 años

CURSO: 1º primaria

En primer lugar, quisiera destacar, que la metodología que he utilizado es la del cuentacuentos, me hubiera gustado que fuera a través de lectura colectiva, ya que teníamos un libro por niño y niña, y también nos hubiera servido para mejorar nuestro proceso lector, sin embargo, con el escaso tiempo del que disponíamos, no ha sido posible.

En cuanto a los libros, son muy acordes con diferentes proyectos que llevamos en el centro relacionados con la naturaleza y el cuidado del medio ambiente, así como la movilidad sostenible. A los niños y niñas en general, les ha gustado mucho conocer a marea, y sobre todo que tuviera su misma edad, eso les entusiasma.

En el primer cuento de los plásticos, noté que los niños estaban muy concienciados, que conocían perfectamente la regla de las tres R, el procedimiento de su reciclaje, como reducir el consumo de este material a la hora de ir a la compra, etc.

En cuanto al segundo cuento, les llamo mucho la atención que cada fruta o verdura, tuviera un mes concreto o una estación, ya que hoy en día encontramos de todo en los mercados, y viven en Madrid capital, donde conocen pocas o ninguna zona de huerto o cultivo. Es por ello, que les tuve que explicar de dónde procedían las frutas y verduras que no son de temporada, que eran los invernaderos y por qué contamina el hecho de traer esos alimentos de otros países.

Por último, con el último cuento he tenido que explicarles que era el concepto del cambio climático, porque ellos lo entendían como un cambio de estación normal y corriente, para ello he utilizado la metáfora de un caramelo y el envoltorio que lo protege, para que entendieran el concepto de capa de ozono.

Como actividad en el aula, para englobar los conceptos que se tratan en los tres libros vamos a plantar legumbres en un vaso de yogur y ver su proceso de crecimiento. También haremos un taller de Navidad (ya que se acerca) donde crearemos adornos con materiales reciclados. No puedo comentar los resultados que obtendremos con estas actividades, ya que no las hemos podido realizar aún.

Por otro lado, destacar que las ilustraciones les han encantado, sin embargo les resultaba repetitivo y aburrido el comienzo de los libros, y en el libro del uso sostenible de la comida, les faltó un final más cerrado, no entendieron cuando acabó el cuento. Y de nuevo destacar, la gran falta de tiempo, por lo tanto, no hemos podido profundizar en ello y lo retomaremos más adelante.

[CEIP San Pablo de Vallecas](#)

EDAD: 6 años

CURSO: 1º primaria

Hemos recibido con ilusión los libros del proyecto medioambiental que nos enviaste. A pesar del poco tiempo, ya que hemos tenido dos salidas escolares, hemos leído y debatido sobre los temas planteados en las asambleas del lunes, miércoles y viernes de esta semana. Las lecturas han propiciado que los alumnos reflexionasen sobre sus hábitos y entre todos hemos alcanzado los siguientes compromisos:

- Dedicar menos tiempo al ocio tecnológico que consume mucha energía.
- Reducir el uso de la pizarra digital apagándola cuando no sea necesario.
- Subir las persianas y utilizar la luz natural siempre que sea posible.
- Utilizar el ascensor solo cuando sea imprescindible.
- Cambiar la botella de plástico que traen al colegio por un envase reutilizable.
- Propiciar el reciclado de plásticos y envases dentro del aula.
- Crear una patrulla de concienciación y retirada de residuos en el patio.
- Utilizar bolsas de tela para los desayunos en el colegio.
- Planificar el semillero con las verduras y hortalizas que cultivaremos en el huerto escolar.

Sin embargo creemos que el proyecto no tendría sentido sin la colaboración de las familias, por ello proponemos la elaboración de un libro viajero en el que semanalmente las familias dejen constancia a través de fotos, dibujos o escritos lo que en sus casas han hecho durante la

semana para ayudar a Marea a minimizar los daños producidos en el medioambiente y crear hábitos que nos ayuden a frenar el cambio climático; semanalmente los alumnos explicarán al resto de la clase cómo se han implicado en el proyecto y mostrarán su contribución en el libro viajero. Esperamos con ilusión que las familias se impliquen en el proyecto que esperamos llevar a cabo a partir del segundo trimestre y del que os mantendremos informados.

Gracias por contar con nosotros para este proyecto al que auguramos una gran proyección. Nos ponemos a vuestra disposición para cualquier otro proyecto.

CEIP Mario Benedetti (Rivas)

EDAD: 6 años

CURSO: 1º primaria

Los cuentos tienen un lenguaje claro y unas ilustraciones sencillas y atractivas, con más tiempo podría ser una buena herramienta para desarrollar un proyecto de concienciación sobre el cambio climático. Desgraciadamente no se ha podido trabajar más.

En cuanto al lenguaje inclusivo, creo que hubiera sido más adecuado utilizar familia en lugar de padres.

Los libros comienzan con “Marea vive con sus padres en una pequeña casa junto al mar” y podría ser “Marea vive con su familia en una pequeña casa junto al mar”.

A continuación te escribo las respuestas que mayoritariamente han dado los niños y niñas.

ESTRATEGIA DE TRABAJO: Lectura dialogada.

PREGUNTAS MAREA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO:

- ¿Crees que necesitas encender las luces de casa como antes? Hay que apagarlas cuando no hace falta
- ¿Te gustaría subir por las escaleras en vez de usar el ascensor? No
- ¿Cómo podrías utilizar menos el coche? Andando

PREGUNTAS MAREA Y LOS PLÁSTICOS:

- ¿Querrías tener tu propia botella reutilizable? Sí,
- ¿Si vieras un plástico en la naturaleza, lo recogerías? Sí.
- ¿Crees que es importante reciclar todos los residuos? Sí, para que no se gasten los recursos.

PREGUNTAS MAREA Y LA COMIDA: (Este tema es más difícil de entender, no ven clara la relación entre el cambio climático y la distancia en donde se producen los alimentos)

- ¿Te gustaría comer alimentos que se cultivan cerca de tu casa? No entienden.

- ¿Quieres crear tu propio huerto? Existe un huerto escolar y han dicho que sí.
- ¿Estás interesado en saber qué es la comida de temporada? No ha suscitado interés.

Colegio Victoria Kent (Rivas)

Remito a las ilustraciones enviadas como trabajo participativo después de la lectura de los libros, con la participación activa de las familias.





Los libros nos han parecido muy interesantes. Muchos de los consejos ya los ponemos en práctica pero está muy muy bien enseñarnos mediante estos cuentos y que ellos lo vean a través de una niña de su edad. Además, la forma de mostrarlo es muy buena con las posibles consecuencias de no hacer las cosas bien.

Alpacita



Cosas que se a hacer mamá:

- No tirar comida
- Apagar las luces cuando no se ven.
- Tirar los yogures a los envases

Cosas que se a hacer la familia:

- Comer más alimentos de temporada.
- Intentar usar menos el coche.
- Usar bolsas de tela para llevar fruta y verduras en el supermercado.

LO QUE ME HA GUSTADO DE LOS CUENTOS DE MAREA

- EN CASA TODOS TENEMOS BOTELLAS REUTILIZABLES. SIEMPRE LAS LLEVAMOS LLENAS PARA NO COMPRAR DE PLÁSTICO
- NUNCA HAY QUE TIRAR BASURA A LA NATURALEZA. LOS ANIMALES ASÍ NO SE LA COMEN
- NUNCA MAS VAMOS A COMPRAR JUGUETES DE LAS BOLAS. SE ROMPEN MUY FÁCIL Y HAY QUE TIRARLOS PRONTO.
- NO HAY QUE TIRAR COMIDA. COMER TODO O SI ES MUCHO, GUARDARLO EN LA NEVERA PARA EL DÍA SIGUIENTE
- MIRAR CUANDO COMPREMOS FRUTA DE DONDE VIENE. NO COMPRAR SI VIENE DE MUY LEJOS
- ESTE AÑO VOY A AYUDAR AL ABUELO A PLANTAR Y CUIDAR CALABACINES, TOMATES, PIMIENTOS...
- ABRIGARNOS UN POCO EN CASA Y NO PONER LA CALEFACCIÓN MUY ALTA

* A Lucas le ha llamado mucho la atención lo del cambio climático, le he explicado que si no cuidamos el planeta los polos se van a derretir y el mar va a subir y nos vamos a quedar sin playa, sobre todo sin su playa (la targa) y me ha dicho que compramos cubos para reciclar, ^{LA TIERRA} que se va a obrigar mucho en casa para que no pongamos la calefacción alta y que cuando vayamos a casa de la abuela va a subir andando en vez de usar el ascensor. Que quiere que nuestra tierra se ponga buena.



CUBOS
QUE
VANOS A
PONER EN
CASA



SU
PLAYA

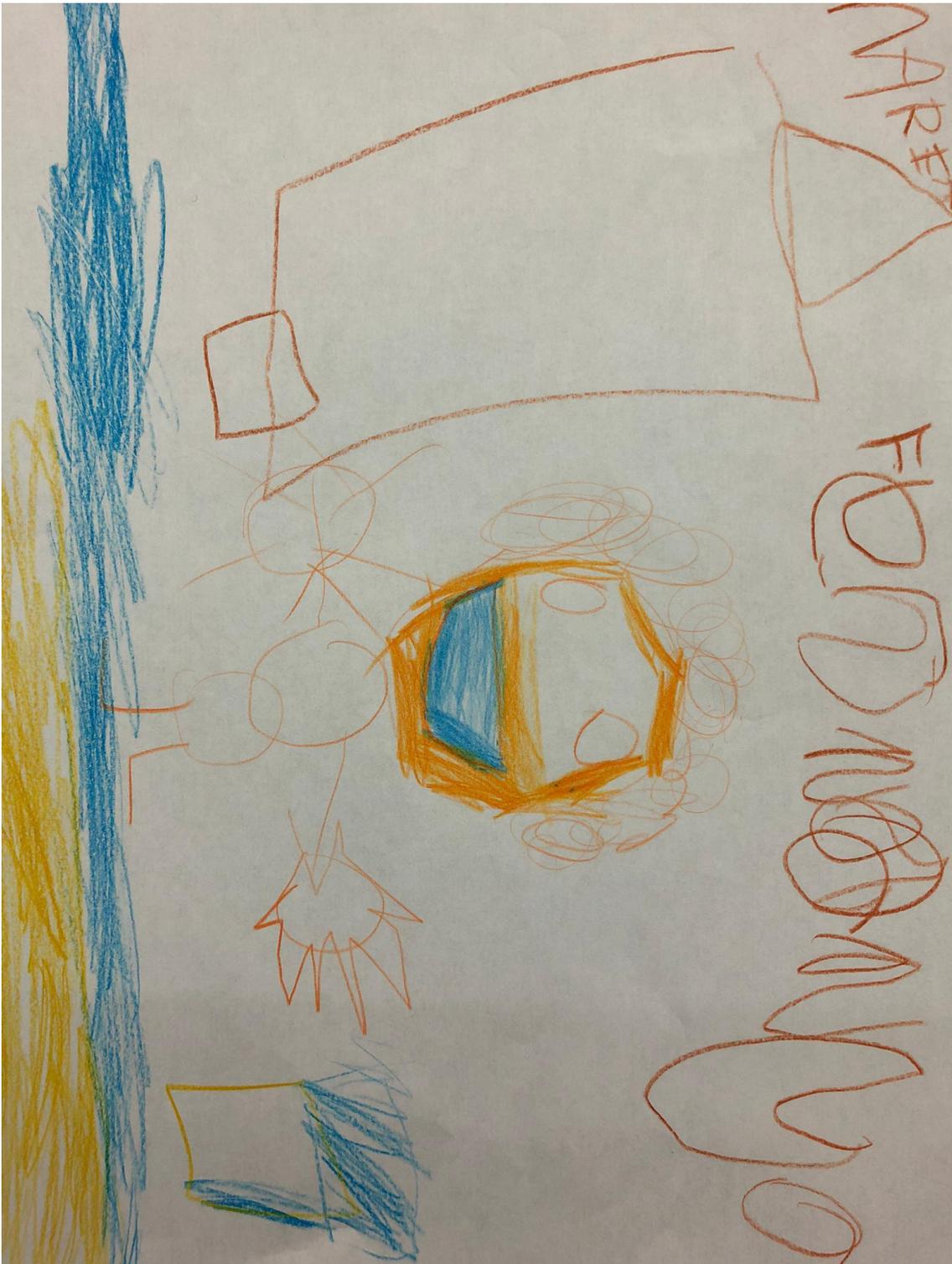


LUCAS

OPINIÓN LIBROS DE MAREA

Jorge llegó a casa con muchas ganas de volver a leerlos. Al preguntarle lo que más le había gustado me dijo: -"me han gustado dos frases lo del reciclaje, y lo de ir al cole en bici."

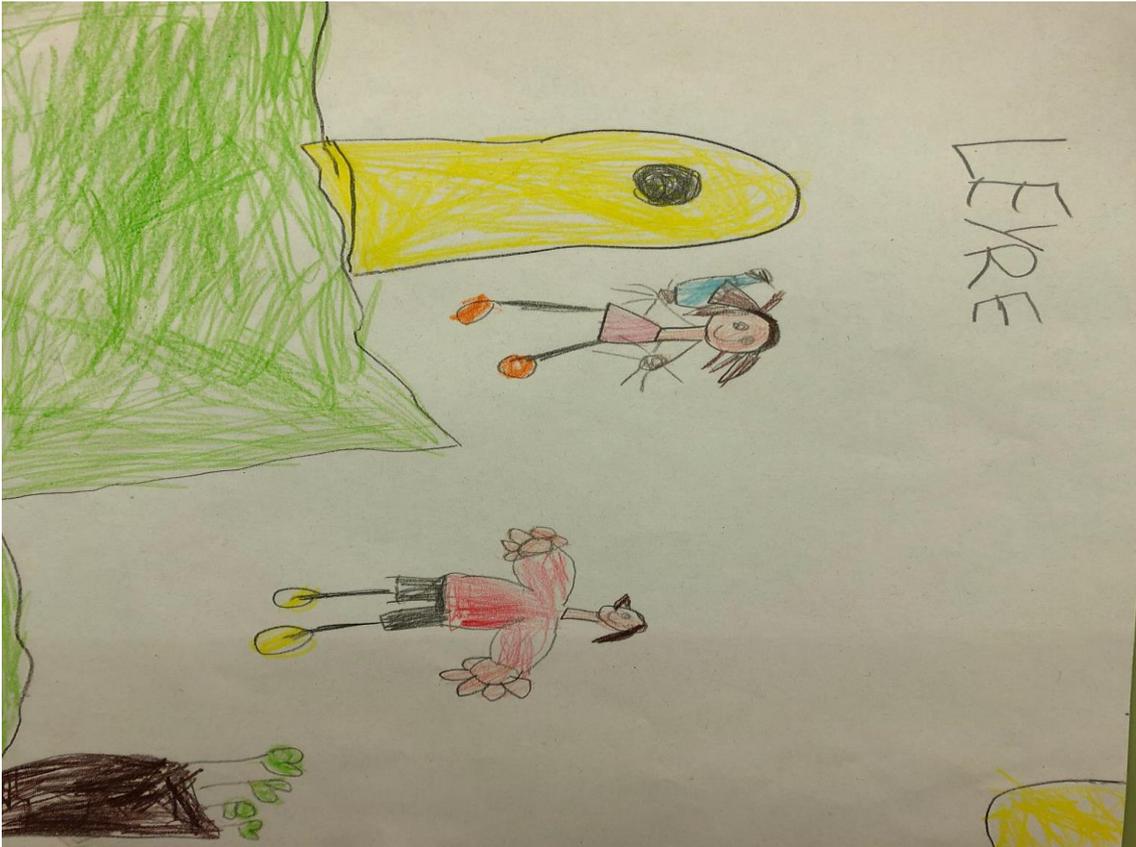
En mi opinión, los libros transmiten un mensaje claro y sencillo de un problema cada día más acusado en nuestra sociedad, haciendo que los pequeños lo comprendan y de esta forma se impliquen un poco más en estos temas.



- A LUÍA LE HA GUSTADO MUCHO LOS 3 LIBROS. LO RECOMENDARÍA A TODOS LOS NIÑOS, SOBRE TODO A NIÑOS ESPECIALES.
- LE HA ENSEÑADO LA IMPORTANCIA DE CUIDAR EL MEDIO AMBIENTE, A RECICLAR Y COMO HACERLO.
- NO HAY QUE TIRAR COMIDA.
- HAY QUE ABRIGARSE EN INVIERNO Y NO PONER MUY FUERTE LA CALEFACCIÓN.
- Y GANAR FRUTA DE TEMPORADA. UNA FRUTA DIFERENTE CADA MES.







Mayrit Escuela Activa

EDAD: 1 grupo de 9, 10, 11 años (4º, 5º Y 6º de Primaria) - 1 grupo de 6,7, 8 años (1º, 2º Y 3º de Primaria)

Estrategia de Trabajo:

En nuestro centro llevamos varios cursos trabajando en defensa del futuro de nuestro planeta y de un mundo más justo. En el cole tenemos una filosofía de consumo de productos de proximidad, intentamos que el residuo de plásticos sea el mínimo posible (para envolver los almuerzos las familias utilizan envoltorios de tela, tarteras y envases de muchos usos, cuando celebramos un cumpleaños o fiesta cada uno lleva su cubiertos y platos reutilizables...). Organizamos intercambios de ropa para aprovechar las prendas que se han quedado pequeñas o no utilizamos, recogemos el agua sobrante del comedor para regar las plantas de nuestro jardín y muchas otras propuestas que se han ido poniendo en marcha poquito a poco, muchas de ellas después de proyectos en los que hemos investigado sobre el clima, los océanos, el calentamiento de la Tierra, los animales en peligro de extinción o ya desaparecidos, y la necesidad o no de consumir del modo que se hace habitualmente.

El grupo de l@s alumn@s más mayores (grupo 1) hicieron una primera lectura individual de cada uno de los libros. Su primera impresión fue positiva, los libros les habían gustado, les parecían que las ilustraciones eran muy bonitas a la vez que sencillas, lo que les parecía positivo, pues según ellos, acompañaba el texto sin meter mucho ruido, es decir sin que la atención se dispersara por los dibujos. Les pareció que el tema de los tres libros era interesante, especialmente el de Marea y la comida, pues señalaron, que se habla mucho de los plásticos y el cambio climático en diferentes medios, pero no tanto del consumismo inconsciente y de lo negativo que resulta alimentarse constantemente con alimentos que no son de temporada.

También comentaron que les hubiera gustado que profundizara un poco más en algunos de los contenidos que se exponen a lo largo del libro.

La segunda lectura la hicimos en grupo, y después de leer los libros, volvieron a cometar algunas de las cuestiones que os he relatado anteriormente. Además propusieron algunas acciones nuevas que vamos a poner en marcha en el colegio. Justo detrás de nuestro colegio hay un monte protegido al que vamos a menudo a realizar varias actividades. La mayoría de las veces está muy sucio, pues algun@s vecin@s lo utilizan como estercolero. Su propuesta, hacer batidas de limpieza cada mes y medio. A nuestro colegio, casi imposible llegar si no es con el transporte privado, esto es algo que preocupa mucho a nustr@s alumn@s y aunque saben que no hay otra manera y que además las familias se organizan para traer a varios peques en su peque, después de leer Marea y el cambio se habló mucho de esto y de las soluciones que podrían encontrar. La primera compensar este uso necesario, en otras ocasiones en las que se puede utilizar otra forma de transporte, la segunda, ponerse en contacto con el ayuntamiento para ver si le tema del transporte público se podría mejorar de alguna manera. Hubo un gran debate sobre el impacto del coche privado y la diferencia entre coger un autobús o tren y que cada uno conduzca su propio coche, Finalmente se dieron cuenta que la contaminación es muy superior al usar el coche.

También hubo mucha reflexión sobre la utilización de la luz y las máquinas de forma innecesaria. Después de hablar de ello, se ha añadido una tarea al equipo encargado semanalmente de mantener el cole ordenado: al llegar al cole se asegurarán de que todas las persianas están subidas y al salir, que todas las luces están apagadas y los aparatos electrónicos, desconectados.

En el cole ya tenemos un huerto en el que vamos plantando verduras y hortalizas teniendo en cuenta la época del año. Much@s peques tienen pequeños huertos en casa o alguna planta aromática plantada. Una niña planteó lo importante que es concienciar a nuestr@s vecinos de tener plantas y árboles en nuestros jardines, balcones y alfeizares, especialmente en las ciudades, para combatir el efecto del CO₂. Además surgió la duda del coste de algunos de los alimentos que consumimos, frutas y verduras que llegan desde la otra ùnta del mundo y que podemos comprar por 2 o 3 euros el kilo. Esto nos llevó a la conclusión de que las personas que cultivan y esto les llevó a pensar en la ropa barata, los juguetes etc...

Al terminar pensaron que eran libros adecuados también para infantil y el resto de sus compañer@s de primaria. Unos días después un grupo fue a leer los cuentos al otro grupo de primaria.

El otro grupo de primaria escuchó muy atentamente las tres historias, dándole mucha más importancia a las ilustraciones.

Cuando se terminaba cada uno de los libros, se leyeron las propuestas de Marea con las que estaban muy de acuerdo. Reconocieron aquellas similares a las que se llevan a cabo en cole y propusieron alguna más. Propusieron hablar con la empresa de catering para que cuando nos prepara picnic para excursiones, no pusieran una botellita de agua, y que cada un@ lleve siempre su cantimplora. Ya se ha comunicado a la empresa de catering:). También, opinan que hay que dejar usar servilletas de papel en el cole y que sean de tela, al igual que las toallitas del cuarto de baño. Les parecía muy mal que no usáramos otro tipo. Se les explicó que era una normativa de higiene, y que aunque no estábamos muy contentos con ella, no podíamos hacer otra cosa. Algun@s de los peques comentaron que a veces l@s que mandan se equivocan y que por eso hay que hacer huelga por el planeta.

Propusieron hacer un taller con las familias para explicarles qué frutas y verduras hay que comer en cada época del año, y descubrieron algunas hortalizas y verduras nuevas cuando nos pidieron que les dijéramos qué se debe comer cuándo. No encontraban solución al tema de ir al cole en coche, pero propusieron ir a todos los demás lados en patinete.

En nuestro colegio se recicla papel, vidrio, plástico, pilas y material escolar, (bolis, rotuladores...) y ropa. Propusieron investigar si había más cosas que se pudieran reciclar.

Pensaron que también se podrían leer estos cuentos en el grupo de infantil, pues comentaron que se entendían muy bien y que daba para hablar mucho del clima. Este segundo grupo de primaria, hizo un libro con dibujos y frases que recogían sus ideas para proteger el planeta.

Creemos que estos tres cuentecitos, sencillos, pero con un mensaje claro y cuidado, permiten trabajar a diferentes niveles todo lo referido a la ecología, la economía y el consumo sostenible y el cambio climático. Utiliza un lenguaje, tanto visual como escrito muy cercano al que utilizan l@s niños y niñas. Hemos disfrutado mucho con ellos.