

TRABALLO FIN DE GRAO

**Proxeccións futuras de eventos
extremos de temperatura e
vagas de calor nas principais
ciudades galegas.**



Héctor Carballo Seara
Grao en Ciencias Ambientais
Outubro 2019

Departamento de Física Aplicada

Faculta _{de} Ciencias

Universida _{de} Vigo

Faculta_{de}Ciencias

Universida_{de}Vigo

Proxeccións futuras de eventos extremos de temperatura e vagas de calor nas principais cidades galegas.

Traballo de fin de grao

Grao en Ciencias Ambientais



Environmental | Physics | Laboratory

EPhysLab

Héctor Carballo Seara

Grao en Ciencias Ambientais

Outubro 2019

Dra. María Teresa de Castro Rodríguez, profesora titulada na área de Física da Terra, do departamento de Física Aplicada, da Universidade de Vigo e **Dr. Jorge Costoya Noguero** investigador da área de Física da Terra, do departamento de Física Aplicada, da Universidade de Vigo.

INFORMAN:

Que o traballo titulado “**Proxeccións futuras de eventos extremos de temperatura e vagas de calor nas principais cidades galegas**” presentado por **D. Héctor Carballo Seara**, con **D.N.I.: 44657345-Q**, foi realizado baixo a nosa dirección no departamento de Física Aplicada da Universidade de Vigo, e autorizamos a súa presentación como **Traballo de Fin de Grao do Grao de Ciencias Ambientais** ao consideralo apto para a súa defensa.

Ourense, 22 de Outubro de 2019

Dra. María Teresa de Castro Rodríguez

Dr. Jorge Costoya Noguero

RESUMO

O cambio climático é unha preocupación global de primeira magnitude. Chámasele cambio climático á variación global do clima na Terra, que pode deberse a causas naturais ou humanas e se produce a moi diversas escalas de tempo sobre tódolos parámetros climáticos: temperatura, precipitación, vento, etc. Este cambio ven principalmente motivado polo incremento de gases de efecto invernadoiro na atmosfera. Neste estudo, analizouse o cambio climático dende o punto de vista da variable da temperatura máxima. Os cambios futuros nesta variable cobran especial importancia pola súa implicación sobre o incremento ou diminución das vagas de calor e os eventos extremos de temperatura, que á súa vez se asocian, por exemplo, con incrementos na mortalidade ou co incremento no número de lumes. Esta análise realizouse para as 7 principais cidades galegas: Vigo, Pontevedra, Santiago, A Coruña, Ferrol, Lugo e Ourense.

Co obxectivo de analizar as proxeccións futuras ó longo do século XXI, empregáronse datos do proxecto CORDEX, concretamente de 12 modelos climáticos rexionais (RCMs) para o escenario de emisións de gases de efecto invernadoiro RCP8.5, o cal está considerado como o escenario máis pesimista. A partir destes datos, que foron tratados empregando o software MATLAB, analizáronse as temperaturas máximas, os eventos extremos e tamén as vagas de calor. Seguindo isto, obtivemos unha previsión de tendencia das temperaturas máximas claramente crecente para o período 2006-2099. Destacan cidades coma Ourense ou Santiago, as cales, segundo o noso estudo, presentan un aumento aproximado de 0,68 °C por década. Pola contra, as cidades de A Coruña e Ferrol serán as que menos sufran dito aumento, cun valor de 0,4 °C e 0,49 °C por década, respectivamente. En canto o número de eventos extremos no futuro, unha vez máis destaca a cidade ourensá dentro dunha liña de tendencia que de novo se volve a mostrar de forma crecente en tódalas cidades. Desta quenda, a cidade de Vigo será a que acompañe a Ourense no pico de cidades máis afectadas por eventos extremos futuros, presentando as cidades uns valores aproximados de cara a finais de século de 4,14 días e 3,58 días por década, respectivamente. Na outra cara da moeda estarán Ferrol, Santiago e Lugo, as cales presentan valores aproximados de 2,57, 2,89 e 2,9 días por década, respectivamente. Por último, analizouse o fenómeno das vagas de calor, as cales mantéñense en sintonía cos fenómenos previamente citados, mostrando unha tendencia crecente ao longo de todo o período de estudo. Unha vez máis, Ourense destaca como a cidade onde a frecuencia destes eventos medrará máis, neste caso na compañía de Vigo e Pontevedra. Atopamos esta vez uns valores aproximados de incremento dunhas 5 vagas de calor de cara a finais de século nas 3 cidades. Ferrol, Santiago e Lugo serán as cidades menos afectadas por este fenómeno, atopándonos con valores aproximados de 4 vagas para as 3 cidades.

En definitiva, podemos deducir que ao longo do século XXI, viviremos en Galicia un aumento das temperaturas máximas e da frecuencia de aparición de eventos extremos e de vagas de calor. Si ben é certo que o aumento non será igual para tódalas cidades,

todas deberán de sufrir un proceso de adaptación ao longo dos vindeiros anos. Este proceso de adaptación ao novo escenario co que se atoparán será máis ou menos duro dependendo da zona afectada, pero aínda que pareza que as cidades que mostran valores máis altos, coma por exemplo a cidade de Ourense, serán as máis afectadas, hai que ter en conta que esta cidade está “máis acostumada” a sufrir temperaturas elevadas, mentres que outras cidades onde o incremento vai a ser menos intenso, coma pode ser a cidade de Ferrol, afrontarán situacións novas que poden facer necesarias maiores medidas de adaptación. Iso si, o feito de que en zonas onde xa hai valores elevados de temperatura se produzan os aumentos máis relevantes indica que a situación que se pode chegar a vivir nestas zonas pode converterse nun escenario preocupante.

Por último, tamén establecemos unha comparativa de resultados con traballos previos, na cal chegamos ao punto de que hai unha grande similitude entre os nosos resultados e os deles. Isto, ademais de acentuar a credibilidade do estudo, tamén reflexa a realidade do problema que supoñen os aumentos na temperatura máxima aos que nos imos afrontar nos vindeiros anos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1 O cambio climático.....	10
1.2 Eventos de acontecementos climáticos extremos.....	14
1.3 Área de estudo.....	15
1.4 Obxectivos.....	19
2. DATOS E METODOLOXÍA.....	20
2.1 Datos de CORDEX.....	20
2.2 Metodoloxía.....	21
2.3 Eventos extremos e vagas de calor.....	21
3. RESULTADOS.....	24
3.1 Temperaturas máximas no período pasado (1980-2005).....	24
3.2 Temperaturas máximas no período futuro (2006-2099).....	26
3.3 Días con temperaturas extremas no futuro (2006-2099).....	28
3.4 Vagas de calor no futuro (2006-2099).....	30
4. DISCUSIÓN.....	31
5. CONCLUSIÓN.....	36
6. BIBLIOGRAFÍA.....	38

1. INTRODUCCIÓN

1.1 O cambio climático

O clima é o resultado da evolución dos sistemas naturais ao longo de millóns de anos. Unha das súas principais características é a súa variabilidade natural sobre a cal o ser humano actúa cada vez máis, modificando a composición da atmosfera a través das súas actividades, as cales teñen cada vez unha maior incidencia sobre o clima. Chámasele cambio climático á variación global do clima na Terra. Este pode ser debido a causas naturais e tamén á acción do home e se produce a moi diversas escalas de tempo sobre tódolos parámetros climáticos: temperatura, precipitación, vento, etc.

Un aspecto chave do proceso de cambio climático é o relativo ó “efecto invernadoiro”, o cal se refire á retención da radiación emitida pola Terra na atmosfera por parte dunha capa de gases, coñecida como gases de efecto invernadoiro. Sen eles a vida tal e como a coñecemos non sería posíbel xa que o noso planeta tería unha temperatura demasiado baixa. Entre ditos gases, ademais do vapor de auga, atópanse o dióxido de carbono, o óxido nítrico e o metano, os cales son liberados pola industria, a agricultura e a combustión de combustibles fósiles. Segundo un estudo realizado pola Administración Nacional do Océano e da Atmosfera (NOAA) dos Estados Unidos de América, no mundo industrializado a concentración destes gases aumentou un 30% dende o século pasado, alterando así o equilibrio natural das emisións.

Para interpretar correctamente o cambio climático, debemos coñecer o desequilibrio existente no balance de enerxía terrestre como consecuencia de procesos e axentes naturais e antropoxénicos. O forzamento radiativo permite cuantificar os cambios nos valores do fluxo enerxético. Os valores positivos do forzamento radiativo en base ao fluxo enerxético amosarán un quentamento da superficie, mentres que os valores negativos indicarán arrefriamento da mesma. (Porrás et al., 2014). Na Figura 1.1 pódese ver a contribución de diferentes factores ao forzamento radiativo terrestre durante o período 1750-2011, que engloba a era industrial. O forzamento radiativo antropoxénico total é positivo ($2,29 \text{ W/m}^2$), sendo o aumento de CO_2 o factor que máis contribuíu a este incremento.

Na actualidade o Panel Intergubernamental sobre o Cambio Climático (IPCC) contempla a idea de que o noso modo de produción e consumo enerxético está a xerar unha alteración climática global, na cal se provocarán serios impactos tanto sobre a Terra coma sobre os sistemas socioeconómicos.

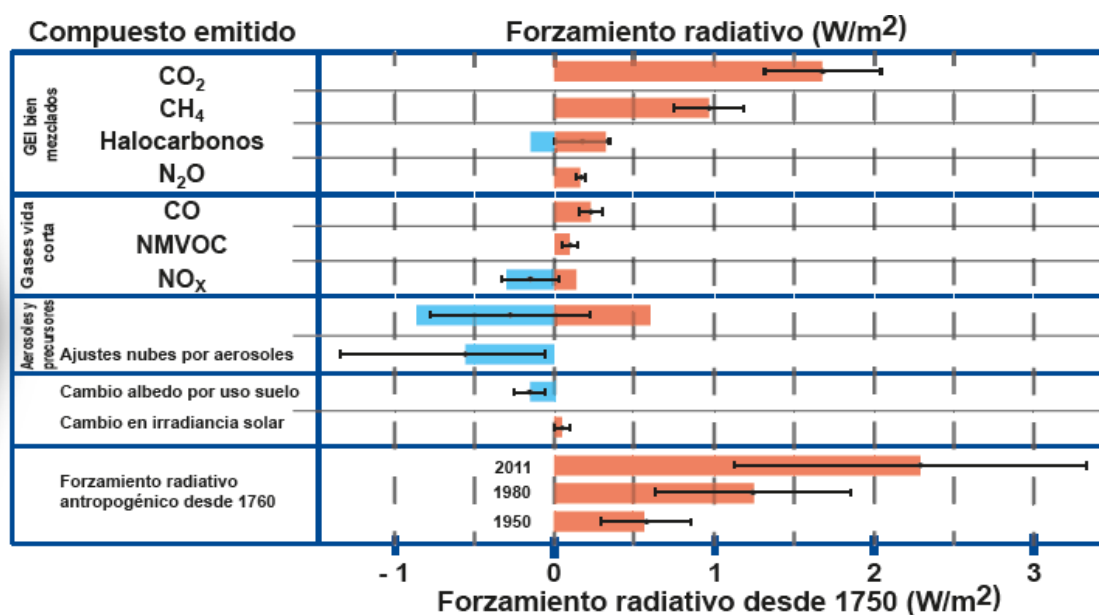


Figura 1.1: Estimacións do forzamiento radiativo en 2011 e incertezas con respecto a 1750 (W/m^2). Fonte: IPCC, bases físicas, 2013.

Un modelo climático global (GCM) pode proporcionar información de predición en escalas de máis de 100 anos con mallas que percorren todo o planeta. Así, os GCMs pódennos proporcionar proxeccións de como o clima da Terra pode alterarse no futuro. Estes resultados son a principal ferramenta coa que conta a comunidade científica internacional para anticiparse ós cambios futuros no clima e tomar decisións sobre a mitigación do cambio climático. Sen embargo, os impactos do cambio climático e as estratexias de adaptación para tratar con eles, deben de ser analizados en escalas rexionais con espaciados de mallas inferiores aos 20 km, que garanten resultados máis fiables. Os modelos climáticos rexionais (RCMs) aplícanse sobre áreas limitadas. Para executar estes modelos, pódense utilizar como condicións iniciais e de contorno os resultados proporcionados polos GCMs. Deste xeito, os RCM poden proporcionar información sobre rexións moito máis pequenas cunha maior resolución orográfica, o cal nos permite un maior detalle do impacto. Isto pode ser transcendental en rexións vulnerables.

Na actualidade, o proxecto *Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment* (CORDEX) proporciona proxeccións climáticas rexionais ate o ano 2100 considerando as simulacións climáticas globais. Este proxecto é o máis ambicioso ata a actualidade no que a rexionalización se refire, xa que as súas simulacións proporcionan datos de alta resolución espacial centrándose en espaciados de malla de aproximadamente 12 km (0,11 graos) en Europa (EURO-CORDEX). Para realizar estas simulacións CORDEX emprega GCMs que proveñen do proxecto de intercomparación de modelos acoplados, fase 5 (CMIP5).

Dado que a evolución do clima ó longo do século XXI está sometido a unha serie de incertezas ligadas a maior ou menor emisión de gases de efecto invernadoiro, para realizar proxeccións futuras, a comunidade científica estableceu diferentes escenarios de emisión que representan escenarios máis ou menos optimistas sobre a intensidade do cambio climático ó longo do século XXI. Os escenarios describen liñas evolutivas plausibles das condicións climáticas e outros aspectos do futuro, principalmente relacionados con aspectos socio-económicos, as emisións dos Gases de Efecto Invernadoiro (GEI) e aerosois asociados. Desta forma, dependendo do incremento futuro na concentración de GEI na atmosfera, pódese establecer cal será o incremento do forzamento radiativo en W/m^2 . No Quinto Informe do IPCC (2013) definíronse catro novos escenarios de emisión, os denominados Traxectorias de Concentración Representativas (RCP). Na comparativa cos seus predecesores, ditos escenarios climáticos futuros consideran unha cantidade cada vez maior de datos, tales como aspectos socioeconómicos, tecnoloxías emerxentes, uso da terra e cambios na cobertura da terra (Moss et al., 2008). Estes escenarios diferéncianse no seu forzamento radiativo total para o ano 2100, o cal oscila entre 2,6 e 8,5 W/m^2 . Nestes novos RCP (Táboa 1.1) defínese un escenario no cal os esforzos de mitigación conducen a un nivel de forzamento moi baixo (RCP 2.6), dous escenarios de estabilización (RCP 4.5 e RCP 6.0) e un escenario cun nivel moi alto de emisións de GEI (RCP 8.5). Ditos escenarios contemplan os efectos das políticas orientadas a mitigar o cambio climático do século XX fronte aos escenarios de emisión empregados no cuarto Informe do IPCC (2007), os cales non consideraban os efectos das posibles políticas e acordos internacionais considerados para mitigar as emisións.

Táboa 1.1: Escenarios RCP. Fonte: IPCC (2013).

	FR	Tendencia do FR	[CO ₂] en 2100
RCP 2.6	2,6 W/m^2	Decrecente no 2100	421 ppm
RCP 4.5	4,5 W/m^2	Estable en 2100	538 ppm
RCP 6.0	6,0 W/m^2	Crecente en 2100	670 ppm
RCP 8.5	8,5 W/m^2	Crecente en 2100	936 ppm

A partir destes escenarios de emisión pódense obter proxeccións futuras sobre o cambio climático global. Algúns dos cambios estimados de temperatura que se menciona no último informe do IPCC ata a fin do século XXI son:

- Aumento da temperatura global na superficie terrestre superior a 1,5 °C con respecto ao período 1850-1900. O cambio non será rexionalmente uniforme.
- As vagas de calor produciranse cunha maior frecuencia e serán máis duradeiras. Os fríos invernales extremos seguirán aparecendo de forma ocasional.

A figura 1.2 mostra o cambio na temperatura media da superficie para dous escenarios de emisión entre os períodos 1986-2005 e 2081-2100. Para as proxeccións correspondentes ao escenario RCP 2.6 o aumento da temperatura sitúase entre 0,3 °C e 1,7 °C, mentres que no RCP 8.5 o escenario de variación presenta valores moito máis altos. Tamén se pode observar que o quecemento non é uniforme entre as rexións, pois a rexión do Ártico quentárase máis e o quecemento nas zonas continentais será maior que nas oceánicas.

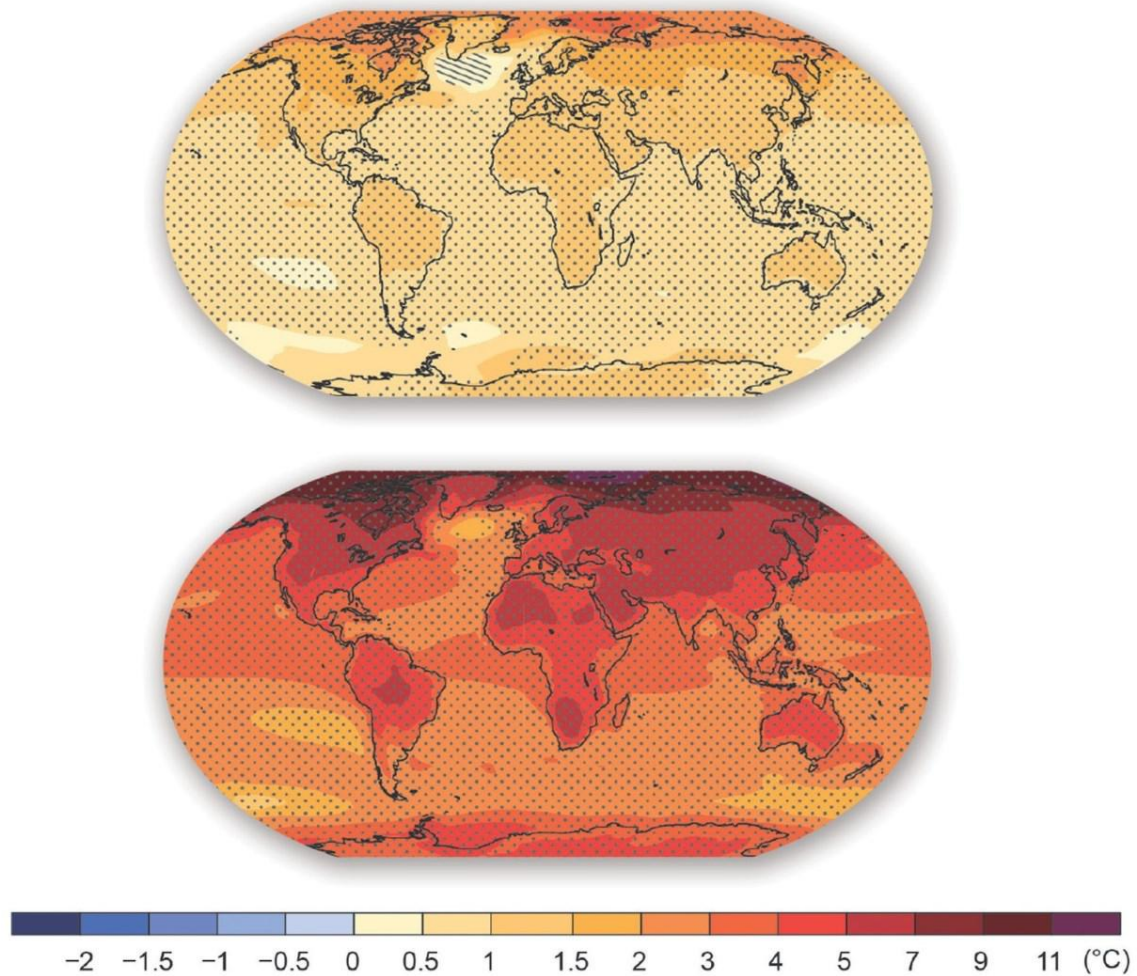


Figura 1.2: Cambio anual da temperatura media global da superficie para o escenario RCP 2.6 (superior) e RCP 8.5 (inferior). Diferenza entre os períodos 1986-2005 e 2081-2100. Fonte: Bases Físicas IPCC 2013. Os fotogramas sombreados indican as rexións onde a media dos múltiples modelos é pequena en comparación coa variabilidade interna natural (é dicir, inferior á desviación estándar da variabilidade interna natural en medias de 20 anos). As tramas punteadas indican as rexións onde a media dos modelos múltiples é grande en comparación coa variabilidade interna natural (é dicir, maior que dous desviacións típicas da variabilidade interna natural en 20 anos) e onde, polo menos, o 90% dos modelos coinciden co signo do cambio.

1.2 Eventos de acontecementos climáticos extremos.

Un “acontecemento” climático extremo defínese como ese episodio, evento ou suceso meteorolóxico anómalo ou pouco frecuente, segundo a súa distribución estatística para un lugar determinado. Estes eventos son fenómenos de grande importancia e interese a nivel científico e social que pode afectar a varias áreas do planeta e causar moitos danos. As vagas de calor e de frío, episodios de precipitación moi intenso, secas, inundacións ou furacáns serían exemplos de eventos climáticos de carácter extrema.

Un estudo recente atribúe ó forzamento radiativo de gases de efecto invernadoiro como a principal causa de cambios na frecuencia e intensidade dos acontecementos extremos climáticos (Schoof e Robeson, 2016). Estes cambios normalmente teñen un forte impacto na sociedade e no medio ambiente (Karl e Easterling, 1999). Este feito provocou nos últimos anos unha crecente preocupación polos efectos do cambio climático nestes eventos nun intento de tentar mitigar os danos e conseguir unha mellor adaptación ante as novas condicións climáticas (Karl e Easterling, 1999).

No último informe do IPCC establecece, cun 95% de fiabilidade, que actualmente a principal causa do quentamento global é a actividade humana en comparación con estudos e análises realizados anteriormente. Indica que é moi probable que se produza un aumento na frecuencia e intensidade de eventos extremos, especialmente os eventos de vagas de calor e os de intensas precipitacións (Hay et al., 2016). Os eventos extremos adoitan ter maior relevancia para a sociedade e para os sistemas naturais pois canto máis relevante sexa o evento, maior será a probabilidade de causar estragos ambientais e sociais. Os custos económicos e sociais por culpa dos eventos extremos poderían verse incrementados de xeito significativo ante os cambios que poden ocorrer nestes eventos como consecuencia do cambio climático (Hoepppe, 2016).

A aparición anómala de eventos extremos fai necesario investigar máis para poder determinar os cambios na súa frecuencia e intensidade (Sillmann e Roeckner, 2008). Os eventos extremos pódense clasificar de moitas maneiras diferentes, sendo a máis común a clasificación en base a umbrais, como por exemplo o número de días nos que a temperatura mínima está por debaixo do grao de conxelación. Outro tipo de clasificación baséase nos percentís, nos que se contabiliza o número de días nos que se alcanzan temperaturas superiores a un determinado percentil, normalmente o percentil 90 ou 95, nunha localización determinada. Así, desenvolvéronse numerosos índices baseados en percentiles pola Comisión Climatolóxica Internacional, o Programa Mundial de investigación sobre o Clima (WCRP), o proxecto CLIVAR e o equipo de expertos sobre a detección do cambio climático (Wehner et al., 2013).

1.3 Área de estudo

A nosa área de estudo corresponderase coas 7 cidades principais da comunidade autónoma de Galicia: Vigo, Pontevedra, Santiago, A Coruña, Lugo, Ferrol e Ourense (Figura 1.3). Tomamos como referencia estas cidades debido á súa magnitude representativa. Así, un dato que avaliaría isto é que, segundo os rexistros oficiais rexistrados no ano completo de 2018, entre estas cidades suman unha poboación total de aproximadamente 988.028 habitantes, polos aproximadamente 2.718.525 habitantes que residen na comunidade.

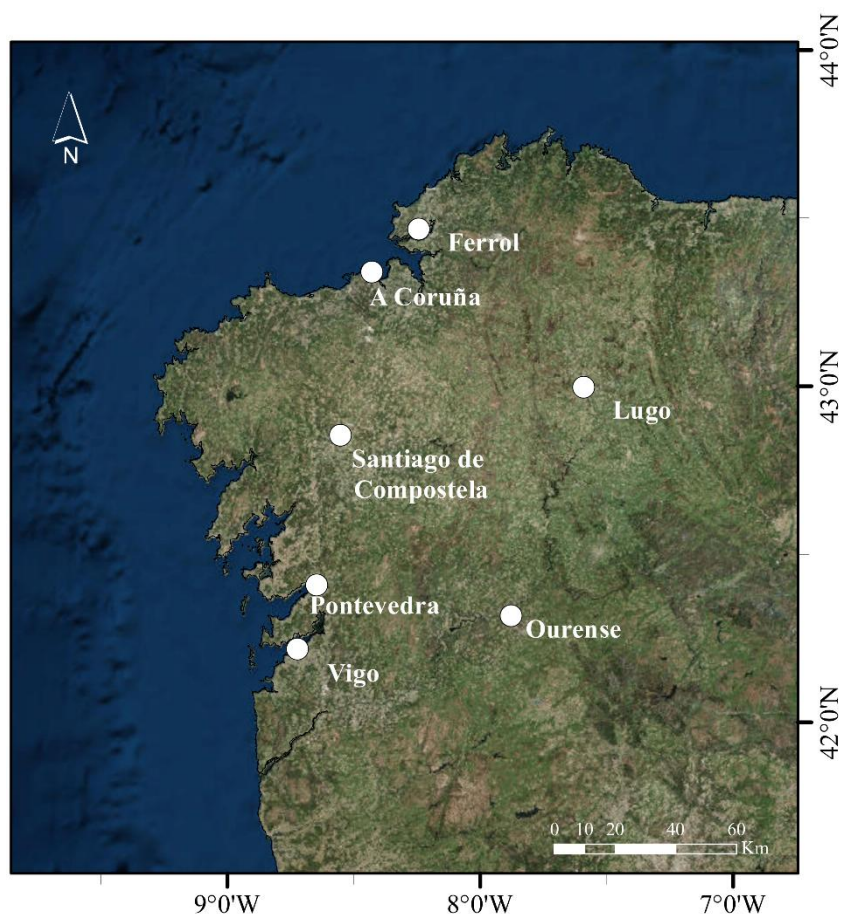


Figura 1.3: Localización das sete cidades analizadas no presente traballo. Fonte base cartográfica: Imaxe Landsat/Copernicus, Google, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO.

En termos globais, o clima de Galicia poderíase clasificar como un clima oceánico case puro con tinguidos suboceánicos e subtropicais. A distribución espacial das temperaturas presenta unha variante de costa e interior, relacionada coa presenza do océano Atlántico, o cal ten un efecto regulador térmico nas zonas costeiras e, en menor medida, nas zonas de interior. Tamén presenta a variante norte-sur, a cal hai que por en relación co balance anual entre as compoñentes climáticas temperada e subtropical.

A figura 1.4 amosa as temperaturas medias no verán, estación na que se centra o presente estudo, para Galicia tomada do Atlas Climático de Galicia (Cortizas e Alberti,

1999). Segundo o Atlas, a temperatura media anual da comunidade é de 13,3 °C mentres que a da estación estival de 19 °C. Chama a atención que neste estudo, a cidade da Coruña é a que presenta a temperatura media no verán máis elevada (19,7 °C) e Ourense a menor (17,9 °C). Isto pódese deber a que na cidade de Ourense as temperaturas sofren unha baixada importante durante a noite, o cal repercute na medida media das mesmas.

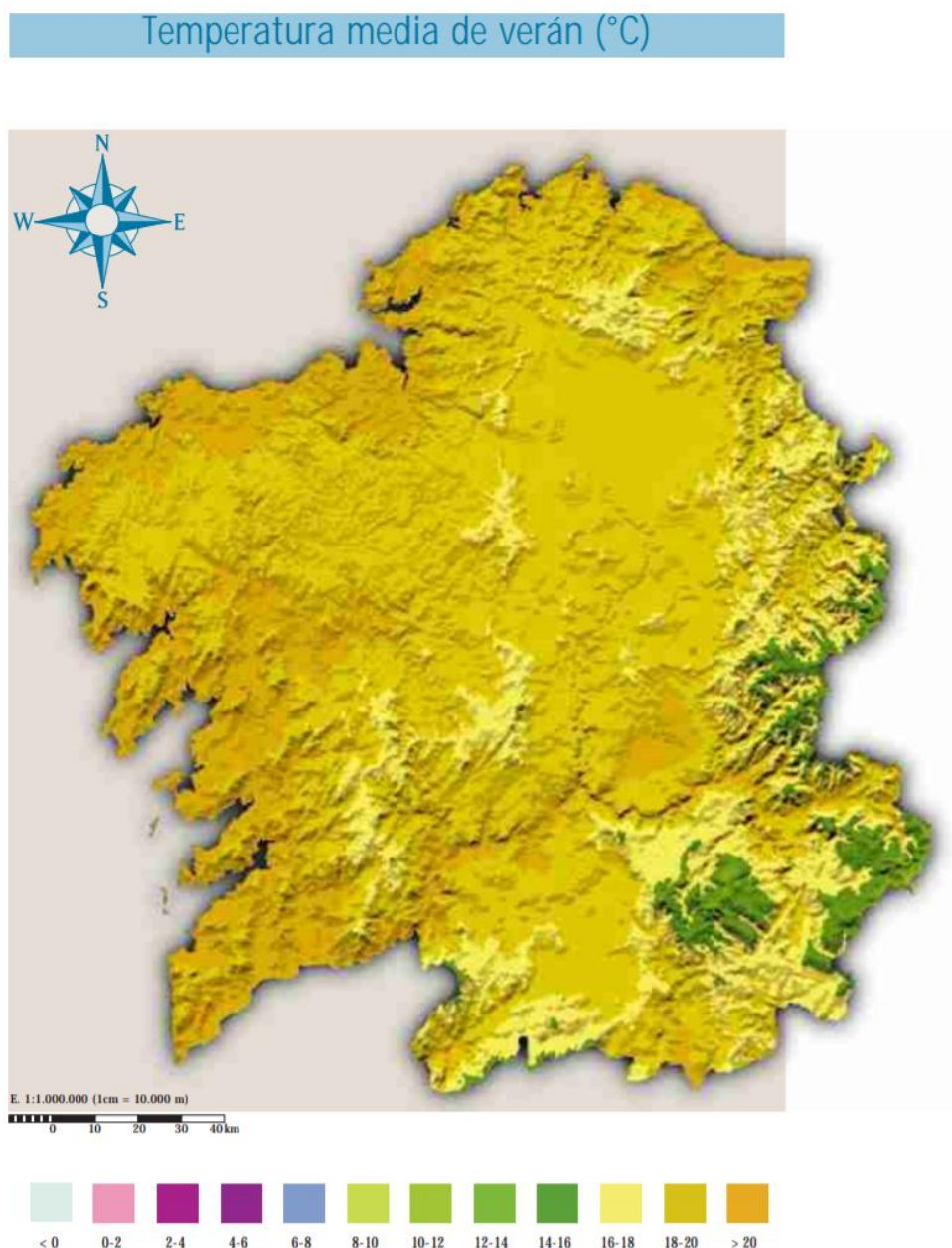


Figura 1.4: Mapa coa distribución das variacións de temperaturas medias para Galicia durante a estación de verán. Fonte: Atlas Climático de Galicia (Cortizas e Alberti, 1999).

Estudios previos xa centraron a súa atención nos eventos extremos de temperatura na comunidade galega. Neste punto imos a facer especial mención ao traballo desenrolado por deCastro et al., (2011). Este estudo analizou os efectos que poden chegar a causar as

vagas de calor na saúde humana en Galicia. No traballo coméntase que as vagas de calor son a principal causa de mortalidade relacionada directamente co clima e coas modificacións que o mesmo pode sufrir, deixando así claro o perigo que pode traer consigo un incremento na intensidade e frecuencia das vagas de calor. Neste estudo, tómase como referencia de estudo as capitais de provincia da comunidade galega (A Coruña, Lugo, Pontevedra e Ourense). Despois de realizar un estudo analítico sobre os efectos das vagas de calor baseándose nas temperaturas máximas en ditas cidades para o período de 1973-2006 e tomando sempre como referencia os valores de temperatura que excedían o percentil 95 nas 4 provincias chegouse á identificación de dúas grandes vagas que transcorreron na comunidade durante o período de 1987-2006, concretamente a primeira transcorreu no mes de xullo do ano 1990 e a segunda no mes de agosto do ano 2003. Estas vagas foron causantes da morte de numerosas persoas. O excesivo aumento das temperaturas en Galicia foi similar durante ámbalas dúas vagas pero soamente a segunda foi rexistrada coma tal. Isto, seguramente foi debido a que a vaga de calor de agosto do 2003 afectou tamén a máis países de Europa, mentres que a primeira tivo un rango de afección moito menor. A vaga de 1990 tivo unha maior repercusión na mortalidade da poboación maior de 65 anos que a da 2003, o cal se pode xustificar á adaptación sociolóxica e física aos efectos da vaga, e tamén afectou en maior medida á poboación de mulleres ca de homes debido, por exemplo, ao período da menstruación que teñen as mulleres, o cal afecta especialmente á regulación da temperatura corporal. Estudouse tamén a posición da alta subtropical atlántica sobre as dúas vagas. Ambas tiveron unha situación sinóptica semellante, caracterizada por un desprazamento ata o noroeste do atlántico subtropical, pero a anomalía detectada na temperatura en 1990 estivo centrada no Golfo de Biscaia mentres que a de 2003 estivo moito máis estendida, afectando a un amplo territorio do continente europeo.

A modo introdutorio, na Figura 1.5 represéntanse as climatoloxías das temperaturas máximas tomando como referencia o período 1980-2005 para as 7 cidades obxecto de análise, elaboradas ca mesma fonte de datos que se empregará neste traballo. Deste xeito, na Figura 1.5 podemos apreciar un compendio de 7 gráficas, nas cales se mostran a variación das temperaturas máximas ao longo dos meses do ano para cada cidade. Como se pode observar para as 7 cidades, os meses de xuño a setembro foron os meses nos que atopamos unhas temperaturas máximas medias máis elevadas. Por este motivo, o intervalo mensual de xuño a setembro será o período empregado para analizar os días con eventos extremos de temperatura e máis as vagas de calor.

Na Figura 1.5 pódese observar que é na cidade de Ourense na cal atopamos o pico máis elevado, supera o valor de 25 °C, no mes de agosto. Como podemos ver, nas cidades de Vigo, Pontevedra e Ourense é onde atopamos unha curva máis elevada no que a temperaturas máximas se refire con respecto ás demais. A ditas cidades séguenas Santiago, Ferrol e Lugo cunha curva tamén moi parella entre elas e por último atopamos a cidade de A Coruña, onde se aprecia unha diferenza significativa na súa curva coas 6 cidades restantes, pois podemos ver un pico de temperatura máxima que si ben tamén se

corresponde co mes de agosto coma nas restantes, si que alcanza un valor de temperatura inferior, chegando escasamente aos 20 °C.

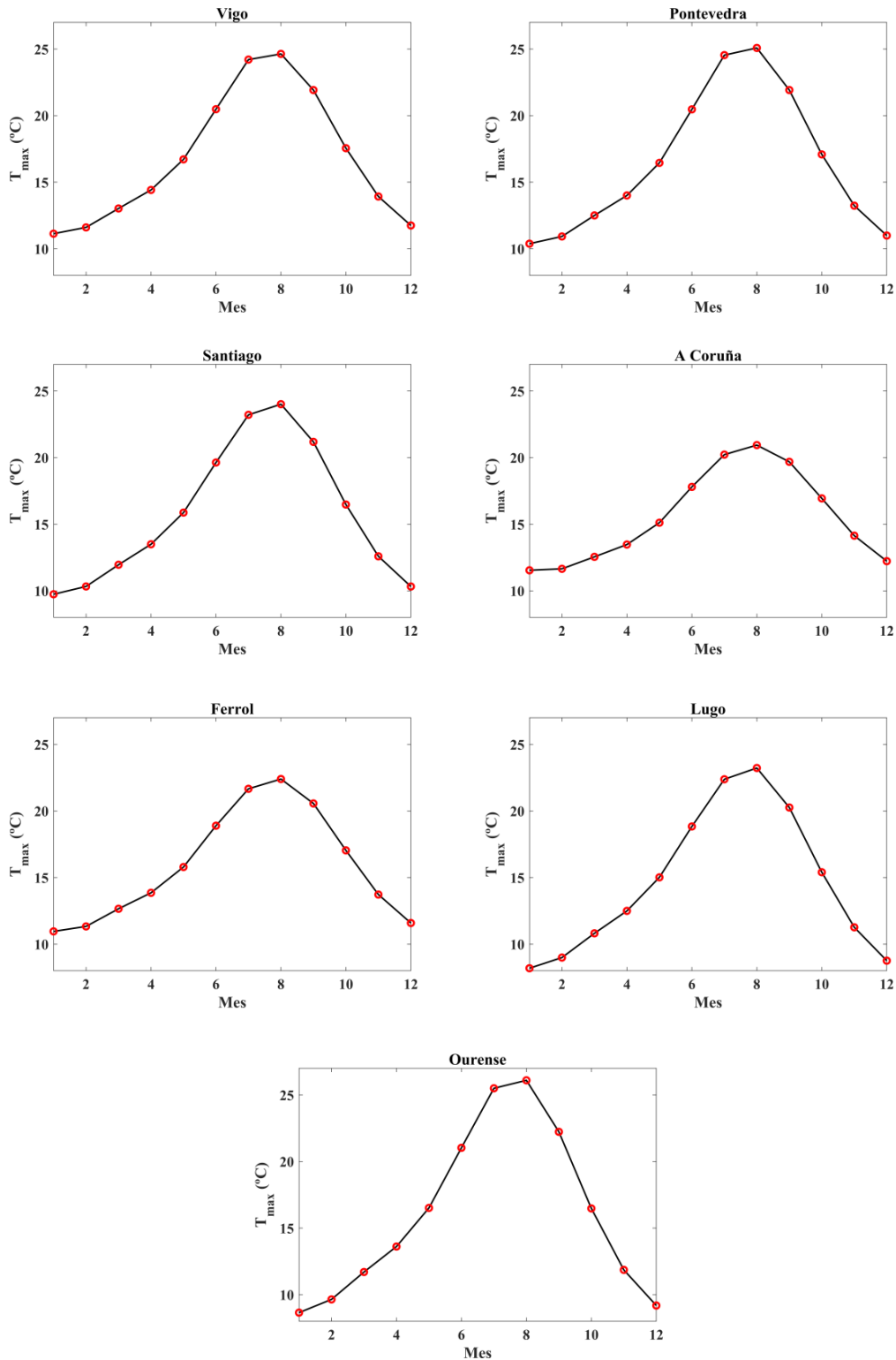


Figura 1.5: Variación das temperaturas máximas ao longo dos meses para as 7 cidades galegas tomadas como referencia para este estudo.

1.4 Obxectivos

Algunhas das consecuencias que pode traer consigo o cambio climático pódense ver reflectidas nos aumentos das temperaturas máximas o longo do século XXI. Neste estudo, ímonos centrar na evolución da temperatura máxima nas 7 cidades “principais”: Vigo, Pontevedra, Santiago, A Coruña, Ferrol, Lugo e Ourense da comunidade galega ao longo das próximas décadas, así coma tamén na aparición de eventos extremos climáticos e vagas de calor. Para elo trataremos con MATLAB os datos de temperaturas máximas obtidos das simulacións climáticas rexionais corridas dentro do proxecto CORDEX baixo un escenario de quentamento RCP 8.5, que é considerado o escenario menos optimista.

O traballo estará estruturado do seguinte xeito:

- No punto 2 indicaremos **as bases de datos** que se utilizaron neste traballo e máis **a metodoloxía** empregada para realizar os diferentes cálculos en relación aos eventos extremos e vagas de calor.
- No punto 3 falaremos dos **resultados** obtidos a partir das temperaturas máximas para as 7 cidades principais da comunidade nos períodos 1980-2005 e 2006-2099, tamén se analizarán o número de días con temperaturas extremas e o número de vagas de calor o longo do século XXI (2006-2099).
- No punto 4 aportaremos unha **discusión** sobre todo os resultados obtidos comparándoos con resultados previos.
- Finalmente, no apartado 5 mostraremos as nosas **conclusións**, despois de tódolos estudos e análises que fixemos ao longo do noso traballo.

2. DATOS E METODOLOXÍA

2.1 Datos de CORDEX

Os datos de temperatura máxima empregados neste traballo obtivéronse do proxecto CORDEX promovido polo WCRP. O principal obxectivo deste proxecto é o de organizar un marco coordinado internacionalmente para producir proxeccións rexionais do cambio climático a nivel mundial. Neste proxecto considéranse diferentes rexións do planeta denominadas dominios. Para este traballo empregáranse os datos do dominio centrado en Europa, coñecido como EURO-CORDEX. Nesta rexión combináronse diferentes modelos climáticos rexionais (RCMs) cunha resolución espacial de 0.11° x 0.11° alimentados con datos dos modelos climáticos globais (GCMs) derivados do proxecto CMIP5.

A continuación, móstrase unha táboa con tódolos modelos empregados para este traballo:

Histórico e RCP8.5		
Experimentos		
GCM	RCM	INSTITUTO
CNRM-CM5	CCLM4-8-17	CLMcom
CNRM-CM5	RCA4	SMHI
IPSL-CM5A-MR	RCA4	SMHI
IPSL-CM5A-MR	CCLM4-8-17	CLMcom
MPI-ESM-LR	CCLM4-8-17	CLMcom
MPI-ESM-LR	RCA4	SMHI
EC-EARTH	CCLM4-8-17	CLMcom
EC-EARTH	RCA4	SMHI
EC-EARTH	RACMO22E	KNMI
EC-EARTH	HIRHAM5	DNI
HadGEM2-ES	CCLM4-8-17	CLMcom
HadGEM2-ES	RCA4	SMHI

Os valores mensuais de temperatura máxima descargáronse a través do servidor alemán de CORDEX: <https://esgf-data.dkrz.de/search/cordex-dkrz/>

No Quinto Informe de Avaliación do IPCC (AR5) (IPCC, 2013) definíronse catro escenarios de RCPs como base para as predicións climáticas e as proxeccións climáticas presentadas no AR5. Estas identifícanse polo forzamento radiactivo total aproximado para o ano 2100 con respecto a 1750, que se considera comprendido nun intervalo entre 2.6 e 8.5 Wm⁻². Non obstante, estes valores deben ser interpretados de xeito indicativo posto que o forzamento climático resultante de tódolos factores varía dun modelo a outro, en función das características do mesmo.

Para realizar este traballo seleccionáronse os datos do escenario máis pesimista, é dicir, o escenario RCP8.5, que como xa se sinalou na introdución caracterízase por asumir un

valor do forzamento radioactivo total de 8.5 Wm^{-2} , cunha tendencia crecente e cunha concentración de CO_2 no ano 2100 de 936 ppm.

Os datos diarios de temperatura máxima para o período histórico descargáronse para o período 1980-2005, mentres que as proxeccións futuras do escenario RCP8.5 tomáronse para o período 2006-2099.

2.2 Metodoloxía

Para realizar a análise dos eventos extremos no futuro utilizouse un enfoque baseado no uso dun multimodelo. Este enfoque consiste en promediar os valores de temperatura máxima dos 12 modelos descritos na Táboa 2.1 e despois realizar as diferentes análises sobre o resultado do promedio de todos os modelos. Diferentes estudos que traballaron con varios modelos de proxeccións futuras mostraron que este enfoque permite reducir os erros (Jacob et al., 2014).

Un dos obxectivos deste traballo é analizar e cuantificar as variacións nas temperaturas máximas, eventos extremos e vagas de calor para o pasado e tamén para o futuro. Para este propósito calculáronse as tendencias seguindo un axuste lineal.

Como dispomos de doce RCMs, cada cálculo vai acompañado da desviación estándar, que se calculou seguindo a fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Onde:

σ é a desviación estándar; x_i é o valor correspondente a cada RCM, mentres que \bar{x} é a media de todos os modelos; N é o número de RCMs, 12 neste caso.

2.2.1 Eventos extremos e vagas de calor.

Os eventos extremos fan referencia a tódolos fenómenos meteorolóxicos extremos (principalmente secas e vagas de calor) que poden acontecer nunha determinada localización, no noso caso nas 7 cidades galegas. A definición que seguimos para realizar este traballo foi a empregada pola Axencia Meteorolóxica Española (AEMET). Así, definimos coma evento extremo de temperatura aquel día no que a temperatura máxima supera o percentil do 95% da serie de temperaturas máximas diarias tomando como referencia o período histórico para o cálculo deste percentil.

Por outro lado, e tomando tamén como referencia a definición proposta por AEMET podemos dicir que unha vaga de calor é un episodio no cal durante 3 días seguidos se dan as condicións meteorolóxicas que definen un evento extremo.

O manexo de datos neste traballo levouse a cabo mediante a linguaxe de programación MATLAB, o cal é un potente e fiable instrumento de software numérico xerado para a computación técnica. O seu software facilítanos a obtención e o tratamento de operacións de índole matemática, simulacións, análises e procesamento de datos así como a observación e a representación de gráficas.

3. RESULTADOS

3.1 Temperatura máxima nas principais cidades galegas no pasado (1980-2005)

Este apartado mostra a evolución interanual e a tendencia da temperatura máxima nas 7 grandes cidades galegas, considerando só a estación cálida (xuño-setembro), para o período 1980-2005. Os resultados que se amosan obtivéronse a partir do multimodelo.

Na Táboa 3.1 podemos ver os valores de tendencia das temperaturas máximas e da desviación estándar para as 7 principais cidades galegas. Os valores son similares para todas elas, con valores próximos a 0.4°C/década en tódolos casos. Unicamente nas cidades de A Coruña e Ferrol o valor de tendencia está por debaixo dos 0.4 °C/década, estando no resto de cidades lixeiramente por riba desta cifra. En xeral, os valores de desviación estándar que se obtiveron, son altos, ca excepción da cidade da Coruña, o que da idea de certa variabilidade nas proxeccións entre os diferentes modelos.

Na Figura 3.1 podemos observar a variación interanual da temperatura máxima obtida do multimodelo (liña azul e barras de erro) e a súa tendencia (liña vermella) nas 7 principais cidades. De forma xeral, pódese destacar a liña de tendencia de tódalas figuras, que en consonancia cos resultados da Táboa 3.1, podemos apreciar como en todas as cidades a temperatura máxima aumenta de maneira constante durante todo o intervalo temporal. Se se analiza este crecemento dunha maneira máis particular, podemos observar que o maior incremento en tódalas cidades deuse a partir do ano 1995, rexistrándose os valores máis altos da serie en torno ó ano 2000.

Táboa 3.1: Valores de Tendencia (°C/década) e Desviación Estándar (SD) calculados a partir dun conxunto de RCMs de CORDEX para o período histórico (1980-2005) nas 7 principais cidades de Galicia.

	Tendencia (°C/década)	SD (°C)
Vigo	0,41	0,37
Pontevedra	0,43	0,44
Santiago	0,42	0,4
A Coruña	0,31	0,14
Ferrol	0,37	0,25
Lugo	0,41	0,34
Ourense	0,42	0,4

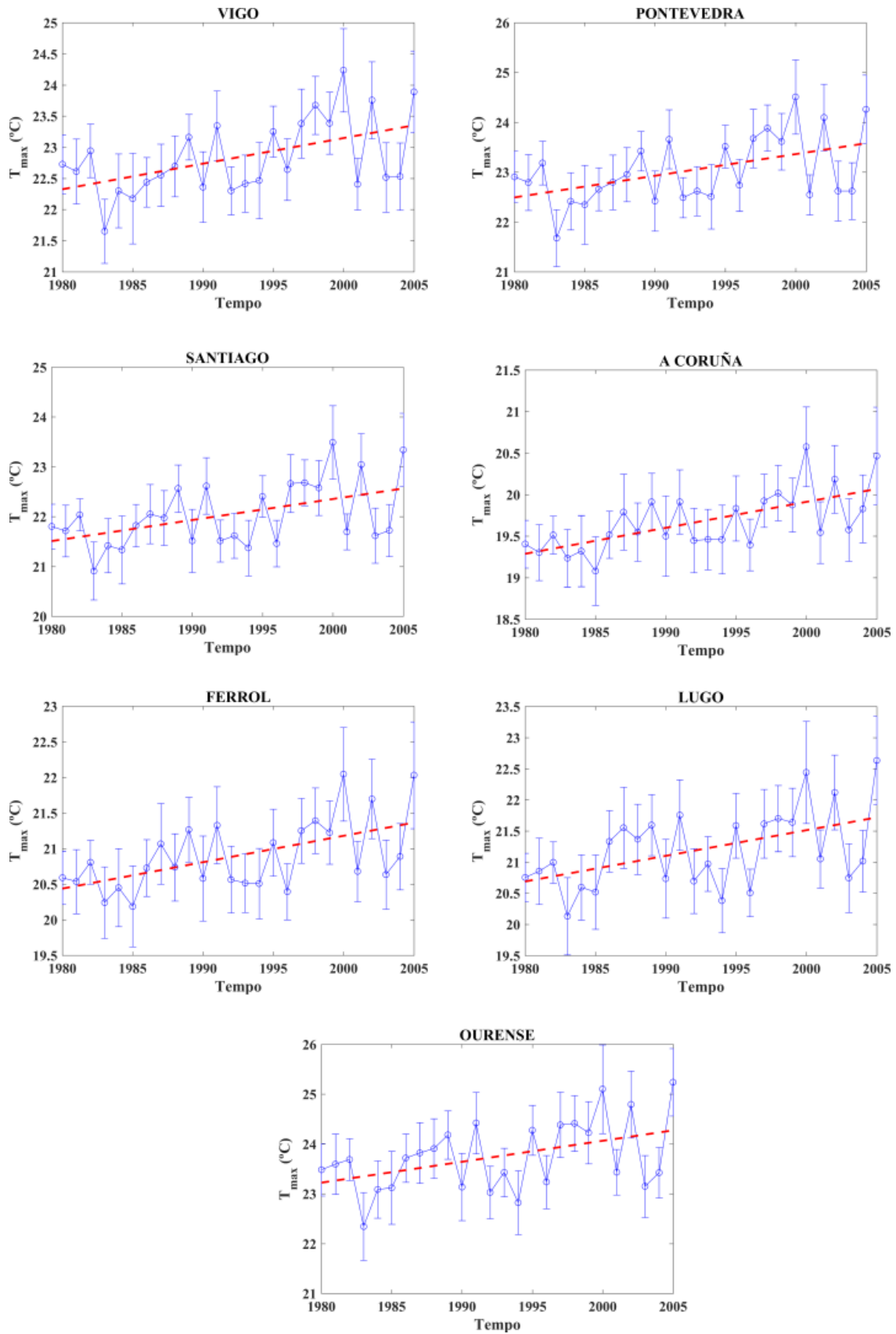


Figura 3.1: Gráficas da variación da temperatura máxima elaborados a partir dun promedio de RCMs de CORDEX (°C) para o período 1980-2005 nas 7 cidades principais galegas.

3.2 Temperaturas máximas para Galicia no futuro (2006-2099)

Este apartado mostra a evolución interanual e a tendencia da temperatura máxima nas 7 grandes cidades galegas, considerando só a estación cálida (xuño-setembro), para o período futuro (2006-2099). Os resultados que se amosan obtivéronse a partir do multimodelo.

Na Táboa 3.2 podemos ver os valores das tendencias e as desviacións estándar para as 7 principais cidades galegas. Neste caso, atopamos unha maior oscilación nos valores de tendencia e de desviación estándar en comparación co período histórico. O valor mínimo da tendencia futura da temperatura máxima é de 0,4 °C/década na A Coruña e o valor máximo é de 0,69 °C/década en Santiago, polo que se pode apreciar unha diferenza relativamente significativa de case 0,3 °C/década entre ambas cidades. No caso da desviación o valor mínimo é de 0,05 (A Coruña) e o máximo é de 0,13 (Ourense), polo que neste caso existe un maior consenso entre modelos sobre o que sucederá no futuro en comparación cos resultados para o período histórico (Táboa 3.1). Ademais, pódese observar como tan só a cidade de A Coruña queda por debaixo do valor de 0,5 °C/década (non imos a ter en conta Ferrol, pois está xustamente no límite). Neste caso, os valores obtidos de desviación estándar son baixos, especialmente o de A Coruña.

Na Figura 3.2 podemos observar a variación interanual da temperatura máxima (liña azul cas súas barras de error) e a súa tendencia (liña vermella) nas 7 cidades galegas. Analizando os resultados da Táboa 3.2 e a Figura 3.2, podemos apreciar como novamente a temperatura máxima mantense nunha ascensión dos seus valores para as 7 principais cidades de maneira constante durante todo o intervalo temporal. Analizando as gráficas, vese que para finais de século está previsto que as medias anuais das temperaturas máximas exceda os 30 grados en Ourense, e os 28 grados en Vigo e Pontevedra, quedándose Santiago tamén preto dese valor. Na cidade da Coruña espéranse as máximas máis baixas para finais de século, con valores próximos ós 23 grados.

Táboa 3.2: Valores de Tendencia (°C/década) e Desviación Estándar (SD) calculados a partir dun conxunto de RCMs de CORDEX para o futuro (2006-2099) nas 7 principais cidades de Galicia.

	Tendencia (°C/década)	SD (°C)
Vigo	0,57	0,09
Pontevedra	0,62	0,11
Santiago	0,69	0,11
A Coruña	0,4	0,05
Ferrol	0,49	0,07
Lugo	0,6	0,12
Ourense	0,68	0,13

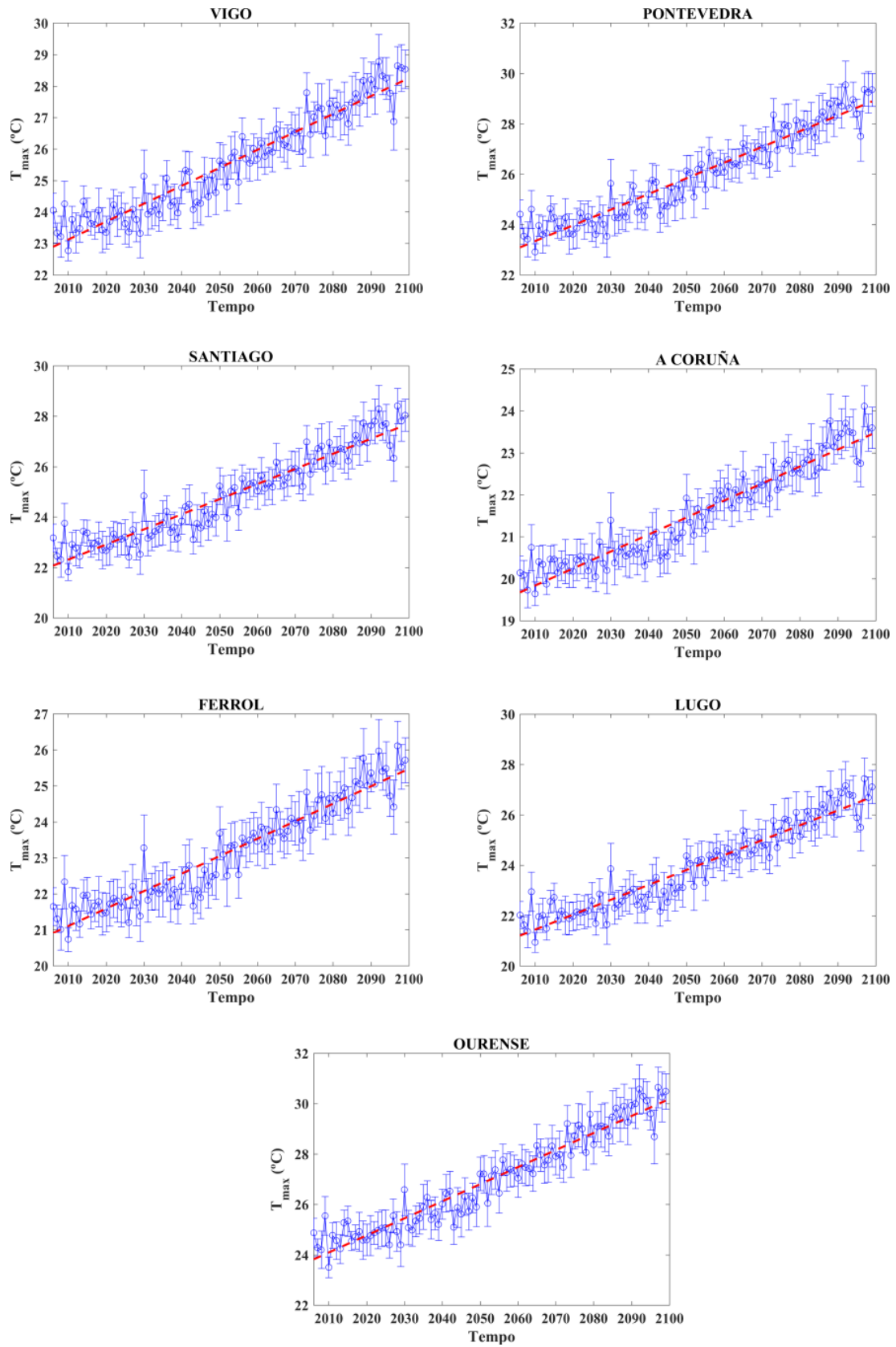


Figura 3.2: Gráficas da variación da temperatura máxima elaborados a partir dun promedio de RCMs de CORDEX (°C) para o período 2006-2099 nas 7 cidades principais galegas.

3.3 Días con temperaturas extremas nas cidades galegas no futuro (2006-2099)

Nesta ocasión imos analizar a evolución interanual e a tendencia no número de eventos extremos futuros nas 7 grandes cidades da comunidade galega. O número de eventos extremos obtívose a partir do multimodel.

Na Táboa 3.3 podemos ver os valores de tendencia (nesta ocasión as unidades serán de días/década no canto de °C/década) e a súa desviación estándar para as 7 cidades. Os valores de tendencia oscilan entre 2,57 días/década (valor mínimo correspondente a Ferrol) e 4,14 (valor máximo correspondente a Ourense), polo tanto, a modo de valoración xeral dos resultados, podemos dicir que a cidade ourensá é a cidade con maior risco de sufrir este tipo de situacións extremas no futuro. Despois de Ourense, Vigo e Pontevedra son as cidades que mostran un maior incremento no número de días extremos, polo tanto, neste caso vemos que o sur da comunidade verase máis afectado por este tipo de eventos ó longo do século XXI. No relativo ás desviacións estándar, temos uns valores de desviación similares para todas as cidades con valores en torno a 1.

Na mesma liña dos apartados anteriores, na Figura 3.3 podemos observar a variación interanual do número de días con temperaturas máximas extremas (liña azul e barra de erro) e a súa tendencia (liña vermella) nas 7 cidades. Nesta figura podemos observar que o número de días de temperatura extrema vai a sufrir un marcado ascenso se se compara co período histórico. Así, vemos que aínda que a inicios de século ningunha cidade supera valores de 20 días por ano, estes valores xa se esperan acadar para mediados de século en tódalas cidades, con valores entono a 40 días por ano para finais de século en cidades coma Ourense ou Pontevedra.

Baseándonos nos resultados mostrados na Táboa 3.3 e na Figura 3.3, podemos apreciar como en todas as cidades o risco de eventos extremos futuros vai aumentando de maneira progresiva.

Táboa 3.3: Valores de Tendencia (días/década) no número de eventos extremos no futuro e Desviación Estándar (SD) para as 7 principais cidades galegas.

	Tendencia (días/década)	SD (días)
Vigo	3,58	0,87
Pontevedra	3,72	0,84
Santiago	2,89	0,95
A Coruña	3,28	1,17
Ferrol	2,57	0,95
Lugo	2,9	0,93
Ourense	4,14	1,05

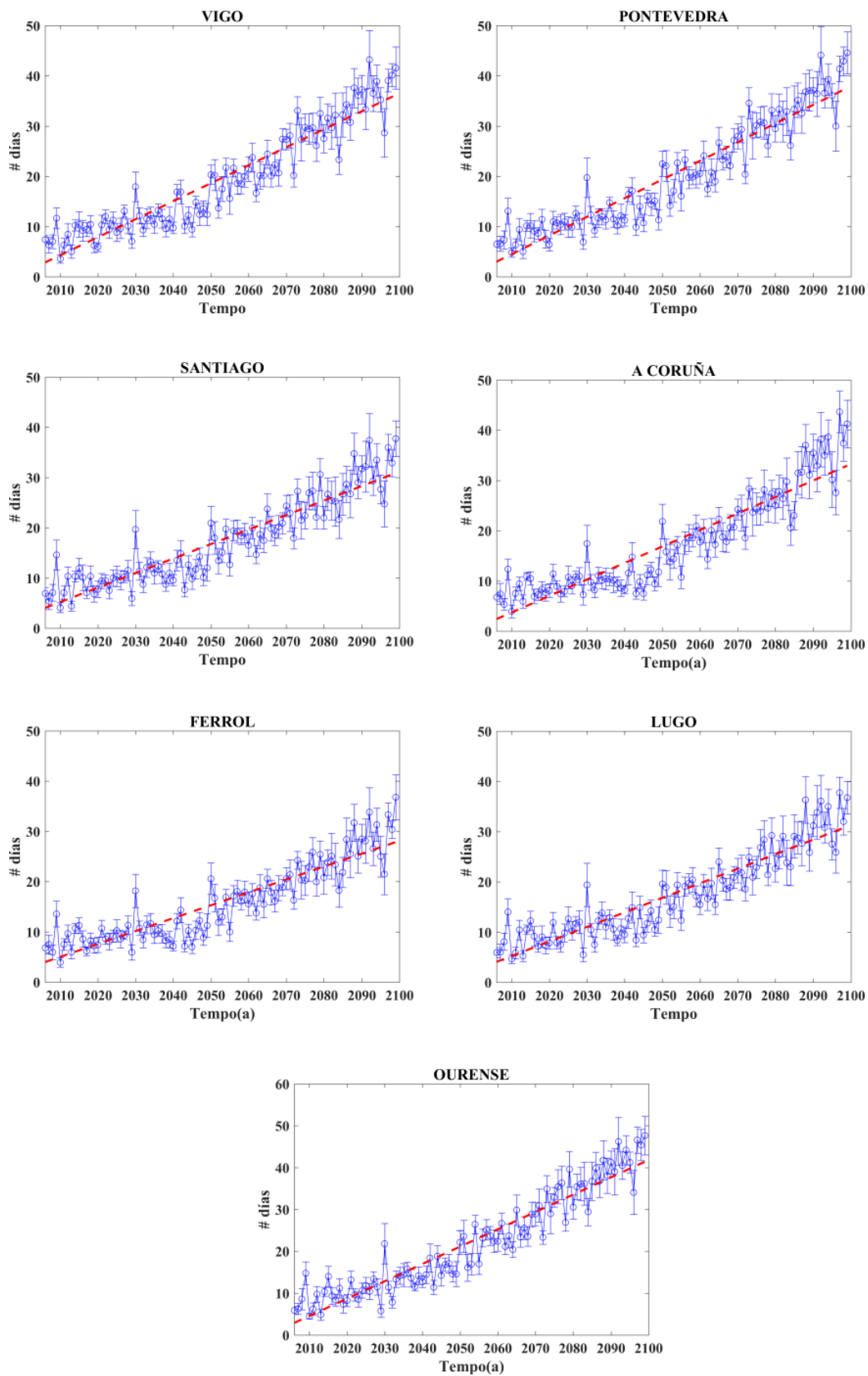


Figura 3.3: Gráficas da evolución dos eventos extremos futuros no intervalo 2006-2099 para as 7 principais cidades galegas.

3.4 Número de vagas de calor nas 7 cidades principais de Galicia no futuro (2006-2099)

Este apartado mostra a evolución interanual e a variación no número de vagas de calor nas 7 principais cidades galegas, considerando só a estación cálida (xuño-setembro), para o período 2006-2099. O número de vagas de calor obtívose como resultado do multimodel.

Na Táboa 3.4 móstranse os valores da tendencia no número de vagas de calor e a desviación estándar para as 7 cidades de Galicia. Os valores son semellantes para todas elas, ca excepción de Ferrol, que mostra un valor algo menor de 0,38 vagas/década. Por outro lado, os valores de desviación estándar que se obtiveron roldan en todos os casos o valor 0,14, un valor baixo se se compara os valores medios de tendencia.

Na Figura 3.4 podemos observar a variación interanual no número de vagas de calor (liña azul cas súas barras de error) e a súa tendencia (liña vermella) nas 7 cidades. A partir desta figura e tendo en conta o comentado sobre a táboa 3.4, podemos deducir que as cidades de Vigo, Pontevedra e Ourense serán as cidades que terán maior posibilidade de aparición de vagas de calor ao longo do século. Durante a primeira metade do século a presenza de vagas será máis ou menos constante agás nalgúns picos arredor do ano 2030 para Ourense, Santiago, Pontevedra e, nunha menor medida, A Coruña. Cabe resaltar que, concretamente será Ourense a que presente o pico máis elevado cunha media aproximada de 5 vagas (media exacta de 5,3) a finais do século, sendo así a cidade que máis posibilidades ten de ser afectada por este fenómeno climatolóxico. Na outra cara da moeda atoparíase a cidade ferrolá, a cal presenta unha media aproximada de 3 vagas (case 4, pois a media exacta é de 3,8) ao cabo do século. Deste xeito, será Ferrol a cidade menos afectada polo fenómeno das vagas de calor.

Táboa 3.4: Valores de Tendencia (nº vagas/década) no número de vagas de calor futuras e Desviación Estándar (SD) para as 7 principais cidades da comunidade galega durante o período 2006-2099.

	Tendencia (nº vagas/década)	SD (nº vagas)
Vigo	0,53	0,14
Pontevedra	0,52	0,14
Santiago	0,41	0,14
A Coruña	0,44	0,15
Ferrol	0,38	0,14
Lugo	0,41	0,13
Ourense	0,53	0,13

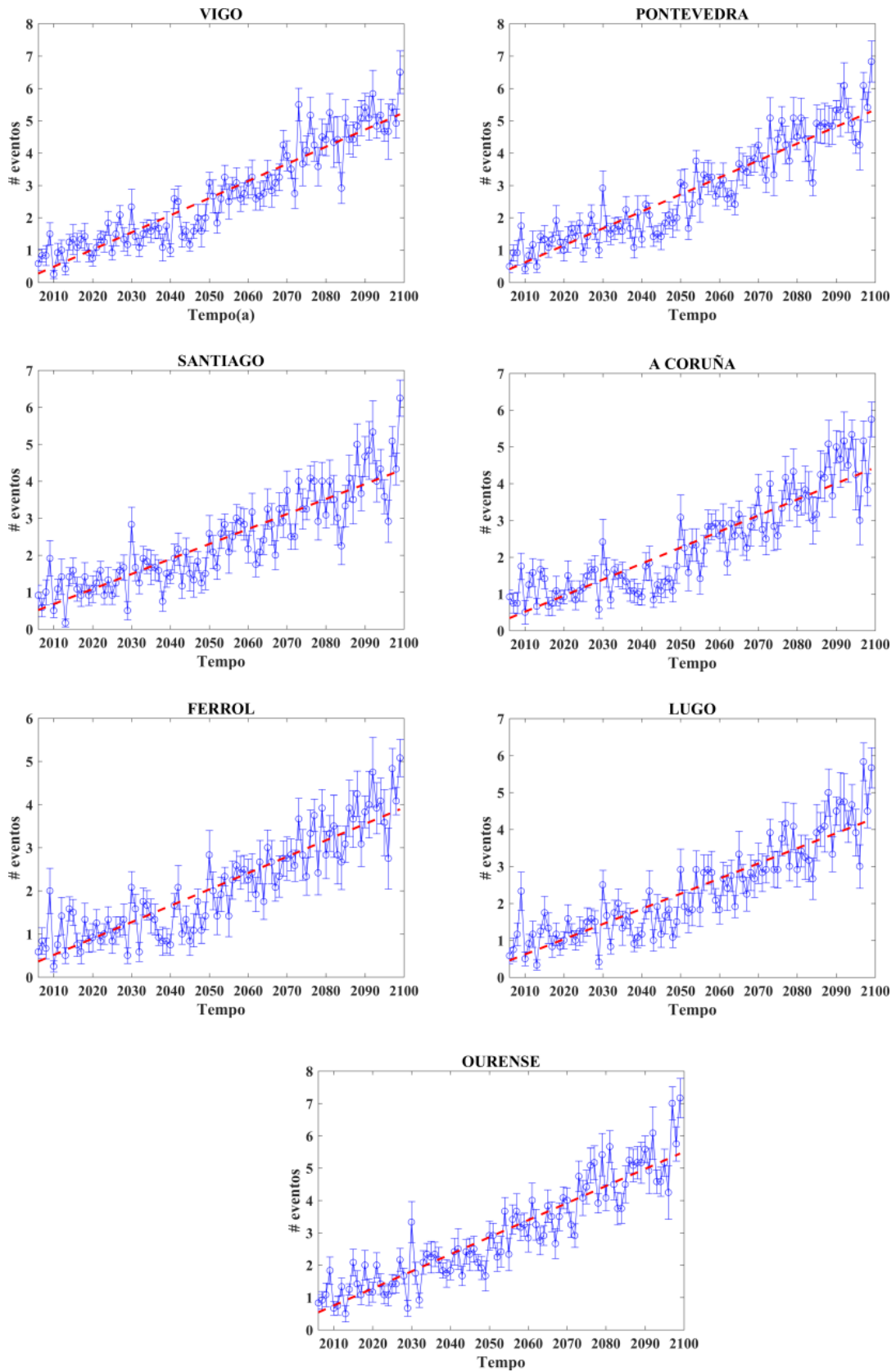


Figura 3.4: Gráficas da evolución do número de vagas de calor no intervalo 2006-2099 para as 7 principais cidades galegas.

4. DISCUSIÓN

Neste penúltimo punto do traballo analízanse de forma global os resultados que se amosaron na sección anterior, derivados da análise das proxeccións futuras de temperatura máxima a partir dun multimodelo de 12 RCMs do proxecto CORDEX para a estación cálida nas 7 principais cidades galegas.

En primeiro lugar analizamos as tendencias correspondentes ás temperaturas máximas para os períodos pasado (1980-2005) e futuro (2006-2099). Obtivemos que a temperatura mostra unha tendencia de clara ascensión ao longo de todo o intervalo temporal, obtendo nas décadas estudadas para o pasado unha ascensión máxima de 0,86 °C. No caso do estudo das décadas futuras, o valor máximo obtido foi de 6,8 °C. No caso das temperaturas para o período futuro, obtivemos tamén unha tendencia claramente ascendente, destacando os valores de temperaturas máximas medias para as cidades de Ourense (30°C), Vigo e Pontevedra (28°C ambas) a finais de século. Será a cidade coruñesa a menos afectada por este incremento, pois agárdase segundo o noso estudo unha temperatura media de 23°C, tamén de cara a finais de século.

Para analizar como evolucionarán os eventos extremos no futuro procedeuse o seu cálculo empregando unha metodoloxía baseada no cálculo dos percentís para establecer os valores umbrais a partir dos cales consideramos un evento coma extremo. Neste caso consideramos que este enfoque é o máis apropiado xa que o cálculo se fai tendo en conta as características específicas de cada cidade, que é importante para coñecer tamén se a adaptación ós cambios será máis ou menos problemática, posto que na actualidade un valor de, por exemplo, 30°C pode ser considerado extremo nunha cidade e noutra non. Así, e de esperar que cidades na actualidade xa sofren maiores temperaturas máximas medias estarán mellor adaptadas para paliar os efectos negativos do incremento que comentamos.

En relación ós eventos extremos tamén nos atopamos cunha tendencia de aumento ao longo do período futuro. Neste caso, cabe destacar que segundo os nosos estudos e análises, nas primeiras décadas do século XXI ningunha cidade supera o valor de 20 días con temperaturas extremas por ano e sen embargo se nos fixamos na recta final do século, xa nos atopamos con valores preto de 40 días por ano en cidades coma Ourense, Vigo ou Santiago. É dicir, estamos a falar dun aumento que suporía literalmente o dobre de eventos extremos para estas cidades.

En canto as vagas de calor, o que observamos é que igual cas temperaturas máximas medias e os extremos, mostran tamén unha tendencia de ascenso ao longo do período futuro. Será nas cidades de Ourense, Vigo e Pontevedra onde maior número de vagas nos poderemos atopar ao longo do século, con valores de incremento lixeiramente superiores a 0,5 vagas por década. Cabe destacar que, como xa se mencionou nos puntos anteriores (coma por exemplo cando falamos do informe sobre as vagas de calor desenrolado por [deCastro et al., \(2011\)](#)), as vagas de calor son un fenómeno climatolóxico cun potencial perigoso realmente elevado, pois trátase de eventos temporais nos cales a zona afectada sofre unhas temperaturas moi elevadas prolongadas

durante 3 días, podendo sufrir así graves consecuencias tanto a nivel natural (medio ambiente, fauna, flora, etc.) como a nivel social (efectos directos sobre a propia poboación civil). En resumo, sería moi oportuno lograr unha concienciación eficiente nas xentes sobre o perigo real que ditos fenómenos poden ocasionar.

Os resultados do presente estudo comparáronse cos resultados obtidos no “Informe de cambio climático de Galicia (2012-2015)” ([Xunta de Galicia, 2016](#)) elaborado pola Subdirección Xeral de Meteoroloxía e Cambio Climático pertencente á Xunta de Galicia. Neste informe abórdanse entre outros temas os puntos das temperaturas máximas, eventos extremos e vagas de calor, igual que neste traballo. Neste caso, e baseándose nos resultados obtidos de análises en MeteoGalicia e tendo en conta o escenario RCP8.5, o informe expón que a liña de tendencia das temperatura máximas vai ir en aumento ao longo das próximas décadas, falando no informe dun aumento medio nas temperaturas máximas de entre 5 e 6 °C durante o verán no interior de Galicia. Neste caso toman como referencia o intervalo temporal futuro 2061-2090 polo intervalo 2006-2099 que tomamos neste traballo, polo cal a comparación pode resultarnos perfectamente válida, pois o intervalo empregado no informe atópase dentro do intervalo empregado neste traballo. Sobre as vagas de calor (toman como referencia os datos obtidos do IPCC e as proxeccións de AEMET), falan de que as mesmas irán en aumento ao longo do século. No tocante aos eventos extremos e baseándose en datos obtidos en MeteoGalicia, no informe apuntan un rango de aumento do 10-20% na frecuencia de aparición en vistas á fin do século. Como podemos apreciar, tanto os nosos estudos coma os do informe atópanse nunha sintonía bastante semellante. Non obstante, sí que podemos resaltar algunha diferenza como a área de estudo, a cal no caso do informe aborda toda a comunidade galega mentres que nós neste traballo focalizámonos nas 7 cidades “principais”.

Como ben mencionamos con anterioridade á hora de falar das temperaturas máximas, hai un factor denominado adaptabilidade o cal será moi importante para o desenrolo das 7 cidades galegas no futuro. Podemos definir este factor como a capacidade que terá cada cidade para asimilar da maneira máis eficiente posible os efectos que terán sobre as mesmas os aumentos de temperatura e a aparición de eventos extremos e vagas de calor no futuro. Por exemplo, Ourense será unha cidade que estará “mellor preparada” neste aspecto ca por exemplo Ferrol ou A Coruña, pois esta últimas non acostuman a sufrir picos de temperatura tan elevados coma Ourense. Isto quere dicir que ao longo do período, aínda que Ourense se enfrente a temperaturas máis agresivas cás outras, tamén cabe destacar que a primeira poderá ter unha mellor capacidade de adaptación ao novo escenario que se lle presente debido ó costume da cidade a elevadas temperaturas. Do mesmo xeito, tamén é necesario deixar claro que o feito de que nunha cidade coma Ourense, na cal as temperaturas “anormalmente” elevadas son máis comúns que noutras cidades se incrementen todavía máis estes valores de temperatura pode dar lugar a situación de gravidade extrema coma por exemplo pode ser un aumento drástico na porcentaxe de mortes a causa dos aumentos de temperatura e da aparición de eventos extremos e vagas de calor con maior frecuencia e en maior cantidade ca noutras

localidades. Por exemplo, como ben podemos ver no apartado de Resultados, en cidades coma Ourense ou Santiago atopámonos con valores de aumento de aproximadamente 6-7 °C nos valores de temperaturas máximas para o período de estudo futuro (2006-2099), superando en 3 °C a outras cidades coma A Coruña. E neste ámbito de estudo, unha diferenza de 3 °C é moi significativa. Estes datos, deberían servir a modo de concienciación dos diferentes gobernos e das diferentes institucións relevantes neste ámbito, para poder así ter a capacidade futura de poder establecer algún tipo de plan preventivo, para evitar que se chegue a escenarios tan bruscos e dramáticos como o é o escenario RCP 8.5

5. CONCLUSIÓN

O presente traballo analizou a evolución futura das temperaturas máximas durante a estación cálida (xuño-setembro) nas sete principais cidades galegas: Vigo, Pontevedra, Santiago, A Coruña, Ferrol, Lugo e Ourense. Para este fin, empregáronse datos de temperaturas máximas obtidas do proxecto EURO-CORDEX (12 RCMs) baixo o escenario RCP8.5 para o período histórico (1980-2005) e futuro (2006-2099). Con esta información analizáronse as tendencias futuras das temperaturas máximas, do número de eventos extremos e das vagas de calor. As principais conclusións ás que chegamos son as seguintes:

- As temperaturas máximas irán en aumento ao longo do século XXI nas 7 cidades galegas estudadas, chegando a darse aumentos moi significativos en certos casos coma o de Ourense ou Santiago cun aumento aproximado de 6-7 °C para finais de século.
- Os eventos extremos tamén irán en aumento durante as vindeiras décadas. Este síntoma de aumento será común de novo para tódalas cidades estudadas. As máis afectadas serán as cidades de Ourense (4,1 días/década) e Vigo (3,6 días/década), mentres que Ferrol (2,57 días/década) e Lugo (2,9 días/década) serán as que menos.
- Por último, as vagas de calor. Este perigoso fenómeno climatolóxico tamén seguirá o mesmo camiño ca os seus antecesores, mostrando unha tendencia ascendente nas 7 cidades no futuro. Tamén na mesma liña, destacaremos a Ourense como a cidade máis afectada xunto a Vigo e Pontevedra, mostrando as tres uns valores lixeiramente superiores a 0,5 vagas/década para finais de século. As cidades de Ferrol, Santiago e Lugo amosaron valores lixeiramente máis baixos, con valores arredor de 0,4 vagas/década.

En definitiva, todos os resultados analizados lévannos á mesma fin: O aumento da temperatura máxima xa é un problema importante no presente, pero vai camiño de converterse nun problema máis grave no futuro. Ante este escenario, as zonas afectadas deberán de buscar algún xeito de aplicar medidas tanto a nivel ambiental como a nivel social, para trataren de paliar da mellor forma posíbel os efectos adversos do incremento no número de eventos extremos e no número de vagas de calor estación cálida. Para contrarrestar estes posibles desenlaces fatais, as cidades terán que tratar de aplicar plans e medidas eficaces para seren capaces de levar a cabo un proceso de adaptación ao novo escenario que se lle presentará nas vindeiras décadas da mellor forma posíbel, intentando sufrir os mínimos danos durante o proceso.

Tódolos datos mostrados e estudados durante este traballo así coma noutros traballos desta índole deixan clara unha conclusión global e común: É necesaria (e urxente) unha concienciación real e unha aceptación do verdadeiro perigo que supón para a sociedade o cambio climático que estamos a vivir e que vivirán, no caso de seguir así, as vindeiras xeracións nun escenario aínda máis complicado se cabe, e isto precisa dunha aplicación de medidas e solucións inminentes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Cortizas, A. M., & Alberti, A. P. (1999). *Atlas climático de Galicia* (p. 207). Xunta de Galicia.
- DeCastro, M., Gomez-Gesteira, M., Ramos, A. M., Alvarez, I., & DeCastro, P. (2011). Effects of heat waves on human mortality, Galicia, Spain. *Climate Research*, 48 (2-3), 333-341.
- Hay, J.E., Easterling, D., Ebi, K.L., Kitoh, A., & Parry, M. (2016). Introduction to the special issue: Observed and projected changes in weather and climate extremes. *Weather and Climate Extremes* 11, 1-3.
- Hoeppe, P. (2016). Trends in weather related disasters - Consequences for insurers and society. *Weather and Climate Extremes* 11, 70-79.
- IPCC, (2013). Cambio climático 2013: Bases físicas. Contribución del grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. TF Stocker, D. Qin, G-K. Plattner, MMB. Tignor, SK. Allen, J.Boschung, A. Nauels, Y.Xla, V. & Bex, PM. Midgley, (eds.), Cambridge University Press.
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., ... & Georgopoulou, E. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional environmental change*, 14(2), 563-578.
- Karl, T.R., & Easterling, D.R. (1999). Climate Extremes: Selected review and future research directions. *Climate Change* 42:309. doi:10.1023/A:1005436904097.
- Moss, R., Babiker, W., Brinkman, S., Calvo, E., Carter, T., Edmonds, J., ... & Jones, R. N. (2008). Towards new scenarios for the analysis of emissions: Climate change, impacts and response strategies.
- Porras, G.E.A., Delgado, J.D., Roa, A.O.R., & Murcia, J.F.R. (2014). Informe de Escenarios de cambio climático para precipitación y temperaturas en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM.
- Schoof, J.T., & Robeson, S.M. (2016). Projecting changes in regional temperatura and precipitation extremes in the United States. *Weather and Climate Extremes* 11, 28-40.
- Sillmann, J., & Roeckner, E. (2008). Indices for extreme events in projections of anthropogenic climate change. *Climatic Change*, 86(1-2), 83-104.

- Wehner, M. (2013). Methods of projecting future changes in extremes. In *Extremes in a Changing Climate* (pp. 223-237). Springer, Dordrecht.
- Xunta de Galicia (2016). Informe de cambio climático de Galicia (2012-2015). Elaborado pola Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Vivenda. URL: https://cambioclimatico.xunta.gal/c/document_library/get_file?file_path=/portal-cambio-climatico/Documentos_xeral/INFORMECC2.pdf.

PÁXINAS WEB CONSULTADAS:

- CORDEX: www.cordex.org
- MATLAB: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>
- Índices do cambio climático:
http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml
- Informe de cambio climático de Galicia:
https://cambioclimatico.xunta.gal/c/document_library/get_file?file_path=/portal-cambio-climatico/Documentos_xeral/INFORMECC2.pdf
- Informe do IPCC:
https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf
- Observatorio de Saúde e Cambio climático:
http://www.oscc.gob.es/es/general/home_es.htm
- Relación entre temperatura e mortalidade nas principais cidades galegas:
https://siam.xunta.gal/c/document_library/get_file?file_path=/portal-siam/Cligal/Resultados/25.pdf
- Segundo informe sectorial. Análise de impactos. Clima e eventos extremos:
https://cambioclimatico.xunta.gal/c/document_library/get_file?file_path=/portal-cambio-climatico/Documentos_xeral/Segundo-Informe.pdf
- Sistema de Información Ambiental de Galicia:
<https://siam.xunta.gal/subportada-temas>