

CENTENARIO

DEL OBSERVATORIO DE A CORUÑA

Un siglo de registros climáticos en Galicia



Rafael Sánchez González
Pablo Gómez Viñas
Marisa Orro Arcay



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Centenario del Observatorio de A Coruña

**Un siglo de registros climáticos
en Galicia**

Rafael Sánchez González
Pablo Gómez Viñas
Marisa Orro Arcay



2014



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización

Edita:

© Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Agencia Estatal de Meteorología
Madrid, 2014

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO (versión web): 281-14-010-8

<https://doi.org/10.31978/281-14-010-8>

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
C/ Leonardo Prieto Castro, 8
28040 Madrid

<http://www.aemet.es/>

 @Aemet_Esp

 <https://www.facebook.com/AgenciaEstataldeMeteorologia>

Existe una versión impresa de esta publicación que se comercializa al precio de 15,00 € (IVA incluido)

*A todos los observadores de meteorología,
aficionados o profesionales, que en estos cien años
han medido el clima de Galicia*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. HISTORIA DE LAS OBSERVACIONES CLIMATOLÓGICAS EN GALICIA	5
1.1. Los datos más antiguos	7
1.2. Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad	10
1.3. La calidad de los datos	14
1.4. Homogeneidad en las series de observación	15
1.5. La normalización de datos	23
1.6. Diferentes tipos de observación	25
2. RADIACIÓN	29
2.1. Radiación solar en Galicia	31
3. TEMPERATURA	39
3.0. Las medidas de temperatura	42
3.1. Valores medios	44
3.2. Temperaturas extremas	47
3.3. Algunos episodios importantes	52
3.4. Temperaturas de subsuelo	61
3.5. El aumento de temperatura	63
4. PRECIPITACIÓN	67
4.0. La medida de la precipitación	69
4.1. Distribución geográfica y estacional	71
4.2. Valores extremos	75
4.3. Algunos episodios importantes	78
4.4. Evolución histórica	80
4.5. Formas de precipitación	86
5. VIENTO	89
5.0. Las medidas de viento	91
5.1. Características generales	93
5.2. Valores extremos	95
5.3. Vientos locales	96
5.4. Episodios históricos importantes	103

6. RADIOSONDEOS	109
6.1. Datos disponibles	111
6.2. Valores medios	113
6.3. Inversiones	122
6.4. Tendencias	124
7. OTRAS VARIABLES	127
7.1. Evaporación	129
7.2. Presión	131
7.3. Nubosidad	135
7.4. Meteoros	138
8. FENOLOGÍA	151
8.1. La fenología en Galicia	153
8.2. Relación entre fenología y clima	154
8.3. Tendencias observadas en algunas especies	156
9. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA COMARCAL	161
9.0. División de Galicia en comarcas climáticas	163
9.1. Costa cantábrica	164
9.2. Norte y noroeste de la provincia de A Coruña	168
9.3. Oeste de la provincia de A Coruña	172
9.4. Ría de Muros y península de Barbanza	177
9.5. Rías Baixas	181
9.6. Cuenca baja del Miño	185
9.7. Interior de la provincia de Lugo	188
9.8. Interior de la provincia de A Coruña	192
9.9. Interior de la provincia de Pontevedra	196
9.10. La comarca de Monforte y el río Sil	200
9.11. Noroeste de la provincia de Ourense	204
9.12. Miño de Ourense y Valdeorras	207
9.13. Suroeste de la provincia de Ourense	211
9.14. Sierras orientales de Lugo	215
9.15. Sierras orientales de Ourense	219
10. BIBLIOGRAFÍA	223

INTRODUCCIÓN

El día 7 de mayo de 1914 se llevó a cabo en las instalaciones del Pabellón Oceanográfico del puerto coruñés el primer sondeo con globo piloto. Se inicia así de forma simbólica la meteorología profesional en Galicia, con personal procedente de las primeras promociones de funcionarios del Servicio Meteorológico Nacional de la época, antecesor de la actual AEMET.

En los cien años transcurridos desde entonces, la observación de la atmósfera en Galicia ha estado compartida por personal profesional y un buen número de colaboradores que, de forma altruista, han contribuido a enriquecer la información que almacena el Banco Nacional de Datos Climatológicos, gestionado por AEMET. En tiempos recientes se ha automatizado en buena parte la observación y se cuenta con nuevos datos procedentes de equipos de teledetección situados en tierra o en el espacio, lo que ha contribuido a mejorar la resolución espacial y temporal de las medidas.

Las páginas que siguen tienen como objetivo, más que publicar una nueva, otra más, climatología de Galicia, sacar a la luz la gran variedad de registros climatológicos reunidos en estos cien años y mostrar lo que se obtiene al someter los datos a un primer análisis estadístico, sin profundizar en los detalles, para que el lector pueda hacerse una idea de su enorme valor.

OBSERVACIÓN DEL GLOBO PILOTO NÚM. 11

Lanzado el 7 de Mayo de 1984 a 11^h 30^m

Clase del vicio prostitución - Peso: B = 19 yrs.

Fuerza ascendencial: $A = 5 \text{ gres}$. Velocidad vertical: $V = 1 \text{ gres}$ metros por minuto.

Orientació del cercle azimutal del teodolit. 1. Lectura al N 20° 11. Idem al S 11°

Primer sondeo con globo piloto. A Coruña, 7 de mayo de 1914.

1. HISTORIA DE LAS OBSERVACIONES CLIMATOLÓGICAS EN GALICIA

La información climatológica más antigua relativa a Galicia que existe en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET corresponde a mediados del siglo XIX y a los observatorios de A Coruña y de la Universidad de Santiago. El establecimiento oficial del observatorio coruñés tiene lugar en el año 1864, si bien ya se realizaban observaciones regulares desde algunos años antes. Del observatorio de Santiago conservamos registros desde 1859, aunque, como en el caso coruñés, la toma de datos había comenzado alrededor de una década antes. Posteriormente surgen nuevos observatorios y se crea la red climatológica secundaria, se realizan observaciones en altura y, a finales del siglo XX, se inicia la automatización de la red de observación. En total, unos 450 puntos de Galicia cuentan con algún tipo de información climática, con grandes diferencias en cuanto al número de variables observadas, a su calidad y a su continuidad.

1.1. Los datos más antiguos

La mejor fuente de información sobre la evolución de los observatorios que van surgiendo en la segunda mitad del siglo XIX y en los primeros años del XX son los anuarios que, con cierto retraso, publicaba el servicio meteorológico de la época y en los que, además de los datos más relevantes registrados por cada estación, se incluía alguna referencia sobre la localización del observatorio y los instrumentos disponibles. Sin embargo, basta efectuar algunas comprobaciones con registros procedentes de otras fuentes para comprobar que la información de los anuarios sobre la evolución y localización de los observatorios no siempre era exacta. A veces se facilitan datos incorrectos sobre la localización geográfica de la estación o se incluyen con retraso las modificaciones que haya podido sufrir el observatorio. Un buen ejemplo de la prudencia con la que hay que tomar la información de los anuarios sobre la evolución de las estaciones es el caso de A Coruña. La reconstrucción de la historia del mismo por fuentes independientes de los mencionados anuarios (Ríos, 2012), muestra bastantes discrepancias con lo registrado en ellos. La evolución de los observatorios gallegos que se describe a continuación hace referencia exclusivamente a los registros conservados en el Banco Nacional de Datos Climatológicos de AEMET. La historia detallada de los distintos observatorios puede consultarse en *Historia da meteoroloxía e da climatoloxía de Galicia* (DÍAZ-FIERROS, 2008), así como (PALOMARES, 2004) para el inicio de la meteorología oficial en España.

Independientemente de los detalles concretos de su evolución histórica, el observatorio de A Coruña es especialmente relevante en la historia de la meteorología en Galicia. Es el que presenta, si prescindimos de los cambios de emplazamiento que ha sufrido dentro de la ciudad, la serie de observación más larga. Salvo algún mes aislado de 1900, se ha mantenido en funcionamiento hasta la actualidad. Desde 1914, fecha en la que se inician las observaciones profesionales en A Coruña, hasta 1916, año en que dejan de efectuarse medidas en el instituto de enseñanza media, coexisten en la ciudad dos observatorios. Los datos obtenidos por personal de los cuerpos de meteorología en la zona del puerto primero y desde 1930 en el edificio de la Ciudad Jardín presentan una excelente calidad, cosa que, en general, no puede decirse de los valores obtenidos en el instituto de enseñanza secundaria, que también tuvo diversas localizaciones hasta finalizar en el instituto de la plaza de Pontevedra. En particular, los datos que figuran inscritos en el obelisco de Los Cantones coruñeses, obtenidos de los registros

del instituto de enseñanza media, son, al menos en parte, de dudosa exactitud. En síntesis, los valores registrados desde 1914 y especialmente los medidos en el edificio de la Ciudad Jardín desde 1930 hasta la actualidad constituyen sin ninguna duda la mejor y más larga serie climática disponible en Galicia.

Del observatorio de la Universidad de Santiago, en cambio, no disponemos de registros del año 1884, ni desde julio de 1895 hasta diciembre de 1905. Aporta después información regularmente hasta su desaparición definitiva en 1958. En principio parecen datos de buena calidad. Desde 1958 las observaciones realizadas en el observatorio astronómico Ramón María Aller pueden considerarse la continuación de la serie histórica de Santiago Universidad, aunque después sufriría un largo periodo de abandono que termina con la reanudación de las medidas meteorológicas en dicho observatorio en 1982 y la generación de una serie de datos históricos de calidad comparable a la del observatorio original.

A medida que se acerca el final del siglo XIX, a las dos estaciones mencionadas se van añadiendo en el banco de datos climatológicos de AEMET nuevos puntos de medida en Galicia. Así, en 1881 se suman dos nuevas estaciones, ambas en la provincia de Pontevedra: la primera, completa, en la capital, asociada al instituto de enseñanza media, y la segunda, termopluviométrica, en A Guarda. El observatorio de Pontevedra presenta una importante laguna entre 1889 y 1895; en 1896 reanuda las observaciones ininterrumpidamente hasta 1950; tras un paréntesis de 13 años, reinicia las medidas en 1963 y las continúa hasta la actualidad. En 1985 se trasladó a Mourente. Aunque los datos registrados en los primeros años parecen de una calidad aceptable, el observatorio del instituto no reunía las mejores condiciones, lo que parece afectar a la fiabilidad de ciertos datos, como los de temperatura. Por lo que respecta a los datos disponibles de A Guarda, son bastante continuos entre 1881 y 1902, faltan por completo desde 1913 a 1945 y desaparecen definitivamente en 1971.

El banco de datos de AEMET cuenta con registros correspondientes a Vigo y Lugo desde el año 1884, aunque el funcionamiento de estas dos estaciones es muy incompleto e irregular. Mucho más continua en su registro de datos es la estación de Ourense, que arranca en 1887. Desde junio de 1902 hasta diciembre de 1905 hay, según la información que se ha conservado, una laguna, que junto con la de los años 1924-1925 es la más importante de la

serie. En 1936 cesan las medidas hasta 1952. Existen, además, otras lagunas de menor importancia. También hay que destacar que los datos obtenidos en Ourense son de muy buena calidad a partir de 1973, cuando el observatorio se instala definitivamente en la escuela de capacitación agrícola de la Diputación. Como ocurría en Pontevedra, los registros obtenidos en el instituto de enseñanza media hay que tomarlos con reservas.

Con la llegada del siglo XX, especialmente en su segunda década, se multiplica el número de puntos que toman datos y los suministran al Servicio Meteorológico Español. Hacia 1910 comienzan su funcionamiento otras doce estaciones entre las que destaca A Coruña (Granja Agrícola), que con alguna interrupción, como la iniciada en 1925, se mantuvo hasta la década de los 60 del pasado siglo. Por estas mismas fechas comienzan las observaciones en los faros y aparece la primera etapa de estaciones tales como Corrubedo, Fisterra, Monteventoso o las islas Cíes. Estas estaciones interrumpen su serie a finales de la década de los años 20, aunque algunas de ellas continuarán más adelante, incluso como estaciones completas; la más importante será sin duda la de Monteventoso. Como dato curioso puede citarse la estación completa que funcionó en Viveiro hasta 1917.

Figura 1.1.1.
Registros de
la estación de
Sobrado dos
Monxes, abril
de 1914.

Estado mensual de las observaciones meteorológicas verificadas
por la Estación de Sobrado - Coruña.

Mes de abril 1914.

Día	Presión, en milímetros	Temperatura, en grados Celsius	Último observado			Presión, en milímetros	Temperatura, en grados Celsius	Último observado
			Maxima	Minima	Media			
1	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
2	1016	10° C.	12°	8°	10°	1016	10° C.	10°
3	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
4	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
5	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
6	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
7	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
8	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
9	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
10	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
11	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
12	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
13	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
14	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
15	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
16	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
17	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
18	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
19	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
20	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
21	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
22	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
23	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
24	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
25	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
26	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
27	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
28	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
29	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
30	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
31	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
1	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
2	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
3	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
4	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
5	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
6	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
7	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
8	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
9	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
10	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
11	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
12	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
13	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
14	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
15	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
16	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
17	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
18	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
19	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
20	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
21	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
22	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
23	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
24	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
25	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
26	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
27	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
28	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
29	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
30	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
31	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
1	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
2	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
3	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
4	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
5	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
6	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
7	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
8	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
9	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
10	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
11	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
12	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
13	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
14	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
15	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
16	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
17	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
18	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
19	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
20	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
21	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
22	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
23	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
24	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
25	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
26	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
27	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
28	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
29	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
30	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
31	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
1	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
2	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
3	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
4	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
5	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
6	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
7	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
8	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
9	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
10	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
11	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
12	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
13	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
14	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
15	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
16	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
17	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
18	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
19	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
20	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
21	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
22	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
23	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
24	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
25	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
26	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
27	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
28	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
29	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
30	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
31	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
1	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
2	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
3	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
4	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
5	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
6	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
7	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
8	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
9	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
10	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
11	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
12	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
13	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
14	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
15	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
16	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
17	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
18	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
19	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
20	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
21	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°
22	1016	10° C.	10°	7°	8°	1016	10° C.	10°

De 1914 datan las primeras series de estaciones secundarias que podrían enlazarse con alguna de las actuales. Así, por ejemplo, entre 1914 y 1921 se realizan observaciones termopluviométricas en Sobrado dos Monxes (figura 1.1.1) y otro tanto ocurre entre 1914 y 1920 en Ponteareas o entre 1913 y 1926 en Silleda. Mención especial merece la estación de O Valadouro que abarca sin interrupción desde 1914 hasta 1930. En 1916 comienzan las observaciones en Carballo, en 1917 en Teixeiro y en 1919 en Vimianzo. Una nueva estación surge en Mondoñedo en 1925, junto con otras como Villalba, Beariz o Porriño. Todas las mencionadas en este párrafo son estaciones colaboradoras, atendidas en muchos casos por maestros rurales. Son sobre todo estaciones pluviométricas, si bien ocasionalmente aparece alguna termopluviométrica, que envían sus registros mediante las tarjetas mensuales que aún están en uso. Aunque, como decíamos, es posible enlazar algunas de estas series antiguas con otras más recientes o incluso actuales, lo cierto es que se trata en realidad de varios emplazamientos más o menos cercanos. En estos primeros años el tiempo medio de funcionamiento de una estación escasamente llegaba a los diez años y son muy frecuentes aquellas que no superan los cinco.

A modo de resumen, y tal vez con alguna excepción puntual, puede decirse que de esta primera época resultan fácilmente utilizables los datos obtenidos por el observatorio de A Coruña desde 1916 y buena parte de los registros de la Universidad de Santiago y de Pontevedra, al menos en lo que se refiere a las variables más relevantes, temperatura y precipitación. Las restantes variables, o no se observaban o se hacía con criterios muy diferentes a los actuales, de modo que incluso en el caso de existir resultan difícilmente comparables con las obtenidas ahora. Del resto de las estaciones, más allá de la mayor o menor calidad de los datos, resulta difícil extraer resultados climatológicamente válidos por la falta de continuidad de los registros.

1.2. Desde mediados del siglo XX hasta la actualidad

En la segunda mitad del siglo XX hay un fuerte aumento en la cantidad y en la calidad de los datos registrados. El crecimiento del número de observatorios principales se debe en buena medida a los aeropuertos que en los decenios siguientes van apareciendo. A partir de la década de los 70, todas las estaciones principales son atendidas por observadores de meteorología profesionales, lo que provoca una clara mejoría en la fiabilidad de los datos obtenidos en las mismas.

En el aeródromo de Rozas (Castro de Rei, Lugo) se comienzan a tomar datos en 1942. Las observaciones se trasladan a Punto Centro, en Outero de Rei, entre 1959 y 1985, fecha en la que retornan a Rozas. En 1947 inicia las observaciones el aeropuerto de Santiago. En 1956 el aeropuerto de Vigo y en 1972 el de A Coruña, completando de este modo los observatorios principales actualmente en funcionamiento. También en 1972 comienzan las medidas en el actual observatorio de Ourense. El de Pontevedra se traslada a Mourente en 1985, como ya hemos indicado. De estos observatorios, tres realizan medidas 24 horas al día: son los situados en A Coruña, en el aeropuerto de Santiago y en el aeropuerto de Vigo. Los restantes únicamente llevan a cabo observaciones diurnas y utilizan los datos de los equipos registradores o la información recopilada por un equipo automático para completar las medidas nocturnas.

Por lo que respecta a las estaciones pluviométricas, hay que destacar el inicio en la década de 1960 de los registros de un elevado número de estaciones pertenecientes a distintas compañías hidroeléctricas, de las que en la actualidad apenas un par de decenas continúan colaborando con AEMET. Otro importante número de estaciones pluviométricas se incorpora en 1976, con el inicio de observaciones en muchos cuarteles de la Guardia Civil, compartidas en este caso con la Confederación Hidrográfica del Norte.

Hacia el año 1980 se alcanza el máximo de puntos simultáneos de medida en Galicia: alrededor de 250 estaciones (figura 1.2.1). Poco después se inicia la incorporación de sistemas automáticos. El primer intento significativo de automatización tiene lugar hacia 1990: se asocia una estación automática a cada observatorio principal y se instalan otras en lugares estratégicos para la vigilancia meteorológica, lo que equivale a decir en Galicia que se instalan en puntos costeros para vigilancia de temporales (Corrubedo, Cabo Vilán, Fisterra y Bares) o en puntos donde las precipitaciones generan ocasionales inundaciones, como en Padrón. Buscando alguna información sobre zonas de montaña, uno de los equipos se instala en Pobra de Trives. Ya entrado el siglo XXI se extiende la automatización a una parte significativa de la red termopluviométrica, aprovechando también para extender las medidas de un parámetro tan relevante como el viento. En total, con diferentes grados de sofisticación, en la actualidad se obtienen datos automáticos de alrededor de 50 puntos en Galicia. Otros tantos, aproximadamente, continúan realizando medidas exclusivamente manuales.

Las mediciones automáticas presentan notables problemas, especialmente debidos a la discontinuidad de las observaciones como consecuencia de diferentes fallos de los equipos o las comunicaciones. En ciertas variables como la precipitación la falta de medidas resulta especialmente grave, pues no solo impide conocer valores puntuales, sino que dificulta la obtención de datos estadísticos. Además, veremos (apartado 1.4) que los pluviómetros automáticos introducen una importante inhomogeneidad en las series. Pese a todo, la mayor resolución temporal y el aumento de puntos de registro de variables tan importantes como el viento compensan en buena medida los problemas que el nuevo sistema de observación haya podido introducir.

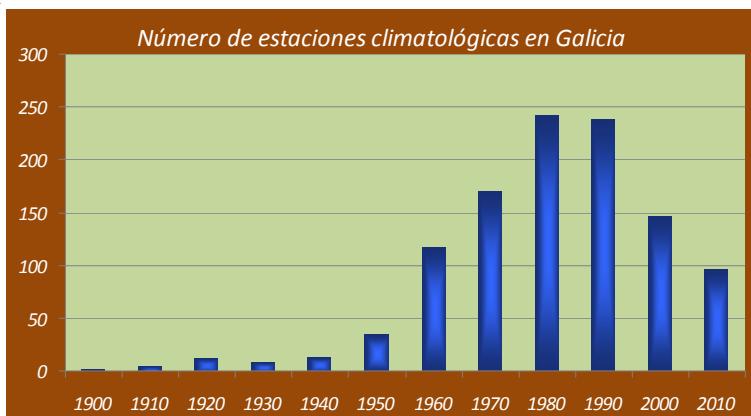


Figura 1.2.1.
Evolución del
número de
estaciones
climatológicas
en Galicia a lo
largo del
siglo XX.

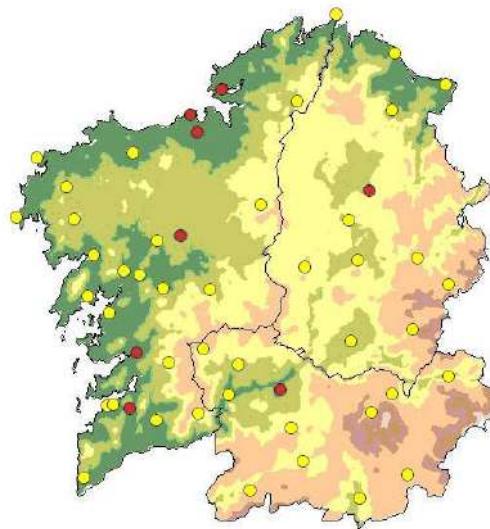
Cada una de las estaciones que hemos mencionado hasta el momento realiza, al menos, registros diarios de precipitación. Muchas de ellas miden también temperatura y unas cuantas completas y automáticas realizan medidas de viento, humedad o presión. Junto a este tipo de variables más o menos habituales en cualquier observatorio meteorológico, hallamos otras que se miden en un número relativamente escaso de estaciones, casi siempre en estaciones principales atendidas por personal (figura 1.2.2). En los párrafos siguientes vamos a hacer un breve inventario de estas otras variables climatológicas.

Por lo que respecta a las observaciones aerológicas, en su versión más sencilla se iniciaron en mayo de 1914 en A Coruña con los sondeos con globo

piloto. Desde 1958 se realizan sondeos termodinámicos en este observatorio y durante algunos años coexisten con las medidas con globo piloto. Salvo algunos períodos muy concretos, se han venido realizando dos sondeos diarios, a las 00 y a las 24 horas UTC.

La serie más larga y completa con datos de radiación es la de A Coruña, con registros de radiación global desde 1985, difusa desde 1998 y directa desde 1999. Además, en este observatorio se realizan medidas de radiación en diversas longitudes de onda. La estación de Vilanova de Arousa cuenta desde 1996 con datos horarios de radiación global. Existe también datos relativamente antiguos de radiación global diaria de Lugo (Rozas-Punto Centro) desde 1978 a 1990 y Vigo-Peinador (entre 1980 y 1990). En fechas recientes se han incorporado a la red radiométrica de AEMET los tres aeropuertos gallegos.

*Figura 1.2.2.
Estaciones de la red
climatológica de
AEMET en Galicia
que realizan
observaciones en
intervalos de
10 minutos.
En rojo aparecen las
atendidas por
personal observador
profesional.*



Junto con las medidas de temperatura en superficie y en altura, los principales observatorios gallegos cuentan con una serie de observaciones de temperaturas de subsuelo que arranca aproximadamente en el último cuarto del siglo XX. Se toman diariamente los valores de temperatura en las horas de observación climatológica a las profundidades de 10, 20, 50 y 100 centímetros. También se registra la temperatura mínima diaria a 15 centímetros sobre el suelo.

Además de las medidas habituales de evaporación en la garita con un evaporímetro Piché, las estaciones principales realizan, desde una fecha similar a la indicada en el caso de las temperaturas de subsuelo, medidas mediante un tanque evaporimétrico de tipo A. Junto a la variación diaria en el nivel del agua en el tanque se anotan los valores de recorrido del viento, así como de las temperaturas extremas alcanzadas por el agua.

1.3. La calidad de los datos

En total, en Galicia se dispone de algún tipo de información climática en unos 450 puntos, la inmensa mayoría de los cuales son termopluviométricos. Esto no supone, sin embargo, que se cuente con 450 series de datos “perfectas”. De una parte, la falta de continuidad en las observaciones y, de otra, los cambios en el entorno o en el mismo emplazamiento de la estación, por no hablar del empeño que cada observador pone en su cometido, dan lugar a múltiples anomalías en los registros. Parte de esas anomalías resultan evidentes con tan solo representar gráficamente los valores de la serie temporal, donde podemos ver, por ejemplo, tendencias demasiado marcadas en algunas variables para ser reales. En otros muchos casos, las anomalías no son tan evidentes. El método más común para tener una cierta idea de la fiabilidad de unos registros consiste en compararlos con los obtenidos por otro observatorio de características climáticas comparables y cuyas medidas estén fuera de toda sospecha. Se detectan así un segundo grupo de anomalías, como, por ejemplo, la existencia de valores de temperatura anormalmente altos o bajos. Más allá de estos dos filtros que pueden considerarse objetivos, la valoración de la calidad de unos registros es una cuestión subjetiva. Dejando bien clara esta subjetividad y de forma muy poco precisa, en nuestra opinión podríamos decir que, aproximadamente, el 10 % de los registros climáticos disponibles en Galicia son “perfectos” y alrededor de otro 30 % podrían considerarse “muy buenos”. Podemos admitir que hay alrededor de un 35 % de estaciones cuya calidad resulta “aceptable” en tanto que del 25 % restante resulta muy difícil obtener información climática útil que no esté perturbada por errores de observación. El análisis de las series de observación climática disponibles en cualquier otro lugar distinto de Galicia no mostraría resultados muy diferentes: es muy difícil construir una serie de observaciones de una longitud aceptable que no aparezca contaminada por algún tipo de perturbación.

Aunque se mencionó ya en los apartados anteriores, volvemos a insistir en que, por lo que respecta a las estaciones principales, puede decirse que los datos proporcionados por la Universidad de Santiago son, en general, de buena calidad, así como los de A Coruña posteriores a 1916 y todos los procedentes de aeropuertos. De las estaciones provinciales, son válidos los relativos al periodo más reciente; los antiguos de Pontevedra también parecen aceptables, si bien la discontinuidad de los mismos resta valor a la información.

La obtención de datos por colaboradores plantea ciertos problemas. Uno de los que aparece con más frecuencia es el de la realización de medidas en periodos irregulares de tiempo, con la acumulación, por ejemplo, de la precipitación de varios días en un único dato sin que quede constancia de ello. Son habituales las tendencias falsas que introducen en la serie los cambios en el entorno del punto de observación o en los hábitos del colaborador. El extremo contrario, es decir colaboradores extraordinariamente minuciosos y absolutamente fiables, también existe. Son los que completan, junto con las estaciones profesionales, ese 10 % de estaciones de fiabilidad muy elevada que mencionábamos antes. Que una estación la hayamos calificado como no demasiado fiable, además de ser una apreciación bastante subjetiva, no supone que no aporte información útil. Tal vez no podemos dar por válidos, por ejemplo, los registros diarios de precipitación porque tiende a efectuar medidas en periodos irregulares, pero es perfectamente posible que las series de precipitación total mensual sean correctas.

Entre las estaciones principales, cambios en el entorno o en la instrumentación, no siempre debidamente documentados, provocan también curiosos comportamientos en las series de observación. En el apartado 1.4 mostramos algunos ejemplos.

1.4. Homogeneidad en las series de observación

Multitud de factores, no siempre bien conocidos, influyen en los registros climatológicos de modo que las series de datos muestran cambios temporales que resulta difícil determinar si se deben a variaciones climáticas o, por el contrario, son consecuencia de cambios en los equipos de medida, en los criterios de observación o en las condiciones del entorno del observatorio. Sobre las condiciones ideales en que deben llevarse a cabo las

observaciones puede verse la *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológico* de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2008). En teoría, todos los cambios relevantes que puedan afectar a las observaciones de una estación deben quedar registrados junto con los propios datos. Son los denominados *metadatos*, acerca de los cuales puede verse, por ejemplo, (AGUILAR, AUER Y BRUNET, 2003). Cuando estos registros faltan, la comparación con otras estaciones próximas suele ser un método fiable para detectar la existencia de saltos o tendencias anómalas en los registros. También existen diversos métodos estadísticos que ponen de manifiesto la falta de homogeneidad de una serie de datos mediante la detección de tendencias o rachas dentro de dicha serie. La aplicación de estas técnicas, que pueden consultarse entre otros en (SNEYERS, 1990) o (VON STORCH Y ZWIERS, 2001), no suele aportar demasiado a lo que se observa directamente en la serie de observaciones, si acaso, lo confirma de forma objetiva. De todos modos, el recurso de una serie de apoyo es inevitable para determinar si la inhomogeneidad que detecta el test estadístico tiene origen climático o es una irregularidad de la propia serie.

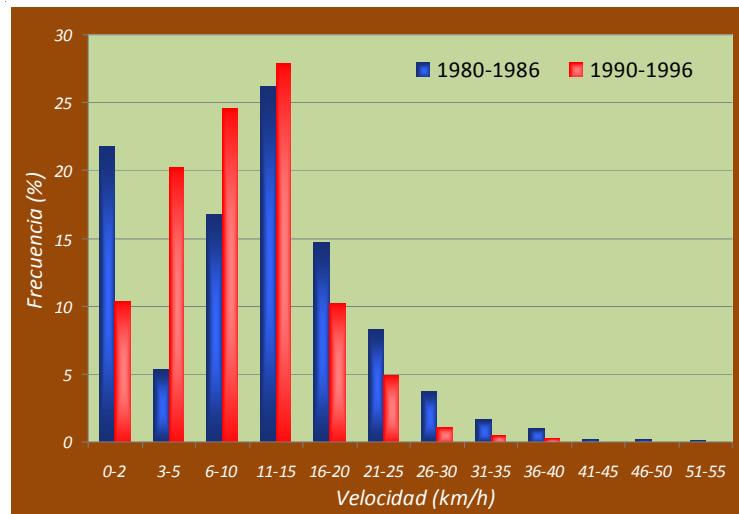
Presentamos a continuación tres ejemplos de generación de inhomogeneidades en las series de datos. Los dos primeros están asociados a cambios en el instrumento de medida. El tercero, que no está asociado a medidas instrumentales, sino que deriva de los registros tomados por un observador, es más difícil de interpretar. Parece tener que ver, en parte, con cambios en los métodos de observación, sea porque cambian los horarios, los criterios o la propia actitud de los observadores y, en parte, con alteraciones del entorno de la estación.

Ejemplo de falta de homogeneidad en los registros de viento

Un caso especialmente claro del modo en que el cambio de equipos de medición afecta a los resultados de medida lo encontramos en el viento. La sustitución de un modelo de anemocinemógrafo por otro diferente a finales de la década de los 80 del siglo pasado produjo importantes variaciones en el registro de algunos parámetros asociados al viento. Nos basaremos en las observaciones de viento efectuadas a las 00, 07, 13 y 18 horas UTC en los períodos 1980-1986 y 1990-1996. Utilizaremos, para comprobar que las perturbaciones en la serie no se deben a efectos particulares de un observatorio, tres estaciones distintas: las situadas en A Coruña y en los aeropuertos de Santiago y Vigo. Los cambios se efectuaron en distintas fechas en cada

observatorio, entre los años 1986 y 1990, manteniendo ambos equipos durante un cierto periodo.

*Figura 1.4.1.a.
Frecuencias en % de varios intervalos de velocidades en los periodos 1980-1986 y 1990-1996 para el observatorio del aeropuerto de Vigo.*



Las figuras 1.4.1 a, b y c representan, para los tres observatorios mencionados, las frecuencias (en %) de determinados intervalos de velocidades en los dos periodos analizados. Cada intervalo agrupa 5 valores de velocidad en km/h enteros, si bien el primero se ha dividido en dos tramos, para mostrar el porcentaje de calmas, es decir, de velocidades inferiores a 2 km/h. La propia naturaleza de las anomalías observadas permite suponer que, aunque estamos comparando dos periodos diferentes, estas no tienen un origen climatológico. Un muestreo de las bandas correspondientes al periodo de medición simultáneo en el observatorio de A Coruña o el análisis del dato de recorrido del viento, obtenido de forma independiente, confirma esta sospecha.

Llama la atención, en primer lugar, la mayor frecuencia de calmas en el periodo 1980-1986; en algún observatorio el porcentaje de calmas se ha reducido en, aproximadamente, dos terceras partes, sin que entre los dos periodos analizados variara el convenio de calma utilizado en los registros climáticos. En los siguientes intervalos, hasta alrededor de 13 km/h, ha aumentado la frecuencia correspondiente en el periodo posterior a 1990. A partir de este valor, en general, las frecuencias son de nuevo mayores en el

periodo más antiguo. Además, en tanto que las barras del periodo más moderno siguen una secuencia razonable, suave, las del periodo antiguo muestran una apariencia mucho más irregular, con algún máximo secundario y alguna caída brusca que no parece muy justificable climatológicamente.

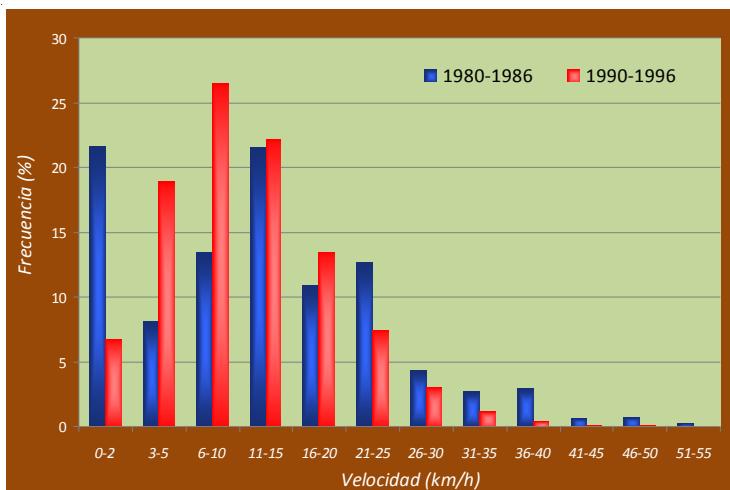


Figura 1.4.1.b.
Frecuencias en % de varios intervalos de velocidades en los períodos 1980-1986 y 1990-1996 para el observatorio de A Coruña.

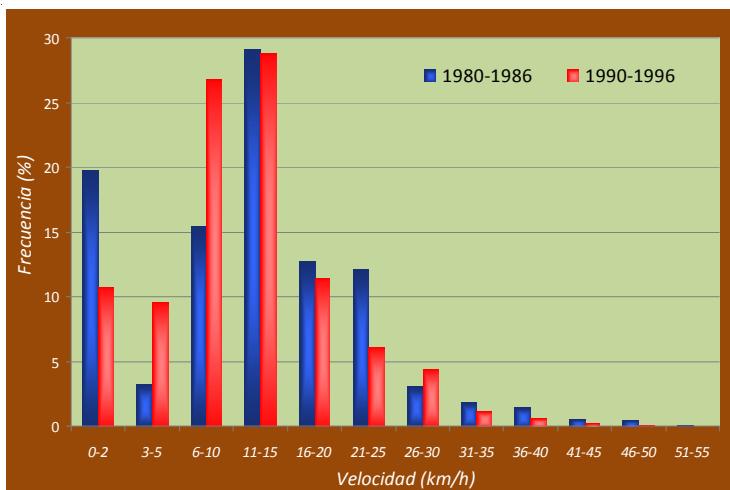


Figura 1.4.1.c.
Frecuencias en % de varios intervalos de velocidades en los períodos 1980-1986 y 1990-1996 para el observatorio del aeropuerto de Santiago.

Para comprender todo ello, lo primero que debemos hacer notar es que las observaciones en el primero de los períodos se realizaban estimando la velocidad media en 10 minutos a partir de la banda del anemocinemógrafo

utilizado en la época, con la banda graduada de dos en dos nudos. Las divisiones principales agrupaban 10 nudos, es decir, dentro de la primera división principal estaban todos los valores inferiores a 18 km/h. En la práctica, el primer valor apreciable era de 5 nudos (9 km/h). Se comprende la dificultad para realizar con exactitud tales lecturas y la agrupación dentro de las calmas de buena parte de los valores inferiores a ese umbral práctico de los 5 nudos. Estas medidas en nudos aparecen en las hojas de registros climatológicos en km/h, con lo que los valores de la velocidad del viento tienden a agruparse en esta época alrededor de ciertos valores en km/h que corresponden a los valores legibles en la banda graduada en nudos. Por este motivo y por nuestra arbitraría construcción de intervalos en las figuras 1.4.1 el aspecto de la gráfica del periodo 1980-1986 es tan singular. En el periodo más reciente sigue vigente el criterio de asignar la velocidad media en los 10 minutos precedentes a la observación de una hora determinada. Pero ahora es el propio equipo el que facilita la media y el conjunto de valores posibles para la velocidad es prácticamente continuo. Aunque es difícil comprobar este extremo, creemos que la mayor frecuencia de las velocidades altas en las observaciones antiguas tiene que ver con este cambio en el procedimiento de medición. Es posible que el valor medio que el equipo halla para un intervalo de 10 minutos tienda a ser menor que el valor medio estimado por el observador sobre la banda impresa.

En suma, el cambio de anemocinemógrafo supuso una alteración de la distribución de frecuencias por intervalos de velocidades que afectó especialmente a los extremos de la misma.

Ejemplo de falta de homogeneidad en los registros de precipitación

Otra variable notablemente afectada por los cambios instrumentales es la precipitación. Como en el caso del viento, únicamente la realización simultánea de observaciones con el equipo antiguo y el nuevo durante un cierto tiempo puede permitir enlazar estadísticamente las dos series. Desde luego, no puede esperarse que las nuevas medidas puedan ser *corregidas* para obtener las que se hubieran registrado mediante medidas manuales. La comparación de las medidas simultáneas muestra una componente aleatoria muy importante, de modo que únicamente es posible obtener una cierta solución al problema de la continuidad de las series de medidas si se plantea en términos estadísticos o probabilísticos.

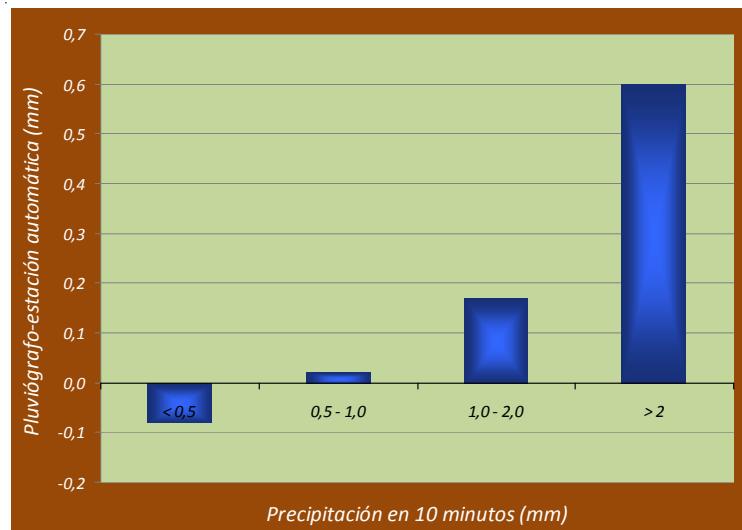
Las medidas de la distribución de precipitación frente al tiempo se han realizado en España mediante pluviógrafos diarios Hellmann. Ocasionalmente, cuando no era posible sustituir diariamente la banda, se recurrió a pluviógrafos semanales. Estos últimos no disponen de la resolución temporal suficiente para estimar la cantidad máxima en 10 minutos, a partir de la cual se extrae la intensidad máxima diaria de precipitación. La división mínima de la escala temporal de la banda del pluviógrafo diario es de 20 minutos, pese a lo cual se ha considerado siempre que era perfectamente posible apreciar intervalos de 10 minutos, algo bastante razonable si la lectura de la banda se realiza con la debida cautela. Los equipos automáticos utilizados desde comienzos de la década de los 90 del siglo pasado en España utilizan sistemas de balancín para contabilizar la lluvia; un procedimiento completamente distinto del de los pluviógrafos de sifón.

Se han observado importantes diferencias en las medidas efectuadas paralelamente mediante los dos sistemas, si bien estos estudios suelen referirse a cantidades de precipitación acumuladas en períodos largos de tiempo: un día en el caso de la mayor parte de las estaciones que constituyen la red pluviométrica y varias horas en el caso de las estaciones principales. En general no se dispone de datos continuos detallados en períodos de tiempo inferiores para las observaciones tradicionales; por el contrario, se dispone ya de una amplia base de datos de observaciones diezminutales automáticas. Como es natural, las diferencias observadas en los intervalos de tiempo más grandes están determinadas por las que se producen en los intervalos menores y solo un conocimiento detallado de estas permitirá elaborar un modelo adecuado para corregir las observaciones de precipitación y mantener la homogeneidad estadística de las series de precipitación.

Con este fin se llevó a cabo la digitalización del archivo de bandas de pluviógrafo del observatorio de Ourense. El proceso fue completamente manual, de modo que se evitaron los problemas encontrados en otros intentos de digitalización automática y que se derivan fundamentalmente de las imperfecciones en el funcionamiento del pluviógrafo. Descargas parciales, bandas poco legibles o colocaciones de la banda antes o después de la hora establecida son algunos de los problemas que fueron tenidos en cuenta en la digitalización, una a una, de las bandas que, desde 1986, ha ido acumulando este observatorio. La digitalización se llevó a cabo introduciendo en una aplicación informática desarrollada al efecto las coordenadas (tiempo, precipitación) de los puntos donde la curva trazada por la plumilla cambia

significativamente de pendiente. Cualquier persona familiarizada con estos registros sabe que pueden aproximarse con gran exactitud por una línea quebrada. Una vez obtenido un registro continuo de precipitación pudieron deducirse fácilmente los valores de lluvia en intervalos arbitrarios, en particular, en intervalos de 10 minutos. Por otra parte se dispone de los registros diezminutales de precipitación obtenidos en este mismo observatorio desde 1991. En ellos son frecuentes las lagunas derivadas de averías en el equipo y no faltan los registros anómalos, especialmente la ausencia de precipitación en los días en que las medidas manuales demuestran que realmente la hubo. Fue necesario filtrar todas estas anomalías para disponer de un conjunto de observaciones comparables a las obtenidas desde la banda del pluviógrafo.

Figura 1.4.2.
Diferencia entre
los registros del
pluviógrafo de
sifón y el de
balancín para
la estación de
Ourense en
diferentes
intervalos de
intensidad.



Dada la cercanía de los dos instrumentos y el diseño exterior muy similar, debemos suponer que los errores genéricos que afectan a estos equipos, como los derivados de la turbulencia sobre la boca recolectora, son comunes a ambos. En un estudio comparativo de ambos tipos de pluviómetros en Baleares (GUIJARRO, 2002), se encontró que, como norma general, los de balancín tienden a subestimar la precipitación medida, si bien las relaciones entre ambas cantidades no eran sencillas. La comparación de los datos diezminutales de Ourense (figura 1.4.2) muestra una relación compleja. Para

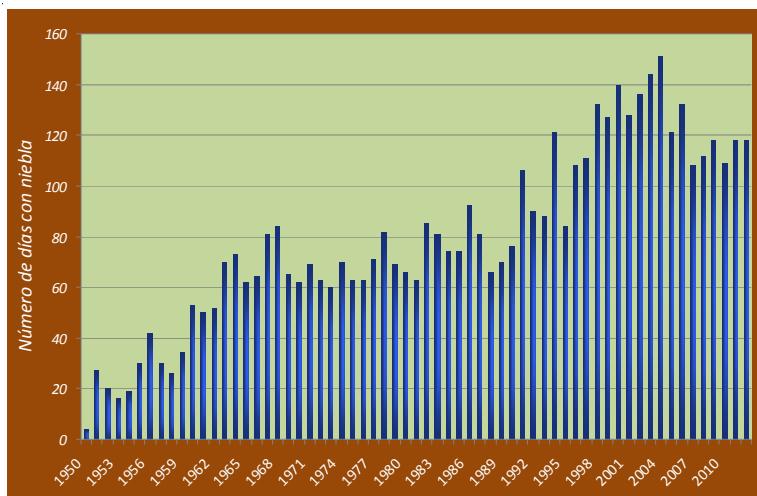
intensidades muy pequeñas el balancín tiende a sobreestimar la precipitación y solo a partir de un cierto umbral la subestima. En nuestro caso el umbral está alrededor de 1 mm en 10 minutos. Por encima de intensidades del orden de 2 mm en 10 minutos la escasez de registros resta validez a las conclusiones que se puedan obtener.

Ejemplo de falta de homogeneidad en la observación de un meteoro

Hemos descrito dos casos de inhomogeneidad en las series de observación asociados a cambios instrumentales. En estos dos casos, el origen de los cambios que pueden detectarse en los registros del observatorio parece claro. Sin embargo, con frecuencia se observan tendencias en las series de datos cuyo origen resulta difícil de establecer, sobre todo por falta de otras estaciones con las que contrastarlos.

Un buen ejemplo de esto último es la serie de días de niebla registrados en el aeropuerto de Santiago de Compostela. Antes de nada, digamos que las variaciones en el horario de observaciones influyen, obviamente, en las nieblas contabilizadas. Pero como vemos en la gráfica 1.4.3 no hay saltos en los registros, sino más bien una tendencia creciente continua. En cualquier caso, la niebla es un fenómeno muy importante en los aeropuertos y hemos de suponer que no pasaría desapercibida para los observadores. Pese a ello, parece claro que la falta de homogeneidad de esta serie se debe en parte a problemas de observación. En particular, los registros de los primeros años parecen anormalmente bajos. Sin embargo, por encima de los fallos de observación parece existir una clara tendencia creciente en el centro de la serie que, además, coincide con la época en que se detectó el aumento más brusco de temperaturas. Por otro lado, la construcción de embalses relativamente cercanos al aeropuerto pudo suponer un cambio significativo en las condiciones del entorno e influir en las variaciones observadas en el número anual de días con niebla. No hay otra estación lo suficientemente próxima al aeropuerto como para que las condiciones locales sean similares y que permita por comparación de ambas series determinar qué parte de la evolución observada se debe a errores de observación y qué parte está asociada a modificaciones climáticas locales o de mayor escala.

Figura 1.4.3.
Número de días con niebla en el aeropuerto de Santiago de Compostela desde 1950 hasta 2012.



1.5. La normalización de datos

Un problema añadido que presentan las series de datos es la dificultad para efectuar comparaciones basadas en el mismo periodo de referencia. Determinar si un mes, por ejemplo, está resultando más cálido de lo normal implica definir qué entendemos por *normal*. Suelen considerarse periodos de 30 años, habitualmente en la secuencia 1901-1930, 1931-1960... Sin embargo, con frecuencia es deseable una referencia más próxima a la fecha actual, así, últimamente, se vienen utilizando por parte de AEMET los periodos 1971-2000 o 1981-2010. El intervalo de referencia empleado afecta significativamente a las conclusiones que se obtengan: no es lo mismo analizar el comportamiento térmico de un año en relación con el periodo 1931-1960 que en relación a los últimos 30 años, cuando ya se incluye todo el calentamiento observado en las últimas décadas.

Las comparaciones con datos pasados son especialmente delicadas en el caso de la temperatura. El valor de la desviación típica de la temperatura media mensual es para los observatorios gallegos del orden de 1 °C, con lo que una variación de algunas décimas en el promedio que se utiliza en la comparación hace variar considerablemente la calificación que puede darse

al carácter térmico de un mes. Como ejemplo puede servir la serie de temperaturas medias anuales del aeropuerto de Santiago de Compostela (figura 1.5.1), donde los promedios del periodo 1981-2010 son unas 7 décimas mayores que los de 1961-1990, de modo que el año 2012, por ejemplo, cálido para este último periodo de referencia, resulta frío para el primero y coincide aproximadamente con la media del periodo 1971-2000.

Vemos pues que si la serie con la que queremos efectuar la comparación no cubre por completo nuestro periodo de referencia, sea por discontinuidades en la observación o porque se han descartado algunos registros por considerarlos dudosos, proporcionará unos parámetros estadísticos distorsionados que habrá que corregir de algún modo. Este problema enlaza entonces con el tratado en el párrafo anterior sobre las inhomogeneidades de las series: detectado un salto en una serie, queremos extender la parte de la misma que consideremos válida a todo el periodo. Los procedimientos que se utilizan para ello pueden ser tan sofisticados como se quiera, pero en cualquier caso se basarán en el parecido estadístico entre la serie “problema” y otra u otras series de “referencia” que sí tengan el periodo de interés completo. El error que inevitablemente se va a cometer al estimar datos mensuales o anuales, se compensa estadísticamente en buena medida al hallar los valores promedio para todo el periodo, que es en los que normalmente estamos interesados. No vamos a entrar en detalles, pero digamos que pese a la tendencia a complicar los métodos, la realidad es que la bondad de los resultados no es proporcional al grado de sofisticación. Los más sencillos suelen proporcionar resultados que cumplen sobradamente el objetivo, que no es más que corregir al menos en parte, en el ejemplo del aeropuerto de Santiago, la diferencia de 7 décimas que existe entre distintos periodos de referencia. Digamos, por último, que la normalización de series de datos implica implícitamente el “relleno” de las lagunas existentes en las series.

Un ejemplo claro de necesidad de normalizar datos se tiene cuando se pretende representar sobre un mapa una cierta variable climatológica que haga referencia a un determinado periodo. Por ejemplo, un mapa climatológico de precipitación media en enero sobre Galicia para el periodo 1981-2010. Las diferencias entre estaciones que no se deban puramente a las diferencias existentes entre el clima característico de ambas deben ser eliminadas en la medida de lo posible. En particular, las observaciones de unas y otras deben estar referidas a un periodo común, normalizando los datos adecuadamente.

Figura 1.5.1.
Valores medios anuales de temperatura en el aeropuerto de Santiago desde 1961 a 2012. Las líneas horizontales representan los valores medios de los períodos 1961-1990, 1971-2000 y 1981-2010.



1.6. Diferentes tipos de observación

Si la homogeneización y normalización de las series de datos resultan imprescindibles para poder establecer comparaciones entre observatorios distintos, igualmente hay que ser cuidadoso con las horas a las que se han tomado las medidas en cada uno de ellos. Incluso cuando se comparan variables medidas en un mismo observatorio en distintos períodos de tiempo pueden aparecer discontinuidades que no se deben a ninguna razón climática, sino a cambios en el horario de observación.

A medida que la observación se ha ido automatizando y ha aumentado la capacidad de almacenamiento de datos, se archiva prácticamente un registro continuo de las variables meteorológicas: normalmente un valor cada 10 minutos de cada uno de los parámetros. Tradicionalmente, sin embargo, las distintas estaciones realizaban unas cuantas observaciones cada día, bien por observación directa o extrayendo los datos de los instrumentos registradores. Además, cada observación tenía un cometido específico, los parámetros que se medían en cada una de ellas eran diferentes y también lo era el tratamiento que se daba posteriormente a los datos registrados. A la hora de efectuar comparaciones entre datos actuales y los obtenidos hace décadas es importante tener presente el origen de unos y otros.

Las estaciones principales han realizado tradicionalmente dos tipos de medida: las observaciones sinópticas y las climatológicas. Las observaciones sinópticas se realizan cada 3 horas, comenzando a las 00 horas UTC y son simultáneas en todo el mundo. Su objetivo es obtener una visión global del estado de la atmósfera en un momento dado. Tan pronto como la observación se realiza, se difunde de acuerdo con un código de cifrado.

Las observaciones climatológicas, en las que están basados la mayor parte de los datos que irán apareciendo más adelante, se realizan a las 00, 07, 13 y 18 horas locales. La razón por la que se realizan a una hora local determinada es la de favorecer la comparación entre estaciones distintas. No se trata de obtener una fotografía instantánea del estado de la atmósfera en un momento dado, sino de obtener datos en condiciones parecidas en todos los observatorios. Estas observaciones eran las que se archivaban, primero en papel y después en soporte informático, para efectuar a partir de ellas el cálculo de los distintos valores climatológicos de una estación. Los observatorios que no estaban en funcionamiento de noche reconstruían la observación de las 00 horas a partir de las bandas de los equipos registradores. Aunque en la actualidad se disponga casi de un registro continuo de datos, a la hora de efectuar comparaciones con datos antiguos es necesario tener presente con qué observaciones se realizaron entonces los cálculos y extraer de la información diezminutal actual los registros que sean comparables con aquellos.

En el caso de las estaciones atendidas por colaboradores, las instrucciones indican que la medida debía efectuarse a las 07 horas locales, momento en el que se mide la precipitación y las temperaturas extremas alcanzadas en las 24 horas anteriores. El periodo comprendido entre las 07 de un día y la misma hora del siguiente se conoce como día pluviométrico. Aunque es, en principio, posible adaptar las observaciones realizadas por una estación principal al día pluviométrico, no es posible referir al día civil las obtenidas por colaboradores, de modo que casi todos los valores climatológicos están referidos al día pluviométrico. En particular, las efemérides de precipitación máxima en 24 horas suelen darse para períodos de 07 a 07 horas.

Buena parte de la información climática a la que se hace referencia en las páginas siguientes puede encontrarse en la *Guía resumida del clima en España* correspondiente a los períodos 1961-1990 (INM, 1995a), 1971-2000 (INM, 2001)

y 1981-2010 (AEMET, 2012). Con más detalle, referidas al periodo 1961-1990, para los observatorios principales existen las publicaciones *Valores normales y estadísticos de estaciones principales (1961-1990)* (INM, 1995b, 1995c, 1996). Referido también a las estaciones principales y al periodo 1971-2000 puede consultarse (INM, 2002). Datos normalizados para el periodo 1961-1990 de un buen número de estaciones de la red secundaria se pueden encontrar en *Valores normales de precipitación y temperatura de la Red Climatológica (1961-1990)* (INM, 2000).

Información gráfica más detallada que la que incluimos en las secciones siguientes puede verse en (AEMET e IMP, 2011) o en (CORTIZAS Y ALBERTI, 1999).

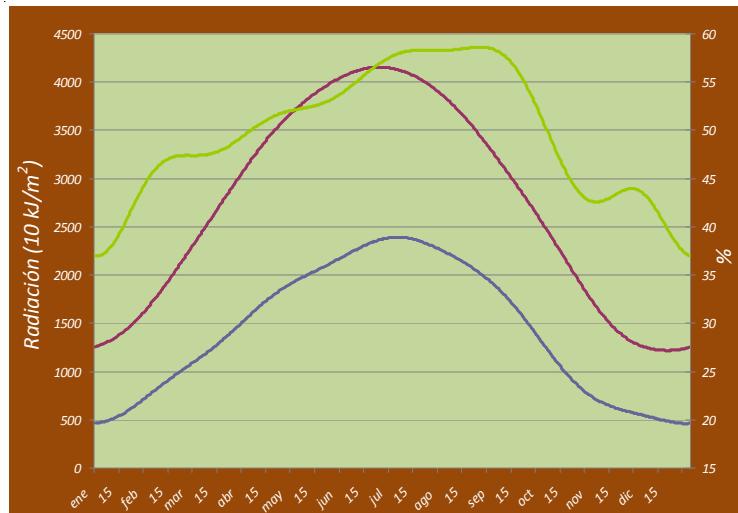
2. RADIACIÓN

La radiación procedente del Sol es la responsable última de todos los procesos que tienen lugar en la atmósfera y que determinan el tiempo y el clima sobre la Tierra. Su reparto desigual sobre las distintas latitudes, con el calentamiento diferencial que ello genera, es el mecanismo que pone en marcha la circulación general de la atmósfera. En un área relativamente pequeña como Galicia no cabe esperar grandes variaciones de la radiación recibida sobre la superficie. Sin embargo, ciertas diferencias climáticas entre las distintas comarcas gallegas y especialmente la menor nubosidad media que se registra a medida que nos movemos hacia el sur de la Comunidad, introducen algunas diferencias significativas en los valores medidos de esta variable.

2.1. Radiación solar en Galicia

Recordemos que, aproximadamente, llegan al límite exterior de la atmósfera 2 calorías por centímetro cuadrado y minuto o, en otros términos, 120 000 kJ/m² cada día. Un sencillo cálculo astronómico para tener en cuenta la oblicuidad de los rayos solares así como la duración de los días y las noches muestra entonces que, en la vertical de Vigo, llegan en promedio, en el mencionado límite exterior, 27 700 kJ/m² cada día. De esa cantidad, en la superficie se reciben 13 500 kJ/m², es decir, aproximadamente el 49 %. Este 49 % es la suma de la radiación recibida directamente y de la que nos llega procedente de la dispersión en la atmósfera de la radiación incidente. Por emplear una unidad bastante común y hacernos una idea de la relación entre ambas, digamos que Vigo recibe, por término medio, 3,75 kW h/m² diariamente. Tenemos así fijados los órdenes de magnitud. La figura 2.1.1 muestra la evolución anual de la radiación recibida en el límite de la atmósfera a la latitud de Vigo y la cantidad de radiación que realmente llega al suelo, junto con el factor que relaciona ambas expresado en %.

Figura 2.1.1.
Radiación
recibida en el
límite exterior
de la atmósfera
a la latitud de
Vigo (línea
roja), radiación
global medida
al nivel del
suelo (línea
azul) y relación
entre ambas
(línea verde).



Se observa con claridad un máximo en la relación entre la radiación exterior y la global incidente en superficie durante el mes de agosto; debido a la

menor nubosidad de este mes, casi el 60 % de la energía solar que alcanza el tope de la atmósfera llega al suelo. En los últimos días de diciembre y primeros de enero este porcentaje se sitúa alrededor del 37 % después de un brusco descenso en las primeras semanas del otoño coincidiendo con la llegada de los primeros temporales. El ascenso del porcentaje durante la primavera es más lento, lo que da idea de la nubosidad relativamente abundante de estas fechas que, en particular, se traduce para la mayor parte de las estaciones de Galicia en un máximo secundario de la precipitación.

Como consecuencia de todo ello, el máximo de radiación incidente en el suelo no ocurre durante el solsticio de verano, sino que está desplazado hacia mediados del mes de julio. Por el contrario, el mínimo coincide, muy aproximadamente, con el solsticio de invierno. La descripción que acabamos de realizar puede extenderse sin grandes variaciones al caso de A Coruña. Otra de las series de medidas de radiación solar global existente, que corresponde a los observatorios de Punto Centro (Outeiro de Rei) y de Rozas (Castro de Rei) muestra, dentro del esquema general mencionado, un comportamiento ligeramente distinto. En esta serie, el lento ascenso del porcentaje durante la primavera se transforma en un mínimo bien definido a finales de abril y comienzos de mayo. Tales diferencias no son, ni mucho menos, tan significativas que alteren la distribución de radiación global incidente a lo largo del año.

La primera pregunta que podemos hacernos es si existe una notable diferencia entre la radiación exterior que se recibe en diferentes puntos de Galicia. En un punto situado 1° al norte de Vigo se reciben 27 400 kJ/m². Recordemos que la anchura de Galicia en latitud es de aproximadamente 2°, de modo que las diferencias en la radiación recibida en el límite exterior de la atmósfera son pequeñas, del orden del 1 %. Por otra parte, hay una cierta analogía entre las distintas comarcas gallegas en características climáticas tales como la nubosidad, que influyen de modo significativo en la radiación que llega al suelo. Son de esperar, pues, pocas diferencias en los valores medidos por distintos observatorios. En todo caso, las que hallemos, sean más o menos importantes, van a estar asociadas al régimen de nubosidad característico de cada comarca gallega. Son cuatro las series de radiación solar global en Galicia que cuentan con una longitud razonable: A Coruña, aeropuerto de Vigo, Lugo (Punto Centro-Rozas) y Vilanova de Arousa. En fechas recientes se ha ampliado el número de radiómetros, pero no se dispone aún de una serie de longitud apreciable en estos puntos. Los valores

medios mensuales de estos cuatro observatorios y el periodo disponible para cada uno de ellos aparecen en la tabla 2.1.1.

*Tabla 2.1.1.
Valores medios
diarios (en
10 kJ/m²) de
radiación solar
global.*

	Aeropuerto de Vigo (1980-2013)	A Coruña (1996-2013)	Lugo (1980-1989)	Vilanova de Arousa (1996-2013)
Enero	541	472	509	585
Febrero	823	866	822	957
Marzo	1247	898	1291	1383
Abril	1649	1269	1630	1774
Mayo	1981	1349	1774	2159
Junio	2241	1575	2158	2390
Julio	2293	1694	2174	2410
Agosto	2097	1651	1995	2138
Septiembre	1631	1496	1566	1632
Octubre	995	898	1000	1051
Noviembre	626	638	663	653
Diciembre	474	641	458	483
Año	1383	1120	1337	1468

Los valores medios diarios, promediados para todo el año, muestran diferencias máximas entre las distintas comarcas del orden del 25 % del promedio para toda Galicia. Hay que tener presente que los periodos de las distintas estaciones no coinciden. Resulta difícil, por otra parte, determinar la calidad de cada una de las series debido a la escasez de registros para efectuar comparaciones. Parece intuirse, como por otra parte era de esperar, un gradiente norte-sur en la radiación global recibida en cada punto de Galicia. Las escasas diferencias en la radiación recibida en el límite de la atmósfera sobre el rango de latitudes que abarca Galicia, permiten suponer que las diferencias en los promedios diarios en superficie corresponden a los reflejados en la tabla 2.1.2 y no excederán de algunos centenares de kJ/m^2 , o, en otros términos, de unas décimas de kW h/m^2 . Lo que supone unas diferencias en el conjunto del año del orden de los 100 kW h/m^2 .

Para paliar en lo posible la escasez de medidas directas de radiación se hace necesario contar con un método de estimación que permita, a partir

de otros parámetros climatológicos o a partir de medidas indirectas efectuadas desde satélite, deducir el valor de radiación solar incidente en un punto. No se podrá obtener la misma precisión que se logra por medidas directas, pero, al menos, tendremos una aproximación razonable a la distribución geográfica de esta variable.

Una técnica sencilla usada tradicionalmente para realizar tales estimaciones consiste en utilizar la correlación existente entre los cocientes radiación solar exterior/radiación solar incidente y horas de sol despejado/duración teórica del día. Las horas de sol despejado son mucho más fáciles de medir que la radiación y existe un número apreciable de estaciones que registran esta variable. Lo más habitual es buscar una relación lineal entre los dos cocientes mencionados y una vez calculados los coeficientes de la regresión para la zona en estudio a partir de las series de radiación global existentes, pueden llevarse a cabo estimaciones para aquellos puntos que únicamente disponen de series de horas de sol (WMO, 1981).

Uno de los primeros intentos de caracterizar la distribución de radiación solar sobre la península ibérica y, en particular, sobre Galicia, es el *Atlas de radiación solar en España* (FONT TULLOT, 1984) que, aunque se apoya en escasas medidas de radiación probablemente proporciona una visión bastante exacta de la distribución mensual de radiación global sobre toda la Península. Si se intenta particularizar para un área relativamente pequeña como Galicia, nos situamos en el límite de la capacidad de resolución de los mapas. Sin embargo, pueden extraerse algunas conclusiones que resultan válidas al menos cualitativamente. En particular, durante el mes de diciembre el gradiente horizontal de radiación solar global sobre Galicia es escaso. La mayor parte de la región está cubierta por la isolínea de 1,2 kW h/m² y las diferencias entre las distintas comarcas no exceden los 0,2 kW h/m². El gradiente se presenta mucho mayor en junio. En la zona litoral se encuentran valores de 5,6 kW h/m² y de 6,8 en el interior de la provincia de Lugo. Para el conjunto del año el correspondiente mapa asigna un valor de 3,4 kW h/m² en la zona próxima al mar que aumenta hacia el interior para alcanzar los 4,0 kW h/m² en algunas zonas de Lugo. Estamos hablando, pues, de diferencias del orden del 15 % entre unas zonas y otras. El trazado típico de las isolíneas se mantiene a lo largo del año. La zona a la que llega menos radiación está constituida por el litoral norte y noroeste, hay un crecimiento hacia las Rías Baixas y hacia las áreas más orientales, si bien en las comarcas del curso medio del Miño este incremento es más lento.

Si el método basado en el registro de horas de sol no era más que una estimación de la radiación a partir de la medida de la insolación en superficie, que, a su vez, no es más que una forma indirecta de cuantificar la nubosidad, podemos pensar que las imágenes de satélite, que proporcionan información sobre la nubosidad presente en áreas más o menos pequeñas de la superficie podrían utilizarse para realizar también estimaciones de la radiación recibida en superficie. Básicamente, la radiación que alcanza la superficie se deriva de los datos facilitados por los satélites geoestacionarios, en nuestro caso los satélites Meteosat, en una aproximación que consta de dos fases: por un lado se determina el albedo efectivo de las nubes y por otro se calcula la irradiancia correspondiente al cielo despejado teniendo en cuenta parámetros tales como el vapor de agua, aerosoles y albedo superficial. La combinación de ambos resultados proporciona el resultado final. De algún modo será necesario utilizar las medidas directas de radiación para calibrar el procedimiento o estimar el error cometido. Este tipo de métodos se aplican, entre otros, en el *Atlas de radiación solar en Galicia* editado por la Universidad de Vigo (VÁZQUEZ, 2005) y en el *Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de clima de EUMETSAT* (SANCHO, RIESCO Y JIMÉNEZ, 2012). Este último aplica el algoritmo denominado MAGICSOL, cuya descripción detallada puede verse en el propio trabajo, para ofrecer una representación espacial de la radiación global, directa y difusa en toda España y, en particular, en Galicia. También presenta una estimación del error cometido por comparación de los valores estimados con los observados en la red radiométrica de AEMET. La distribución de la radiación global sobre Galicia muestra el esperado gradiente norte-sur, debido, como es obvio, a la mayor nubosidad presente, en las comarcas del litoral norte de Galicia, de un modo especial las abundantes nieblas del verano. Los valores medios diarios que proporciona el atlas abarcan, aproximadamente, el rango de 3,5 a 4,3 kW h/m². El contraste entre las comarcas del sur y las áreas que menos radiación reciben, que corresponden a las comarcas cantábricas, es menor en invierno, cuando las diferencias son del orden del 15 %, que en verano, cuando estas superan el 20 %. Con ligeras diferencias numéricas, los resultados concuerdan con los mencionados anteriormente. La radiación muestra una distribución geográfica que reproduce un patrón presente en otras variables climatológicas como la temperatura y que tiene su origen en la mayor nubosidad presente en las comarcas del tercio norte de Galicia, asociada durante el verano al paso por estas zonas del extremo meridional de sistemas frontales que no llegan a afectar al sur de Galicia y también a la abundancia de nieblas de origen marítimo que terminan afectando a la

franja litoral. Durante el invierno, en cambio, las diferencias se atenúan y los sistemas nubosos suelen afectar en la misma medida a toda la región.

Otro problema interesante es conocer cuánta radiación nos llega directamente y cuánta por dispersión en la atmósfera (difusa). La figura 2.1.2 muestra la proporción de radiación directa y difusa que recibe, sobre una superficie horizontal, el observatorio de A Coruña a lo largo de los meses del año. Puede observarse con claridad el predominio a lo largo del año de la radiación directa sobre la difusa. La primera representa el 58 % del total y es, lógicamente, menor en los meses de mayor nubosidad. Durante el invierno representa menos de la mitad de la radiación recibida, en tanto que en el mes de agosto alcanza el 65 %. En las estimaciones del mencionado atlas para las restantes capitales de provincia gallegas se observa para todas ellas un comportamiento similar, sin más diferencias que el mayor porcentaje que para el sur de la Comunidad representa la radiación solar directa durante el verano, cuando en Ourense llega hasta el 70 %.

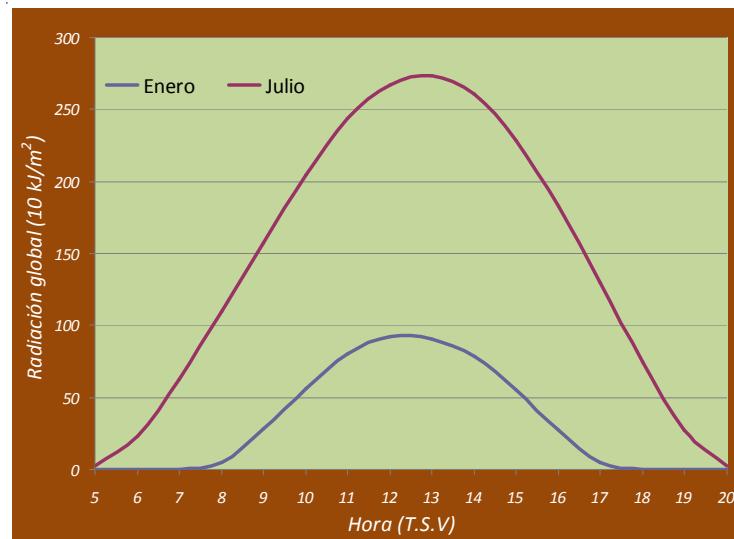


Figura 2.1.2. Valores de radiación directa y difusa en el observatorio de A Coruña a lo largo del año. La línea verde muestra el porcentaje de la radiación directa sobre la global.

La figura 2.1.3 muestra la distribución horaria media de la radiación solar registrada por el observatorio de A Coruña durante los meses de enero y

julio. El máximo se encuentra, como es natural, en el mediodía verdadero; téngase en cuenta que la gráfica se obtuvo uniendo valores medios horarios y, en consecuencia, no aparece bien marcado el máximo a las 12 horas de tiempo solar verdadero (T.S.V.). Durante el invierno se empieza a recibir una cantidad sensible de radiación dos horas más tarde que en verano, de modo que en el conjunto del día son cuatro horas menos de radiación. La menor nubosidad del verano y la menor oblicuidad de los rayos solares provocan que en verano a mediodía verdadero llegue a A Coruña casi el triple de radiación que en la misma hora de un día de invierno.

*Figura 2.1.3.
Valores medios
horarios
(tiempo solar
verdadero) de
radiación solar
global.*



3. TEMPERATURA

Dentro de la comunidad gallega se registran diversos regímenes de temperatura, desde aquellos que muestran una escasa oscilación anual hasta aquellos otros que manifiestan un notable carácter continental, tampoco faltan climas de alta montaña en las provincias de Lugo y Ourense. Los mapas de temperatura media anual reflejan, esencialmente, el relieve y resultan escasamente ilustrativos sobre las condiciones térmicas de las distintas zonas. Temperaturas medias comparables pueden enmascarar un comportamiento notablemente distinto en cuanto a la oscilación térmica, según se trate de zonas interiores o costeras, debido al otro gran factor determinante de las condiciones térmicas de una zona: la influencia marítima. El mayor o menor grado de continentalidad de una región, como es natural, no se refiere solo a la mayor o menor lejanía del mar, sino a la acción que este puede ejercer sobre un área dada en función del relieve o de los vientos dominantes.

OBSERVATORIO DE CORUÑA a 28 de VIII de 1961														
TEMPERATURAS					PRESIONES			EVAPORIMETRO						
Máx 39,6 a 13 h. m. Min 21,4 a 23 h. 30 m. Osc 18,2 Min. punto de helo					Máx a h. m. Min a h. m. Osc.			Hoy 13,6 Ayer 6,8 Dif 6,8						
PRESIONES														
H.	T.u.	BAROMETRO		Bglo	Dif.	m.b. al n. mar ó 1000 m.	PPP	Ten- dencia	a pp	DD	dd	m/s	ff	Corrección del Tglo. Hglo.
Z.	Lectura	mm. a 0°												
0	22,5	762,3	759,5	759,5	-	1020,7	208	—	8 04	SE	13	1	02	
3	22,5	761,0	758,2	758,2	-	1019,0	190	—	8 17	SE	13	15	03	
6	22,0	760,3	757,6	757,8	-	1017,9	179	—	7 11	FSE	13	3	05	
9	22,0	760,2	757,5	757,5	-	1017,8	178	—	7 06	SE	13	45	09	
12	22,5	760,2	757,4	757,5	-	1017,5	176	—	8 04	E	09	35	07	
15	22,5	759,8	756,9	756,9	-	1016,2	167	—	7 08	N	26	3	06	
18	22,5	759,5	756,6	756,6	-	1016,3	163	—	7 09	WSW	25	4	08	
21	22,0	757,8	755,6	755,6	-	1015,7	154	—	8 10	WNW	30	35	07	
	22,0	758,7	755,5	755,4	-	1015,7	157	—	8 00	Calma				
	22,0	758,6	755,6	755,6	-	1015,4	154	—	7 03	Calma				
N U B E S										NEFOSCOPIO				
H.	N	N _h	Bajos	C _l	h	Medios	C _m	Altos	C _u	N _e	C _x	X _h	C _l dd Irr	
Z.														
0	0			0	9		0		0					
3	0			0	9		0		0					
6	0			0	9		0		0					
7	0			0	9		0		0					
9	0			0	9		0		0					
12	0			0	9		0		0					
13	0			0	9		0		0					
15	8	1	Sec	2	5	No	1			X				
18	1	0		0	9	Ac	5			0				
21	0	0		0	9		0		0					
SYNOP - (II) III - N d d f f - V V w w W - P P P T T - N _h C _l h C _m C _u														
A 0 h.	08001		01302		56011		20722			C	dd	Irr		
3	08001		01303		56020		19024							
6	08001		01306		62020		17924							
7	08001		01307		62020		17825							
9	08001		00907		65020		17528							
12	08001		03606		62020		16738							
13	08001		02508		62020		16240							
15	08001		02004		62021		15433							
18	08001		10000		65011		15726							
21	08001		00000		58020		15426							
NOTAS: 763,9 30,5 41 Variable 12 288														

Observatorio de A Coruña.

Cuaderno de observación correspondiente al día 28 de agosto de 1961 que recoge la temperatura máxima histórica de esta estación: 39,6 °C a las 13 horas.

3.0. Las medidas de temperatura

Las medidas de temperatura se realizan dentro de una garita o abrigo meteorológico (figura 3.0.1) donde se instalan los termómetros de máxima y mínima así como, en el caso de los observatorios principales, dos termómetros ordinarios para el registro, uno de ellos, de la temperatura actual del aire y, el otro, de la temperatura del termómetro húmedo. Para este último fin, el depósito de mercurio de este segundo termómetro se mantiene rodeado de una muselina humedecida. La diferencia entre ambos termómetros permite determinar el contenido en vapor de la atmósfera. El conjunto de los dos instrumentos recibe el nombre psicrómetro.

El termómetro de máxima se lee durante la observación sinóptica realizada a las 18 horas y se “pone en estación” (es decir, se baja la columna de mercurio con el fin de que quede listo para el registro de la máxima del siguiente día) a las 06 horas, momento en el que se lee el termómetro de mínima, que se pondrá en estación a las 18 horas. La simple lectura de los termómetros de temperaturas extremas no nos permite conocer el momento exacto en que se produjeron los máximos y mínimos térmicos del día ni, en ocasiones, saber cuáles fueron exactamente esos valores en un día determinado. Para que ocurra esto último basta, por ejemplo, con que la temperatura alcance un máximo entre las 18 horas de un día y las 06 horas del siguiente. Al poner el termómetro de máxima en estación veremos que registra un valor mayor que el medido a las 18 horas de ayer, pero no sabremos si corresponde al día anterior, con lo que deberíamos modificar el dato que tenemos registrado, o al día actual. Resulta imprescindible, por tanto, el uso de un equipo registrador que nos permita saber cuándo ocurren los máximos y mínimos, así como, si fuera necesario, obtener el valor extremo, efectuando las correcciones oportunas, pues el registrador no nos va a proporcionar el dato con la misma precisión que los termómetros. Tradicionalmente, el equipo registrador auxiliar era un termohigrógrafo. En la actualidad, los registros prácticamente continuos de los equipos automáticos sustituyen a este en la función de obtener datos auxiliares de temperatura y humedad.

Las estaciones colaboradoras disponen, en general, únicamente de termómetros de máxima y mínima. Deben registrar ambos valores a las 8 de la mañana, hora UTC, y asignar la máxima al día precedente y la mínima al mismo día en que se efectúa la lectura. En la mayor parte de los casos esta

asignación será correcta, en otras ocasiones puede dar lugar, como explicamos en el párrafo anterior, a inexactitudes y a discordancias con los registros paralelos realizados en las estaciones principales. De nuevo, la automatización también de la red de observatorios secundarios está permitiendo eliminar estas discrepancias, pero es preciso tenerlas en cuenta al analizar registros antiguos.

Mención aparte merecen las garitas o abrigos meteorológicos, cuya función es proteger los termómetros de la radiación solar, que falsearía la medida de temperatura, a la vez que permiten la circulación y renovación del aire en su interior. Se orientan de forma que la puerta quede hacia el norte, en nuestro hemisferio, de modo que ni siquiera durante el momento de la lectura de los equipos haya riesgo de que el sol incida sobre ellos. Se instalan de manera que los termómetros queden alrededor de un metro y medio por encima de un suelo natural, representativo del que se halla en el entorno. Diferentes diseños de garitas introducen diferentes sesgos en las medidas (BRUNET ET AL., 2011).

*Figura 3.0.1.
Equipos
registradores
de
temperatura
en el interior
de una garita
meteorológica.*

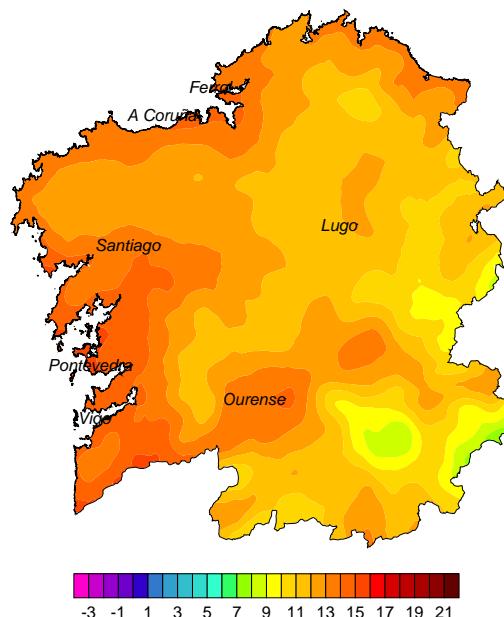


Por último, señalemos que los registros de temperatura realizados mediante estaciones automáticas, a pesar de la diferente naturaleza del método de medida, suelen concordar aceptablemente con los efectuados mediante termómetros convencionales.

3.1. Valores medios

La influencia oceánica se nota en una suavización de las máximas veraniegas y de las mínimas invernales. Por tanto, en los promedios anuales de las temperaturas medias (figura 3.1.1), la influencia marítima queda en gran medida enmascarada y es la altitud, a través de los balances de radiación, el factor que se lleva la mayor parte de la explicación de las diferencias intercomarcales. Las zonas más frías desde el punto de vista de las medias anuales se localizan, por tanto, en las sierras de las provincias de Lugo y Ourense, así como a lo largo de la dorsal central de Galicia y en las comarcas interiores de media altitud. Son las zonas litorales y las depresiones interiores localizadas a lo largo de los cursos del Miño y del Sil las comarcas de temperaturas medias más elevadas.

Figura 3.1.1.
Temperatura media
anual en Galicia.



Los promedios anuales de temperatura proporcionan valores por cada 100 metros de elevación del orden de 0,5 °C de descenso. La tabla 1 recoge las constantes a y b , los coeficientes de correlación y los errores típicos de estimación de la regresión entre distintas temperaturas y la altitud.

TEMPERATURA	a (°C/hm)	b (°C)	r^2	e (°C)
Media anual	-0,47	14,6	0,81	0,7
Media anual de máximas	-0,37	19,5	0,41	1,3
Media anual de mínimas	-0,54	9,7	0,71	1,2
Media de mínimas en enero	-0,66	5,5	0,71	1,5
Media de máximas en enero	-0,72	13,9	0,91	0,7
Media de mínimas en julio	-0,41	14,6	0,63	1,1
Media de máximas en julio	-0,10	25,0	0,01	2,6

Tabla 3.1.1. Resultados del ajuste de la recta $t = a h + b$,
donde h representa la altitud en hm y t la temperatura en °C.

En los cálculos se utilizaron 84 estaciones. Se ha simbolizado el error típico de la estima con e y el cuadrado del coeficiente de correlación con r^2 .

Se obtienen errores típicos de la estima inferiores a 1 °C al hallar la regresión entre las temperaturas medias anuales y la altitud. Teniendo en cuenta que sobre un mapa de Galicia se observan variaciones del orden de unos 7 °C, la imprecisión, aunque es importante, no impide utilizar la altitud como estimador de las temperaturas medias allí donde faltan datos observados.

Mayor interés tiene el análisis de la distribución de temperaturas extremas; por ejemplo, el de las máximas medias de un mes típico de verano como julio (figura 3.1.2). Se observa un aumento de norte a sur, las máximas se alcanzan en las zonas bajas del interior (entre Ourense y Monforte). En la zona norte de las provincias de Lugo y A Coruña el máximo anual se registra en el mes de agosto y estas comarcas están más afectadas por el paso ocasional de perturbaciones que el resto de la región, lo que junto con el viento del nordeste relativamente frío y dominante en esta época del año explica que sus temperaturas máximas no resultan muy altas, de hecho son comparables a las de las zonas montañosas orientales. El efecto moderador del océano se nota en la apreciable diferencia entre las temperaturas costeras de la provincia de Pontevedra (unos 26 °C) y los 3 grados más que se registran en la zona del valle del Miño que antes mencionábamos. Como consecuencia de ello hallamos un notable contraste entre zonas de altitud parecida según sean litorales o interiores; la ausencia de correlación entre las temperaturas máximas de julio y la altitud que se aprecia en la tabla 3.1.1 ilustra claramente esta idea. En las comarcas montañosas, la altitud sustituye

al mar como moderador y las temperaturas no alcanzan valores muy altos. Para obtener errores típicos de la estima del orden de 1 °C, como los existentes para las temperaturas medias anuales, no queda más remedio que recurrir a la latitud y a la mayor o menor lejanía del mar. Esta última variable representaría una medida sencilla, aunque muy imperfecta, del grado de continentalidad de una zona.

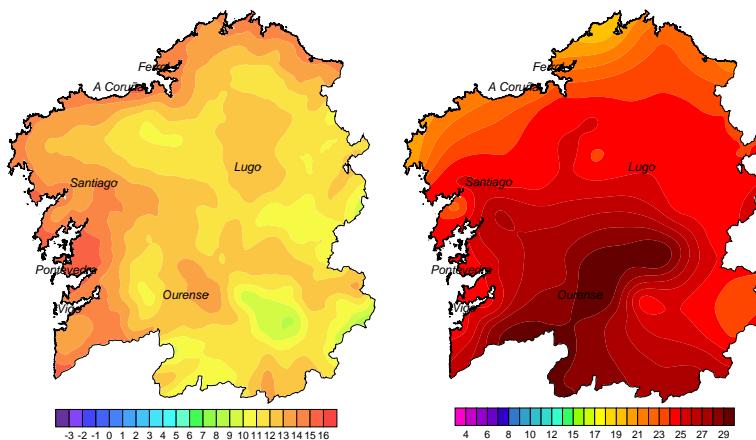
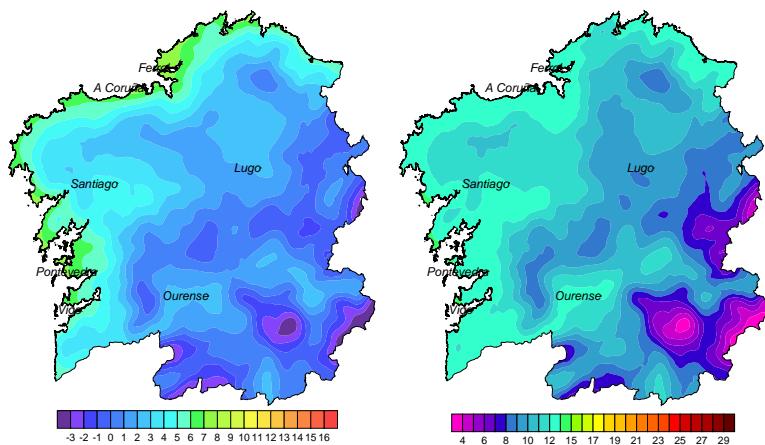


Figura 3.1.2.
Temperatura
mínima media
(izquierda) y
máxima media
(derecha) en el
mes de julio.

Durante el invierno no se aprecia el efecto de la latitud y además el mar actúa como fuente de calor, en el mismo sentido que la baja altitud en las comarcas interiores. El resultado de todo ello es un muy alto coeficiente de correlación entre las máximas de, por ejemplo, el mes de enero y la altitud (figura 3.1.3 y tabla 3.1.1).

Tomemos como ejemplo también el mes de enero para el análisis de las mínimas invernales. Puede decirse que reproducen de nuevo con notable exactitud el mapa de relieve de Galicia; la justificación es enteramente análoga a la que se acaba de hacer para las máximas de invierno. De modo que solo con el conocimiento de la altitud de una zona pueden estimarse sus mínimas medias con una precisión de un grado y medio. No se aprecia ahora con nitidez la zona cálida del valle del Miño pues la baja altitud no compensa por completo la fuerte irradiación nocturna. El litoral registra temperaturas medias mínimas del orden de los 6 °C, en tanto que los valores de las comarcas montañosas del este de la región proporcionan mínimas

Figura 3.1.3.
Temperatura
mínima media
(izquierda) y
máxima media
(derecha) en el
mes de enero.



medias negativas y son, como cabe esperar, las comarcas más frías de Galicia. Las temperaturas mínimas del verano admiten una parametrización similar, aunque el coeficiente de correlación es apreciablemente menor.

3.2. Temperaturas extremas

Aunque el clima de Galicia no es muy extremo en lo que se refiere a temperaturas y buena parte del territorio está bajo una influencia marítima que limita la oscilaciones térmicas, no faltan episodios, especialmente en las comarcas interiores, donde esta influencia está ausente o llega muy atenuada, *degradación oceánica* (PÉREZ Y ROMANÍ, 1986), en los que se registran valores, tanto de máximas como de mínimas, comparables a los que pueden alcanzarse en el interior de la Península. En particular, es bastante común que la temperatura máxima medida en el observatorio de Ourense durante algunos días del verano se sitúe entre las más altas de España. Es relativamente frecuente pasar de 40 °C en las calurosas comarcas del Miño o del Sil en verano y hallar mínimas próximas a los -10 °C en las zonas interiores de altitud elevada durante el invierno.

El modo habitual de caracterizar el comportamiento de los máximos o mínimos de una variable climática consiste en estudiar la frecuencia con que, por término medio, aparecen en los registros de la estación ciertos umbrales de dicha variable, que es lo que se denomina "periodo de retorno" de tales

valores. Más exactamente, lo que suele darse es el valor que corresponde a ciertos periodos de retorno prefijados. Como las series son siempre demasiado cortas para estos fines, no queda más remedio que asumir (con la debida justificación estadística) que los valores extremos siguen una cierta ley de distribución que ajustamos a nuestros datos muestrales concretos y de la que deducimos qué valores corresponden a periodos de retorno altos. Lo habitual, más que facilitar un único valor, es dar un intervalo dentro del cual se espera, con un determinado nivel de confianza, que se encuentre el que nosotros buscamos. De esta forma se cuantifica la incertidumbre asociada a la corta serie de datos en la que nos estamos apoyando. En las tablas de periodos de retorno que facilitamos, tanto para la temperatura como para las restantes variables, incluimos únicamente el valor central del intervalo, que resulta mucho más útil para efectuar comparaciones entre estaciones y para ilustrar una sencilla descripción del comportamiento de los valores extremos de la variable en Galicia. Junto con todo lo anterior, téngase siempre presente que estos valores de periodos de retorno, en última instancia, son solo otra forma de presentar los datos muestrales. La aparición de un registro que constituya una efeméride para un cierto observatorio altera los resultados de los cálculos tanto más cuanto más corta sea la serie a la que se añada y cuanto más separado se encuentre de los valores precedentes.

La tabla 3.2.1 muestra los valores que resultan para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años a partir de un ajuste a la ley general de valores extremos para algunos observatorios gallegos. La longitud de las series utilizadas en los cálculos es superior a los 30 años.

Se observan con claridad las altas temperaturas que son de esperar en la provincia de Ourense, de hecho se han superado cómodamente los 40 °C en numerosas ocasiones en la historia reciente. En general, todos los observatorios interiores presentan una probabilidad apreciable de superar dicho umbral. En las estaciones costeras, en cambio, el límite asintótico, más alto en las Rías Baixas que en las estaciones costeras del norte, parece situarse unos grados por debajo de los 40 °C. En relación a las mínimas, observamos como en los observatorios interiores de altitud media se pueden esperar con una frecuencia razonable temperaturas inferiores a -10 °C, en tanto que el resto de las estaciones interiores presentan valores correspondientes al periodo de retorno de 100 años situados entre -5 y -10 °C. Por encima de los -5 °C quedan los más cercanos a la costa entre los que destaca el de A Coruña, cuya cercanía al mar se traduce en la ausencia

casi completa de temperaturas negativas. El valor más bajo alcanzado por este observatorio fue de -3°C y se registró el 22 de febrero de 1948. Los cálculos de la tabla 3.2.1, efectuados con una serie de datos posterior, atribuyen a este registro un periodo de retorno de más de 100 años.

Un problema importante en relación con las temperaturas extremas es el de la representatividad de las mismas, es decir, si un observatorio llega, por ejemplo, a registrar en invierno mínimas de -7°C , cabe plantearse durante cuánto tiempo está el termómetro en temperaturas tan bajas. Tal vez en el conjunto del invierno solo nos hallaremos brevemente en este estado, de modo que el valor, por espectacular que resulte, es poco significativo. Si empezamos a considerar relevantes, por ejemplo, las temperaturas tales que durante los meses invernales el 2,5 % del tiempo el termómetro está por debajo de ese umbral, encontramos que tales temperaturas serían de $-2,8^{\circ}\text{C}$ en el observatorio de Lugo y de $3,7^{\circ}\text{C}$ para el de A Coruña, unos valores que siguen poniendo de manifiesto las diferencias entre las condiciones climáticas de los dos observatorios pero que resultan seguramente más significativas que los mínimos absolutos. Como curiosidad, solo durante el 0,1 % del tiempo de los meses invernales la temperatura en el observatorio de Lugo es inferior a -8°C .

	AÑOS			AÑOS		
	25	50	100	25	50	100
	Máximas ($^{\circ}\text{C}$)			Mínimas ($^{\circ}\text{C}$)		
<i>A Coruña</i>	35,1	35,9	36,7	-0,3	-0,5	-0,8
<i>A Coruña-Alvedro</i>	36,9	37,5	38,1	-4,7	-5,0	-5,1
<i>Santiago-Lavacolla</i>	39,2	40,2	41,3	-5,8	-6,1	-6,4
<i>Santiago-Astronómico</i>	40,0	40,9	41,8	-4,2	-4,6	-5,0
<i>Pontevedra</i>	39,0	39,9	40,6	-2,6	-2,9	-3,1
<i>Vigo-Peinador</i>	36,8	37,1	37,3	-3,6	-4,2	-4,9
<i>Lugo-Rozas</i>	39,5	40,1	40,6	-10,0	-10,6	-11,1
<i>Ourense</i>	42,2	42,5	42,8	-7,8	-8,5	-9,2
<i>Allariz</i>	40,2	41,1	42,1	-10,9	-11,4	-11,9
<i>Xinzo de Limia</i>	40,3	41,2	42,2	-11,5	-12,4	-13,2

Tabla 3.2.1. Periodos de retorno de temperaturas extremas calculados mediante ajuste a la ley general de valores extremos. Todas las series son de 30 años, salvo las de Pontevedra y Lugo-Rozas, que tienen 27.

En relación también con la persistencia en el tiempo de las temperaturas extremas, vamos a analizar brevemente la duración de los episodios veraniegos de temperaturas elevadas. La tabla 3.2.2 presenta, para la serie 1984-2012 y los meses de junio, julio, agosto y septiembre, en cada uno de los observatorios principales de Galicia, la duración de los episodios en los que la temperatura máxima ha superado los umbrales de fenómeno adverso de niveles amarillo y naranja, que para A Coruña, Santiago, Pontevedra y Vigo están fijados en 34 y 37 °C, respectivamente, en tanto que para Lugo y Ourense son de 36 y 39 °C. También se incluye en la mencionada tabla el caso de mayor duración y el promedio de la misma, teniendo en cuenta únicamente los episodios de duración mayor que un día para el caso del nivel amarillo.

	Duración del episodio en días													
	1	2	3	4	> 4	Máximo	Media							
Ourense	74	18	29	13	14	1	9	1	14	2	11	6	3,6	1,8
Pontevedra	37	6	11	0	5	0	0	0	1	0	6	1	2,5	1,0
Vigo	22	2	7	0	1	0	0	0	1	0	7	1	2,7	1,0
Santiago	19	8	7	2	4	0	1	0	1	0	7	2	2,8	1,2
Lugo	10	3	2	0	1	1	2	0	0	0	4	3	3,0	1,5
A Coruña	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	—	—

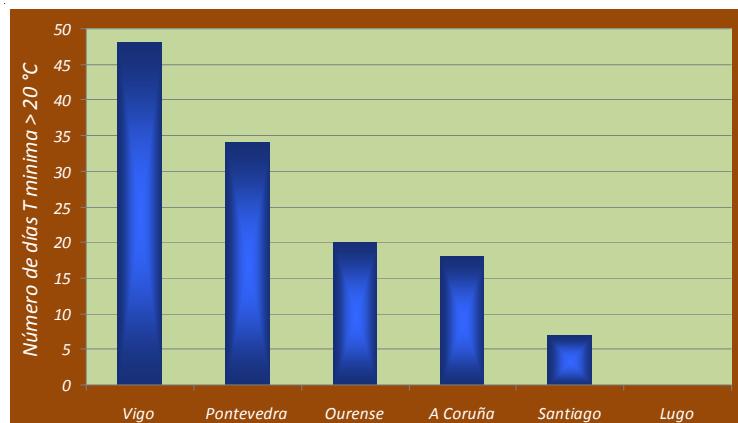
Tabla 3.2.2. Duración de los episodios registrados correspondientes a niveles de aviso amarillo y naranja en los observatorios principales para el periodo 1984-2012.

Aun cuando las diferencias entre los promedios de sus duraciones no sean especialmente significativas, los episodios de altas temperaturas son más prolongados en los observatorios del interior que en los cercanos a la costa. El caso de mayor duración se registró en Ourense, donde en agosto de 2003 llegaron a superarse los 36 °C de forma consecutiva entre los días 3 y 13, con máximas por encima de 40 °C durante cinco de esos once días. Por el contrario, en A Coruña se alcanzaron o superaron los 34 °C únicamente en cuatro ocasiones, nunca de forma consecutiva y sin llegar a los 37 °C que marcan el límite inferior del nivel naranja. Las diferencias existentes en cuanto a temperaturas extremas entre el litoral norte de Galicia y las Rías Baixas resultan evidentes cuando comprobamos que en los observatorios del sur próximos a la costa, Pontevedra y Vigo, el umbral de los 34 °C se ha superado un total

de 80 y 46 días, respectivamente, entre 1984 y 2012. En el interior, las diferencias entre el norte y el sur quedan claramente marcadas por los observatorios de Lugo y Ourense. El umbral de 39 °C se superó un total de 6 días en el observatorio de Lugo y 62 en el de Ourense, con un máximo en este último de seis días consecutivos entre el 16 y el 21 de julio de 1990, periodo durante el que alcanzan, el día 20, los 42,6 °C que constituyen el valor más alto registrado hasta el momento por un observatorio principal en Galicia. El umbral que marca el límite del fenómeno adverso de nivel rojo (42 °C en Ourense y Lugo, 40 °C en el resto de los observatorios) ha sido superado únicamente en el observatorio de Ourense, con un total de cuatro días, y nunca de forma consecutiva, entre 1984 y 2012.

Junto con valores máximos elevados, estos episodios se caracterizan también porque las temperaturas mínimas suelen alcanzar valores significativamente altos, en ocasiones por encima de los 20 °C, que es el umbral que convencionalmente define la denominada “noche tropical”. La figura 3.2.1 representa el número de días en que la temperatura mínima ha sido superior a dicho valor (meses de junio a septiembre y periodo 1984-2012). El número más elevado de casos se registra en Pontevedra y Vigo. Contrastan los resultados obtenidos para los observatorios situados en las Rías Baixas, con los de Santiago y Lugo, sobre todo con este último, donde la temperatura mínima de 20 °C no ha sido alcanzada en ninguna ocasión en la serie estudiada. Obviamente estas situaciones de mínimas muy altas se producen durante las olas de calor en verano y la causa de que la mínima no descienda de 20 °C en las estaciones costeras hay que buscarla en el establecimiento

Figura 3.2.1.
Número de días en que la temperatura mínima ha sido mayor de 20 °C en el periodo 1984-2012 para los meses comprendidos entre junio y septiembre.



de vientos nocturnos terrenos que transportan parte del calor acumulado en el interior hasta el litoral impidiendo el descenso de temperatura durante la noche. En la sección 9.3 se muestra un ejemplo de esta situación ocurrido el día 6 de julio de 2013 en la estación de Fisterra.

3.3. Algunos episodios importantes

En este apartado vamos a describir brevemente algunas de las situaciones atmosféricas que han dado lugar a registros llamativos de temperatura en Galicia. Dedicaremos más atención al episodio ocurrido alrededor del 20 de julio de 1990 que constituye, por el momento, el evento cálido más intenso registrado en Galicia, de tal modo que para una gran parte de los observatorios las máximas medidas aquel día siguen siendo sus máximas absolutas.

Julio de 1990. Ourense

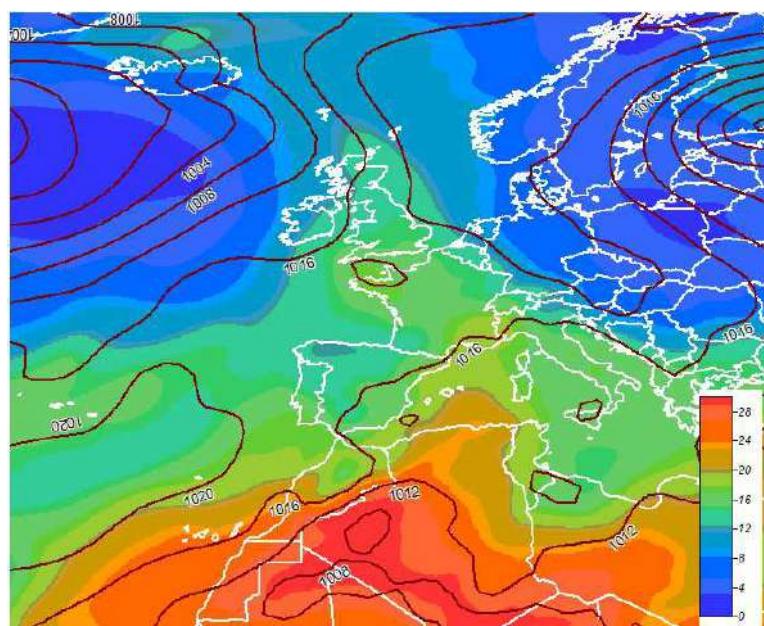
El día 20 de julio de 1990 el observatorio de Ourense registró una temperatura máxima de 42,6 °C. Se trata del valor más alto registrado por un observatorio principal en Galicia. Desde el día 16 de ese mes y hasta el día 21 las máximas superaron en Ourense los 39 °C y entre el 20 y el 22 la mínima no descendió de 20 °C. En el mes de agosto de ese mismo año se alcanzaron máximas de 42,2 °C, valor que volvió a repetirse en julio de 1995.

Este tipo de situaciones que provocan temperaturas máximas elevadas en Galicia han sido ampliamente estudiadas en la Delegación Territorial de AEMET en Galicia (MOURE, 2011) debido, por un lado, a que suelen provocar la emisión de aviso de fenómeno adverso y, por otro, a que los modelos de predicción no suelen pronosticar con exactitud, al menos el día en que se registra el primer ascenso importante, los valores de temperaturas máximas en los distintos observatorios de la red. Se han detectado en ocasiones diferencias de hasta 5 °C entre las temperaturas pronosticadas por los modelos y las observadas en la realidad. La situación sinóptica que las describe es muy característica y se repite, con ligeras variaciones, para la mayoría de los eventos de altas temperaturas en Galicia. En la figura 3.3.3 se representa la presión en superficie y la temperatura en 850 hPa para las 06 horas UTC del día 20 de julio de 1990, día en que se registraron 42,6 °C en el observatorio de Ourense.

Las altas presiones situadas sobre las islas británicas y la baja térmica sobre el oeste de la península ibérica provocan sobre Galicia flujo del sureste, con advección de aire cálido procedente del norte de África. En 850 hPa una dorsal térmica con temperaturas superiores a los 20 °C se extiende desde el norte de África hasta el Cantábrico. En esa fecha, además de los 42,6 °C de Ourense, las máximas superaron los 40 °C en el observatorio de Lugo, los 39 °C en el aeropuerto de Santiago, los 35 °C en Pontevedra y Vigo, así como los 30 °C en A Coruña.

Una característica destacada de este tipo de episodios es su persistencia. En las figuras 3.3.1 y 3.3.2 se representan la presión en superficie y la temperatura en 850 hPa para los días 15 y 16 de julio de 1990 a las 06 horas UTC, cinco días antes de que se alcanzaran los valores mencionados en el párrafo anterior. El día 15 la configuración isobárica sobre la Península es la característica de un pantano barométrico, mientras que en 850 hPa la isoterma de 16 °C se sitúa sobre el Mediterráneo y norte de África. Al día siguiente la presión en superficie adopta ya la configuración típica de este tipo de situaciones de temperaturas elevadas, con flujo del sureste y dorsal térmica en 850 hPa extendiéndose hasta el norte de Galicia. Esta configuración básica se mantuvo, con ligeras variaciones durante los siguientes días.

Figura 3.3.1.
Presión en
superficie
(líneas, hPa) y
temperatura en
850 hPa (escala
de colores, °C) a
las 06 UTC del
día 15 de julio
de 1990.



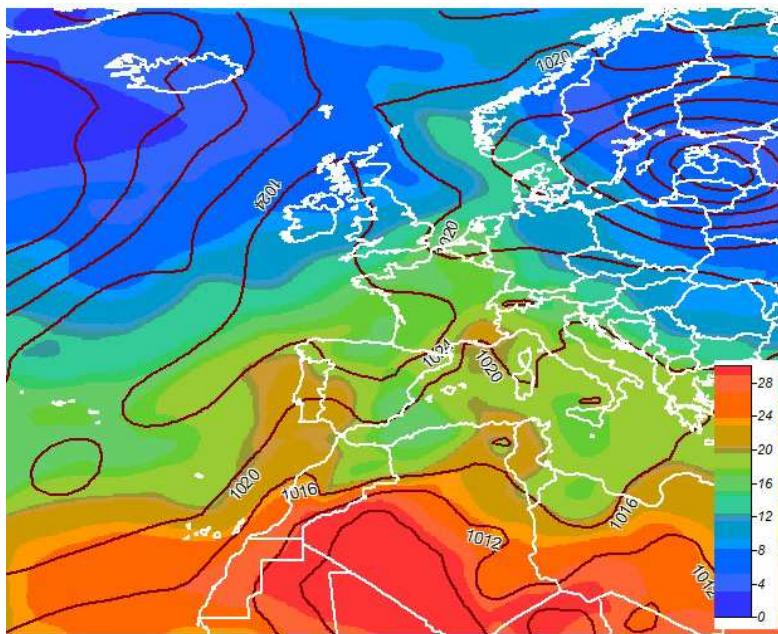


Figura 3.3.2.
Presión en
superficie
(líneas, hPa) y
temperatura en
850 hPa (escala
de colores, °C) a
las 06 UTC del
día 16 de julio
de 1990.

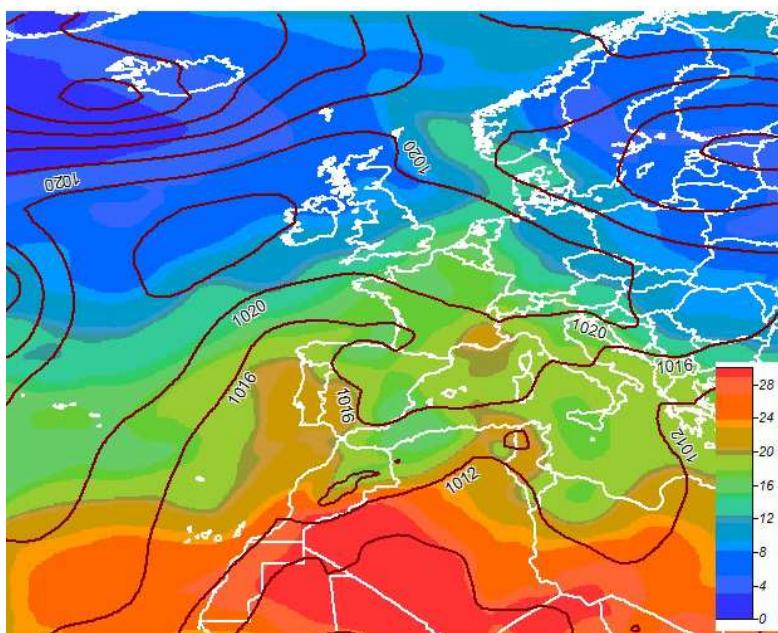


Figura 3.3.3.
Presión en
superficie
(líneas, hPa) y
temperatura en
850 hPa (escala
de colores, °C) a
las 06 UTC del
día 20 de julio
de 1990.

En la tabla 3.3.1 se presentan las temperaturas máximas registradas por los observatorios principales de Galicia entre los días 15 y 25 de julio de 1990 (los colores indican el tipo de fenómeno adverso que hubiera motivado cada valor de la temperatura máxima). Con la excepción de Lugo y A Coruña, probablemente afectados por nubosidad de estancamiento, el aumento de temperatura entre los días 15 y 16, coincidiendo con el establecimiento de la situación sinóptica típica, varía entre los 4 °C de Santiago y los 6,2 °C de Vigo. Un aumento en general entre moderado y notable de las máximas, que continuó en Pontevedra y Vigo entre los días 16 y 17 y que se produjo

Día	Temperaturas máximas (°C)					Ourense
	A Coruña	Santiago	Pontevedra	Vigo	Lugo	
15	20,5	27,6	26,6	23,8	29,8	33,6
16	22,2	31,6	31,6	30,0	30,0	39,0
17	25,4	33,8	37,8	35,2	29,0	39,8
18	30,0	36,8	37,2	34,6	36,8	41,0
19	27,8	37,4	32,8	33,2	41,0	41,8
20	30,2	39,4	35,6	36,6	41,2	42,6
21	26,6	35,6	32,8	33,4	41,2	41,2
22	28,6	34,0	37,6	35,4	34,4	36,8
23	26,6	33,5	37,6	34,0	35,0	37,2
24	31,6	34,0	31,0	30,0	37,8	38,6
25	25,6	24,0	25,0	25,0	34,2	30,6
Día	Temperaturas mínimas (°C)					Ourense
	A Coruña	Santiago	Pontevedra	Vigo	Lugo	
15	15,2	9,4	13,0	13,6	9,2	12,8
16	15,8	10,8	13,0	16,0	10,0	15,2
17	16,8	15,0	17,2	19,2	15,4	16,6
18	17,2	16,2	18,4	21,2	16,0	18,0
19	16,6	18,4	19,0	22,6	14,0	18,4
20	16,6	17,8	18,8	20,4	15,0	20,4
21	17,2	21,4	18,4	19,8	17,0	20,4
22	17,4	20,0	20,2	21,0	19,0	22,6
23	20,2	23,0	20,0	19,2	15,8	18,8
24	19,8	20,6	18,0	17,0	15,6	20,8
25	16,8	15,6	17,0	14,0	15,8	19,4

Tabla 3.3.1. Valores máximos y mínimos de temperatura registrados en las estaciones principales de Galicia durante el episodio de calor de julio de 1990. El color de la celda indica el tipo de aviso al que corresponde el valor.

en Lugo y A Coruña entre el 17 y el 18. El descenso de máximas registrado entre los días 24 y 25 llegó a ser de 10 °C en el caso del aeropuerto de Santiago. Otra característica destacada en este tipo de casos es que, al igual que las máximas, las temperaturas mínimas suelen alcanzar valores significativamente altos, en ocasiones por encima de los 20 °C. En la tabla 3.3.1 se presentan las mínimas alcanzadas durante el período estudiado, remarcándose los casos en que se alcanzaron o superaron los 20 °C. Vemos que en un episodio de nueve días consecutivos de temperaturas elevadas las mínimas superaron los 20 °C en cuatro ocasiones en tres de los seis observatorios principales de Galicia.

Para complementar los datos de la tabla 3.3.1 y seguir la evolución de las temperaturas en el conjunto de Galicia durante todo el episodio, en las figuras 3.3.4 a, b y c se representa la evolución de las máximas en la Comunidad entre los días 15 y 25 de julio de 1990. Vemos que en la jornada del 15 se superan de forma puntual los 30 °C en zonas de la provincia de Ourense, principalmente en el valle del Miño y área de Valdeorras, así como en el sur de la provincia de Lugo. El primer ascenso importante se registra el día 16. En esa fecha, en la mitad sur los 30 °C se superan ya de forma casi generalizada. En zonas de Ourense y sur de Lugo, fundamentalmente en el valle del Miño, Valdeorras y Monforte, las temperaturas llegan a aproximarse a los 40 °C, con valores en torno a 35 °C en zonas de las Rías Baixas. Como ejemplo pueden servir los 34 °C medidos en Boiro, los 35,5 °C de Vilagarcía y Vilariño-Cambados o los 34,5 °C en Ribadumia. El aumento medio de las temperaturas registrado en Galicia fue de casi 4 °C, y varía entre los 5 °C de incremento promedio en la provincia de Pontevedra y los 2 °C de la de Lugo. Un ascenso moderado en general con amplias zonas, sobre todo en la mitad sur, donde el aumento fue notable y alcanzó o superó los 6 °C.

El ascenso de temperaturas continúa a lo largo de los siguientes días y se extiende de sur a norte, de forma que el día 18, con la excepción de zonas de A Mariña y litoral norte de A Coruña, las máximas superan ya los 30 °C en toda la Comunidad. La temperatura media de máximas para el conjunto de Galicia se aproxima a 35 °C, con valores máximos de 43 °C en Monforte y Valdeorras, y mínimos de 23 °C en A Mariña lucense. El promedio de máximas es de 37 °C en la provincia de Ourense y de casi 33 °C en la de Lugo. El 19, la aparición de nieblas de advección provoca un descenso de máximas en el litoral occidental y comarcas próximas, descenso que en localidades situadas al lado del mar como Marín, Cangas o Sanxenxo llegó a ser de casi 8 °C.

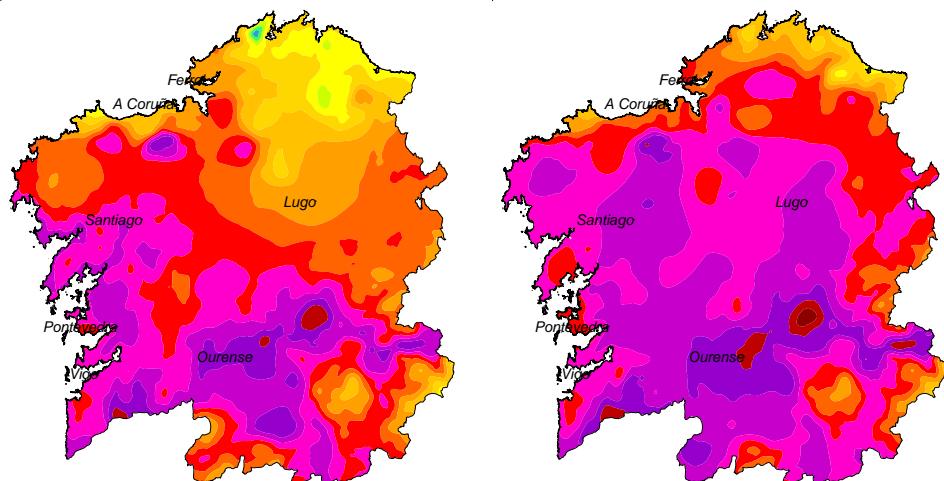
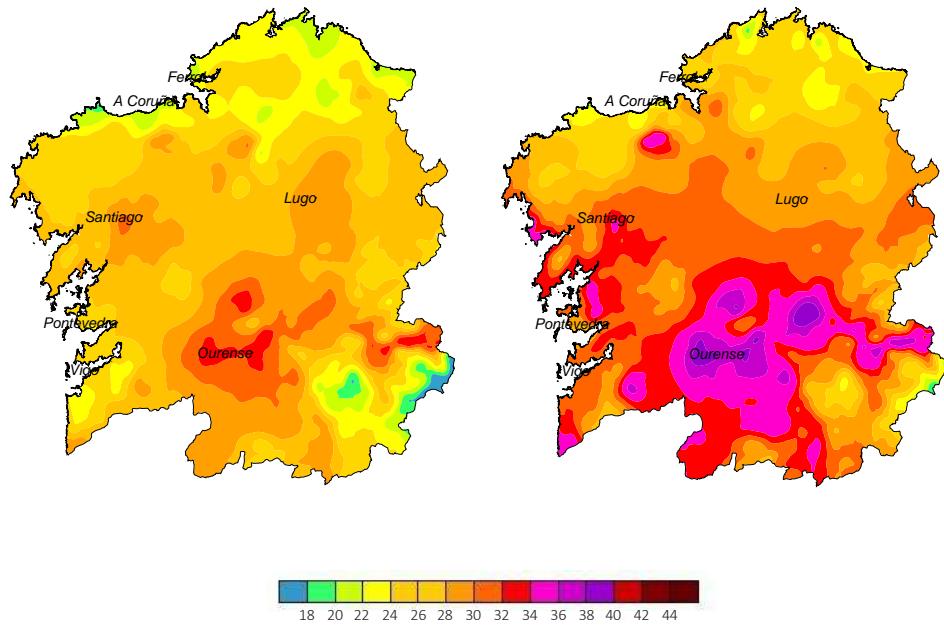


Figura 3.3.4.a. Evolución de la temperatura máxima en Galicia (°C) entre los días 15 y 18 de julio de 1990 (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

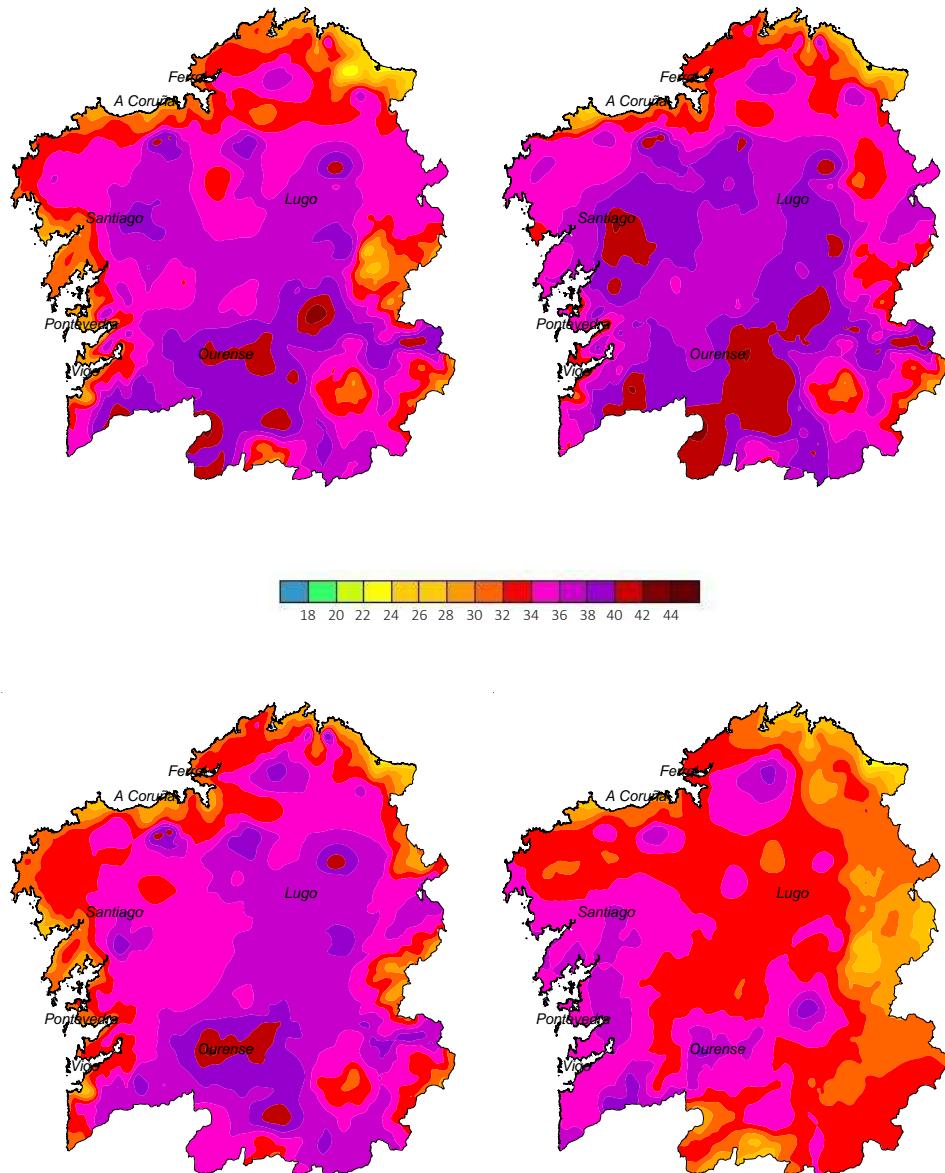


Figura 3.3.4.b. Evolución de la temperatura máxima en Galicia (°C) entre los días 19 y 22 de julio de 1990 (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

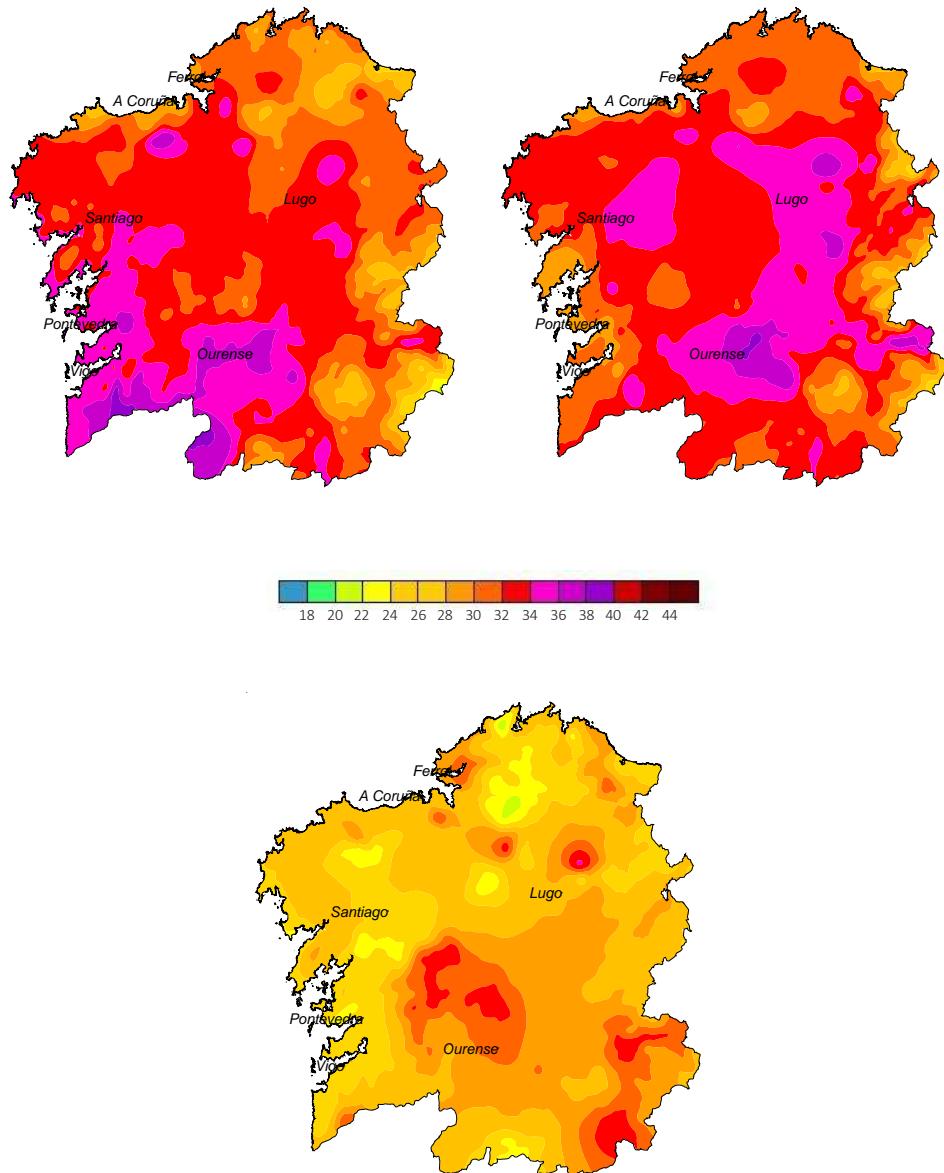


Figura 3.3.4.c. Evolución de la temperatura máxima en Galicia (°C) entre los días 23 y 25 de julio de 1990 (de izquierda a derecha y de arriba a abajo).

El día 20 se recuperan nuevamente las temperaturas. En esta fecha se alcanzan los valores medios más elevados del episodio, con casi 36 °C de promedio de máximas para la Comunidad, que son 38,7 °C si incluimos en el cálculo únicamente la provincia de Ourense y 34,7 °C si solo tenemos en cuenta la de Lugo. Son muy numerosos los observatorios de Galicia que registran su valor máximo histórico de temperatura en esta fecha. En particular, es el caso de los observatorios de Ourense y del aeródromo de Rozas con valores de 42,6 y 41,2 °C respectivamente.

A partir del día 21, en que nuevamente las nieblas de advección provocan una disminución de las máximas en el oeste de la Comunidad, estas inician un descenso que se aprecia ya claramente el 22, cuando el promedio para Galicia resulta inferior a 34 °C, sin que ningún registro sea mayor de 40 °C. El día 23, los 35 °C se superan de forma generalizada únicamente en las comarcas próximas al litoral de Pontevedra y en el valle del Miño. El episodio puede darse por finalizado el 25, cuando el promedio de máximas para Galicia resulta ya inferior a 28 °C.

Agosto de 1961. A Coruña

El 28 de agosto de 1961 el observatorio de A Coruña registró un valor de temperatura máxima de 39,6 °C, un dato insólito si lo comparamos con los que registra habitualmente el observatorio coruñés. Su importancia está en que refleja el tipo de situaciones que generan temperaturas muy altas en la mitad norte de Galicia, donde normalmente las máximas veraniegas son muy suaves. Cada verano encontramos al menos un día con máximas de más de 30 °C, pero desde 1931, año en que se instaló el observatorio en la Ciudad Jardín, únicamente dos veces se han superado los 35 °C: en agosto de 1961 y en agosto de 1993 (35,2 °C). La diferencia entre el máximo de la serie y el segundo valor de la misma hace aún más llamativo lo ocurrido en agosto de 1961. Un estudio detallado de este caso puede verse en (ALMARZA Y LÓPEZ, 1995).

Febrero de 1983. Outeiro de Rei

El día 17 de febrero de 1983 la estación de Punto Centro, situada en el concello de Outeiro de Rei (Lugo) midió una temperatura de -13,2 °C. Existen registros más bajos entre las estaciones secundarias, pero las condiciones

en que fueron tomados no están tan controladas como en un observatorio principal, por lo que, como ocurría con la máxima absoluta de Ourense, parece razonable ceñirse únicamente a estos últimos a la hora de buscar valores extremos. El día 16, el termómetro ya se había acercado a los -12°C . En cambio, al día siguiente de registrar la mínima absoluta de su historia la temperatura se mantuvo siempre por encima de 0°C . Esta mínima absoluta es muy cercana a la medida 12 años antes, el 4 de enero de 1971, cuando este observatorio registró $-13,0^{\circ}\text{C}$. Desde 1983 se ha alcanzado otras dos veces en los observatorios de Punto Centro y Rozas el umbral de -10°C , pero sin llegar a superarlo.

En ambos casos el origen de las bajas temperaturas está en la presencia de un anticiclón sobre las islas británicas o Escandinavia junto con una zona de bajas presiones sobre el Mediterráneo central. El resultado de esta configuración isobárica es la llegada de vientos continentales muy fríos hasta la península ibérica. No obstante hay una diferencia significativa entre ambos episodios. En el correspondiente a 1983 el valor más bajo de temperatura se registra el día 17 cuando la configuración de altas y bajas presiones coincide plenamente con la descrita. El 18 se acerca ya a Galicia una zona de bajas presiones que no solo provoca un cambio en la dirección del viento, sino que además introduce nubosidad disminuyendo el enfriamiento nocturno. Por el contrario, en el episodio de 1971, unos días antes del mínimo de temperatura registrado en Lugo los mapas isobáricos se ajustan al esquema descrito y el aeropuerto de Santiago, por ejemplo, alcanza la mínima del periodo el día 2 de enero con -7°C . La evolución de la situación sinóptica sitúa a partir del día 3 un área de altas presiones sobre la península ibérica; los cielos despejados provocan todavía en Lugo una disminución de las mínimas en los dos días posteriores hasta alcanzar los $-13,0^{\circ}\text{C}$.

3.4. Temperaturas de subsuelo

De forma rutinaria se realizan observaciones de la temperatura del subsuelo a distintas profundidades. En el siguiente apartado pretendemos dar, tomando como ejemplo los observatorios de Ourense y A Coruña (tablas 3.4.1 y 3.4.2), una idea general de las variaciones de la mencionada temperatura. A las profundidades de 5, 10 y 20 cm se realizan tres observaciones diarias, a 07, 13 y 18 horas UTC; a 50 y 100 cm únicamente se toman datos a las 18 horas. Las mencionadas tablas recogen valores medios mensuales.

Se observa un notable parecido durante los meses invernales en los distintos niveles, si bien a un metro de profundidad el subsuelo está a una temperatura apreciablemente mayor. Durante el verano las capas más calientes son las superficiales y el máximo se alcanza más tarde en las capas más profundas, en las que en agosto es el mes más cálido; a comienzos del otoño se ha invertido ya la tendencia y las capas más cálidas son las profundas; al contrario que en verano, el calor fluye ahora de las capas más internas hacia la superficie, desde donde se pierde en la atmósfera, al parecer de una forma tan lenta que tiende a alcanzarse un gradiente nulo de temperatura a medida que nos acercamos al invierno, algo que casi se consigue durante el mes de febrero para, ya en marzo, comenzar un progresivo calentamiento de las capas más externas, ahora con gran rapidez, e invertirse el flujo de calor. El comportamiento cualitativo es similar en las dos estaciones analizadas, aunque como cabía esperar, la amplitud de la oscilación anual es mayor en Ourense que en A Coruña y también la oscilación entre los distintos niveles durante los meses de verano. En invierno, en cambio, las diferencias de temperatura entre las distintas profundidades de medida son similares en ambos observatorios.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-0,05 m	7,9	9,1	12,5	14,9	19,5	24,6	28,0	27,7	22,7	16,6	11,9	8,8
-0,10 m	7,9	9,0	12,3	14,8	19,2	24,4	27,7	27,4	22,5	16,5	11,8	8,7
-0,20 m	8,4	9,2	12,1	14,5	18,4	23,1	26,1	26,2	22,2	16,9	12,6	9,5
-0,50 m	8,8	9,3	11,8	14,0	17,7	21,4	24,9	25,4	22,0	17,3	13,3	10,0
-1,0 m	10,0	9,9	11,6	13,5	16,3	19,5	22,6	23,8	21,8	18,2	14,8	11,6
+1,5 m	8,1	9,4	12,1	13,4	16,7	20,3	22,6	22,9	19,9	15,6	11,0	8,5

Tabla 3.4.1. Temperaturas medias (°C) a distintas profundidades y en garita (+1,50 m) registradas en el observatorio de Ourense (1987-2010).

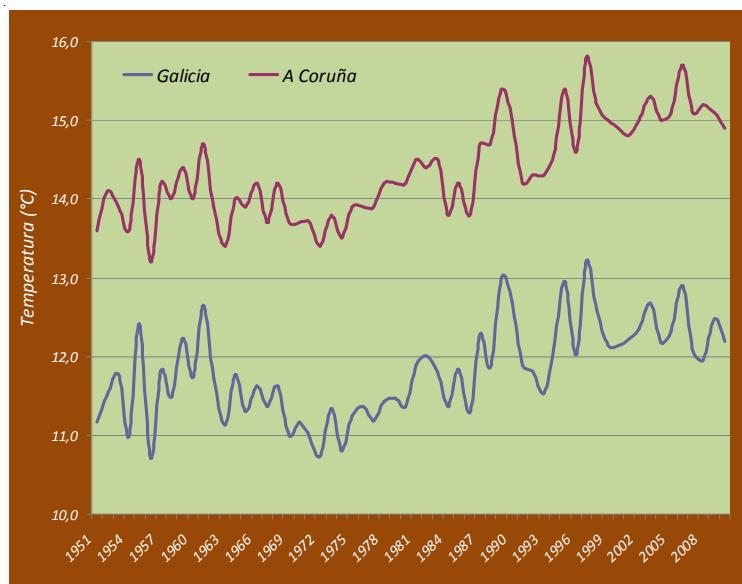
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-0,05 m	9,5	10,3	12,9	14,5	17,9	20,7	22,3	22,3	20,1	16,4	12,4	10,1
-0,10 m	9,9	10,6	13,0	14,6	17,8	20,5	22,2	22,3	20,3	16,8	13,0	10,6
-0,20 m	10,3	10,7	12,8	14,3	17,4	20,1	21,7	22,0	20,2	17,1	13,5	11,1
-0,50 m	10,8	11,0	12,8	14,2	16,8	19,5	21,1	21,6	20,3	17,5	14,2	11,8
-1,0 m	11,9	11,7	12,8	13,8	15,8	18,0	19,7	20,6	20,0	17,9	15,4	13,2
+1,5 m	10,9	11,2	12,7	13,2	15,6	17,8	19,2	19,9	18,6	16,3	13,2	11,6

Tabla 3.4.2. Temperaturas medias (°C) a distintas profundidades y en garita (+1,50 m) registradas en el observatorio de A Coruña (1989-2012).

3.5. El aumento de temperatura

La serie más larga y fiable de temperatura de la que se dispone en Galicia es la serie de A Coruña. Aunque sobrepasa el siglo, poca confianza merecen los valores anteriores a 1900 y entre los del siglo XX deben tomarse con reservas los anteriores a 1931, fecha en que el observatorio se instaló en su actual ubicación en la Ciudad Jardín. Desde entonces cabe mencionar, por su posible influencia en los registros, el crecimiento de la ciudad a su alrededor, si bien da la impresión de que este factor no ha afectado demasiado a las medidas de temperatura. Entre la influencia que el observatorio recibe de la ciudad y la que llega del mar cercano, parece predominar claramente esta última. Para ello basta comparar las series de datos de temperatura de A Coruña y del aeropuerto de Santiago desde mediados del siglo XX y comprobar que la evolución es paralela y que los datos tomados en el aeropuerto, en un entorno que, en principio, no ha sufrido grandes variaciones, muestran una tendencia muy similar a la registrada en el observatorio coruñés.

*Figura 3.5.1.
Temperaturas
medias anuales
promediadas
para Galicia y
registradas por
el observatorio
de A Coruña
entre 1951 y
2010.*



La figura 3.5.1 muestra las temperaturas medias anuales medidas en el observatorio de A Coruña desde 1950 y el promedio para toda la Comunidad. Se ha tomado el periodo posterior a 1950 para disponer de información de

un número razonable de estaciones que una vez normalizadas permitieran, con ayuda de un sistema de información geográfica, estimar la temperatura media para toda Galicia. Las gráficas muestran un claro paralelismo como, por otra parte, cabía esperar. En ambas llama la atención el brusco incremento de temperatura en las dos últimas décadas del siglo XX y su estabilización posterior. Relativamente cálidos resultan también los primeros quince años reflejados en la gráfica, una racha que, con las limitaciones de los pocos datos disponibles, parece prolongarse otros cinco años hacia atrás. En cualquier caso cabe hablar de una tendencia creciente que en la segunda mitad del siglo XX incrementó la temperatura media anual en A Coruña en, aproximadamente, un grado.



Figura 3.5.2.
Variación de la temperatura media mensual en °C/año desde 1981 a 2010 en la serie promedio de Galicia.

Los 10 años más cálidos son posteriores a 1989, lo que pone claramente de manifiesto la tendencia creciente, con los años más cálidos acumulados en el tramo final del periodo. En A Coruña el valor más alto corresponde a 1997 con una temperatura media de 15,8 °C, seguido de 2006 con 15,7 °C y 2011 con 15,6 °C.

Interesante resulta ver cómo se distribuye entre los distintos meses del año la variación anual media observada. La figura 3.5.2 representa, en °C por año, la variación de temperatura media en Galicia correspondiente a cada mes del año. Como podemos apreciar, la mayor parte del incremento

corresponde a los meses de primavera, mientras que las contribuciones del verano, el otoño y el invierno son mucho menores o incluso en algunos meses resultan negativas. Se trata en cualquier caso de valores poco significativos de tendencia los que se registran en estas últimas estaciones, de modo que puede decirse que la contribución más significativa al incremento de temperatura observado en las tres últimas décadas proviene de la primavera, aunque en los últimos años las primeras semanas del otoño están dejando valores de temperaturas medias superiores a las normales, como ocurrió, por ejemplo, en el cálido octubre de 2011.

Otra cuestión elemental que puede plantearse es si el aumento observado en las temperaturas medias registradas en Galicia proviene de un incremento de las máximas o de una suavización de las mínimas. El cálculo de las correspondientes tendencias muestra que el incremento de las máximas es levemente superior al incremento de las mínimas. La diferencia es del orden de seis centésimas de grado Celsius.

4. PRECIPITACIÓN

Galicia aparece en su mayor parte incluida dentro del tipo Cs en la clasificación de Köppen para indicar, además del carácter templado de su clima, que las precipitaciones son relativamente escasas en verano. Durante los meses invernales, en cambio, suelen ser muy abundantes. En su mayor parte proceden de los frentes asociados a las depresiones que con mayor o menor frecuencia nos visitan a lo largo del año. Los vientos más ricos en humedad proceden del SW y encuentran en la salida de las Rías Baixas un primer obstáculo orográfico; como consecuencia de ello la zona más lluviosa de Galicia se extiende desde Fisterra hasta Vigo, en una semicircunferencia que termina en Santiago. Dentro del área mencionada se superan los 1750 mm anuales, con zonas de más de 2500 mm y algún caso más espectacular aún del que trataremos más adelante. Por el contrario, al este de la dorsal central de Galicia, con la excepción de las comarcas montañosas orientales, la precipitación se reduce notablemente, con valores inferiores a los 1000 mm anuales en los puntos donde el efecto de sombra pluviométrica resulta más acusado.

4.0. La medida de la precipitación

Los pluviómetros utilizados por AEMET para el registro de precipitación han sido los de tipo Hellmann. Las estaciones principales y algunas secundarias han contado además con pluviógrafos de sifón diario o semanal para obtener un registro de la evolución temporal de las precipitaciones. En los observatorios principales, tradicionalmente se efectuaban cuatro medidas diarias de la lluvia que coincidían con las observaciones climatológicas y permitían disponer de la precipitación caída en cuatro intervalos de tiempo: de 00 a 07, de 07 a 13, de 13 a 18 y de 18 a 24 horas UTC. Las estaciones secundarias únicamente leían el pluviómetro una vez al día, a las 08 horas UTC y asignaban esa lectura al día precedente, de modo que los registros de estos observatorios están siempre referidos al denominado día pluviométrico.

A partir de comienzos de la década de los 80 del siglo pasado, en las estaciones principales se comienza a realizar un análisis más detallado de la banda diaria del pluviógrafo; se obtienen y registran datos horarios de lluvia, así como las cantidades máximas en distintos intervalos. En concreto, se anotan cada día las cantidades máximas registradas en intervalos de 10, 20 y 30 minutos, así como en una, dos, seis y doce horas. La cantidad medida en el primero de los intervalos señalados se utiliza para definir la *intensidad máxima de precipitación*, que se obtendrá multiplicando por seis dicha cantidad para poder expresarlo en mm/h. Junto con las rachas máximas de viento, el valor de la intensidad máxima de precipitación se convierte en uno de los parámetros más demandados a AEMET en relación con el sector de los seguros.

La introducción de los equipos de medición automáticos supone, en el caso de esta variable, unos cambios mucho mayores que para otras. En primer lugar, el método de registro es completamente diferente, pues se utilizan pluviómetros de balancín. Como vimos en la sección 1.4, los valores registrados mediante estos pluviómetros pueden diferir apreciablemente de los que proporciona el pluviómetro tradicional. Otro problema que se plantea es el de la falta de datos cuando el equipo falla. Una pequeña laguna en datos de temperatura puede ser admisible e incluso los datos que faltan podrían reconstruirse con fiabilidad razonable con ayuda, por ejemplo, de otra estación cercana. En el caso de la precipitación, la ausencia de unos datos puede suponer la pérdida de la mayor parte de la lluvia recogida en ese día por esa estación y una incertidumbre más que añadir a las introducidas por el

propio equipo. En la parte positiva, hay que señalar que la automatización de la red pluviométrica permite disponer de un registro continuo de la precipitación y de parámetros derivados de la misma en muchos más puntos.

En épocas más recientes, el empleo de disdrómetros (figura 4.0.1), capaces de determinar la distribución del tamaño de las gotas de lluvia y su velocidad de caída, así como de distinguir entre diferentes tipos de precipitación, supone una considerable mejora en los registros automáticos de precipitación.



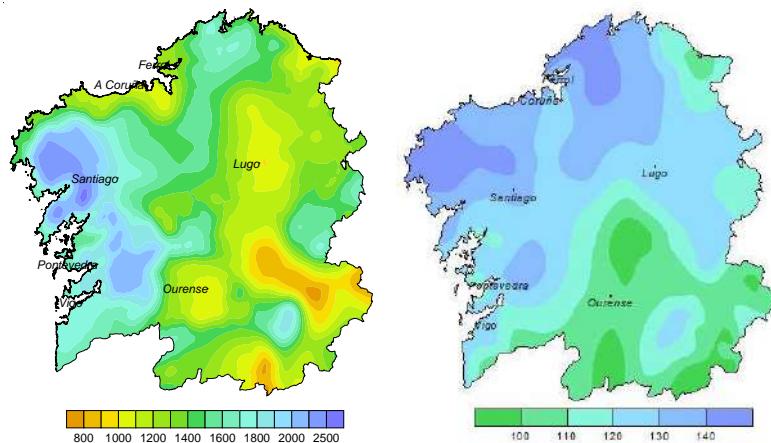
*Figura 4.0.1.
Disdrómetro
láser y
pluviómetro
convencional.
Observatorio
de A Coruña.*

También conviene mencionar la utilidad de los radares meteorológicos como instrumentos de medida de precipitación. Aunque su uso esencial es la vigilancia meteorológica, pueden utilizarse para realizar estimaciones de la precipitación acumulada sobre el territorio que cubren. Pese a todas sus limitaciones e imprecisiones, esta estimación tiene la indudable ventaja de proporcionar un registro prácticamente continuo de la precipitación caída en el área de cobertura del radar, frente a los registros más exactos, pero puntuales, que llevan a cabo las estaciones pluviométricas.

4.1. Distribución geográfica y estacional

Las sierras que separan las provincias occidentales de las orientales marcan una clara división entre una Galicia más húmeda al oeste y una, en general, más seca al este, además de contribuir apreciablemente a la intensificación de la precipitación. Al este de la mencionada barrera montañosa se extiende una zona de sombra pluviométrica con áreas en las que no se superan los 1000 mm anuales, interrumpida por un nuevo realce orográfico de la precipitación en las sierras orientales de las provincias de Ourense y Lugo (más de 1500 mm en O Courel y en Manzaneda).

Figura 4.1.1.
Precipitación
total
anual (mm) y
número anual
de días de
precipitación
mayor que
1 mm.



Escasas son las precipitaciones en la zona de A Coruña, donde se superan ligeramente los 1000 mm y en el norte de la provincia de Lugo, en la zona de la Mariña lucense, con cantidades similares a las de A Coruña que solo en puntos muy concretos pueden elevarse hasta 1500 mm. Sirvan como ejemplo Xove con 1045 mm anuales y Mondoñedo con un valor medio normal ligeramente inferior a los 1000 mm al año. Pese a tan modestas cantidades, el número medio anual de días de lluvia se sitúa cerca de 180. Hemos destacado dos ejemplos de precipitaciones en torno a los 1000 mm anuales en zonas costeras; las comarcas de menor altitud de las provincias de Lugo y Ourense no registran cantidades mayores, pero se ha querido remarcar el hecho de que no necesariamente la cercanía del mar es garantía de zona lluviosa en cuanto a cantidad de precipitación. En resumen, puede decirse

que la lluvia que recoge un determinado punto de la geografía gallega es función básicamente del relieve y de la mayor o menor exposición a los vientos húmedos del SW.

Las sierras que limitan las provincias de Pontevedra y Ourense, perpendiculares a los vientos húmedos del tercer cuadrante, provocan un realce orográfico de la precipitación del que las estaciones de Fornelos de Montes, Forcarei o A Lama constituyen un buen ejemplo, con cifras de precipitación anual que superan los 2000 mm.

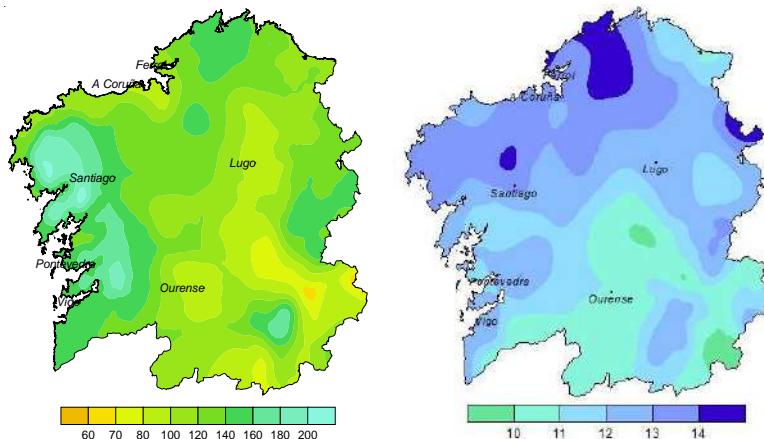


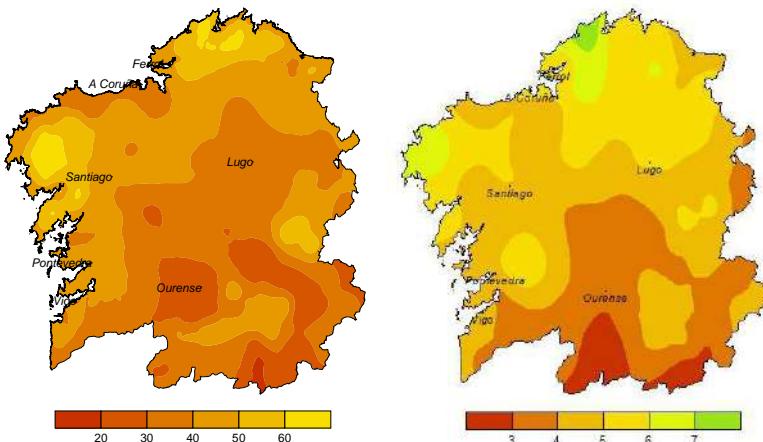
Figura 4.1.2.
Precipitación media (mm) y número de días de precipitación mayor que 1 mm en abril.

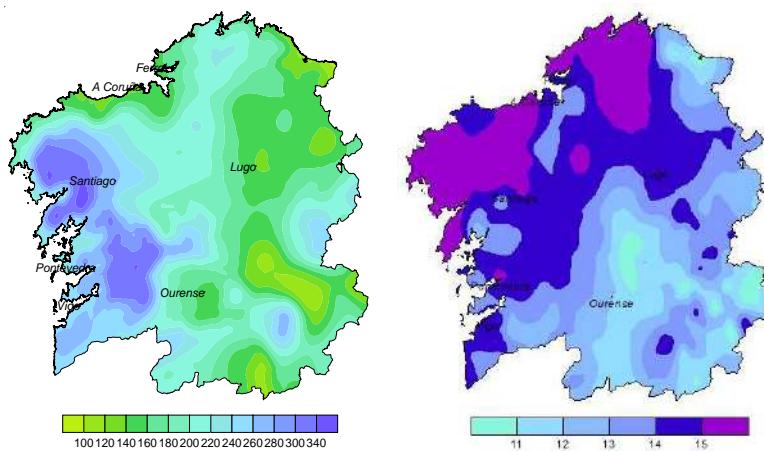
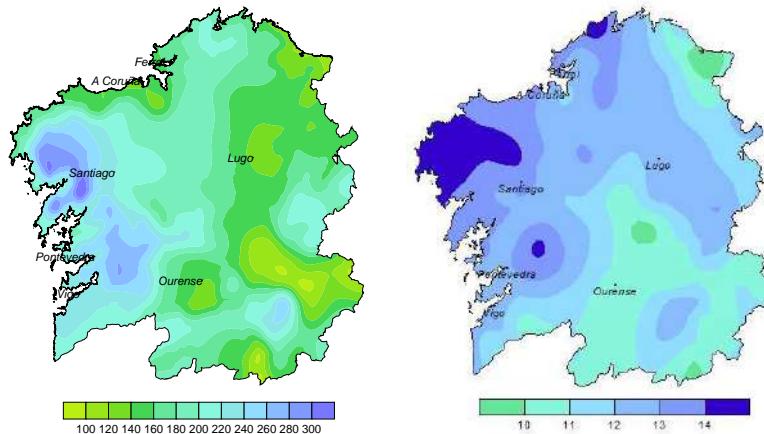
El número medio anual de días de precipitación de más de 1 mm decrece, en general, de norte a sur, desde los más de 140 mm del norte de las provincias de Lugo y A Coruña hasta los 100 mm de las comarcas surorientales de la provincia de Ourense. La explicación es bastante lógica si se tiene en cuenta que las comarcas más septentrionales reciben con más frecuencia el paso de sistemas frontales aunque estos sean poco activos y originen cantidades poco relevantes de lluvia. El sur, por un simple efecto de latitud, está menos afectado por el paso de frentes aunque estos cuando se presentan son más activos y generan una mayor cantidad de precipitación. Así, las Rías Baixas tienen un promedio anual de unos 120-130 días de lluvia mayor de 1 mm y, sin embargo, recogen cantidades apreciablemente superiores a las que se miden en las Rías Altas.

El esquema medio anual que acabamos de comentar es válido para el comportamiento del invierno, que es la estación en la que se recogen, por término medio, las mayores cantidades de precipitación. A medida que avanza la primavera, las diferencias entre las distintas regiones tienden a reducirse, son escasas en verano y crecen de nuevo en otoño. La razón está en la importancia que cobra durante las estaciones intermedias, y sobre todo en verano, la precipitación convectiva. Mientras que los 14 días anuales de tormenta en A Coruña tienden a concentrarse en el invierno, los 10 de Ourense se agrupan en los meses veraniegos. En ambos casos llama la atención el máximo secundario que se observa en el mes de mayo. De hecho, los meses de abril y mayo representan un freno a la disminución de la precipitación media mensual que se observa desde el invierno; algo similar ocurre con octubre, aunque en este caso las precipitaciones suelen ser de tipo frontal.

Las cantidades recogidas en verano representan un porcentaje muy escaso del total anual y su distribución es muy irregular por el territorio. Apenas se percibe en los mapas medios de precipitación de un mes de verano el contraste entre las zonas situadas al oeste de la dorsal central de Galicia y las zonas localizadas al este de la misma, ni el efecto de sombra pluviométrica de las depresiones interiores aparece nítidamente marcado. El carácter convectivo de buena parte de la precipitación en esta época implica una distribución más irregular y no es extraño que los máximos históricos de estaciones situadas en las comarcas interiores correspondan a los meses de verano.

Figura 4.1.3.
Precipitación media (mm) y número de días de precipitación mayor que 1 mm en julio.





Entre los máximos pluviométricos de Galicia, llama la atención el correspondiente a Rois (A Coruña). Esta estación pluviométrica estuvo situada inicialmente en el concejo de Dodro (desde 1973 hasta 1997) y posteriormente en el concejo de Rois. El cambio de emplazamiento no alteró significativamente los valores de precipitación recogida, pues la primera estación registraba un promedio anual de 3000 mm y la segunda de 2900. La altitud es similar: 210 metros en Rois y 270 en Dodro. Tal vez la pequeña diferencia de altitud tenga algo que ver en la leve diferencia de precipitación entre ambas, si bien hay que tener en cuenta, antes que otras consideraciones, que se trata de períodos diferentes.

Lo que resulta más difícil de explicar son las cantidades excepcionalmente altas que se registran en la zona. Se trata de valores incluso superiores a los que se miden en Fornelos o A Lama, en la provincia de Pontevedra, donde se alcanzan promedios anuales del orden de 2500 mm. En el caso de estas últimas estaciones, el factor orográfico queda claro por la orientación de la Serra do Suido respecto de los vientos del tercer cuadrante y la posición de los observatorios a medio camino entre la costa y las cimas de unos 1000 metros de la cadena montañosa. Pero las altitudes, más modestas, que rodean a Rois y Dodro no parecen siquiera tener la orientación adecuada para reforzar las precipitaciones que llegan a través de la ría de Arousa. En cualquier caso, no parece que únicamente el factor orográfico pueda explicar las abundantes precipitaciones que se registran en el suroeste de la provincia de A Coruña y que, en particular, alcanzan los 2000 mm en el aeropuerto de Santiago.

4.2. Valores extremos

En relación con las cantidades máximas en 24 horas, la tabla 4.2.1 presenta los valores correspondientes a distintos períodos de retorno para un ajuste a la distribución de Gumbel de las cantidades máximas de precipitación en

	AÑOS		
	25	50	100
Precipitación máxima en 24 horas (mm)			
A Coruña	78,3	86,8	95,2
A Coruña-Alvedro	72,0	78,7	85,4
Santiago-Lavacolla	129,2	142,3	155,4
Lugo-Rozas	78,4	86,1	93,8
Vigo-Peinador	124,1	135,7	147,2
Ourense	82,7	91,8	100,7
Pontevedra	109,9	120,1	130,3
Sobrado dos Monxes	93,8	102,5	111,1
O Carballiño	105,9	117,3	128,7
Allariz	67,4	74,2	81,1
Casas do Porto (Rois)	185,7	201,2	216,5
Chandrexa de Queixa	103,6	113,6	123,5

Tabla 4.2.1. Períodos de retorno de cantidades máximas de precipitación en 24 horas calculados mediante ajuste a la distribución de Gumbel.

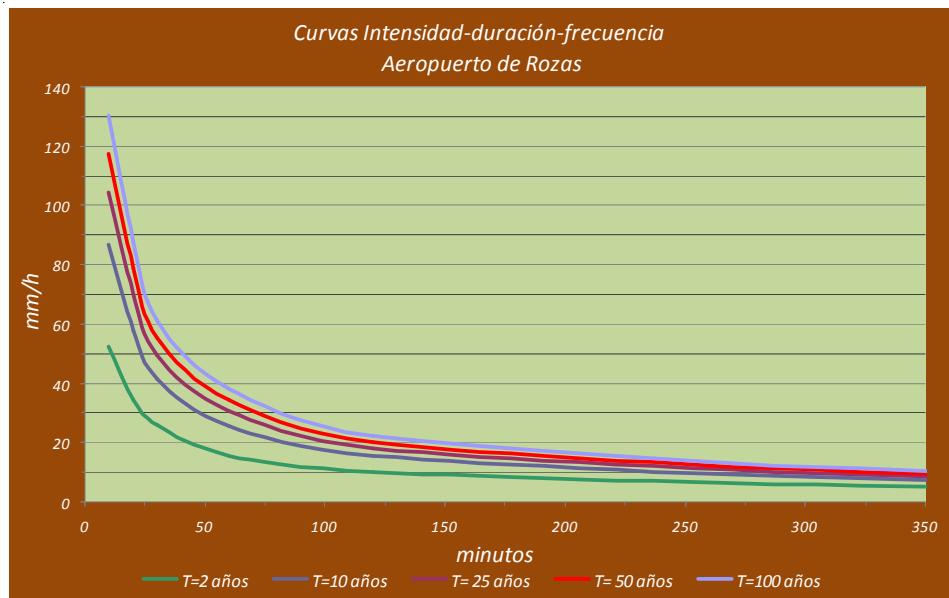
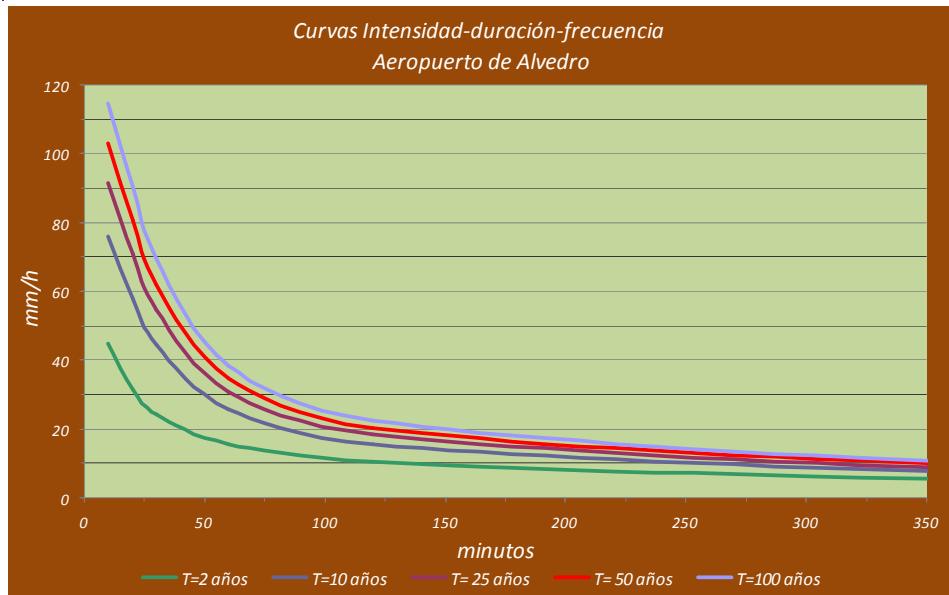


Figura 4.2.1. Curvas de intensidad-duración-frecuencia para los observatorios del aeropuerto de Alvedro (arriba) y del aeródromo de Rozas (abajo). Los cálculos de los períodos de retorno se efectuaron mediante el ajuste a la distribución de Gumbel.

24 horas de algunos observatorios gallegos. Una información mucho más detallada puede obtenerse en (INM, 1998), con un mayor número de estaciones incluidas y una representación sobre el mapa de Galicia de las isolíneas correspondientes a diversos períodos de retorno. En el tomo cero de esta publicación se detallan los métodos de cálculo empleados. Los períodos en que se apoyan los resultados de la obra mencionada y de la tabla 4.2.1 no coinciden, por lo que en las estaciones presentes en ambas es fácil hallar diferencias en los resultados. Por otra parte, para no complicar la apariencia de la tabla se han omitido los intervalos de confianza que deberían estar asociados a cada valor. Pretendemos únicamente que sirva para ilustrar las ideas que exponemos en este apartado.

En tanto que los observatorios del norte de la Comunidad y buena parte de los de la provincia de Ourense muestran el valor de 100 mm como límite asintótico, los de la mitad occidental se aproximan a los 150 mm. Valores similares a estos últimos se obtienen en las zonas montañosas interiores, donde el desarrollo de nubes convectivas en verano o la intensificación de la precipitación por el forzamiento orográfico durante el invierno generan importantes valores de precipitación en cortos períodos de tiempo. Es decir, que las zonas que identificamos al comienzo de este capítulo como las más lluviosas son también aquellas en que las cantidades en 24 horas resultan más altas. De hecho la estación de Rois destaca sobre el resto de los observatorios por los valores máximos de lluvia en un día, como ya destacaba para las cantidades totales mensuales. Las diferencias entre observatorios se atenúan para períodos de tiempo más corto. En intervalos del orden de 10 o 20 minutos las zonas que registran intensidades más altas con mayor frecuencia no tienen por qué coincidir con las comarcas donde las precipitaciones totales son más abundantes. Las lluvias intensas en períodos tan cortos suelen estar asociadas a tormentas y estas pueden darse en cualquier lugar del territorio, incluso son especialmente frecuentes en el interior en verano. El episodio registrado en Ourense el 21 de septiembre de 2002 que describimos en la sección 4.3 es un buen ejemplo de ello.

La gráfica que, para distintos períodos de retorno, nos muestra los valores de intensidades correspondientes a diversos intervalos de tiempo recibe el nombre de curva de intensidad-duración-frecuencia. La figura 4.2.1 muestra dos ejemplos, calculados sobre series de alrededor de 30 años. Puede verse como para períodos de tiempo cortos, del orden de los minutos, un observatorio interior como el de Lugo, presenta valores esperados más

altos que el observatorio del aeropuerto de Alvedro situado en el litoral, en tanto que para valores de tiempo altos, ambas gráficas presentan una tendencia similar.

4.3. Algunos episodios importantes

Periodo del 13 al 15 de octubre de 1987

El valor más destacado de precipitación en 24 horas, dentro de las estaciones principales y, por tanto, sin que quepa ninguna duda sobre la exactitud del periodo en que fue tomado, son los 218 mm que en octubre de 1987 midió el aeropuerto de Santiago, un valor que, si tomamos al pie de la letra la tabla de periodos de retorno del apartado anterior, ocurre, en promedio, menos de una vez cada 100 años. Entre el 13 y el 15 de octubre de 1987 (figura 9.8.2) se registran intensas precipitaciones en toda Galicia que, en particular, dejan en la Comunidad el mencionado récord de lluvia. Un valor comparable a las cantidades que se pueden recoger en otoño en el área del Mediterráneo, pero mientras allí se requieren apenas unas horas, en Santiago fue necesario realmente un día entero (figura 9.8.2). Durante esos días una extensa área de bajas presiones se extiende desde las islas británicas hasta

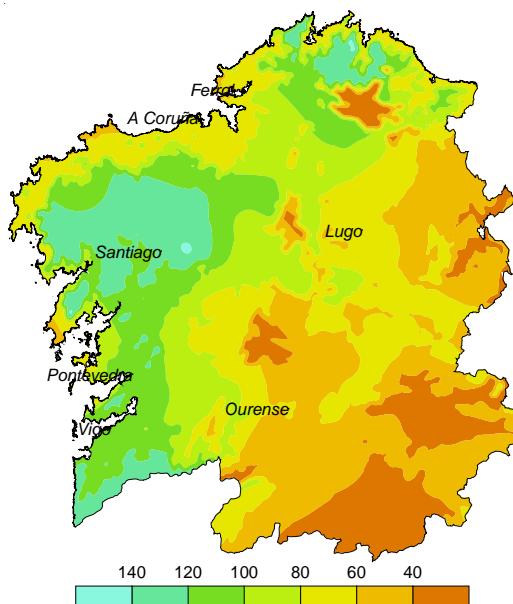


Figura 4.3.1.
Precipitación
recogida en
Galicia entre las
07 horas del 14
de octubre de
1987 y la
misma hora del
día 15.

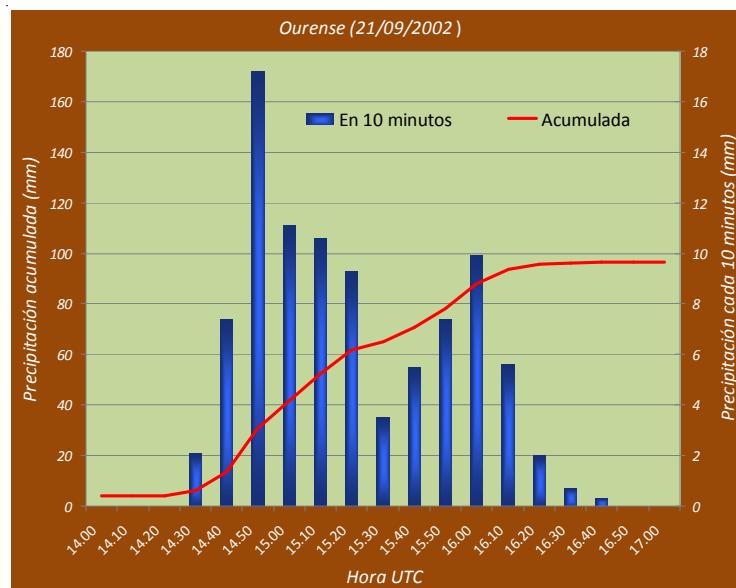
la península ibérica. Desde el mediodía del 13 hasta la tarde del 15 las precipitaciones afectan a toda Galicia de forma prácticamente continua.

En realidad, como puede verse en la figura 4.3.1, la precipitación recogida en Santiago durante el día pluviométrico correspondiente al 14 de octubre de 1987 es muy superior a la medida en el resto de Galicia.

Ourense. 21 de septiembre de 2002

En las comarcas interiores, el desarrollo de nubes convectivas en verano o la intensificación de la precipitación por el forzamiento orográfico durante el invierno generan importantes valores de precipitación en cortos períodos de tiempo. Las depresiones interiores registran las lluvias de mayor intensidad durante los meses finales de la primavera o durante el verano, cuando las tormentas son más frecuentes. Grandes cantidades de lluvia, ocasionalmente acompañada de granizo, en cortos períodos de tiempo, como la registrada el 21 de septiembre de 2002 en Ourense. En esta fecha una tormenta deja en la ciudad una precipitación de más de 90 mm, lo que constituye el récord del observatorio hasta el momento. En tan solo 10 minutos se miden 17 mm y la duración total de la precipitación fue de apenas 2 horas.

*Figura 4.3.2.
Precipitación
recogida en el
observatorio de
Ourense
durante la tarde
del día 21 de
septiembre de
2002.*



4.4. Evolución histórica

En este apartado vamos a describir la evolución de los registros de precipitación en las últimas décadas en Galicia, apoyados siempre en los valores aportados por las estaciones, pero presentados de forma más bien descriptiva. Tratamientos más rigurosos de este problema pueden encontrarse, por ejemplo, en (LUNA, GUIJARRO Y LÓPEZ, 2012).

No es infrecuente en Galicia encontrar periodos en que las lluvias se sitúan por debajo de sus valores normales durante un periodo prolongado de tiempo, de modo que generan una situación de sequía más o menos intensa y más o menos relevante según la época del año en que tenga lugar. No siempre una cierta escasez de precipitaciones puede considerarse una sequía y la duración de la misma resulta determinante a la hora de analizar su influencia en distintos aspectos de la actividad humana. El índice SPI (MCKEE, DOESKEN Y KLEIST, 1993) mide, dejando aparte detalles estadísticos de segundo orden, la diferencia entre la precipitación recogida en n meses y el valor normal en esos n meses. Para normalizar el índice se divide esta diferencia por la desviación estándar de las precipitaciones en el periodo considerado.

La figura 4.4.1 muestra el valor de este índice, promediado para toda Galicia y para un periodo de 12 meses desde 1931. Se ha utilizado en los cálculos como periodo “normal” el comprendido entre 1971 y 2000, por lo que la atribución del carácter seco o húmedo a un determinado periodo hay que entenderlo siempre por comparación con estas tres décadas. Apreciamos un periodo extremadamente seco en el año 1953 y con un grado de severidad un poco menor observamos otros episodios de escasas precipitaciones en 1989, 2005, 2007 y 2012. Llama la atención la cercanía entre estos tres últimos. De hecho, la gráfica muestra una cierta tendencia decreciente, más allá de la significación estadística que se le pueda atribuir. Sin embargo, todos estos episodios secos son de escasa duración, la gráfica del SPI a doce meses muestra en los puntos señalados una estructura muy apuntada. Los máximos de precipitación, en cambio, presentan una duración generalmente mucho mayor. La curva se mantiene por encima de 1 durante alrededor de tres años consecutivos entre 1939 y 1942, entre 1959 y 1962, así como entre 1977 y 1980. El episodio extraordinariamente lluvioso del invierno 2000-2001, en cambio, fue seguido casi inmediatamente de una profunda sequía en el otoño siguiente que provocó una brusca caída del índice.

De los 978 periodos de doce meses consecutivos para los que se ha calculado el valor del SPI representado en la figura 4.4.1, hallamos un 16 % en los que el índice resulta inferior a -1 , es decir, que podemos considerar secos respecto del periodo de referencia 1971-2000. En cambio, el 26 % de los meses considerados, con un valor de SPI superior a 1 , corresponden a periodos anuales húmedos por comparación con dicho periodo de referencia. Resulta obvio que la proporción sería muy diferente si hubiésemos situado el periodo de referencia al comienzo de la serie y que la diferencia a favor de los periodos húmedos se acentuaría si hubiéramos atribuido el carácter de normal a los últimos treinta años incluidos en los cálculos, cuando los periodos de escasez de precipitaciones han resultado más abundantes.

Extraordinariamente lluvioso, como decíamos, resultó el invierno 2000-2001. Desde noviembre hasta marzo, con la única excepción del mes de febrero, se encadenó una secuencia de meses que resultaron, cada uno de ellos por separado, excepcionalmente lluviosos. Es preciso remontarse hasta el invierno 1960-1961 para hallar un periodo comparable en cuanto a precipitaciones.

La serie de precipitación más larga disponible es, de nuevo, la del observatorio de A Coruña, desgraciadamente muestra una clara inhomogeneidad en 1917 y una racha un tanto sospechosa hacia 1936-1939. Importantes son también las series de Santiago Universidad, si bien esta está fragmentada y es claramente inhomogénea, así como la de Pontevedra Instituto, también problemática. En resumen, puede decirse que la serie de A Coruña es válida sin reservas desde 1940, la de Santiago Universidad en los primeros cuarenta años del siglo XX, con alguna laguna, y la de Pontevedra en un periodo análogo si bien está en ese tramo completa, afortunadamente. Curiosa resulta la anomalía que se observa en A Coruña durante los años de la Guerra Civil y que no aparece en los otros dos observatorios. Parece claro que no se trata de una disminución real de las precipitaciones sino de una inhomogeneidad en la serie derivada de las difíciles condiciones en que llegó a funcionar el observatorio coruñés durante estos años.

En las series de temperatura, la tendencia creciente del último cuarto del siglo pasado y de los primeros años de este resulta evidente, en cambio las series de precipitación no muestran una tendencia tan clara, sea porque la variación de las mismas a lo largo del tiempo es menor, sea porque la propia variabilidad de la precipitación, mucho mayor que la de la temperatura, enmascara dichas tendencias. Las series largas de precipitación en España,

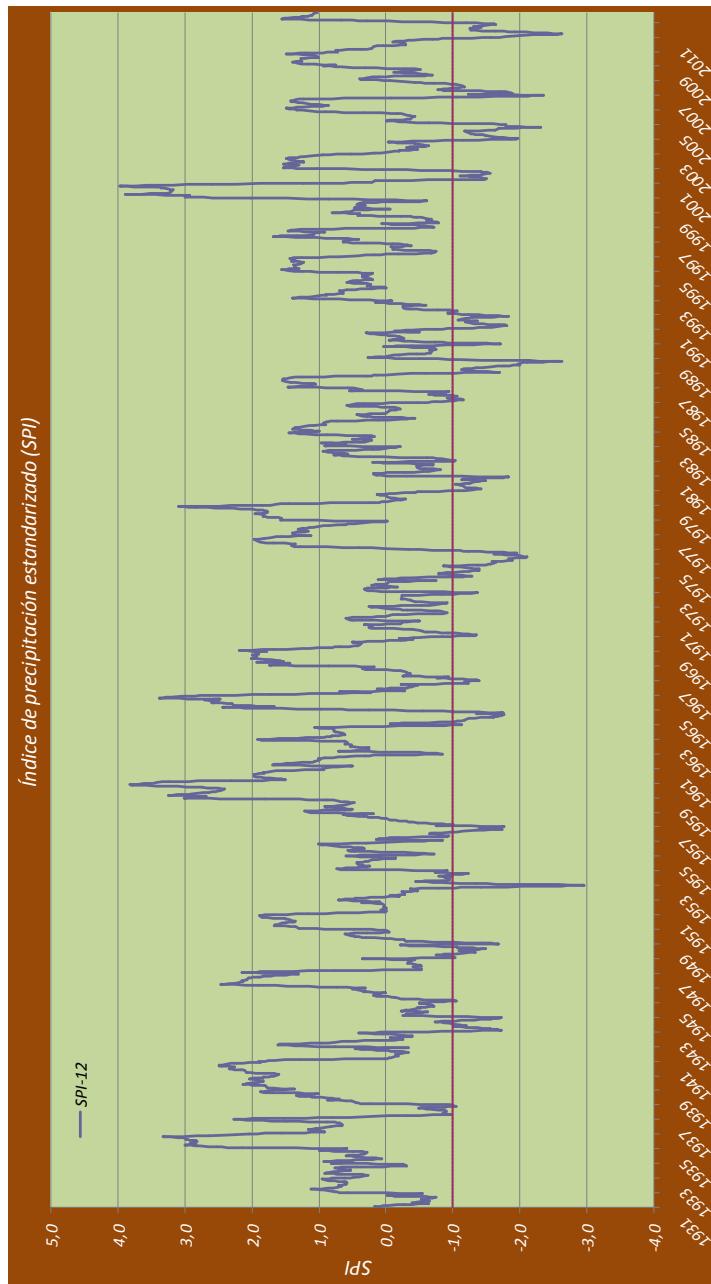
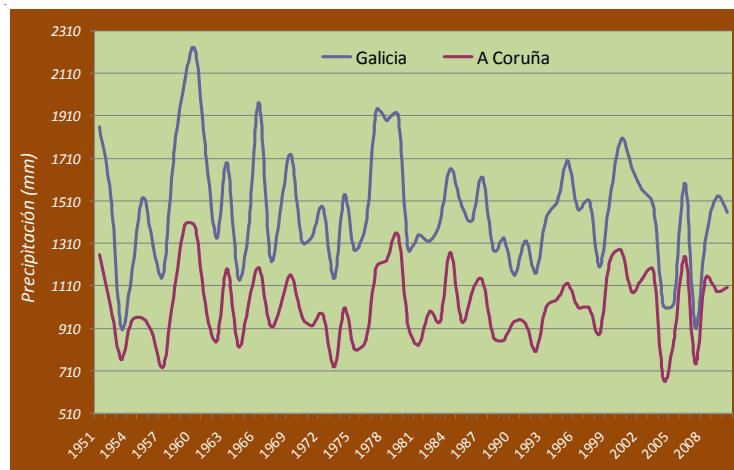


Figura 4.4.1.
Valores medios
de SPI a
12 meses para
Galicia en el
periodo
1931-2011.

Figura 4.4.2.
Precipitaciones totales anuales promediadas para Galicia y registradas por el observatorio de A Coruña entre 1951 y 2010.



entre ellas las de Santiago y A Coruña, han sido homogeneizadas y completadas en (ALMARZA, LÓPEZ Y FLORES, 1996). En la figura 4.4.2 vemos la evolución entre 1951 y 2010 de las precipitaciones anuales promedio en Galicia junto con los valores registrados en ese mismo periodo por el observatorio de A Coruña. Las conclusiones que se obtienen mediante el análisis de las series largas de precipitación no deberían diferir gran cosa, salvo por algunas particularidades locales de cada observatorio, de las halladas para la gráfica del índice SPI que hemos comentado anteriormente. En particular, la serie de A Coruña muestra el máximo pluviométrico situado alrededor de 1960 y el registrado en los últimos años de la siguiente década. Por lo que respecta al periodo anterior a 1931 que no aparece reflejado en la gráfica 4.4.1 y con las reservas derivadas de la escasez y, en algún caso, la inexactitud de datos, el periodo comprendido entre 1880 y 1890 parece haber sido notablemente lluvioso. Por comparación con esta década lluviosa, los últimos diez años del siglo XIX y los treinta primeros del siglo pasado registran unas lluvias escasas, con algún año, como 1921, en que se recogen precipitaciones muy inferiores a las normales. La situación se invierte a mediados de la década de 1930 a 1940, cuando se recupera el nivel de lluvias alcanzado cuarenta años antes e incluso se supera ampliamente como ocurrió en 1936.



Figura 4.4.3.
Tendencia
media
anual (mm/año)
de la
precipitación
para cada mes
del año en
Galicia desde
1950 hasta
2012.

Veíamos antes que las lluvias parecen estar disminuyendo en promedio para toda Galicia. En particular, los períodos secos aparecen con mayor frecuencia en las últimas décadas. Durante el periodo 1971-2000, la precipitación media para el conjunto de Galicia puede estimarse en 1330 mm. La disminución promedio en la precipitación anual desde 1931 es de unos 2 mm cada año. Análoga variación se observa si nos restringimos al periodo 1951-2010, cuando Galicia cuenta ya con un número elevado de estaciones que registran precipitación y puede atribuirse a los resultados obtenidos una mayor representatividad. En este periodo, la tendencia de la serie de valores anuales de precipitación es de, aproximadamente, $-2,5$ mm/año. Esta variación no se reparte de forma uniforme a lo largo del año (figura 4.4.3). Así, el mes de octubre muestra un incremento de alrededor de 1,5 mm anuales. Por el contrario, son febrero y marzo, con una variación negativa de la lluvia del mismo orden, los meses del año en los que más se concentra la disminución observada de precipitación. A la vista de la gráfica, puede decirse que la disminución de la precipitación se debe fundamentalmente a los meses finales del invierno, sin que el incremento observado al comienzo del otoño logre compensarla. Durante el resto del año, las variaciones son de escasa relevancia y carecen de significación estadística.

La disminución de precipitaciones puede ser consecuencia de un menor número de días de precipitación al año, de una menor cantidad media de precipitación por día de lluvia o de una combinación de ambos factores. Si consideramos los días anuales con precipitación de más de 1 mm, observamos para el periodo 1951-2010 una disminución anual de 0,06 días por año. Más importante resulta en ese mismo periodo la disminución de días en que las precipitaciones superan los 10 mm, pues se observa una tendencia de 0,09 días por año. Para los días con precipitación mayor de 30 mm, se obtiene un valor similar a los anteriores, -0,05 días por año, lo que sugiere una disminución de días de precipitación y no tanto una disminución de las cantidades recogidas en cada día de lluvia. Si hubiera existido una disminución de las jornadas con precipitaciones importantes, la tendencia decreciente del número de días en que se recogen más de 30 mm debería ser claramente superior a la de días en que la lluvia supera los 10 mm. En realidad, si se analiza la serie de cantidades máximas en 24 horas resulta que presenta una cierta tendencia creciente, como si las lluvias tendieran a ser más intensas.

De todos modos, para el conjunto del año, las tendencias son poco significativas. Parece más conveniente fijarse en los datos relativos al mes de febrero, que refleja la mayor disminución de la precipitación. En este mes se observa una disminución de 0,08 días al año en las jornadas con precipitación de más de 1 mm, de 0,06 en el caso de los días de más de 10 mm y de tan solo 0,01 para los días de más de 30 mm. Así pues, podría decirse que las precipitaciones medias de febrero han disminuido como consecuencia del menor número de días de lluvia, si bien esta disminución afecta más al número de días con precipitaciones bajas que al número de días con precipitaciones importantes.

Todas estas conclusiones deben tomarse con mucha cautela, no solo porque carecen en su mayor parte de significación estadística, lo que supone que no es descartable que sean consecuencia únicamente del azar, sino que la construcción de una única serie para toda Galicia tiene bastante de arbitrario y por mucho cuidado que se ponga en homogeneizar y extender adecuadamente las series de datos que están en la base de los cálculos, el resultado no corresponde, en realidad, a ningún parámetro que pueda contrastarse con una medida directa.

4.5. Formas de precipitación

Casi toda la precipitación que se registra en Galicia se produce en forma de lluvia; los días de nieve son escasísimos en el litoral y no pasan de dos o tres al año en las comarcas interiores de altitud no demasiado elevada (en torno a 500 m). Naturalmente son mucho más frecuentes en las comarcas montañosas de Ourense y Lugo (alrededor de 30 días al año en Manzaneda). La figura 4.5.1 muestra los días totales de nieve, mes a mes, desde 1985 hasta 2012 en los observatorios principales de Galicia. En el apartado 9.15, relativo a las sierras orientales de Ourense, se incluye una estadística similar para la estación de Manzaneda. Puede verse que las curvas reflejan básicamente, como era de esperar, la altitud del observatorio. En particular, los días de nieve registrados en dicho periodo en el aeropuerto de Santiago son considerablemente superiores a los observados en Ourense, pese a que en la primera de las estaciones la influencia marítima suaviza considerablemente las temperaturas invernales. El observatorio de A Coruña está situado apenas a 57 metros por encima del nivel del mar y muy cerca de la costa, por lo que puede decirse que si en este observatorio nieva, la situación debe ser en cierto sentido excepcional. Por término medio registra precipitaciones en forma de nieve una vez cada cuatro años y resultan extraordinarios, por haberse contabilizado dos días de nieve, meses como enero de 1987 (días 13 y 14) o el frío mes de diciembre de 1970 (días 26 y 27). Por otro lado y aunque dada la rareza del fenómeno pueda atribuirse al azar, lo cierto es

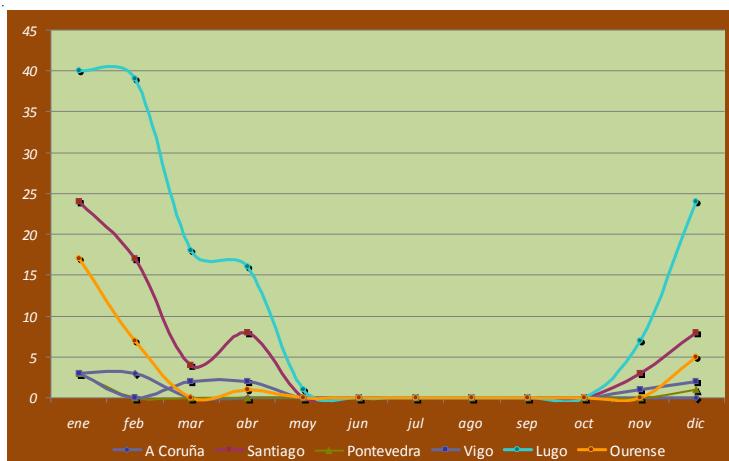
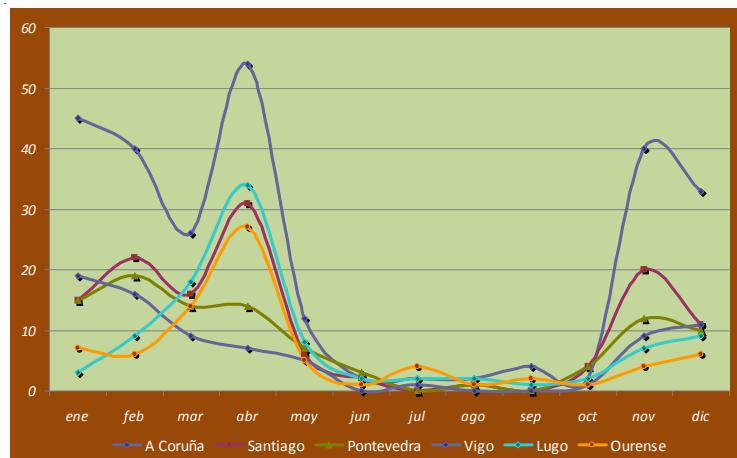


Figura 4.5.1.
Número total de días con precipitación en forma de nieve en los observatorios principales de Galicia para cada mes del año en el periodo 1985-2012.

que la presencia de nevadas en los registros de este observatorio era más frecuente en los años anteriores a 1950.

La precipitación recogida en forma de granizo es poco relevante respecto del total medido. Está relacionada, como es lógico, con la existencia de tormentas, por lo que es relativamente frecuente en invierno en las comarcas litorales (figura 4.5.2). Para los observatorios de las Rías Baixas, este máximo es el máximo absoluto anual, en tanto que A Coruña y los observatorios interiores tienen su máximo anual durante la primavera, en una época de gran inestabilidad atmosférica. Las tormentas de verano son frecuentes en las comarcas interiores, sin embargo, el número de días con granizo en todos los observatorios es muy escaso durante esta época del año.

Figura 4.5.2.
Número total de días con precipitación en forma de granizo en los observatorios principales de Galicia para cada mes del año en el periodo 1985-2012.



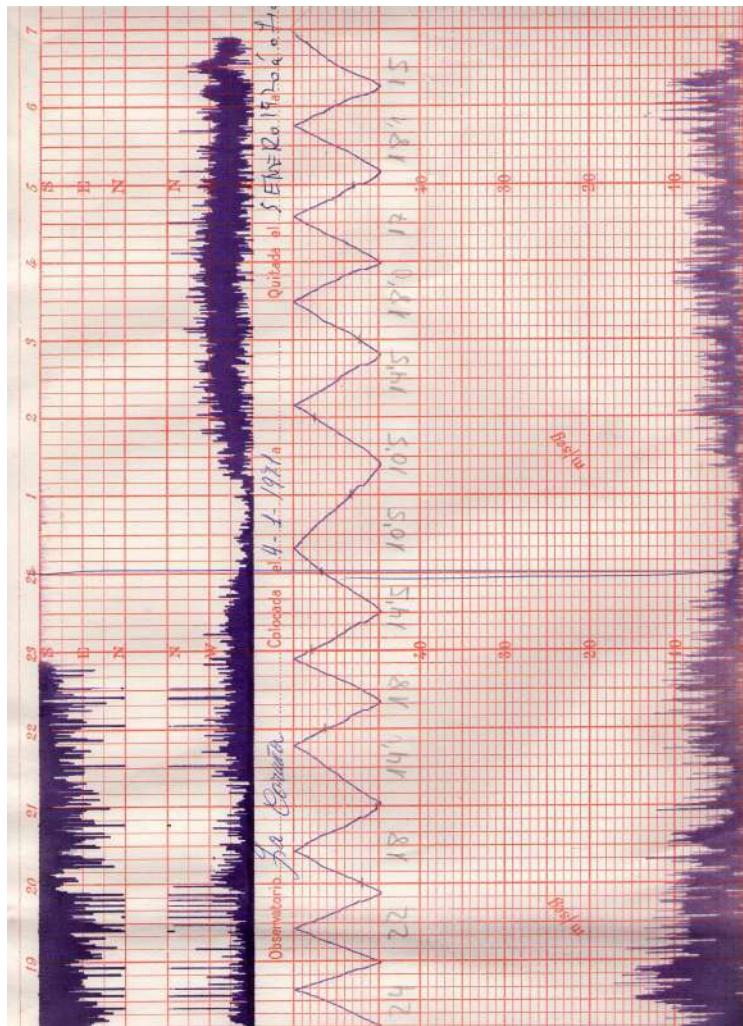
5. VIENTO

Como primera aproximación, puede decirse que el tiempo atmosférico en Galicia viene determinado por la presencia en el Atlántico de áreas de altas o bajas presiones, cada una de ellas con el correspondiente sistema de vientos asociados. Las primeras suelen traer a Galicia vientos de componente norte, las segundas vientos de componente oeste. Las primeras son más habituales en verano, las segundas en invierno. Este esquema básico aparece reflejado en las rosas de viento de todos los observatorios gallegos, aunque modificado por las características del relieve y por diversos mecanismos de generación de vientos locales que se superponen a los de origen sinóptico. Otro aspecto destacado del régimen de vientos que afecta a Galicia es la intensidad de los mismos, especialmente durante los frecuentes temporales invernales y en las comarcas costeras o de mayor altitud. En estas zonas son frecuentes las velocidades de más de 100 km/h con episodios ocasionales que dejan registros muy superiores.

5.0. Las medidas de viento

Los datos de viento deben registrarse a una altura de 10 metros sobre el suelo, lejos de obstáculos que alteren las medidas del anemómetro y conviertan estos registros en poco representativos del entorno. Como ocurre con otras variables climatológicas, los datos de viento disponibles hasta el último cuarto del siglo XX consisten en valores de dirección y velocidad a las 00, 07, 13 y 18 horas UTC. En las primeras épocas faltaba la observación de las 00 horas en muchos observatorios, de modo que era común elaborar las rosas medias de viento únicamente con los datos de 07, 13 y 18 horas. Esta costumbre se ha mantenido hasta la actualidad, en buena medida para facilitar la comparación con datos antiguos que tan solo cuentan con estos tres registros diarios. Fueran tres o cuatro las medidas de viento de uso climatológico que llevaba a cabo cada observatorio, estas consistían en valores medios de la dirección y velocidad del viento en los diez minutos previos a la hora de la observación. Hasta la aparición de los sistemas de medida automáticos, la “media” era realizada por el observador, generalmente a partir del registro en papel proporcionado por el anemocinemógrafo. De este registro se obtenía la dirección y la velocidad de la racha máxima de viento. En el apartado dedicado a la homogeneidad de las series de datos ya explicamos cómo los cambios de equipo de medida rompían con cierta frecuencia la homogeneidad de los registros de viento, especialmente en los valores extremos, tanto en relación a las bajas velocidades alterando el porcentaje de calmas, como en las velocidades mayores modificando los valores de velocidad máxima instantánea. Digamos de paso que el concepto de “instantánea” depende también de la capacidad de resolución temporal de cada equipo. Hay, por tanto, una cierta indefinición en los parámetros de viento relativos a ambas colas de la distribución de velocidades y cuando se mezclan registros procedentes de medidas obtenidas con distintos equipos o con distintos criterios de medida, es imprescindible tratar de homogeneizar los datos. A partir de la aparición de los equipos automáticos se dispone ya de un registro prácticamente continuo de velocidades y direcciones medias, aunque se mantiene el criterio de los promedios diezminutales como base para el cálculo de los valores medios de dirección y velocidad. A su vez, ciertos parámetros de interés, especialmente en el campo de los seguros, hacen referencia más bien a velocidades máximas en 10 minutos, de forma análoga a las intensidades máximas de precipitación, y no tanto a las rachas máximas instantáneas de viento, con lo que este parámetro, velocidades máximas diezminutales diarias, ha comenzado a ser incorporado al banco de datos climatológicos de AEMET.

Otro problema que han tenido los registros de viento hasta fechas bien recientes ha sido su escasez. Así como se ha dispuesto de un número elevado de estaciones pluviométricas que proporcionaban, al menos, un dato diario de precipitación y de un número razonable de estaciones termométricas que facilitaban, al menos, el valor máximo y mínimo de la temperatura diaria, los registros de viento, en cambio, se limitaron durante mucho tiempo a las estaciones principales. La situación ha mejorado notablemente en los últimos años, si bien buena parte de las estaciones aún disponen de series cortas de datos.



5.1. Características generales

Por su posición geográfica dentro de Galicia, el observatorio del aeropuerto de Santiago (figura 5.1.1) puede servir para describir las características generales del régimen de viento de la Comunidad. En este observatorio, el 24 % de las frecuencias se encuentran entre el N y el NE, ambos inclusive. Una proporción análoga a la comprendida entre el W y el SW, también incluyendo a ambos. En términos generales, en Santiago predomina el NNE de abril a septiembre y el SW el resto del año, en plena concordancia con el desplazamiento hacia el norte de la circulación general de la atmósfera en el semestre estival del año. Es en los meses de abril, junio, julio y agosto cuando el SW queda reducido a la mínima expresión (un 7 %). Este esquema general se ve notablemente afectado por las condiciones locales. Así, por ejemplo, en O Carballiño (figura 5.1.2) es la dirección W la dominante durante el verano. De hecho, las rosas de viento incluidas en este apartado revelan una notable variedad de comportamientos entre los diferentes observatorios, si bien con el rasgo común del primer y tercer cuadrante como fuentes más frecuentes del viento.

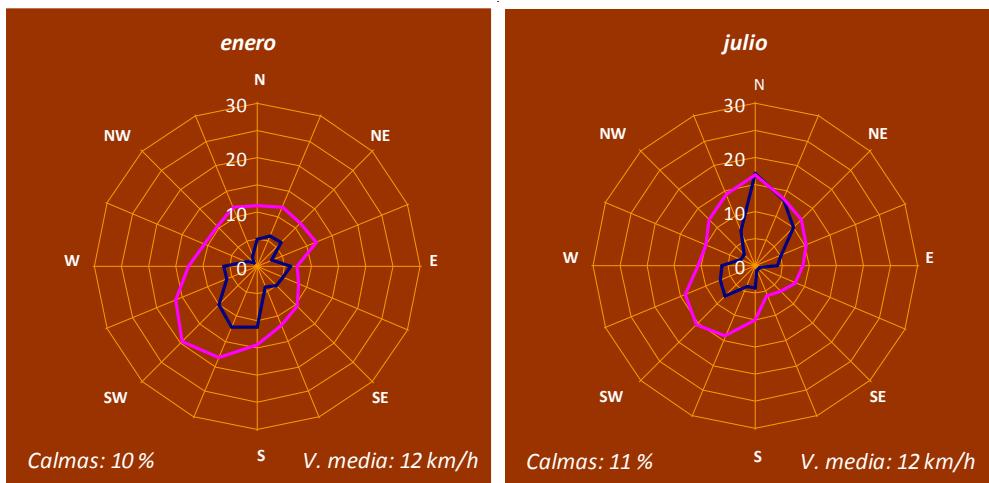


Figura 5.1.1. Rosas de viento medias del periodo 1991-2013 para la estación del aeropuerto de Santiago. La línea oscura representa frecuencias (%); la línea clara corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

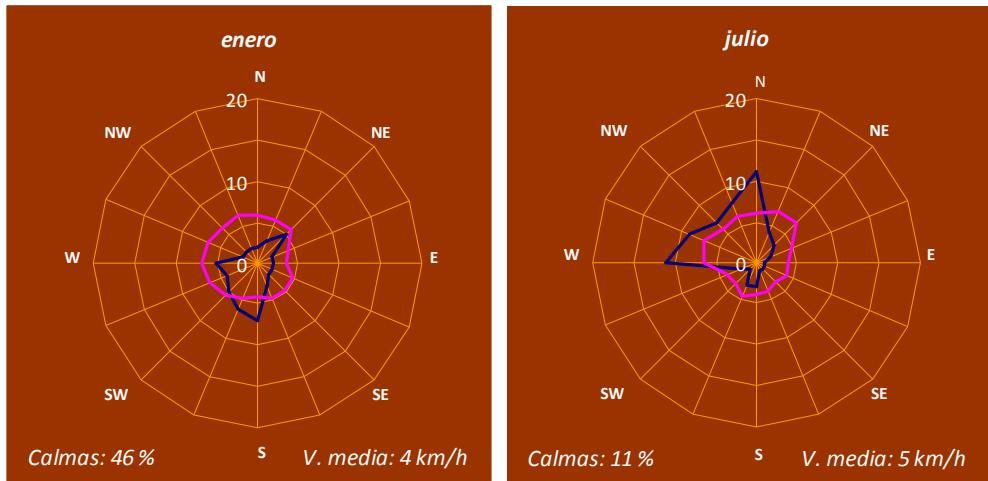


Figura 5.1.2. Rosas de viento medias del periodo 1994-2013 para la estación de O Carballiño. La línea oscura representa frecuencias (%); la línea clara corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

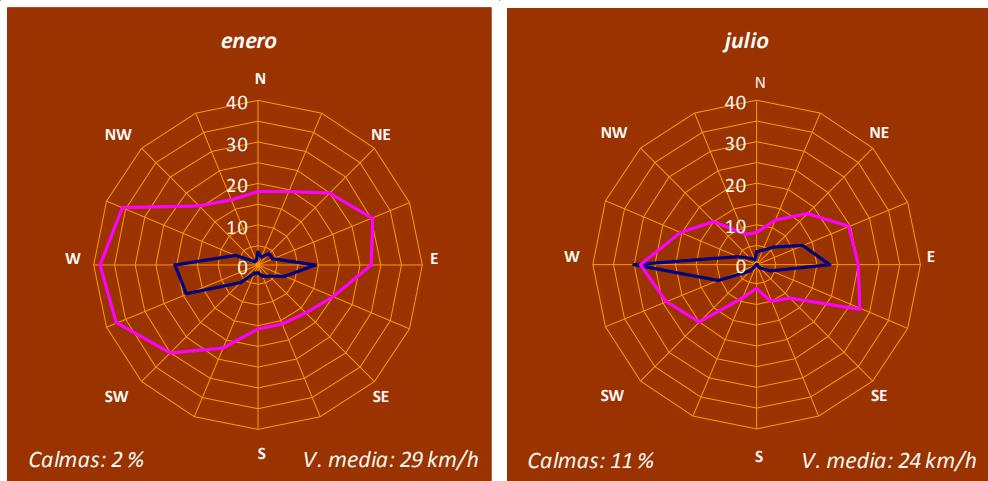


Figura 5.1.3. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de Estaca de Bares. La línea oscura representa frecuencias (%); la línea clara corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Las velocidades medias sufren, en general, un incremento de sur a norte y desde el interior hacia el litoral, de modo que las zonas interiores bien abrigadas registran vientos flojos; como ejemplo sirve la rosa de vientos de enero en O Carballiño (figura 5.1.2), donde las calmas llegan al 46 % y la velocidad media ronda los 4 km/h. En estas comarcas los meses de mayor abundancia de calmas (y menor velocidad media) suelen ser los invernales, dado que, por la atenuación por abrigo orográfico de los vientos generales, son los locales los únicos relevantes y estos están fuertemente ligados al caldeamiento del suelo e inestabilización del aire en verano. En el extremo opuesto se situarían estaciones como Monteventoso (Ferrol) o Estaca de Bares (figura 5.1.3), próximas al litoral, expuestas a todo tipo de viento y donde la topografía del entorno refuerza la velocidad del mismo. Las calmas son escasas durante todo el año y en invierno no llegan al 5 %, con velocidades medias del orden de los 30 km/h. Un análisis más detallado de las rosas de vientos de Monteventoso o de Estaca de Bares muestra que las mayores velocidades medias provienen durante todo el año del tercer cuadrante, aunque la diferencia con las correspondientes a los vientos del primer cuadrante no es excesiva. Otros puntos donde el viento sopla con fuerza son las cumbres de las zonas montañosas, aunque por el momento los registros directos son escasos, lo que impide obtener conclusiones muy fiables.

5.2. *Valores extremos*

En cuanto a las rachas máximas, los valores más altos se registran en las zonas litorales, en puntos donde el factor orográfico refuerza la velocidad del viento. En puntos muy concretos y en situaciones muy particulares las velocidades pueden acercarse a los 200 km/h, o incluso superarlos, como ocurrió en la estación de Estaca de Bares el 23 de enero de 2009 (figura 5.4.1), cuando se midió una racha de 229 km/h, si bien estos datos son escasamente representativos del entorno. Más realista, aplicable con más generalidad, es considerar el valor de 150 km/h como límite para casos excepcionales en zonas bien expuestas al viento y no necesariamente litorales. En el interior, en los valles de los ríos y en zonas abrigadas, es difícil acercarse a los 100 km/h. Veamos qué nos dicen los períodos de retorno de los registros disponibles de rachas máximas, ajustadas a una distribución de Gumbel y que aparecen en la tabla 5.2.1. Como hemos hecho con otras variables, no incluimos los intervalos de confianza para simplificar la tabla; únicamente pretendemos hacernos una idea de los órdenes de magnitud de los valores correspondientes a ciertos períodos de retorno en las distintas comarcas de Galicia.

	AÑOS		
	25	50	100
	<i>Racha máxima de viento (km/h)</i>		
<i>A Coruña</i>	128	134	139
<i>A Coruña-Alvedro</i>	124	130	135
<i>Santiago-Lavacolla</i>	128	134	140
<i>Lugo-Rozas</i>	107	113	118
<i>Vigo-Peinador</i>	124	130	136
<i>Ourense</i>	95	101	106
<i>Estaca de Bares</i>	179	186	193
<i>Cabo Vilán</i>	150	155	161
<i>Vilagarcía de Arousa</i>	117	123	128

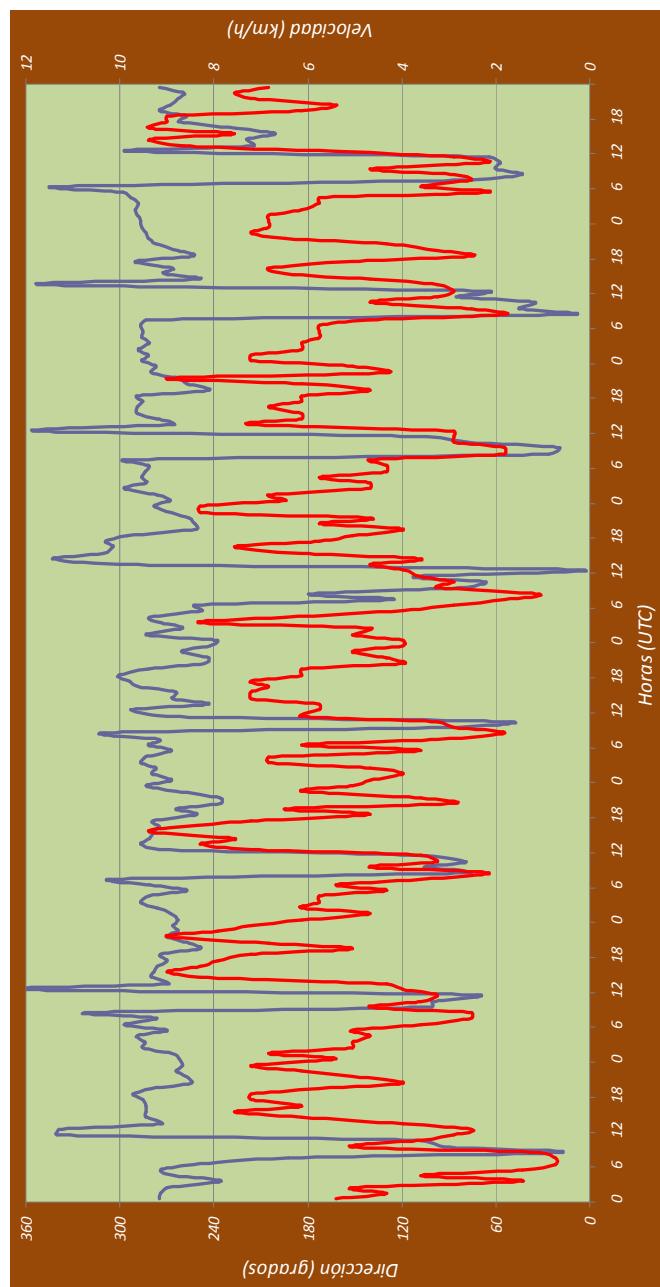
Tabla 5.2.1. Periodos de retorno de las rachas máximas de viento (km/h) calculados mediante ajuste a la distribución de Gumbel.

Destacan claramente puntos costeros tan peculiares como Estaca de Bares o Cabo Vilán, donde el valor correspondiente a un periodo de retorno de 100 años se sitúa por encima de los 150 km/h. Un segundo nivel estaría constituido por estaciones costeras (A Coruña, Alvedro, Vigo y Vilagarcía) donde este valor se encuentra alrededor de los 130 o 140 km/h. Las estaciones interiores presentan valores bastante menores, como Lugo, que no llega a 120 km/h y, especialmente, la estación de Ourense, que apenas supera los 100 km/h para un periodo de retorno de 100 años.

5.3. Vientos locales

Aunque los valores más destacados de velocidad del viento proceden del paso de depresiones por el entorno de Galicia, existe en la Comunidad un buen número de vientos locales, unos asociados al régimen costero de brisas y otros de tipo orográfico. Como ejemplo de estos últimos puede servir la estación de Pobra de Trives, que muestra una clara periodicidad en los vientos presentes en jornadas de dominio anticiclónico (figura 5.3.1) y las frecuencias observadas en las rosas mensuales difieren notablemente del régimen típico de Galicia (figura 5.3.2). Este esquema está asociado a los vientos de origen térmico que recorren el cañón del Sil. Se presentan en

Figura 5.3.1. Dirección (en color azul) y velocidad (en color rojo) del viento observado entre los días 24 y 31 de julio de 2007 en la estación de Pobra de Trives. Puede verse la periodicidad asociada a los vientos locales.



todas las épocas del año, aunque son especialmente frecuentes en verano; en el mes de agosto se observa esta situación el 34 % de los días, en tanto que en el mes de diciembre representa tan solo el 10 % y únicamente alcanzan el 7 % en mayo. En realidad, el ciclo que se observa en Pobra de Trives parece estar más bien relacionado con las corrientes compensatorias que se establecen como consecuencia del mencionado flujo de valle.

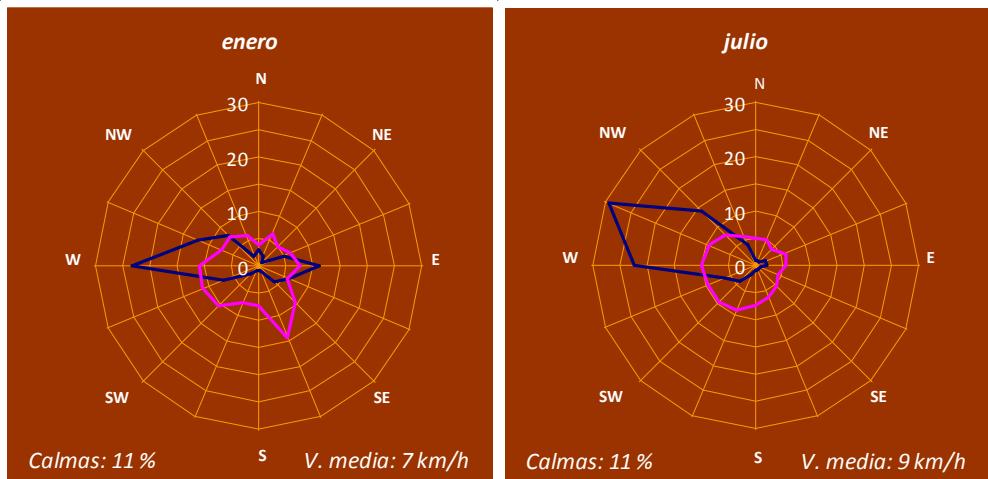


Figura 5.3.2. Rosas de viento medias del periodo 1994-2013 para la estación de Pobra de Trives. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

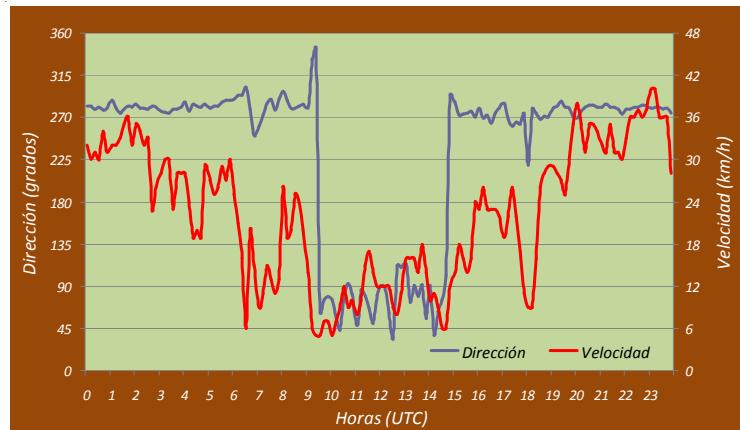
Con más detalle, podemos considerar en la figura 5.3.3 el registro de viento obtenido por la estación de Pobra de Trives el día 21 de julio de 2006. El ciclo mostrado por esta gráfica se repite en los días de verano con ausencia de vientos sinópticos relevantes: poco después de la salida del sol, el viento, que había estado soplando del W u WNW por la noche, cambia su dirección por E o ESE. La velocidad, tras pasar por un mínimo cercano a la calma coincidiendo con el cambio de dirección, se recupera, aunque el viento sopla más débilmente que durante la noche. Hacia el mediodía o a primera hora de la tarde se produce un cambio repentino tanto de dirección como de velocidad, esta vuelve a ser WNW y el viento se reactiva después de otro mínimo secundario que coincide de nuevo con dicha transición.

Figura 5.3.3.
Viento
registrado por
la estación
automática de
Pobra de Trives
el 21 de julio de
2006.



La figura 5.3.4 representa un día de invierno, en concreto el 28 de enero de 2008, que puede servir de modelo para las gráficas de anemocinemógrafo que proporciona la estación de Pobra de Trives en días de invierno con viento sinóptico débil. Resulta claro el parecido de las dos figuras, pero existen, sin embargo, algunas diferencias significativas. En verano, el segundo cambio de dirección es anterior al máximo térmico, en tanto que en invierno la temperatura máxima se suele registrar antes. Además, en verano el máximo de viento suele ocurrir durante la tarde y ser posterior al giro en la dirección, levemente retrasado respecto del máximo de temperatura,

Figura 5.3.4.
Viento
registrado por
la estación
automática de
Pobra de Trives
el 28 de enero
de 2008.



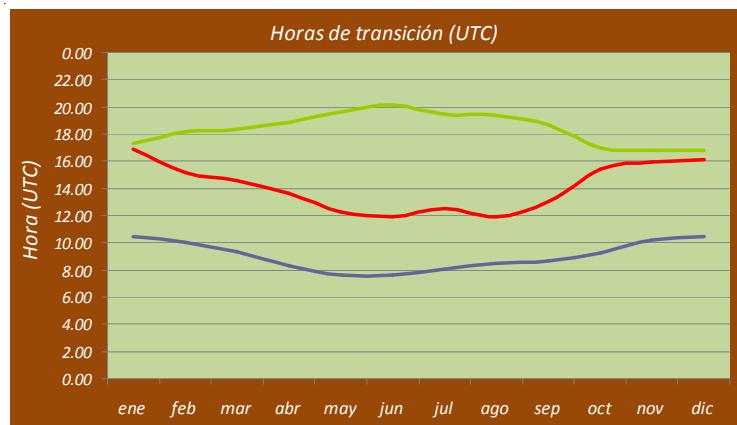
en tanto que durante el invierno el máximo de viento es siempre nocturno. En verano, hacia las 19 horas se aprecia una cierta disminución de la velocidad y un leve giro de la dirección del viento hacia el WSW; dos horas más tarde ha recuperado la dirección, aunque no la velocidad, que permanece en valores inferiores a los medidos por la tarde. Ambas se mantienen después sin variaciones relevantes durante toda la noche. En invierno, la disminución de la velocidad y el giro hacia el WSW son mucho menos pronunciados o inexistentes, además de ocurrir, si se presentan, un poco antes; después de este mínimo transitorio, la velocidad aumenta hasta alcanzar el máximo diario, que, como hemos dicho, en invierno suele darse por la noche.

En síntesis, durante el verano, pueden apreciarse tres intervalos bien diferenciados: aproximadamente desde las 19 horas UTC de un día hasta las 08 UTC del día siguiente; entre las 08 y las 12 UTC y, finalmente, entre las 12 y las 19 UTC. El ciclo característico del invierno, en cambio, resulta más simple: un largo periodo entre las 15 horas de un día y las 09 del día siguiente y otro más corto desde las 09 a las 15, aproximadamente. Cuando el viento sinóptico es muy fuerte resulta imposible apreciar este ciclo; en situaciones intermedias, los ciclos descritos modulan el viento dominante, en mayor o menor medida según la intensidad de este.

La figura 5.3.5 muestra las horas en las que, por término medio, se producen los cambios en la dirección del viento. La primera transición (línea de color azul en la figura), esto es, la que separa el viento de componente W del de componente E, está directamente relacionada con la hora de salida del sol, aunque retrasada respecto de ella. En particular, en mayo-junio se observa muy temprano, entre las 07.30 y las 08.00 UTC, y la época en que se observa más tarde coincide con la época de mayor retraso en la salida del sol: durante los meses de diciembre y enero tiene lugar algo después de las 10.00 UTC. Parece deducirse que esta transición es un reflejo a la altura de Pobra de Trives del establecimiento en el valle del viento diurno, de modo que habría que interpretar este flujo como la contracorriente asociada al viento ascendente a lo largo del valle.

La segunda transición (línea de color rojo en la figura 5.3.5), más que estar relacionada con el movimiento solar, parece estarlo con la onda térmica anual. Oscila entre las 12 horas UTC durante los meses de verano y las

Figura 5.3.5.
Instante en el que, por término medio, se producen cambios significativos en la dirección del viento en Pobra de Trives para los distintos meses del año.



16-17 horas en los meses de invierno. En este tramo la dirección del viento sería la correspondiente al flujo diurno de valle. Se establece cuando el viento del valle alcanza suficiente espesor para sustituir, a la altura de Pobra de Trives, a la contracorriente asociada. La variación anual de esta curva es de unas cuatro horas: notablemente superior a la de la primera transición y se confunde con la curva asociada a la tercera transición durante los meses invernales. Esto último significa que, a la altura de la estación de Pobra de Trives, es raro observar el viento de valle durante el invierno; al contrario, esta estación registra casi siempre la contracorriente que este viento local provoca. La última discontinuidad (línea verde) presenta una oscilación anual similar a la primera de ellas. Se establece hacia las 17.00 horas en diciembre y hacia las 20.00 horas en junio. Se ajusta con bastante exactitud, por tanto, a la variación anual de la hora de puesta del sol, aunque desplazada respecto de esta. El giro de dirección hacia el W característico de esta transición tiene una importante interpretación: en un momento en que el viento de valle y su contracorriente son muy débiles, pues se está estableciendo la corriente nocturna descendente, el flujo dominante es el viento de ladera que desciende desde Manzaneda hasta los ríos Bibei y Sil; se trata, por tanto, de una manifestación de este tipo de viento dentro del flujo general asociado al valle.

Otro tipo de vientos de origen térmico presentes en Galicia son, como es lógico, las brisas marinas. Su influencia hacia el interior está limitada por la cercanía a la costa de relieves importantes. A modo de ejemplo incluimos los dos gráficos de la figura 5.3.6, correspondientes a los días en que el registro de la estación automática de Padrón puede ser identificado como “de brisa” entre enero de 1995 y abril de 2000.

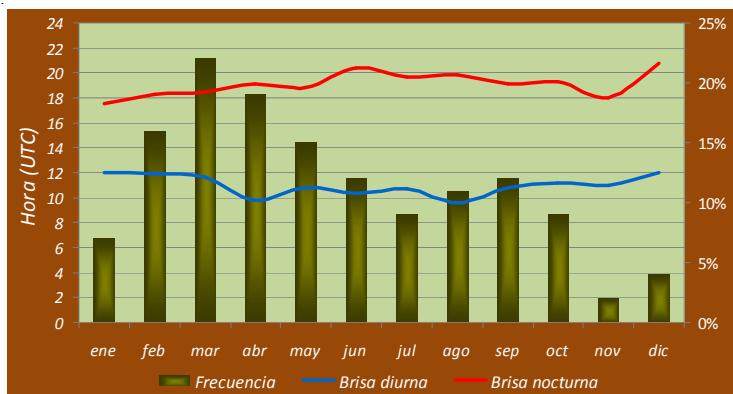
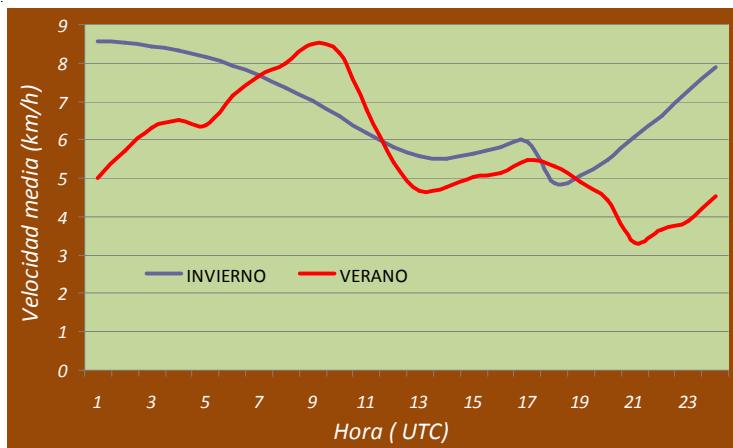


Figura 5.3.6.
Brisa observada
en la estación
de Padrón
(A Coruña).
Frecuencia
mensual junto
con las horas
promedio de
inicio y final en
el gráfico
superior.
Velocidad
media de la
brisa en
invierno y
verano a lo
largo del día en
la gráfica
inferior.



5.4. Episodios históricos importantes

“Hortensia”, 4 de octubre de 1984

Probablemente el temporal de viento más recordado en Galicia sea el correspondiente al paso de los restos del ciclón tropical *Hortensia* en la madrugada del 4 de octubre de 1984. La fuerza del viento y el hecho de estar en su origen asociado a un ciclón tropical, algo que no es tan extraordinario, pero que era desconocido para el público hasta entonces, lo convirtió en un episodio muy popular. Sin embargo, los valores registrados no fueron tan excepcionales (tabla 5.4.1).

El seguimiento de *Hortensia* por el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos comenzó el día 23 de septiembre a las 00 horas UTC y finalizó el 2 de octubre a las 18 horas UTC. Caracterizado inicialmente como depresión subtropical, con vientos de 30 nudos y presión de 1009 hPa en su centro, situado en 31° 30' N y 58° 30' W, llegó a alcanzar entre las 18 horas del 25 de septiembre y las 00 del 26 la categoría 1 de huracán, con valores de viento de 65 nudos y 993 hPa de presión. A las 00 del 3 de octubre se encuentra situada al NW de Azores con valores mínimos de presión de 1005 hPa. Absorbido por la corriente en chorro procedente de latitudes superiores, se desplaza hacia el este a la vez que se profundiza rápidamente y se sitúa a las 00 del día 4 de octubre frente a las costas gallegas, con valores mínimos de presión por debajo de 980 hPa. Una descripción detallada de la evolución del ciclón *Hortensia* y de otros episodios similares puede verse en (FONT, 1988). Sus efectos comienzan a sentirse a partir de la tarde-noche del día 3, con vientos medios fuertes (por encima de 40 km/h) de dirección sur en los observatorios de Ferrol-Monteventoso y Santiago-Lavacolla. Las rachas máximas se registran en general a partir de las 23 horas UTC (tabla 5.4.1). Dados los distintos horarios de los observatorios, los datos disponibles a las 00 del día 4 son todavía más escasos. Destacan los 54 y 52 km/h de viento medio y dirección sur de los observatorios de A Coruña y Vigo-Peinador. A las 06, el centro de la depresión estaba ya situado al nordeste de Estaca de Bares. Los datos correspondientes a las 07 remarcan el giro del viento a componente oeste, dando una idea del desplazamiento de la baja y sus frentes asociados, manteniéndose valores medios de intensidad fuerte o muy fuerte en general. Las rachas máximas del día superan, en todos los casos en los que se dispone del dato, los 100 km/h. Se registran, con la excepción de Monteventoso, en el intervalo que va desde las 06 a las 08 horas UTC y son, en general, del cuarto cuadrante.

Día 3 de octubre de 1984					
	Viento medio a 18 UTC		Racha máxima de viento		
	Dirección (°)	Velocidad (km/h)	Dirección (°)	Velocidad (km/h)	Hora UTC
Monteventoso	180	44	180	93	23.59
A Coruña	160	18	180	64	23.55
Santiago (Lavacolla)	180	40	180	43	19.45
Marín	250	22	250	112	23.15
Vigo (Peinador)	180	22	160	78	23.25

Día 4 de octubre de 1984					
	Viento medio a 07 UTC		Racha máxima de viento		
	Dirección (°)	Velocidad (km/h)	Dirección (°)	Velocidad (km/h)	Hora UTC
Monteventoso	230	108	320	158	12.50
A Coruña	290	83	340	130	08.05
Santiago (Lavacolla)	250	79	270	115	07.45
Pontevedra	180	36			
Marín	340	112	320	151	06.00

Tabla 5.4.1. Valores máximos y medios de viento registrados por los observatorios gallegos al paso de la depresión generada a partir del ciclón tropical "Hortensia".

A lo largo del día *Hortensia* continuó con su desplazamiento por el Cantábrico, donde deja rachas de viento superiores a los 100 km/h en los observatorios de la zona. Destacan los 156 km/h en Oviedo, los 144 en San Sebastián o los 130 en Avilés. En Galicia, a las 13 horas el viento del cuarto cuadrante, aunque mantiene todavía valores fuertes en intensidad, ha disminuido ya claramente en las estaciones del sur de la Comunidad. Este descenso se extiende a lo largo de la tarde, nuevamente con la excepción de Monteventoso, a los observatorios del norte.

Dentro de los escasos datos disponibles, los registros únicamente fueron extraordinarios, para lo que suele ser habitual en Galicia en esta época del año, en Monteventoso y en Marín. Este último es sorprendente porque del

resto de las estaciones parece deducirse que la intensidad del viento disminuyó de forma apreciable de norte a sur, de modo que en el aeropuerto de Vigo apenas superó los 100 km/h. Sea o no correcto el dato de Marín, lo cierto es que valores de más de 150 km/h sí pueden considerarse poco frecuentes, aunque, como veremos, han sido superados en otras ocasiones.

15 y 16 de febrero de 1941

La primera de estas ocasiones en que los escasos datos disponibles parecen indicar que se registraron rachas más importantes que las de *Hortensia* tuvo lugar entre el 15 y el 16 de febrero de 1941. En el apartado 7.2 puede verse la curva del barógrafo correspondiente al observatorio de A Coruña y la brusca caída de presión que se produce en las últimas horas del día 15, cuando una profunda depresión cruzó por el noroeste peninsular. La borrasca atravesó Galicia en dirección suroeste-noreste dejando un mínimo de presión al nivel del mar de 956 hPa en el observatorio de A Coruña hacia las 21 horas del día 15. Este episodio es recordado porque intervino decisivamente en la propagación del incendio que destruyó buena parte de la ciudad de Santander.

De aquella época se dispone únicamente de datos fiables de la estación de A Coruña, donde se midió una racha de 160 km/h a la una de la madrugada del día 16, que, como vemos, es notablemente superior a la registrada el 4 de octubre de 1984 y constituye el valor máximo de viento registrado por este observatorio. Pero estos datos, como casi todos los antiguos, presentan numerosos problemas de interpretación. El valor queda registrado en el cuaderno de observación, anotado en varios apartados del mismo, aunque el dato expresado en metros por segundo en uno de los apartados no concuerda con esta cifra en kilómetros por hora. Como en todas las observaciones de viento realizadas por estas fechas, resulta difícil saber a ciencia cierta si se trata de velocidades medias o máximas y, en el primer caso, a qué intervalo de medición se refiere. No obstante, tomado como racha máxima es un valor que concuerda con los registros de otras estaciones como los 180 km/h medidos en San Sebastián. Sobre la disparidad de datos y su difícil interpretación puede verse (VIÑAS RUBIO, 2001). En el cuaderno de observación queda también constancia de una de las consecuencias del temporal y que da idea de forma indirecta de su intensidad: la interrupción de las comunicaciones que impide al observador transmitir los partes con normalidad desde las 10 de la mañana del día 16 hasta varias jornadas después.

23 y 24 de enero de 2009

Entre los días 23 y 25 de enero de 2009 una profunda borrasca afectó a la península ibérica desplazándose de oeste a este en su trayectoria desde las islas Azores hasta el norte de Italia. El centro de la misma se movió a lo largo de la costa cantábrica antes de llegar al sur de Francia. Galicia fue la primera comunidad española en verse afectada por el temporal, en las últimas horas del día 23 y las primeras del día 24. Fue un ejemplo de las denominadas ciclogénesis explosivas, caracterizadas por una brusca profundización de la borrasca en un corto intervalo de tiempo.

La tabla 5.4.2 recoge los valores de viento más relevantes medidos durante los días 23 y 24 de enero de 2009 en los observatorios gallegos. En toda la Comunidad se alcanzan valores de viento importantes, salvo en las depresiones interiores más abrigadas. En general, los vientos más relevantes se registran en las estaciones del litoral norte y noroeste. En el interior y el sur de Galicia, los registros son menos importantes, si bien en las zonas de montaña se intensifican considerablemente, hasta el punto de que la estación de Pobra de Trives alcanza un valor de 116 km/h, que constituye su máximo histórico. Con las únicas excepciones de Ribadeo y A Coruña, los máximos de viento se registran durante el día 23 y en la madrugada del día 24 el viento comienza ya a disminuir de intensidad, a medida que la perturbación se aleja de Galicia a lo largo del Cantábrico. Espectaculares resultan los valores medidos en el entorno de Fisterra, donde los 145 km/h de Cabo Vilán constituyen el máximo registrado por esta estación en un mes de enero, aunque no su máximo absoluto. En cambio, para la estación de Fisterra el valor de 186 km/h que registra en esa jornada constituye la efeméride de viento máximo instantáneo para cualquier mes del año. Tanto en el caso de estas dos últimas estaciones como en el caso de Pobra de Trives que mencionábamos antes, el periodo de observación abarca unos 20 años, suficientemente amplio para comprobar el carácter excepcional de los vientos registrados el 23 de enero de 2009, pero pequeño para poder determinar la frecuencia con que valores similares pueden llegar a medirse. En estaciones de series largas como A Coruña, ya hemos visto como los registros obtenidos al paso de los restos del ciclón *Hortensia* fueron superiores a los 129 km/h que midió durante el episodio que estamos analizando y lo mismo ocurrió, con las reservas que ya hemos indicado, en febrero de 1941.

	Racha máxima de viento (km/h)	
	Día 23	Día 24
Ribadeo	111	113
Estaca de Bares	229	199
Ferrol	113	71
A Coruña	127	129
Aeropuerto de A Coruña	128	100
Cabo Vilán	145	100
Fisterra	186	151
Aeropuerto de Santiago	111	84
Padrón	112	95
Vilagarcía de Arousa	84	87
Pontevedra	84	75
A Lama	98	77
Aeropuerto de Vigo	93	68
Vigo	102	88
Aeródromo de Rozas	111	88
Lugo	95	68
Pobra de Trives	116	116
Chandrex de Queixa	107	83
Monforte de Lemos	76	60
Ourense	75	71
O Carballiño	81	80
Xinzo de Limia	88	87

Tabla 5.4.2. Valores de racha máxima de viento registrados durante los días 23 y 24 de enero de 2009 en Galicia.

Sin embargo, de todos los datos reflejados en la tabla anterior, destacan los correspondientes a Estaca de Bares. En este punto, como puede verse en la figura 5.4.1, se midieron velocidades medias de más de 100 km/h durante un periodo de alrededor de 9 horas y rachas que superaron los 200 km/h durante aproximadamente 3 horas. Se trata de los mayores registros de viento medidos hasta ahora en Galicia.

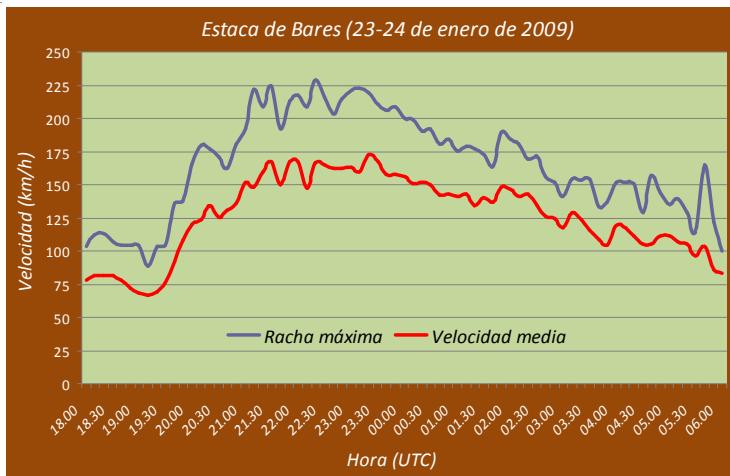


Figura 5.4.1.
Velocidad
media y
máxima en
10 minutos
registrada por
la estación de
Estaca de Bares
desde las
18 horas del 23
de enero de
2009 hasta las
06 horas del 24.

6. RADIOSONDEOS

Los datos procedentes de radiosondeos son una herramienta esencial en la detección de tendencias en la temperatura de la troposfera y la baja estratosfera, así como en la validación de los resultados obtenidos por los modelos climáticos en la atmósfera libre. En particular, los resultados obtenidos por los modelos de circulación general muestran que la estructura de la respuesta de la temperatura en la vertical depende en gran medida del tipo de forzamiento introducido, lo que resulta muy útil a la hora de asignar las causas de las variaciones de temperatura observada. Desde febrero de 1958 el observatorio de A Coruña realiza ininterrumpidamente sondeos aerológicos dos veces al día (salvo en ciertos períodos especiales en los que ha llegado a realizar cuatro sondeos diarios), a las 00 y a las 12 horas UTC. Ya a comienzos del pasado siglo, en 1914, se inició la toma de datos con globos piloto, que permitían determinar la velocidad del viento en las capas más bajas de la troposfera. Este tipo de medidas se mantuvo hasta 1961, solapándose con la realización de sondeos termodinámicos que incluían las variables habituales de temperatura, presión, humedad, dirección y velocidad del viento.

6.1. Datos disponibles

Los primeros años de radiosondeos realizados en el observatorio coruñés, en concreto los anteriores a 1963, se han descartado por problemas de disponibilidad práctica de los datos. A partir de este año contamos con información relativa a esta estación en los registros del archivo IGRA (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/igra/>), lo que nos permite obtener registros ya depurados, de los que se han eliminado los valores puntuales anómalos. A partir de 1975 se han considerado también los datos disponibles en diferentes archivos de la Agencia Estatal de Meteorología. Los valores registrados en la atmósfera libre también están afectados por las incertidumbres que acompañan a los de superficie, por lo que, como paso previo para poder utilizar los registros obtenidos por radiosondas en la elaboración de una climatología básica de los mismos como la que presentamos en las páginas siguientes, es preciso aplicar algún procedimiento que permita detectar la presencia de inhomogeneidades en las correspondientes series, del mismo modo que se hace con los de superficie. Estas inhomogeneidades pueden deberse a cambios de modelo de radiosonda o de método de observación y quedan impresos en los registros de datos, falseando los valores estadísticos promedio y las tendencias observadas. La detección de tendencias en las distintas series de parámetros meteorológicos en altura se ve seriamente afectada por la presencia de saltos en las mismas. Es necesario localizar dichas discontinuidades y distinguir cuáles son producto de alteraciones del proceso de toma de datos y cuáles están, por el contrario, vinculadas a fenómenos atmosféricos reales como, por ejemplo, la presencia de aerosoles volcánicos. En este punto encontramos una dificultad nueva respecto de las que plantea la homogeneización de datos de superficie. En el caso de estos últimos, la herramienta básica para la separación de tendencias climáticas reales de las introducidas artificialmente por el procedimiento de medición es la comparación con series cercanas que puedan servir como referencia. Estos procedimientos no son aplicables a los datos de radiosondas, no solo porque la densidad de estaciones es mucho menor, sino también porque la utilización de un modelo determinado de radiosonda o la aplicación de un cierto procedimiento de observación suele ser común para todas las estaciones de un país, de modo que los observatorios más cercanos muestran errores instrumentales paralelos. La aplicación de métodos puramente objetivos para detectar cambios anómalos en las series de temperatura de la atmósfera libre tiende a identificar cambios reales con alteraciones anómalas de las observaciones, con lo que se elimina gran

parte de la información que dichas series aportan sobre las tendencias. Los resultados mejoran apreciablemente si, junto a la aplicación de métodos estadísticos, se recurre a la información histórica disponible (metadatos), tarea para la que, lógicamente, es imprescindible contar con un registro detallado de los cambios introducidos en las distintas estaciones de radiosondeos a lo largo de la historia.

Es importante tener presente que los radiosondeos estaban originalmente concebidos como fuente de datos para la predicción operativa (y esta sigue siendo su primera utilidad), de modo que el archivo de los mismos no llevaba un proceso de depuración como el que sí se debía, al menos teóricamente, aplicar a la información destinada expresamente al uso climatológico. Desde este punto de vista, el sondeo perdía validez apenas unas horas después de llevarse a cabo y no se prestaba más atención a los datos que quedaban archivados sin una finalidad climatológica clara. Los intentos de obtener un conjunto de datos de radiosondeos en los que se hayan corregido las inhomogeneidades introducidas por problemas derivados del propio proceso de medida son mucho más recientes y menos abundantes que los destinados a homogeneizar las series de datos climatológicos de superficie. Otra peculiaridad de estos registros es que la medida se realiza en cada sondeo con un equipo nuevo, a diferencia de las observaciones superficiales que se basan en el mismo instrumento durante largos períodos de tiempo. De este modo, cada observación en altura es irrepetible y puede estar afectada por ciertos errores que no necesariamente tienen por qué afectar a otras medidas posteriores o anteriores. Junto con los errores de medida hay que considerar los derivados del cifrado y transmisión de los partes TEMP que se venía haciendo manualmente hasta fechas bien recientes. Para la búsqueda de discontinuidades en el archivo histórico de radiosondeos de A Coruña utilizamos el método descrito en (LANZANTE, KLEIN Y SEIDEL, 2003a) y (LANZANTE, KLEIN Y SEIDEL, 2003b). Aunque no vamos a entrar en detalles, a lo largo de la serie de datos disponibles hallamos diferentes discontinuidades, la más pronunciada de las cuales corresponde al año 1974 coincidiendo con un cambio en el modelo de radiosonda utilizado y que afecta especialmente a los niveles situados por encima de 300 hPa. El proceso de eliminación de discontinuidades genera una serie final constituida por la homogeneización de los distintos tramos válida para el cálculo de tendencias. Por lo que respecta a los valores promedio que se presentan en los siguientes apartados se calcularon a partir de los registros comprendidos entre 1980 y 2007, un periodo en que no se hallaron en los datos anomalías importantes.

6.2. Valores medios

Para cada nivel tipo se han estudiado el geopotencial, la temperatura, la humedad, así como la dirección y velocidad del viento. Las tablas 6.2.1 muestran, mes a mes, los valores de geopotencial, temperatura, depresión del punto de rocío y velocidad media del viento en los distintos niveles estándar de presión. La figura 6.2.1 muestra la curva de temperatura, depresión del punto de rocío y velocidad del viento sobre la vertical de A Coruña para los meses de enero, abril, julio y octubre. Puede observarse como en la troposfera la temperatura es máxima, a cada nivel de geopotencial, durante el mes de julio y mínima en enero. La curva de abril se confunde con la de enero y la de octubre se sitúa en una posición intermedia entre las correspondientes a los meses de verano y de invierno. La posición relativa de las curvas se altera hacia los 15 km de altitud, donde las correspondientes a las estaciones intermedias se sitúan en los extremos, con valores máximos de temperatura en abril y mínimos en octubre. Puede verse también que el descenso de temperatura en los primeros cientos de metros de la troposfera es más lento durante el verano y el otoño. La diferencia de temperatura en la estratosfera entre las distintas estaciones es mínima, en tanto que en la troposfera es más marcada, alrededor de cuatro grados, con un máximo hacia los 5 km de altura.

Por lo que respecta a la humedad, se observa el lógico decrecimiento con la altura. Vemos también que el descenso iniciado desde el suelo se interrumpe al cabo de unos centenares de metros, cuando la depresión del punto de rocío disminuye ligeramente seguramente por la disminución brusca de temperatura que tiene lugar por encima de la inversión.

Alrededor de los 10 000 metros, justo por debajo de la tropopausa como es bien sabido, se localizan los máximos de viento medio, con valores medios que en invierno superan los 25 m/s. Durante el verano, este máximo disminuye notablemente, al tiempo que se sitúa ligeramente por encima. Los vientos de invierno son más intensos que los de verano en toda la troposfera, en tanto que los de las estaciones intermedias se sitúan entre ambos. En el nivel de la tropopausa, de una manera análoga a lo que ocurría con las temperaturas, el viento sopla con más intensidad durante la primavera y el otoño de lo que lo hace en el verano y el invierno. Se observa con claridad también la presencia de una anomalía en el trazado de las curvas coincidiendo de nuevo con el nivel medio de la inversión, más marcada, como era de esperar, en invierno.

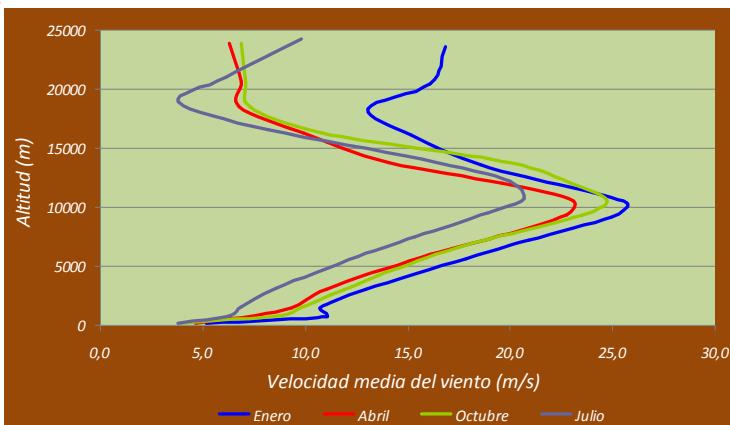
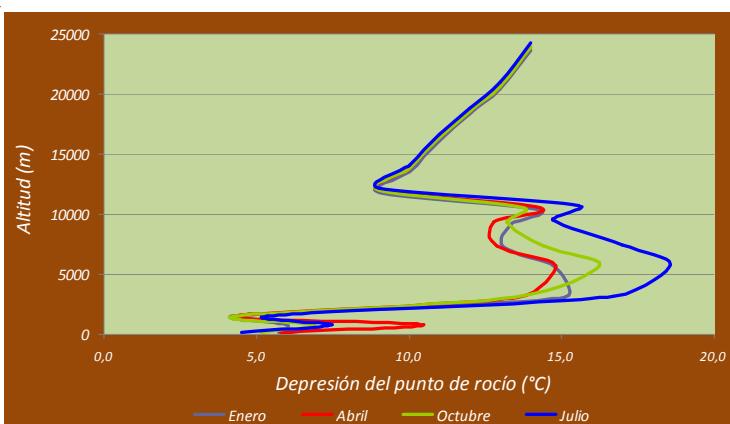
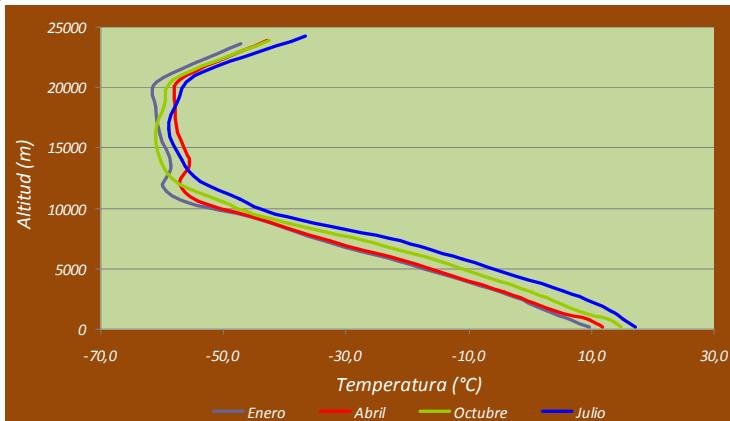


Figura 6.2.1.
Representación
de la
temperatura
media, la
depresión del
punto de rocío y
la velocidad del
viento frente al
geopotencial
para la estación
de A Coruña
durante los
meses de enero,
abril, julio y
octubre.

Altitud media (metros geopotenciales) en los niveles estándar de presión en el observatorio de A Coruña															
	1000	925	850	700	500	400	300	250	200	150	100	70	50	30	
ENERO	181	779	1513	3064	5630	7238	9195	10 379	11 784	13 585	16 129	18 349	20 438	23 721	
FEBRERO	173	817	1507	3052	5613	7211	9172	10 354	11 761	13 573	16 129	18 359	20 462	24 422	
MARZO	170	823	1508	3063	5636	7248	9213	10 396	11 803	13 613	16 167	18 393	20 495	24 142	
ABRIL	140	799	1479	3035	5607	7217	9178	10 365	11 784	13 610	16 183	18 433	20 555	23 844	
MAYO	139	778	1487	3054	5647	7266	9251	10 447	11 871	13 700	16 284	18 552	20 690	24 896	
JUNIO	162	830	1525	3119	5758	7400	9430	10 643	12 079	13 902	16 472	18 731	20 867	23 560	
JULIO	168	823	1543	3155	5822	7488	9538	10 766	12 218	14 053	16 607	18 848	20 987	24 121	
AGOSTO	161	816	1539	3148	5815	7483	9532	10 759	12 206	14 033	16 582	18 832	20 973	24 395	
SEPTIEMBRE	159	811	1532	3130	5779	7444	9473	10 693	12 131	13 943	16 474	18 711	20 842	24 320	
OCTUBRE	150	809	1509	3089	5711	7355	9369	10 575	12 007	13 815	16 334	18 556	20 668	24 196	
NOVIEMBRE	149	784	1497	3065	5664	7288	9281	10 480	11 898	13 695	16 216	18 429	20 509	25 417	
DICIEMBRE	165	789	1505	3065	5650	7264	9242	10 431	11 842	13 637	16 162	18 375	20 457	24 832	

Tabla 6.2.1.a.
Valores medios mensuales
para cada uno de los niveles
estándar de altitud en la
estación de radiosondeos de
A Coruña.

Temperatura media (grados Celsius) en los niveles estándar de presión en el observatorio de A Coruña														
	1000	925	850	700	500	400	300	250	200	150	100	70	50	30
ENERO	9,7	6,5	2,8	-4,8	-21,3	-33,1	-45,1	-55,3	-59,8	-58,6	-60,4	-61,1	-60,9	-47,2
FEBRERO	10,0	6,3	2,6	-5,3	-21,8	-33,6	-45,3	-55,5	-59,2	-57,0	-59,3	-60,1	-59,5	-43,6
MARZO	10,9	8,8	3,5	-4,1	-20,6	-32,5	-45,5	-55,1	-59,4	-57,1	-59,5	-60,3	-59,9	-45,2
ABRIL	11,8	9,4	4,0	-4,3	-20,8	-32,8	-45,5	-54,1	-57,2	-55,6	-57,5	-57,8	-57,1	-42,8
MAYO	13,6	10,2	5,7	-2,3	-18,6	-30,5	-45,1	-52,9	-56,5	-55,4	-56,1	-56,0	-55,5	-38,0
JUNIO	15,6	13,8	10,0	2,3	-13,9	-25,8	-43,4	-50,0	-56,1	-56,5	-57,2	-56,7	-55,0	-41,8
JULIO	17,2	15,2	13,1	5,4	-11,0	-22,9	-41,4	-47,3	-53,7	-56,7	-58,9	-57,5	-54,6	-36,7
AGOSTO	17,9	14,7	12,8	5,3	-11,0	-22,9	-41,4	-47,8	-54,7	-57,5	-58,6	-57,0	-54,5	-36,0
SEPTIEMBRE	17,1	12,8	11,2	3,2	-12,7	-24,4	-42,5	-49,0	-56,4	-59,5	-60,0	-58,2	-56,1	-38,9
OCTUBRE	14,9	12,9	7,6	0,3	-15,2	-27,0	-43,8	-50,5	-57,3	-60,3	-61,1	-59,6	-58,3	-42,5
NOVIEMBRE	12,9	9,7	5,8	-1,8	-17,7	-29,5	-44,6	-52,9	-58,9	-60,1	-61,9	-61,7	-61,3	-41,2
DICIEMBRE	11,0	7,8	4,4	-3,0	-19,3	-31,3	-45,0	-54,3	-59,8	-59,9	-61,5	-61,9	-61,5	-42,4

Tabla 6.2.1.b.
Valores medios mensuales
para cada uno de los niveles
estándar de temperatura en
la estación de radiosondeos
de A Coruña.

Depresión media del punto de rocío (grados Celsius) en los niveles estándar de presión en el observatorio de A Coruña								
	1000	925	850	700	500	400	300	250
ENERO	5,7	6,0	4,3	15,1	14,8	13,1	13,3	14,3
FEBRERO	5,8	5,5	4,1	14,4	13,9	13,0	12,7	13,8
MARZO	6,2	9,7	4,5	15,9	15,7	14,2	12,9	13,8
ABRIL	5,8	10,5	4,3	13,6	14,8	12,9	12,8	14,3
MAYO	5,1	6,8	4,2	12,4	14,6	13,2	12,3	13,5
JUNIO	4,7	10,1	5,1	14,0	16,2	14,4	12,4	13,0
JULIO	4,5	7,5	5,4	16,7	18,6	17,0	14,7	15,6
AGOSTO	4,8	5,4	5,2	16,5	19,3	16,8	14,3	13,9
SEPTIEMBRE	5,1	5,9	5,0	14,3	16,8	15,3	13,4	13,1
OCTUBRE	5,1	6,9	4,3	13,5	16,2	14,4	13,2	13,8
NOVIEMBRE	5,6	6,5	4,3	13,7	15,0	12,9	11,7	12,8
DICIEMBRE	5,8	5,6	4,1	14,3	14,6	12,8	12,4	13,5

Tabla 6.2.1.c. Valores medios mensuales para cada uno de los niveles estándar de depresión del punto de rocío en la estación de radiosondeos de A Coruña.

	Velocidad media del viento (m/s) en los niveles estándar de presión en el observatorio de A Coruña													
	1000	925	850	700	500	400	300	250	200	150	100	70	50	30
ENERO	5,2	11,0	10,7	13,0	17,9	20,9	24,9	25,7	22,8	18,6	15,2	13,1	16,1	16,9
FEBRERO	5,2	11,0	11,1	13,3	18,4	21,4	25,5	26,2	22,7	17,8	13,9	11,2	13,4	13,6
MARZO	4,8	7,9	10,1	12,2	16,8	20,1	23,7	24,5	21,5	17,2	12,8	9,7	9,5	10,5
ABRIL	4,7	7,6	9,3	11,0	15,6	19,0	22,7	23,1	19,6	14,1	9,9	6,8	6,9	6,3
MAYO	4,0	7,8	8,4	10,5	14,5	18,1	21,9	22,8	19,3	13,7	8,4	5,4	6,4	4,6
JUNIO	4,2	6,7	7,6	9,4	13,3	15,9	19,3	20,5	18,8	13,4	7,7	4,2	4,8	6,8
JULIO	3,8	6,3	6,9	8,6	12,6	15,3	18,9	20,7	20,0	15,7	8,2	3,8	6,1	9,8
AGOSTO	3,4	6,7	6,9	8,8	12,8	15,4	18,7	20,6	20,1	15,9	8,7	3,9	3,9	7,2
SEPTIEMBRE	3,5	7,4	7,9	9,8	13,5	16,3	20,6	22,5	21,1	16,0	9,2	5,4	4,2	4,1
OCTUBRE	3,9	8,8	9,7	11,9	16,0	18,9	23,5	24,7	23,0	20,0	10,8	7,3	7,1	6,9
NOVIEMBRE	4,2	9,7	10,0	12,1	16,9	19,7	23,9	25,7	23,3	18,7	12,5	9,7	11,8	12,2
DICIEMBRE	5,2	11,1	11,2	13,1	17,3	20,0	23,7	25,2	22,9	18,2	13,7	11,0	12,4	13,6

Tabla 6.2.1.d.
Valores medios mensuales
para cada uno de los niveles
estándar de velocidad del
viento en la estación de
radiosondeos de A Coruña.

La distribución por direcciones, sobre una rosa de vientos de 8 rumbos, de la frecuencia del viento en los meses de enero, abril, julio y octubre aparece representada gráficamente en las figuras 6.2.2. Durante el mes de enero observamos un giro en la frecuencia dominante desde el SW del nivel de 1000 hPa, al W en la troposfera media y superior, así como en la estratosfera, donde la componente W acapara el 80 % de las frecuencias. En las capas más bajas de la troposfera, la presencia de zonas anticiclónicas de origen térmico durante el invierno da lugar a una cierta frecuencia de vientos de componente este y las bajas cerradas cercanas a las costas de Galicia, tan comunes en esta época del año, se manifiestan en el predominio en estas capas de los vientos del SW, dirección que es dominante también en superficie. Dentro de su escasa presencia, es de destacar el aumento de la proporción de vientos del norte a medida que ascendemos en la troposfera, hasta llegar a un máximo coincidiendo con el nivel de vientos más intensos.

La llegada de la primavera altera de modo significativo la distribución de frecuencias del viento en los distintos niveles. En las capas bajas de la troposfera se aprecia un incremento notable de vientos del primer cuadrante; otro tanto ocurre en la estratosfera, lo que anticipa la inversión anual en la dirección del viento que se produce en estos niveles durante el verano. Con todo, siguen predominando a todas las alturas los vientos del tercer y cuarto cuadrantes y, en especial, la dirección oeste en las capas intermedias y altas de la troposfera, así como en la estratosfera. La situación cambia radicalmente en la estratosfera durante el verano. Mientras las frecuencias del primer cuadrante solo se incrementan ligeramente en julio respecto a las de abril en las capas bajas de la atmósfera, el nivel de 50 hPa y especialmente el de 30 muestran un viento persistente de dirección este, opuesto al que habíamos descrito para el mes de enero en estas capas, que supone una frecuencia de alrededor del 80 %. Durante el mes de octubre, las distintas direcciones presentan unas frecuencias similares a las de enero, con un claro predominio de la componente oeste en todos los niveles y un peso relativamente importante del primer cuadrante en los niveles situados por debajo de 700 hPa; en los niveles más altos de la estratosfera continúa teniendo un peso significativo la componente este, que, sin embargo, desaparece casi por completo de los niveles inferiores de esta capa atmosférica.

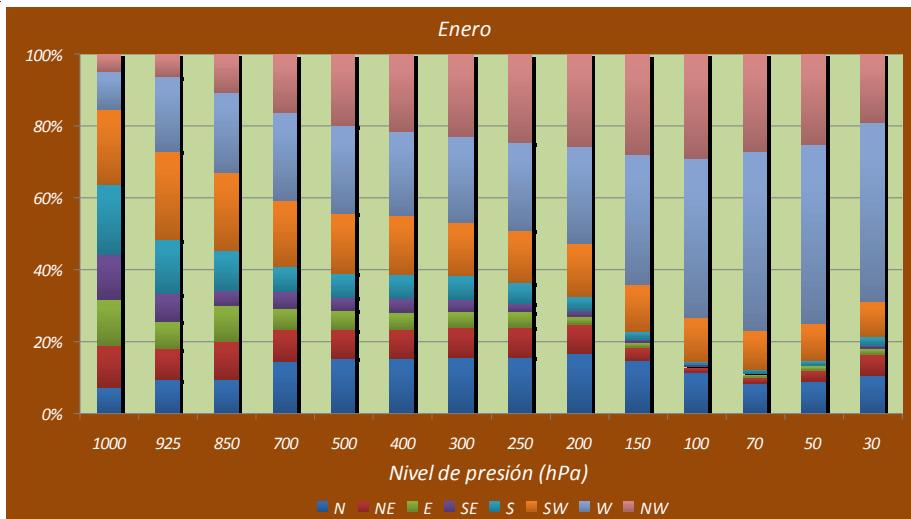
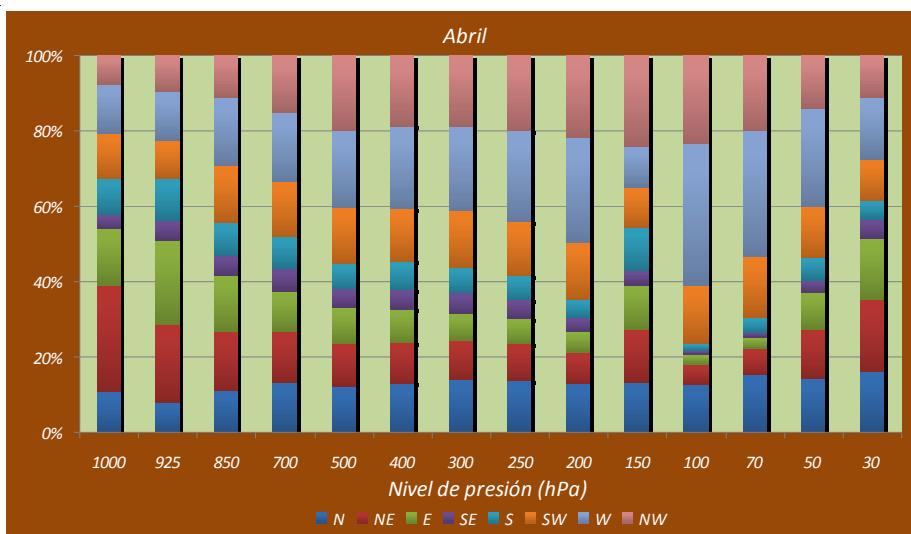


Figura 6.2.2.a. Distribución de frecuencias de la dirección del viento durante el mes de enero en los niveles estándar de presión.

Figura 6.2.2.b. Distribución de frecuencias de la dirección del viento durante el mes de abril en los niveles estándar de presión.



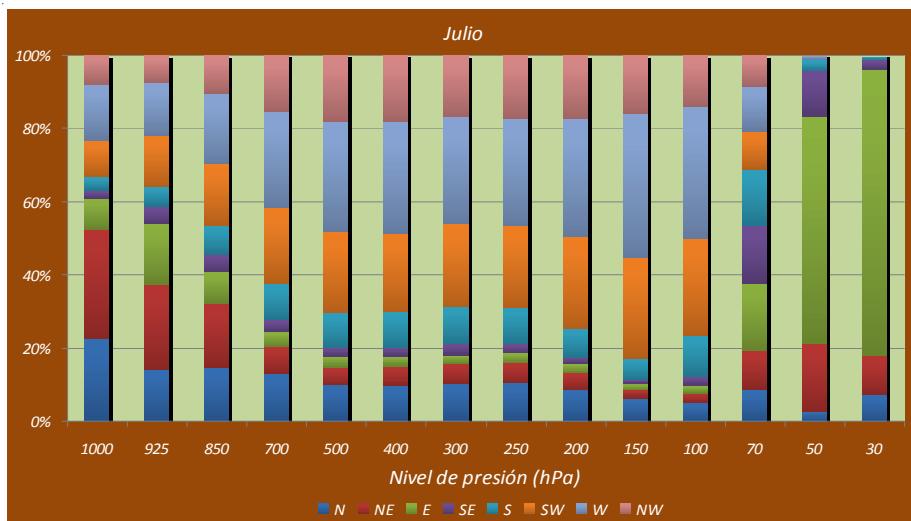
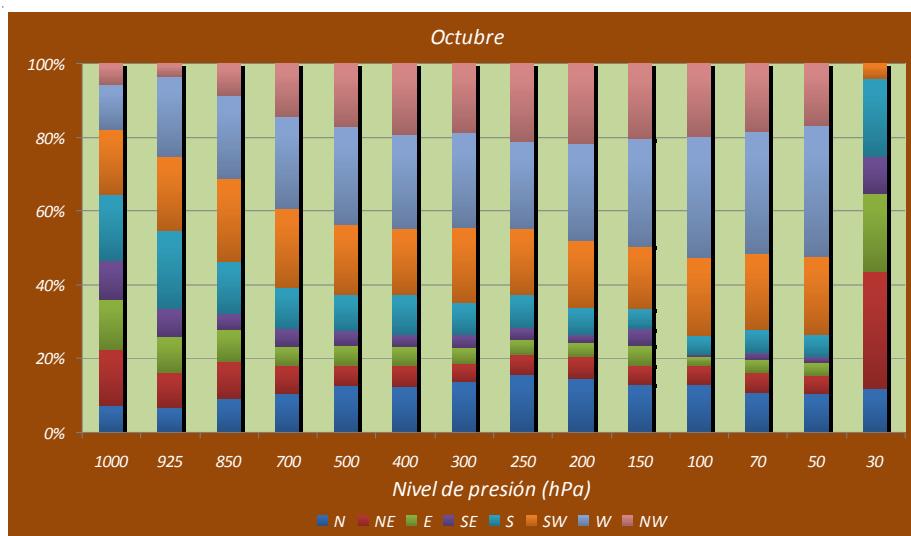


Figura 6.2.2.c. Distribución de frecuencias de la dirección del viento durante el mes de julio en los niveles estándar de presión.

Figura 6.2.2.d. Distribución de frecuencias de la dirección del viento durante el mes de octubre en los niveles estándar de presión.



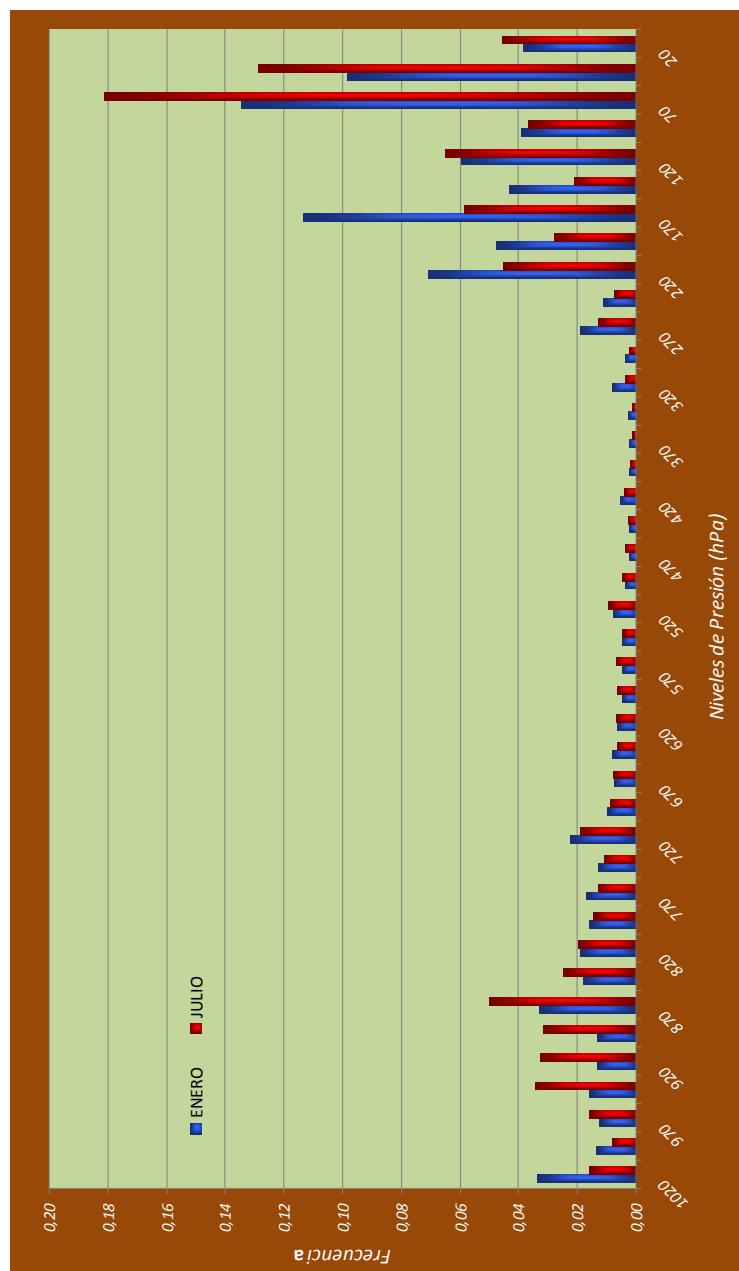
6.3. Inversiones

Otra información interesante que puede deducirse con ayuda de los niveles significativos de temperatura que proporciona cada radiosondeo es la frecuencia con que se observan inversiones térmicas en los distintos niveles atmosféricos. La figura 6.3.1 muestra, en intervalos de 25 hPa, la frecuencia relativa con la que se observan inversiones que se inician dentro de dicho intervalo, durante los meses de enero y julio. Se muestra, en tanto por uno, cuántas inversiones del total contabilizado para cada mes corresponden a un cierto nivel. Debe tenerse en cuenta que el número de radiosondeos que aportan información sobre los niveles superiores de la atmósfera es notablemente inferior al correspondiente a las capas bajas. Se están, por tanto, subestimando las inversiones en la zona superior y sobreestimando las correspondientes a las capas más bajas. En cualquier caso, lo que se pretende es identificar los máximos locales y no facilitar un valor absoluto de frecuencias.

Puede apreciarse con claridad la inversión de subsidencia asociada a la situación anticiclónica característica del verano y que se sitúa aproximadamente entre los niveles de presión de 950 y 850 hPa. Esta inversión está presente, aunque con una frecuencia notablemente menor, durante los meses invernales; en esta época del año se sitúa ligeramente por encima de la correspondiente al verano. A medida que ascendemos y nos alejamos de la zona de localización de la inversión de subsidencia, las frecuencias disminuyen apreciablemente. En el intervalo de presiones que va de los 700 a los 300 hPa, las inversiones son muy poco frecuentes, aunque aparece algún máximo secundario poco marcado. Con claridad se ven también las inversiones situadas en las proximidades de la tropopausa, a partir de los 250 hPa, así como en la estratosfera, en cualquiera de las épocas del año.

Otro máximo relativo se observa cerca del suelo, más destacado en invierno, correspondiente a las inversiones que genera el enfriamiento del suelo en las noches despejadas.

Figura 6.3.1.
Distribución por niveles de presión de las inversiones observadas durante los meses de enero y julio. El eje vertical representa, en tanto por uno, la fracción correspondiente a cada nivel del total de inversiones contabilizadas cada mes.



6.4. Tendencias

En la determinación de tendencias, el periodo de 27 años que utilizamos para hallar los valores medios puede resultar muy reducido. Por ello, los cálculos se efectuaron a partir de los datos disponibles en el periodo 1963-2009, una vez detectados y eliminados los puntos de discontinuidad mediante el procedimiento estadístico que nos permitió identificar dichas discontinuidades. La tabla 6.4.1 presenta los extremos del intervalo de confianza del 95 % para los valores de la tendencia, en K/década, para los niveles estándar. Se facilita también el p-valor correspondiente a la hipótesis nula de falta de tendencia.

Puede observarse que, incluso al nivel de confianza del 90 %, ninguna de las tendencias es significativa. Pese a ello, hay una cierta concordancia entre los distintos niveles y cabría hablar de tendencias que muestran un incremento de temperatura en la troposfera, hasta el nivel de 300 hPa. Por encima de ese nivel y en toda la estratosfera, las tendencias podrían considerarse decrecientes en la temperatura. Tanto las tendencias positivas

Nivel (hPa)	Tendencia (K/década)		P valor
	Intervalo de confianza del 95 %		
1000	-0,15	0,30	0,49
850	-0,06	0,51	0,12
700	-0,36	0,21	0,59
500	-0,12	0,47	0,25
400	-0,23	0,37	0,65
300	-0,08	0,46	0,17
250	-0,37	0,12	0,32
200	-0,30	0,15	0,53
150	-0,36	0,05	0,15
100	-0,31	0,09	0,27
70	-0,37	0,08	0,21
50	-0,41	0,05	0,13
30	-0,48	0,07	0,14

Tabla 6.4.1. Tendencias observadas en la temperatura para cada uno de los niveles estándar de presión.

como las negativas son del orden de algunas décimas de K/década. Los resultados concuerdan, a grandes rasgos, con los mostrados en (GAFFEN Y SARGENT, 2000), donde además puede verse el modo en que la calidad de los datos, el tratamiento de las inhomogeneidades de la serie o las técnicas estadísticas utilizadas para determinar las tendencias afectan a los resultados.

7. OTRAS VARIABLES

Además de aquellas variables cuya observación histórica en Galicia hemos venido describiendo junto con una breve introducción a la climatología de las mismas en la Comunidad, se realizan medidas de otras que no suelen aparecer en los estudios climáticos, bien porque se piensa que no son especialmente útiles a la hora de caracterizar el clima de una región o bien porque no son parámetros que se registren en un número muy amplio de observatorios. Normalmente estas variables únicamente se miden en las estaciones principales y algunas de ellas requieren la existencia en las mismas de personal, pues los equipos automáticos no han estado capacitados, al menos hasta el momento, para llevar a cabo este tipo de observaciones. Nos centraremos en cuatro de ellas: la evaporación, la presión, la nubosidad y los meteoros más relevantes.

7.1. Evaporación

Las medidas de evaporación se han realizado en los observatorios de Galicia, con alguna excepción, casi solo en los observatorios principales, mediante evaporímetros de tipo Piché y mediante tanques evaporimétricos de tipo A. En el primero de los casos los registros se limitan a un único dato tomado generalmente en la observación climatológica de las 07 horas UTC que corresponde a las diferencias de nivel del agua entre dos lecturas consecutivas del evaporímetro. Tenemos, por tanto, un valor de evaporación diaria. Este instrumento se encuentra situado en el interior de la garita, como los dedicados al registro de temperaturas. La evaporación en el tanque parece una estimación más realista de la cantidad de vapor que pasa a la atmósfera desde una superficie libre de agua. Junto con la diferencia de nivel en el tanque se anota cada día a las 07 UTC los valores registrados en las últimas 24 horas de la temperatura máxima y mínima del agua, así como del recorrido del viento en las proximidades del tanque.

Parece claro que ambos procedimientos no son más que una aproximación bastante incompleta al parámetro que se pretende medir, que es la cantidad de vapor de agua que pasa del suelo a la atmósfera. En particular, en estas medidas falta la parte debida a la transpiración de las plantas, que debe estimarse mediante modelos más o menos complejos. Probablemente, la única utilidad de estos datos sea la de obtener una cierta estimación del orden de magnitud de la evapotranspiración real y de su dependencia de alguno de los parámetros meteorológicos que se miden paralelamente en el observatorio.

En la figura 7.1.1 pueden verse los valores de evaporación media diaria para cada mes del año y para cada uno de los dos procedimientos de medida en los observatorios de A Coruña, Santiago y Ourense. Como es de esperar, el primero de ellos es el que menos contraste muestra entre los distintos meses del año, aunque es especialmente llamativa la pequeña diferencia que se observa en los registros con el evaporímetro Piché. Si bien de forma menos llamativa, esta circunstancia se repite en los otros dos observatorios: las oscilaciones anuales de la evaporación medida dentro de la garita son considerablemente menores que las obtenidas con los registros del tanque, aunque los promedios anuales que proporcionan ambos métodos son muy similares. Tampoco existen grandes diferencias en las medias anuales entre las distintas estaciones, pues la mayor evaporación en verano en las comarcas

de clima más caluroso se compensa en buena medida con la menor evaporación invernal respecto de las zonas con clima oceánico. Este promedio anual diario, cuyo valor preciso depende de múltiples características climáticas locales, oscila entre 2 y 3 mm.

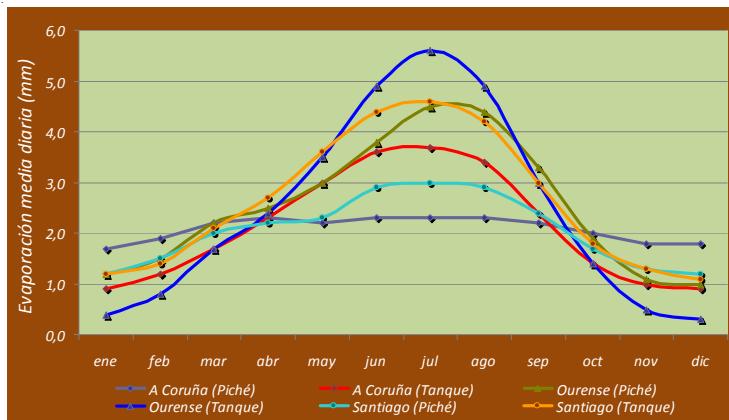


Figura 7.1.1.
Promedios
diarios de
evaporación en
evaporímetro
de garita y en
tanque
evaporimétrico
para los
observatorios
de A Coruña,
Santiago y
Ourense.

La verdadera utilidad de las medidas o estimaciones de la evaporación es la obtención, junto con la precipitación recogida y un cierto modelo de almacenamiento de agua sobre el terreno, de un modelo de reserva de humedad en el suelo. Desde 2006, en la Delegación Territorial de AEMET en Galicia se vienen realizando estimaciones mensuales de la evapotranspiración a través del método de Pennman-Monteith (ALLEN, PEREIRA, RAES Y SMITH, 2006) que, combinadas con los mapas de precipitación mensual y admitiendo un valor de saturación del suelo de 1000 mm, permiten realizar una estimación de la reserva de humedad. Aunque muy influida, como es lógico, por el comportamiento climático particular de cada año, pueden obtenerse unas pautas generales de la evolución anual. Como es natural, la reserva de humedad en el suelo empieza a constituirse en el mes de septiembre, con las primeras lluvias otoñales y después de haber alcanzado un mínimo muy cercano a cero en las comarcas más orientales de Galicia hacia finales del verano. En condiciones normales, a finales del otoño la saturación del suelo es ya del 100 %. Las últimas comarcas en alcanzar este nivel suelen ser las zonas de baja altitud situadas en el entorno de los ríos Miño y Sil. Salvo períodos de

sequía excepcional la reserva de humedad se mantiene cerca del 100% hasta finales de la primavera, cuando la intensa evaporación asociada a las temperaturas cada vez más altas y el importante descenso de las precipitaciones provocan un descenso de humedad que se prolonga hasta finales del verano y cuyo inicio se detecta antes en las comarcas más surorientales. Una amplia información sobre parámetros relacionados con el balance hídrico para numerosas estaciones gallegas puede verse en (CARBALLEIRA, 1983).

7.2. Presión

De gran importancia para la predicción, hasta el punto de que las variaciones locales de presión podrían considerarse como la primera herramienta para elaborar pronósticos meteorológicos con algún criterio científico, es un parámetro imprescindible para el trazado de los mapas sinópticos, en los que se apoyaron tradicionalmente los pronósticos meteorológicos. Sin embargo, desde el punto de vista estrictamente climatológico su importancia está muy lejos de la de otras variables como la temperatura o la precipitación.

Hasta que en épocas recientes las estaciones automáticas han permitido disponer de registros de presión casi continuos, se contaba con observaciones climatológicas de esta variable referidas a las 00, 07, 13 y 18 horas UTC. En los observatorios donde no se llevaban a cabo observaciones nocturnas el dato de las 00 horas se obtenía de la banda del barógrafo debidamente corregida con las lecturas del barómetro de mercurio. Los valores de presión se facilitan referidos al nivel de la estación y, para hacer posibles ciertas comparaciones, referidos al nivel del mar efectuando las oportunas correcciones. Un dato curioso es que, independientemente de los cambios que un observatorio pueda sufrir a lo largo de su historia, el nivel al que se refieren las lecturas de presión permanece constante y se introducen en las lecturas directas del barómetro las modificaciones que reflejen los posibles cambios de altura de la cubeta del mismo dentro del observatorio. Ese nivel constante a lo largo de la vida del observatorio se denomina *referencia barométrica*. Esta corrección se suma a la efectuada para tener en cuenta la temperatura a la que se efectúan las medidas, para lo que el barómetro cuenta con un termómetro unido, junto con la que refleja el error instrumental del aparato proporcionado por el fabricante.

La figura 7.2.1 muestra la evolución anual de la presión media en el observatorio del aeropuerto de Santiago. El ciclo anual presenta dos mínimos

localizados durante los meses de abril y octubre, entre los cuales aparecen dos máximos correspondientes a los meses de enero y julio, en ambos casos debidos a la mayor presencia en estas épocas de situaciones anticlónicas. En invierno, las altas presiones resultan fundamentalmente de origen térmico y en verano es la cercanía del cinturón subtropical de altas presiones la responsable del aumento del valor medio de esta variable. Puesto que suelen alternarse con el paso de profundas borrascas, los altos promedios del invierno sugieren que los valores de presión que suelen registrarse en las situaciones anticlónicas invernales son más elevados que en el verano, cuando la baja térmica peninsular atenúa la presión sobre Galicia en situaciones anticlónicas. De los dos mínimos, resulta más profundo el de abril, una época de gran inestabilidad que, en particular, se traduce en un máximo relativo de precipitaciones para la mayor parte de las estaciones de Galicia. El calentamiento solar de la primavera debilita las altas presiones de origen térmico presentes en el invierno y provoca esta disminución de la presión hasta que empieza a notarse a partir de mayo la cercanía del anticiclón subtropical. También el mínimo de octubre puede verse como una fase de transición entre los dos tipos de altas presiones.

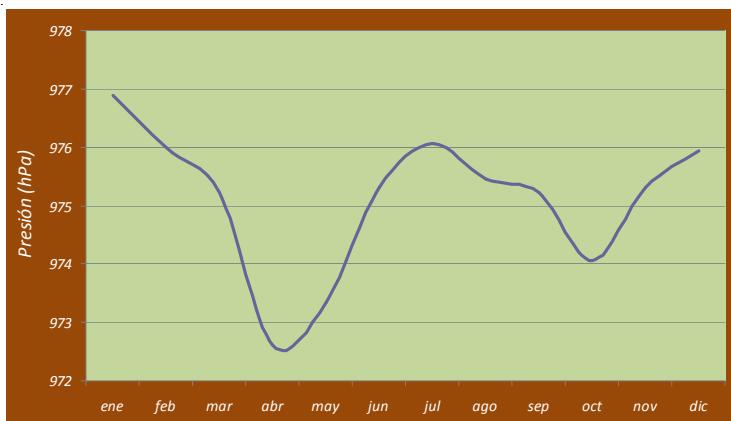
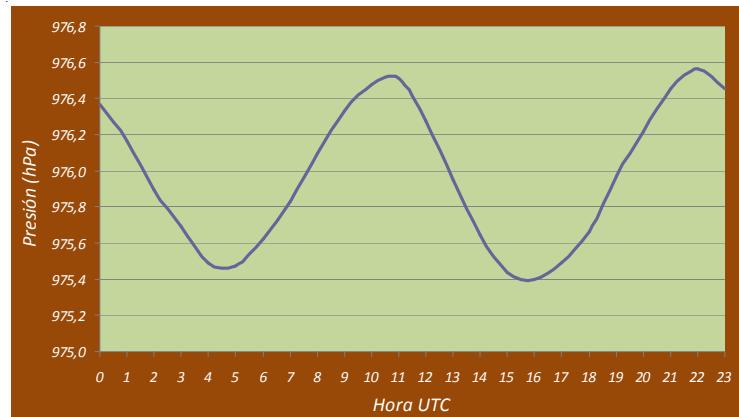


Figura 7.2.1.
Presión media
mensual al nivel
de la estación
en el
aeropuerto de
Santiago.

Esta misma evolución anual de las presiones se registra en todos los observatorios de la Comunidad, si bien el máximo de presión del verano aparece mucho menos marcado en las estaciones interiores, donde en esa época

del año suele estar presente una baja de origen térmico más o menos definida. Obsérvese también que las variaciones de presión media anual apenas alcanzan los 5 hPa. Por otra parte, sería conveniente dar una idea del rango máximo de variación de la presión en un observatorio. Los valores absolutos de los máximos y mínimos de presión de cada estación dependerán de la altitud de la misma, pero el rango de oscilación será similar para todas ellas. Utilizando como referencia de nuevo el observatorio del aeropuerto de Santiago, vemos que el valor mínimo de presión se midió el día 7 de noviembre de 1982, jornada en la que el barómetro descendió hasta 924,1 hPa a las 19 horas UTC, momento en que el centro de una profunda depresión se desplazaba por el norte de Galicia. En el extremo opuesto, el día 2 de diciembre de 1979 un potente anticiclón estaba centrado sobre la península ibérica y el observatorio del aeropuerto de Santiago registró su máximo histórico a las 00 horas UTC de ese día, con un valor de 1024,9 hPa. Frente a los 5 hPa de variación entre los máximos y mínimos medios mensuales, hallamos un rango de variación extremo entre los valores instantáneos de presión del orden de 100 hPa.

*Figura 7.2.2.
Onda media
diaria de
presión en el
observatorio del
aeropuerto de
Santiago.*



La onda media diaria de presión, a su vez, presenta una oscilación de poco más de un hectopascal, pese a lo cual aparece claramente definida cuando se calculan los promedios horarios a lo largo de un número suficientemente amplio de días, formando una sinusoide casi perfecta, con dos máximos y

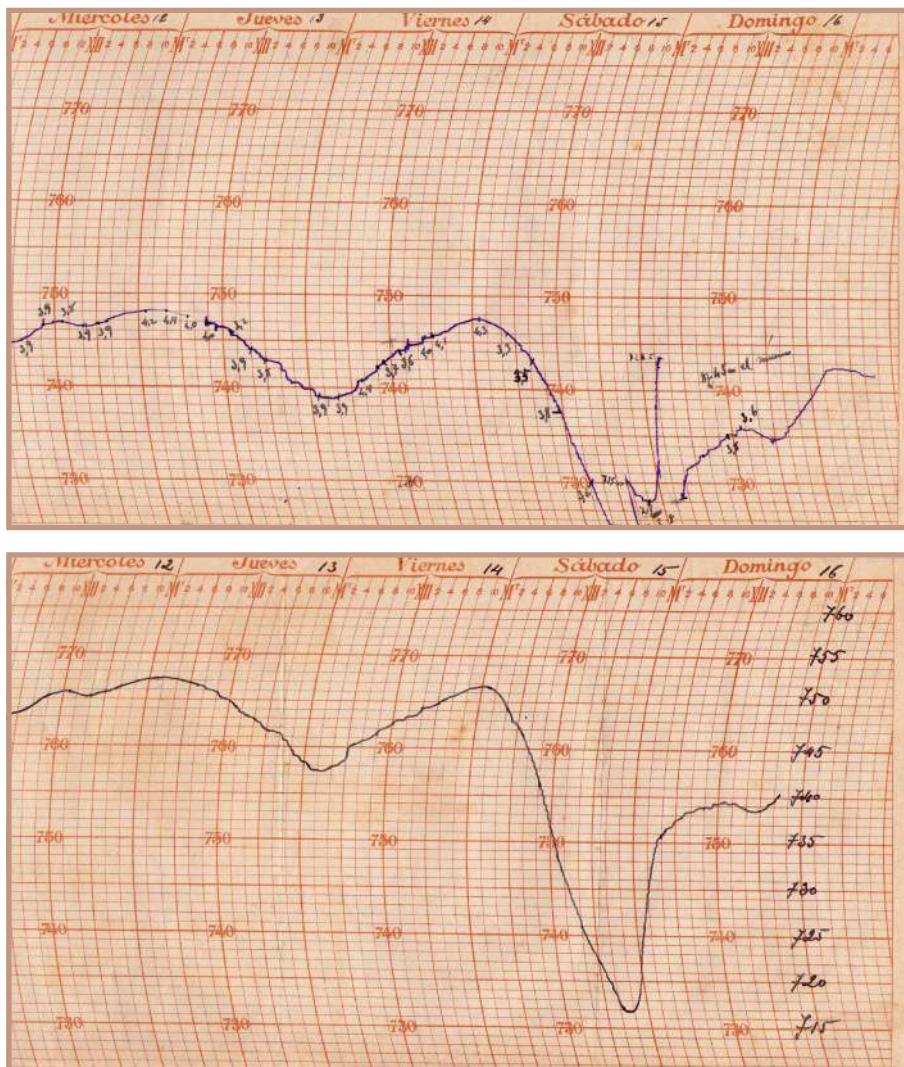


Figura 7.2.3. Banda de barógrafo original (parte superior) y reconstruida (parte inferior) correspondiente a la semana del 10 al 16 de febrero de 1941 en el observatorio de A Coruña. Se observa la brusca caída de presión durante el paso de la profunda borrasca del día 15. La aguja del barógrafo se salió de la banda por la parte inferior, lo que obligó a reconstruir posteriormente el trazado de la curva añadiendo una escala de presión diferente de la original (parte derecha de la banda inferior).

dos mínimos diarios. Como es natural, su observación en un día concreto resulta más difícil por su escasa amplitud frente a las oscilaciones de presión que se producen en un observatorio como consecuencia de la evolución de los sistemas sinópticos o mesoscales. Solo en los días de régimen anticlónico con escasas variaciones de presión puede esperarse que la onda diaria resulte claramente apreciable. En la figura 7.2.2 se representan los valores medios horarios de presión para el observatorio del aeropuerto de Santiago. La amplitud de la onda, la localización de los mínimos hacia las 04 y 16 horas UTC, así como la localización de los máximos hacia las 10 y 22 horas UTC concuerda plenamente con las características que la denominada marea barométrica debe tener en nuestras latitudes (JANSÁ, 1969). El periodo de la oscilación diaria de presión coincide con el primer armónico de la onda térmica diurna, en la que hay que buscar el origen de aquella.

7.3. Nubosidad

Las medidas climatológicas de nubosidad se realizan desde dos puntos de vista que pueden considerarse complementarios. Por una parte, a las horas de observación climatológica, excluidas las 00, se anota la fracción, en octavas partes, de cielo cubierto por las nubes. Se trata de una estimación subjetiva de la nubosidad presente que además está sujeta a algunos convenios que alteran en cierta medida el significado de los datos: menos de un octavo de cielo cubierto se cifra como un octavo de nubes, en tanto que más de siete y menos de ocho se anota siempre como siete octavos. A partir del promedio diario de octavos se definen de forma bastante arbitraria los días *despejados, nubosos y cubiertos*. Se consideran despejados los días en los que la suma de los octavos anotados a las 07, 13 y 18 horas es inferior o igual a 4 y cubiertos aquellos días en que esta suma iguala o supera el valor de 20. El resto de los días tendrán la consideración de nubosos. La segunda forma, indirecta, de registrar la nubosidad es a través de las medidas de insolación, tradicionalmente mediante el heliógrafo de Campbell-Stokes y últimamente mediante medidas de radiación solar, se determina el número de horas en que cada día está el sol despejado. En el primero de ellos, los rayos solares concentrados por una esfera de vidrio quemaban unas bandas de cartón situadas en la parte posterior de la misma cuando la radiación solar era suficientemente intensa, lo que suponía, en particular, que el sol no estaba cubierto por una nube, aunque un sol cercano al horizonte tanto al atardecer como al amanecer podía no quemar la banda aunque estuviese

despejado. La longitud y colocación de las bandas, que estaban graduadas con una escala de tiempo, era diferente según la época del año. La suma de los tiempos abarcados por los tramos quemados de la banda permitían determinar con razonable aproximación durante cuánto tiempo el sol no había estado cubierto por las nubes. Los equipos que basan sus medidas en registros de radiación, fijan un valor de radiación directa para establecer si el sol está o no cubierto por las nubes. En cualquier caso, los resultados de las medidas se pueden expresar en términos absolutos (horas de sol despejado), o como porcentaje de insolación, es decir, tanto por ciento entre las horas con el sol despejado y la duración astronómica del día.

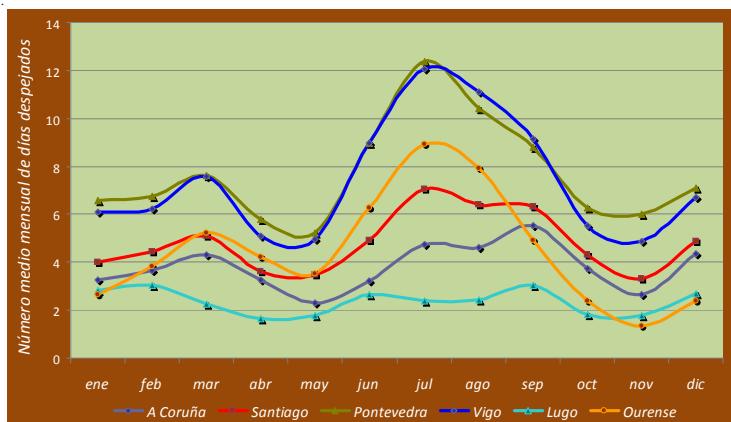


Figura 7.3.1.
Número medio mensual de días despejados para los principales observatorios gallegos.

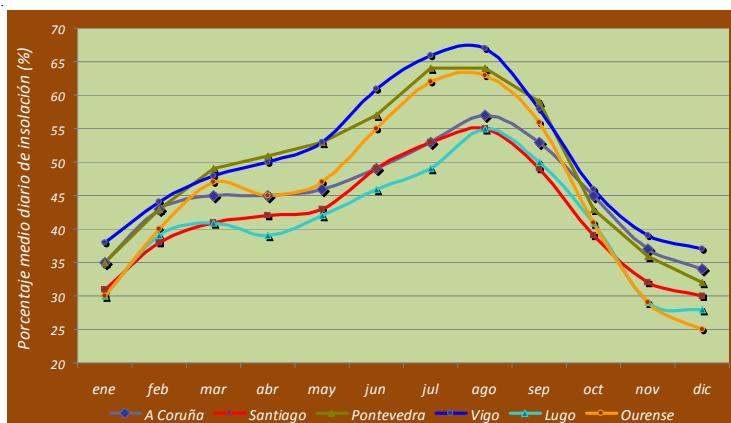


Figura 7.3.2.
Porcentaje medio mensual de insolación para los principales observatorios gallegos.

Las diferencias geográficas en la nubosidad dentro de Galicia quedan de manifiesto en la figura 7.3.1, que muestra el número medio mensual de días despejados en los principales observatorios de Galicia. Puede verse que los días despejados aumentan, en general, de norte a sur y que esta diferencia es más relevante en verano. Este esquema es el mismo que describimos al tratar la radiación solar en Galicia, como es lógico esperar. Se observan mínimos locales durante la primavera y a mediados del otoño, en coincidencia a grandes rasgos con los mínimos de presión que se han descrito en el apartado 7.2 y que, como también parece razonable, están asociados a máximos de nubosidad. Son los meses de verano los que agrupan la mayor parte de los días despejados, que en las Rías Baixas se aproximan a las dos semanas durante el mes de julio. Cada observatorio tiene sus peculiaridades locales que también aparecen representadas en la figura 7.3.1. Así, las nubes de estancamiento y nieblas costeras tan frecuentes en A Coruña durante el verano desplazan hacia el mes de septiembre el máximo de días despejados. Un comportamiento peculiar es también el que muestra el observatorio de Lugo, donde no solo se desplaza el máximo hacia el otoño, sino que los valores de días despejados son muy escasos a lo largo de todo el año. La frecuencia y persistencia de las nieblas en el interior de la provincia de Lugo y en especial en el entorno del río Miño pueden servir de justificación para estos valores tan bajos. Téngase en cuenta que el criterio para definir un día como despejado es bastante estricto y no siempre coincide con la percepción subjetiva de cada persona.

No incluimos el gráfico de días cubiertos que nos llevaría a las mismas conclusiones que hemos extraído de la figura 7.3.1. Por tratarse de una variable diferente, mostramos en la figura 7.3.2 la evolución mensual del porcentaje medio diario de insolación, es decir, el cociente entre el número de horas de sol despejado y la duración teórica máxima del día.

A grandes rasgos el comportamiento de ambas gráficas resulta similar, aunque hay algunas diferencias evidentes. El mínimo que se observaba en 7.3.1 durante los meses de primavera se ha suavizado y ha desaparecido el mínimo otoñal. Parece claro que la nubosidad de estas épocas es predominantemente de tipo discontinuo, con frecuencia en forma de cúmulos más o menos desarrollados, que no impide la existencia de un buen número de horas de sol aunque las nubes cubran una parte apreciable del cielo. En cambio, durante el invierno, que contaba con un número de días despejados muy similar al de la primavera, apenas si el sol luce durante un 30 % del

tiempo máximo posible. Esta circunstancia sugiere que los días no estrictamente despejados apenas aportan horas de sol, la nubosidad es más continua y persistente, de tipo estratiforme. La ordenación relativa de las curvas no sufre más alteración que la que se aprecia en relación con el aeropuerto de Santiago, que ocupaba una posición intermedia en cuanto a número de días despejados y se encuentra ahora muy cerca de Lugo y A Coruña cuando consideramos el porcentaje de insolación, lo que parece indicar también que presenta frecuentemente un tipo de nubosidad persistente y de tipo estratiforme.

7.4. Meteoros

Los meteoros responsables de la precipitación ya fueron analizados en el capítulo dedicado a la misma. En este apartado vamos a describir brevemente la climatología, en la medida en que los escasos datos disponibles lo permiten, de otros meteoros que no están relacionados directamente con la existencia de precipitación. Si nos atenemos únicamente a las observaciones realizadas en las estaciones climatológicas, el estudio tiene que basarse casi exclusivamente en los datos proporcionados por las estaciones principales, pues si bien en teoría las estaciones colaboradoras pueden aportar información sobre los meteoros que observan, en la práctica se trata de datos que, en general, no resultan demasiado fiables. Sin embargo, las medidas efectuadas mediante métodos de teledetección ayudan a valorar la exactitud de los registros convencionales y a extender la cobertura geográfica de las conclusiones que puedan obtenerse. Este es el caso de las nieblas, en cuyo estudio resulta imprescindible la ayuda de imágenes de satélite, o de las tormentas, para las que la instalación de una red de detección de descargas eléctricas aporta una resolución espacial sobre la frecuencia de actividad eléctrica atmosférica que sería impensable si únicamente utilizáramos la observación convencional. Junto con unas breves líneas sobre la escarcha, estos dos meteoros mencionados serán los que analizaremos en este apartado, aunque la observación climatológica ha recogido muchos más: desde fotometeoros como el arcoíris hasta litometeoros como la calima. Definiciones precisas y ejemplos de buena parte de ellos pueden verse en (QUIRANTES Y GALLEGO, 2011). De cuando en cuando los observadores han tenido ocasión de cifrar algunos bien poco frecuentes. La figura 7.4.1 muestra el cuaderno de observación de la estación de A Coruña el 21 de enero de 1957 y el modo en que los observadores registran la presencia de una aurora boreal.

Figura 7.4.1.
Cuaderno de
observación.
Observatorio de
A Coruña, 21 de
enero de 1957.
Observación de
una aurora
boreal.

«Se observó un
reflejo muy
intenso rojizo
con franjas
verticales en
dirección NNW
sobre las
22-20 Z hasta
las 22-45 Z.
Aurora polar.»

Duración del día teórico h.																																																																																																																																																																																								
		0 a 7	7 a 13	13 a 18	18 a 24	TOTAL	%	RECORRIDO																																																																																																																																																																																
Inclinación ...						h		Hoy																																																																																																																																																																																
Lluvia						mm		Ayer																																																																																																																																																																																
Int. máxima del viento	m/s. del	o	h	m.		Dif.																																																																																																																																																																																
Int. máxima de la lluvia	mm/h con viento	o	h	m.																																																																																																																																																																																		
Viento dominante durante la lluvia																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">H.</th> <th colspan="5">TEMPERATURA Y HUMEDAD</th> <th colspan="3">TIEMPO PRESENTE</th> <th colspan="2">TIEMPO PASADO</th> </tr> <tr> <th>Z</th> <th>Tglo.</th> <th>I</th> <th>I'</th> <th>I-I'</th> <th>e</th> <th>U</th> <th>Hglo.</th> <th>TdTd</th> <th>W</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>71</td><td>54</td><td>34</td><td>0.0</td><td>47</td><td>69</td><td>80</td><td>070</td><td>...</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>66</td><td>54</td><td>31</td><td>1.0</td><td>47</td><td>69</td><td>81</td><td>071</td><td>...</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>60</td><td>38</td><td>1.8</td><td>2.0</td><td>41</td><td>88</td><td>80</td><td>52</td><td>...</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>62</td><td>35</td><td>1.5</td><td>2.9</td><td>40</td><td>68</td><td>90</td><td>52</td><td>...</td><td>0</td></tr> <tr><td>9</td><td>70</td><td>46</td><td>2.2</td><td>4.1</td><td>65</td><td>74</td><td>52</td><td>4</td><td>...</td><td>1</td></tr> <tr><td>12</td><td>72</td><td>9.8</td><td>6.5</td><td>3.4</td><td>52</td><td>56</td><td>64</td><td>07</td><td>...</td><td>2</td></tr> <tr><td>13</td><td>11.9</td><td>11.0</td><td>9.0</td><td>6.0</td><td>74</td><td>75</td><td>66</td><td>07</td><td>...</td><td>2</td></tr> <tr><td>15</td><td>11.0</td><td>11.0</td><td>9.0</td><td>2.0</td><td>23</td><td>75</td><td>62</td><td>07</td><td>ceto</td><td>2</td></tr> <tr><td>18</td><td>11.0</td><td>10.0</td><td>8.0</td><td>2.0</td><td>68</td><td>74</td><td>64</td><td>06</td><td>ceto.</td><td>2</td></tr> <tr><td>21</td><td>10.0</td><td>8.6</td><td>6.4</td><td>2.2</td><td>58</td><td>70</td><td>79</td><td>03</td><td>ceto.</td><td>2</td></tr> </tbody> </table>										H.	TEMPERATURA Y HUMEDAD					TIEMPO PRESENTE			TIEMPO PASADO		Z	Tglo.	I	I'	I-I'	e	U	Hglo.	TdTd	W	0	71	54	34	0.0	47	69	80	070	...	0	3	66	54	31	1.0	47	69	81	071	...	0	6	60	38	1.8	2.0	41	88	80	52	...	0	7	62	35	1.5	2.9	40	68	90	52	...	0	9	70	46	2.2	4.1	65	74	52	4	...	1	12	72	9.8	6.5	3.4	52	56	64	07	...	2	13	11.9	11.0	9.0	6.0	74	75	66	07	...	2	15	11.0	11.0	9.0	2.0	23	75	62	07	ceto	2	18	11.0	10.0	8.0	2.0	68	74	64	06	ceto.	2	21	10.0	8.6	6.4	2.2	58	70	79	03	ceto.	2																																												
H.	TEMPERATURA Y HUMEDAD					TIEMPO PRESENTE			TIEMPO PASADO																																																																																																																																																																															
	Z	Tglo.	I	I'	I-I'	e	U	Hglo.	TdTd	W																																																																																																																																																																														
0	71	54	34	0.0	47	69	80	070	...	0																																																																																																																																																																														
3	66	54	31	1.0	47	69	81	071	...	0																																																																																																																																																																														
6	60	38	1.8	2.0	41	88	80	52	...	0																																																																																																																																																																														
7	62	35	1.5	2.9	40	68	90	52	...	0																																																																																																																																																																														
9	70	46	2.2	4.1	65	74	52	4	...	1																																																																																																																																																																														
12	72	9.8	6.5	3.4	52	56	64	07	...	2																																																																																																																																																																														
13	11.9	11.0	9.0	6.0	74	75	66	07	...	2																																																																																																																																																																														
15	11.0	11.0	9.0	2.0	23	75	62	07	ceto	2																																																																																																																																																																														
18	11.0	10.0	8.0	2.0	68	74	64	06	ceto.	2																																																																																																																																																																														
21	10.0	8.6	6.4	2.2	58	70	79	03	ceto.	2																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">H.</th> <th colspan="5">VISIBILIDAD</th> <th colspan="3">ESTADO</th> <th colspan="2">FENOMENOS ESPECIALES</th> </tr> <tr> <th>Z</th> <th>NE</th> <th>SE</th> <th>SW</th> <th>NW</th> <th>VV</th> <th>V_xV_y</th> <th>D_{av}V_b</th> <th>Terrero</th> <th>Sierra</th> <th>Mar</th> <th>21-1-57</th> <th>Com.26</th> <th>Term.8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>54</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>Se observó una nube</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>54</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>roja muy intensa ro- jizo con franjas verticales</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>64</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>en dirección NNW</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>14</td><td>64</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>sobre las 22-20 Z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>66</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>hasta las 22-45 Z</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>66</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>La aurora polar</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>16</td><td>66</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td>se encarga</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>70</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>70</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>21</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>10</td><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td>0</td><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										H.	VISIBILIDAD					ESTADO			FENOMENOS ESPECIALES		Z	NE	SE	SW	NW	VV	V _x V _y	D _{av} V _b	Terrero	Sierra	Mar	21-1-57	Com.26	Term.8	0	14	14	14	14	54				0	2		Se observó una nube			3	14	14	14	14	54				0	2		roja muy intensa ro- jizo con franjas verticales			6	14	14	14	14	64				0	2		en dirección NNW			7	14	14	14	14	64				0	2		sobre las 22-20 Z			9	16	16	16	16	66				0	2		hasta las 22-45 Z			12	16	16	16	16	66				0	2		La aurora polar			13	16	16	16	16	66				0	2		se encarga			15	20	20	20	20	70				0	2					18	20	20	20	20	70				0	2					21	10	10	10	10	60				0	2				
H.	VISIBILIDAD					ESTADO			FENOMENOS ESPECIALES																																																																																																																																																																															
	Z	NE	SE	SW	NW	VV	V _x V _y	D _{av} V _b	Terrero	Sierra	Mar	21-1-57	Com.26	Term.8																																																																																																																																																																										
0	14	14	14	14	54				0	2		Se observó una nube																																																																																																																																																																												
3	14	14	14	14	54				0	2		roja muy intensa ro- jizo con franjas verticales																																																																																																																																																																												
6	14	14	14	14	64				0	2		en dirección NNW																																																																																																																																																																												
7	14	14	14	14	64				0	2		sobre las 22-20 Z																																																																																																																																																																												
9	16	16	16	16	66				0	2		hasta las 22-45 Z																																																																																																																																																																												
12	16	16	16	16	66				0	2		La aurora polar																																																																																																																																																																												
13	16	16	16	16	66				0	2		se encarga																																																																																																																																																																												
15	20	20	20	20	70				0	2																																																																																																																																																																														
18	20	20	20	20	70				0	2																																																																																																																																																																														
21	10	10	10	10	60				0	2																																																																																																																																																																														
$- TdTd \text{ a pp} = (7 RRT_0 T_0) - (8 N_s C_{h_s} h_s) - (9 S_p S_{p_p} S_{p_p})$										SYNOP	Observador																																																																																																																																																																													
00705								91617	A 0 h.																																																																																																																																																																															
00716								91627	3																																																																																																																																																																															
52716	70003		91687					91680	6																																																																																																																																																																															
52613								91637	7																																																																																																																																																																															
52613								91637	9																																																																																																																																																																															
22516								91637	12																																																																																																																																																																															
02812								91637	13																																																																																																																																																																															
07731								91628	15																																																																																																																																																																															
06719	70018							91628	18																																																																																																																																																																															
03703								916X6	21																																																																																																																																																																															
NOTAS																																																																																																																																																																																								

7.4.1. Niebla

Podemos decir que en Galicia predominan nieblas de irradiación durante la mitad invernal del año y son frecuentes las de advección en verano, que, por otra parte, solo afectan a las zonas litorales. Como puede apreciarse en la figura 7.4.1.1, entre los observatorios gallegos pueden establecerse varios grupos de acuerdo con la distribución a lo largo del año de los días en que se observa niebla. En los más cercanos a la costa, Pontevedra y A Coruña, se observa el máximo durante el verano o levemente desplazado hacia el otoño, con un mínimo en los meses invernales. Las nieblas de verano tienen origen marítimo y, por otro lado, las condiciones de viento invernales no son muy favorables para este fenómeno en las comarcas costeras. En el extremo opuesto tendríamos el caso de Ourense, donde las nieblas tienen su origen en el enfriamiento por irradiación y, además, la ausencia de vientos importantes en cualquier época del año sería la responsable de que el máximo ocurra durante el mes de noviembre. La proximidad al Miño es, como en Lugo, la causa de la abundancia de días con niebla, unos 66 al año. Esta abundancia de días de niebla justifica los bajos valores de insolación y días despejados que este último observatorio muestra en las gráficas 7.3.1 y 7.3.2. El resto de las estaciones presentan un mínimo de días de niebla en primavera y el crecimiento posterior llega a un máximo a finales del verano en el caso de Lugo y Santiago o en invierno en el caso de Vigo.

Buen número de observatorios muestran una tendencia creciente en el número de días de niebla registrados en estas últimas décadas, sin que

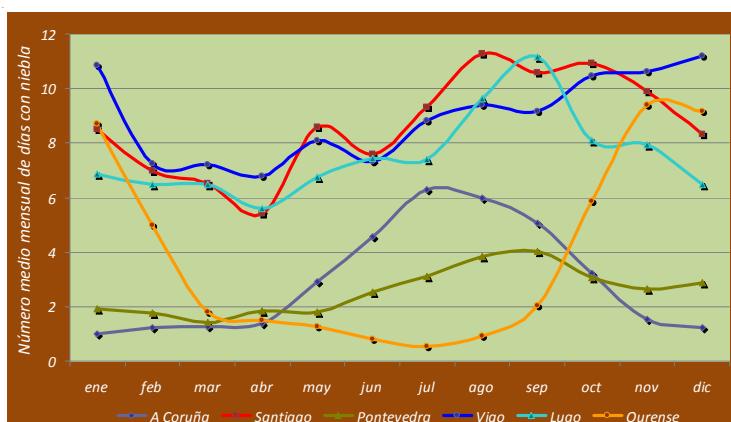


Figura 7.4.1.1.
Número medio mensual de días con niebla para los principales observatorios gallegos.

resulte sencillo determinar si este aumento tiene que ver con observaciones más minuciosas o con una variación real en la frecuencia de las nieblas (véase el apartado 1.4).

7.4.2. Tormenta

Del análisis de los datos de observación de tormentas, el resultado más evidente que se obtiene es que en los observatorios costeros la mayor frecuencia de días de tormenta corresponde al invierno, mientras que en el interior son los meses de primavera y verano los que registran la mayor presencia de este fenómeno. La observación de las tormentas presenta, frente a la de otro tipo de variables, una serie de dificultades que hace que la información disponible procedente directamente de las estaciones sea escasa. No se disponía de aparatos de medida que registraran su ocurrencia o evolución temporal, lo que dificultaba su cifrado fuera del horario del observatorio. Por otro lado, su observación cuenta con un componente subjetivo que no se da para otro tipo de variables y que puede también contribuir a dificultar el uso y posterior tratamiento de los datos obtenidos a partir de la observación tradicional. La creación en 1992 de la red de descargas eléctricas contribuyó en gran parte a solventar estas dificultades.

Observación convencional de tormenta frente a datos obtenidos de la red de descargas

La red de detección de descargas eléctricas de AEMET comenzó a operar en 1992 con 14 estaciones y ha ido evolucionando en el tiempo, tanto en lo que se refiere al número de estaciones como en lo que atañe a la tecnología. En la actualidad está constituida por 20 estaciones nacionales (14 en la Península, 1 en Baleares y 5 en Canarias) a las que hay que añadir, fruto de distintos convenios internacionales, 4 estaciones en Portugal y 14 en Francia, con una cobertura total de más de 4 millones de km² (PÉREZ PUEBLA Y ZANCAJO RODRÍGUEZ, 2010; PÉREZ PUEBLA, 2005).

Para un observador, el cifrado de tormenta depende del momento en que oye el primer trueno (se vean o no relámpagos y se produzca o no precipitación sobre la estación) y termina con el último trueno que se oyó, quedando confirmada su finalización si no se oyen truenos en el curso de los

10-15 minutos siguientes. Por su parte, la información obtenida a partir de la red se basa en la detección por el sistema de la propia descarga, que queda asociada a unas coordenadas e instante determinados, eliminándose de esta manera cualquier elemento subjetivo asociado a la localización u hora de ocurrencia del fenómeno. Hay que tener en cuenta, pues, que la información, y por tanto los resultados obtenidos, al emplear uno u otro medio de “observación” para la elaboración de productos o estudios relacionados con fenómenos tormentosos pueden ser distintos.

Con el fin de intentar establecer una relación entre ambos se ha obtenido para los observatorios principales de Galicia el promedio anual de número de días de tormenta durante el periodo 2000-2012 a partir de la observación tradicional por un lado y, por otro, a partir de los datos de la red de descargas, considerando círculos de 5, 10, 12 y 15 km de radio con centro en el propio observatorio. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 7.4.2.1. En el caso del observatorio de Lugo, la existencia de una laguna de 9 meses entre noviembre de 2001 y agosto de 2002 en la serie de observaciones hizo que se optara por eliminar ambos años de la serie, tanto en el caso de la observación humana como en el de la base de datos de descargas.

Para cada observatorio y radio, la primera columna de la tabla 7.4.2.1 indica el número total de días de tormenta contabilizados a partir de los datos de la red de descargas, la segunda columna nos da el promedio anual, la tercera se obtiene calculando la diferencia entre el promedio de días que resulta para cada círculo de radio R y para la observación directa, mientras que la cuarta columna representa (en %) la relación entre el numero total de días de tormenta obtenidos para cada círculo y para la observación. En el caso de los promedios hallados a partir de la red, los resultados obtenidos dependen del área elegida, fijada previamente. Como era de esperar, el número de impactos recogidos disminuye al reducirse el tamaño del “blanco”. Los promedios para el círculo de 15 km llegan en algunos casos a superar el triple de los obtenidos para los 5 km de radio. Para el conjunto de los seis observatorios el círculo de los 12 km es, en general, el que mejor concordancia ofrece entre observación tradicional y red de descargas, siendo esta concordancia casi total en el caso de Lugo. Si exceptuamos el aeropuerto de Vigo, el número de días de tormenta contabilizado en el interior de dicho círculo representa un porcentaje que varía entre el 91 % y el 109 % (casos de A Coruña y Pontevedra) de las observaciones directas de tormenta. Las diferencias entre los promedios anuales obtenidos mediante la observación

y la red de descargas varían entre $-1,3$ y $+1,3$ días para la serie de 13 años. En el caso del aeropuerto de Vigo los mejores resultados se obtienen para el círculo de 10 km, que representaría el 108 % de las observaciones, con una diferencia entre promedios de 0,9 días. Aunque la cuestión precisaría de un desarrollo más profundo, parece que un estudio del número de días de tormenta elaborado a partir de datos de observación directa daría, en el caso de los observatorios principales, resultados muy similares a los que se obtendrían utilizando datos procedentes de la red de descargas para un círculo de radio en torno a 12 km y centrado en el observatorio. El observador estaría pues cubriendo un área de unos 500 km^2 alrededor del observatorio.

Hay que tener en cuenta además que los horarios de observación no son los mismos para cada caso. A Coruña, Vigo y Santiago disponen de un programa de observación que cubre las 24 horas del día, mientras que Pontevedra, Lugo y Ourense cuentan con personal únicamente entre las 06 y las 18 horas UTC. Pese a ello, los resultados obtenidos al comparar la observación frente a la red de descargas resultan, en algunos casos, similares para observatorios con distinto horario de funcionamiento (véase, por ejemplo, A Coruña y Ourense), mientras que pueden resultar bastante distintos para observatorios con el mismo programa de observación (casos de A Coruña y Vigo). Parece evidente, pues, que el horario no es el único factor que influiría a la hora de obtener una climatología de tormentas, sino que habría que tener en cuenta otras consideraciones, como podría ser la ubicación de la propia oficina de observación.

Aunque hemos visto de una forma intuitiva que, en el caso de los observatorios llevados por profesionales de AEMET, se cubre un área aproximadamente equivalente a la de un círculo de unos 12 km de radio centrado en el punto de observación, no faltan inconvenientes a la hora de realizar una climatología de tormentas para Galicia: los horarios de los observatorios, la ausencia de datos de observación en amplias zonas de la Comunidad o la fiabilidad de las estaciones atendidas por colaboradores. En la red de descargas, en cambio, la única incertidumbre vendría dada por las características (localización y eficiencia) del sistema. Frente a la observación tradicional, discontinua tanto en el tiempo como en el espacio, la información proporcionada por la red de descargas posibilita el seguimiento continuado de los fenómenos tormentosos, asegurando además la cobertura total del territorio estudiado, lo que facilita su estudio tanto en tiempo real como el posterior tratamiento climatológico de los datos.

	5 km		10 km		12 km		15 km		Observación Media anual
	Diferencia	%	Diferencia	%	Diferencia	%	Diferencia	%	
A Coruña	-9,5	34	-4,2	71	-1,3	91	2,4	116	14,5
Ourense	-8,9	45	-2,9	82	-1,2	93	2,2	113	16,2
Lugo	-7,6	43	-1,3	91	0,3	102	3,4	125	13,5
Santiago	-8,5	39	-1,5	89	0,7	105	3,7	126	14,0
Pontevedra	-7,8	48	-0,8	95	1,3	109	5,0	133	15,0
Vigo	-5,0	58	0,9	108	3,2	127	6,6	156	11,8

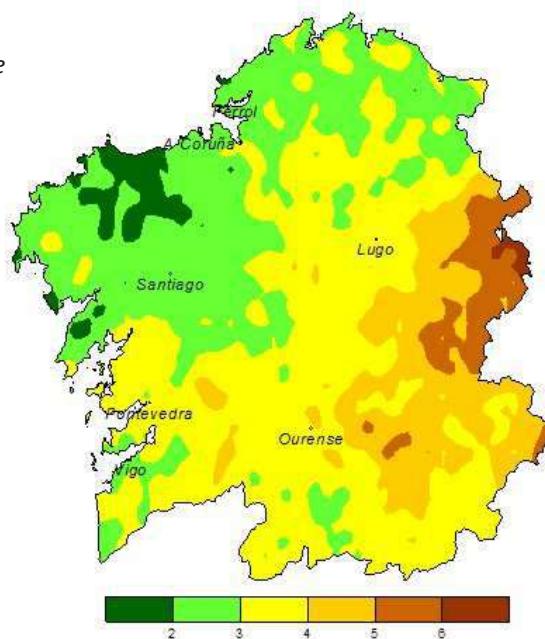
Tabla 7.4.2.1. Comparación, para los observatorios principales de Galicia, de los días de tormenta registrados por observación directa en las estaciones con los medidas por la red de descargas eléctricas de AEMET en radios de 5, 10, 12 y 15 km alrededor del observatorio. Se ha utilizado el periodo 2000-2012.

Mapas de días de tormenta a partir de los datos de la red de descargas

Se ha trabajado con los datos de descargas eléctricas nube-tierra (cada rayo puede tener asociadas varias descargas, estando el sistema preparado para discriminar entre las distintas descargas correspondientes a cada rayo) almacenadas en la base de datos de AEMET y pertenecientes al periodo 2000-2012. Se ha dividido Galicia en cuadrículas de $0,05 \times 0,05$ grados, adjudicando a cada cuadrícula las descargas detectadas en ella, obteniéndose después los días de tormenta y los promedios anuales. Se han elaborado mapas de número medio de días de tormenta, tanto para el año completo como para las distintas estaciones.

En la figura 7.4.2.1 se representa el promedio anual de días en los que, para cada cuadrícula, se han registrado descargas eléctricas para el periodo 2000-2012. A grandes rasgos la línea verde de los tres días marca la separación entre la provincia de A Coruña (con excepción de las zonas altas orientales: sierras de A Loba y Cova da Serpe) y norte de Lugo con el resto de Galicia. Los máximos delimitan claramente las alturas más importantes de Galicia: sierras de Ancares y O Courel (Lugo), O Eixo (con Peña Trevinca, 2127 m, en el límite entre Ourense y Zamora) y macizo central ourensano (con Cabeza de Manzaneda, 1778 m). En las provincias occidentales, los valores más elevados parecen coincidir con las cadenas montañosas de la sierra de O Suido que marcan la separación entre las provincias de Pontevedra y

Figura 7.4.2.1.
Promedio anual de
días con tormenta
(2000-2012).



Ourense. Próximos al litoral de Lugo y norte de A Coruña se observan algunos realces que podríamos asociar a las estribaciones montañosas cercanas a la costa (sierras de A Faladoira y A Capelada en A Coruña; sierra de O Xistral en Lugo).

En la figura 7.4.2.2 se representa el número medio de días en los que se han registrado rayos para cada una de las estaciones del año (invierno: enero, febrero y marzo; primavera: abril, mayo y junio; verano: julio, agosto y septiembre; otoño: octubre, noviembre y diciembre).

La distribución del número medio de días es similar para el otoño y el invierno, así como para la primavera y el verano. Durante los meses de la primavera y verano, en los que la formación de tormentas se encuentra en gran parte ligada a la presencia de la baja térmica en superficie debida al calentamiento diurno y a la irrupción de aire frío en niveles altos, los máximos se encuentran en el interior, coincidiendo, como en el caso de la distribución anual, los valores más elevados con las alturas más importantes. Se advierte además durante la primavera un realce localizado en el área del valle del

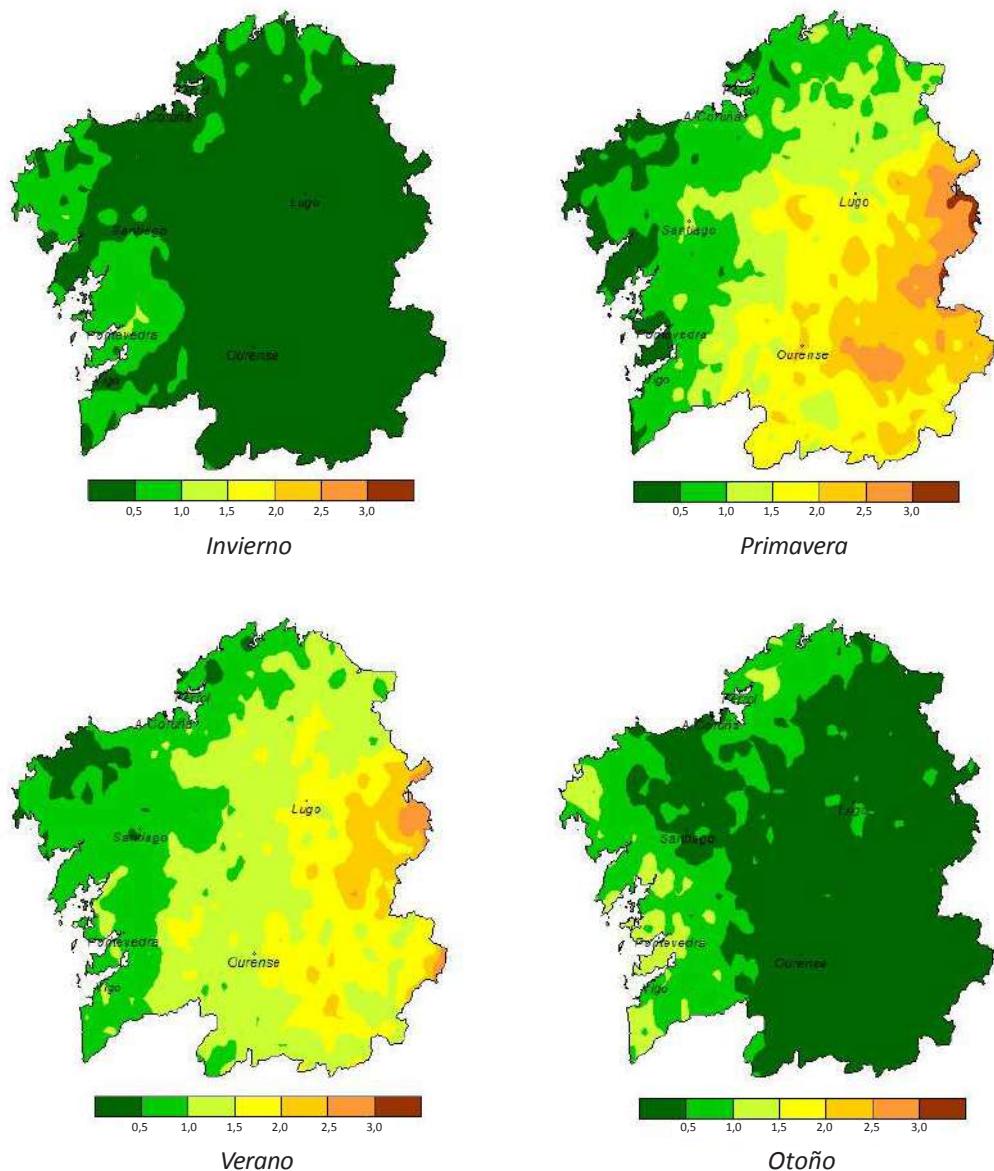


Figura 7.4.2.2. Promedio de días con tormenta (2000-2012) para las distintas estaciones del año.

Miño y sus embalses, zonas en las que el calentamiento diurno y el aporte de humedad podrían propiciar la aparición de tormentas. Por el contrario, durante el otoño e invierno, estaciones en las que la aparición de tormentas se encuentra asociada básicamente a las descargas frías posfrontales, los máximos se localizan en la costa y comarcas próximas, con una clara disminución hacia el interior. En estos meses del año destaca en cuanto a número de días la zona de las Rías Baixas.

7.4.3. Escarcha

Como en el resto de los meteoros, las observaciones directas de este fenómeno son escasas y no siempre fiables. Por otro lado, su distribución está directamente relacionada con las temperaturas mínimas, o, más exactamente, con las temperaturas mínimas junto al suelo. Los observatorios principales realizan medidas de esta variable, registrando el valor mínimo alcanzado por un termómetro situado a 15 centímetros del suelo en períodos de 24 horas. La lectura del mismo se realiza cada día a las 07 horas UTC. En noches de viento en calma, con cielo despejado, el enfriamiento del aire junto al suelo, considerablemente mayor que el del aire en la garita, a 1,5 metros de altura, no se compensa por mezcla turbulenta y las diferencias entre las temperaturas mínimas registradas en la garita y cerca del suelo puede ser de varios grados.

La escarcha se produce cuando el vapor de agua atmosférico se sublima sobre objetos que encuentra en el suelo (formación idéntica a la del rocío, que se produce por la condensación del vapor de agua). Necesitará temperaturas cercanas o inferiores a los 0 °C, lo que reduce su periodo de aparición al invierno y a algunos días fríos de otoño y primavera. La primera condición para que se forme escarcha es que las superficies sobre las que se vaya a depositar estén por debajo de 0 °C; una segunda condición sería que la humedad relativa del aire sea elevada, por encima del 60 o el 70 %, de lo contrario no habrá suficiente vapor de agua en la atmósfera para depositarse sobre los objetos. La tercera y última condición que requiere la escarcha es que el viento no sea intenso, velocidades inferiores a unos 5 o 6 km/h, de lo contrario el vapor de agua no podrá depositarse. La helada, en cambio, es la congelación directa de la humedad en el suelo, sea humedad procedente de lluvia o las mismas gotas de rocío que se hayan ido formando al descender la temperatura. Es típica de tiempo muy frío.

Dada la escasez de datos de observación directa, reducidos casi exclusivamente a observatorios principales, para elaborar los gráficos hemos preferido utilizar las medidas del termómetro de mínima junto al suelo (situado a 0,15 metros); aun a riesgo de no tener en cuenta las otras condiciones necesarias para la formación de la escarcha, como son la humedad relativa del aire y la velocidad del viento. De esta forma, en la figura 7.4.3.1 tendremos una aproximación al número medio mensual de días con escarcha en los aeropuertos y observatorios principales de Galicia. Como era de esperar, el observatorio de A Coruña, separado del mar solamente unos centenares de metros y que se beneficia por lo tanto de su efecto suavizador, apenas presenta días de escarcha (una media de 3 al año). En el extremo opuesto se encuentran los observatorios del interior: Ourense, con unos 50 días de escarcha al año, y Lugo-Rozas con 60.

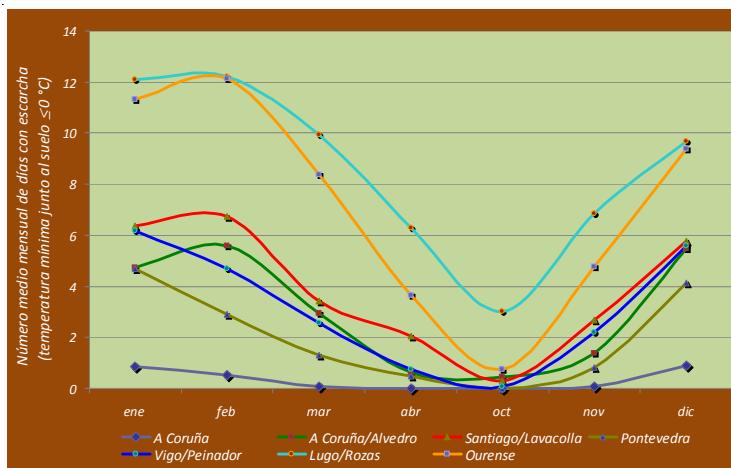


Figura 7.4.3.1.
Número medio mensual de días con temperatura mínima junto al suelo menor o igual que 0 °C (escarcha) para los principales observatorios gallegos.

Como curiosidad destacaremos el hecho de que el aeropuerto de Alvedro, situado a casi 8 km del observatorio de A Coruña y tan solo a unos 4 km del mar, ya pierde parte de la influencia de este y presenta una media de 21 días de escarcha al año; casi los mismos que Peinador, que suponemos un caso similar ya que está a 6 km del mar. No tenemos datos de temperatura junto al suelo de la ciudad de Vigo, dado que no es observatorio principal. Podemos hacer una comparación de forma grosera: tomando las series de temperaturas mínimas disponibles para Vigo y uniéndolas en una única tenemos

un registro de unos 20 años y si hallamos el número medio de días con temperatura mínima menor o igual que 3 °C, resultan 7 días de “escarcha” al año para Vigo, que puede ser una aproximación razonable, aunque probablemente por exceso. Este hecho, que estaciones situadas apenas unos kilómetros tierra adentro como los aeropuertos de A Coruña y Vigo o el observatorio de Pontevedra presenten un número considerable de días de escarcha, sugiere que la influencia marítima se atenúa rápidamente hacia el interior, circunstancia favorecida por vientos nocturnos terrales en las situaciones anticiclónicas que están asociadas a estas bajas temperaturas junto al suelo. En cualquier caso, el periodo en que es posible hallar el suelo cubierto de escarcha se extiende de octubre a abril y aunque ocasionalmente pueda producirse fuera de estos meses, los promedios resultan insignificantes y no se representan en la figura 7.4.3.1.

Vamos a intentar afinar un poco más y tener en cuenta, aunque sea de modo somero, las condiciones nocturnas de humedad relativa y viento en estas estaciones. La humedad relativa media mensual, tanto a las 00 como a las 07 UTC, pasa del 80 % en las siete estaciones; los valores más altos corresponden a las del interior: Lugo-Rozas y Ourense, donde las temperaturas nocturnas son más bajas, más cercanas al valor de saturación. Parece claro que la humedad atmosférica no es obstáculo en Galicia para la formación de escarcha.

En cuanto al viento ya no es posible generalizar, así, mientras que en Ourense la velocidad media entre las 00 y las 07 UTC no llega a los 3 km/h (prácticamente calma), en A Coruña y en Alvedro ronda los 11 km/h. Entre estos valores extremos tenemos Pontevedra y Rozas con una velocidad media de 6 km/h, y los aeropuertos de Vigo y Santiago, donde oscila entre 9 y 10 km/h. Es probable que el viento sí sea un factor limitante del número de días de escarcha en los observatorios donde las noches de calma son escasas y la turbulencia impide un mayor enfriamiento del suelo.

Podemos afirmar, como conclusión de lo anterior, que los días contabilizados como “de escarcha” tomando solamente el dato de temperatura mínima junto al suelo en Ourense, Lugo-Rozas y Pontevedra, se corresponden casi con total seguridad con la realidad. No podemos decir lo mismo de las demás estaciones, de modo que el análisis de los párrafos anteriores debemos tomarlo como una aproximación.

8. FENOLOGÍA

Las observaciones fenológicas pueden considerarse, dada la estrecha relación entre las condiciones meteorológicas y el momento de ocurrencia de las distintas fenofases, un registro indirecto de la evolución del tiempo atmosférico y sus tendencias a lo largo de intervalos temporales suficientemente largos muestran la modificación que los procesos naturales observados sufren por efecto de la variabilidad climática. En particular, se ha puesto de manifiesto en diversos estudios que el aumento global de la temperatura en las últimas décadas se ve reflejado en una variación tanto en las fechas de inicio de las fases fenológicas como en la duración de las mismas. En este capítulo mostramos algunos ejemplos de las series de observaciones fenológicas disponibles en Galicia. Se ha intentado construir una serie promedio que pudiera considerarse representativa de toda Galicia y de la que puedan extraerse conclusiones válidas para el conjunto de la Comunidad, por encima de particularidades locales.

8.1. La fenología en Galicia

Las observaciones fenológicas más antiguas conservadas en los archivos de la Delegación Territorial de AEMET en Galicia datan de la década de 1960. En general, presentan bastantes discontinuidades y son pocas las que cuentan con más de 25 años de datos. Otro problema que suelen presentar los datos registrados es que con frecuencia se centran en especies locales o cultivadas que no se encuentran en otras estaciones o no son comparables, lo que complica la búsqueda de las diferencias comarcales. Sobre las especies y fases fenológicas observadas puede verse (GARCÍA-PERTIERRA Y PALLARÉS, 1991). Contamos con alrededor de 30 estaciones con información fenológica utilizable, de entre las cuales destacan por la longitud y calidad de sus registros las de Montaos (Ordes, A Coruña), con datos desde 1968, Páramos (Tui, Pontevedra) que inició las medidas en 1969 y Salcedo (Pontevedra) que cuenta con datos desde 1968. Estas tres estaciones continúan efectuando observaciones actualmente. Relevantes resultan también los datos aportados por las estaciones de Veiga (Pobra de Brollón, Lugo), que cuenta con datos en el periodo 1971-2009, O Carballiño (Ourense) que dispone de información desde 1990 y continúa recopilando información actualmente, Agolada (Pontevedra) que realizó observaciones entre 1982 y 2011, Monforte (Lugo), cuyos registros se extienden entre 1975 y 2003, así como las estaciones de Sobrado dos Monxes (Lugo) y Xinzo de Limia (Ourense) que continúan en activo e iniciaron sus registros en 1986.

La figura 8.1.1 muestra las estaciones empleadas en este capítulo, seleccionadas de acuerdo con la longitud del periodo de observaciones y teniendo presente que estamos interesados específicamente en la evolución de los registros fenológicos en las tres últimas décadas. En total contamos con nueve estaciones repartidas por toda Galicia, si bien el extremo más septentrional no cuenta con ninguna serie suficientemente larga por el momento. En el mejor de los casos las series superan ligeramente los 40 años, pero todas ellas cuentan con información recogida durante el periodo de máximo incremento de temperatura y en las que cabe esperar que, con las incertidumbres propias de la escasez de datos, hayan quedado huellas del calentamiento observado. Hay un buen número de estaciones con series más cortas o más antiguas, que no se han tenido en cuenta en los ejemplos incluidos en los apartados siguientes, pero cuya información, tratada con los métodos estadísticos adecuados, puede resultar útil.



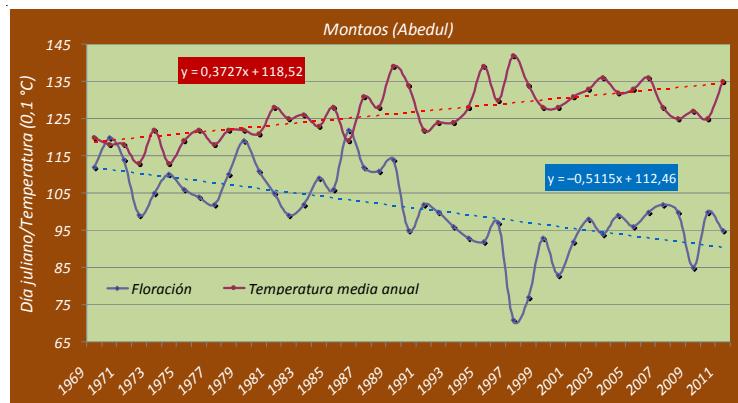
Figura 8.1.1.
Localización de
las estaciones
fenológicas con
series de
observaciones
más largas.

8.2. Relación entre fenología y clima

Para el estudio de la relación entre el clima y los eventos fenológicos suelen adoptarse dos puntos de vista: puede intentar incorporarse información sobre los procesos biológicos implicados en el fenómeno en estudio o bien simplemente buscar relaciones entre las variables fenológicas y las climáticas mediante, por ejemplo, métodos de regresión lineal (ROBERTS, 2012). Los primeros suelen apoyarse en el concepto de grados-día, definidos como la suma de las diferencias diarias entre la temperatura media y una cierta temperatura umbral y asumen, a grandes rasgos, que la fase fenológica se inicia cuando se haya acumulado una cierta cantidad de grados-día a partir de una fecha de referencia. En otros modelos, denominados secuenciales, la fecha de acumulación de grados-día se empieza a contar a partir del momento en que se completan durante el invierno un cierto número de horas-frío. La falta del suficiente frío invernal puede traducirse, entre otras

anomalías, en un retraso de la fecha de floración de la especie considerada (ELÍAS Y CASTELLVI, 1996). Como ejemplos de estos modelos aplicados a las fechas de polinización del roble y del abedul en Galicia pueden verse (JATO, RODRÍGUEZ-RAJO, MÉNDEZ Y AIRA, 2002) y (RODRÍGUEZ-RAJO, FRENGUELLI Y JATO, 2003). Como es natural, los métodos basados en la búsqueda directa de relaciones estadísticas son de más fácil uso y pueden servir también como herramienta en la construcción de un modelo cuando inicialmente no se dispone del mismo. En el caso de los modelos de regresión, encontramos el problema de determinar cuáles son las variables más apropiadas para la regresión. Normalmente se sigue un procedimiento paso a paso para descartar variables irrelevantes utilizando como predictores ciertas acumulaciones de datos climáticos, fundamentalmente la temperatura.

Figura 8.2.1.
Evolución de la fecha de floración del abedul y de la temperatura media anual (décimas de °C) en la estación de Montaos.



Las figuras 8.2.1 y 8.2.2 muestran un claro ejemplo de la relación entre la temperatura y las fases fenológicas. Corresponden a la fecha de floración del abedul (expresada como día del año) en la estación de Montaos comparada con la temperatura media anual en la primera de ellas y la de los primeros cuatro meses del año en la segunda. Resulta evidente el paralelismo entre ambas variables en cualquiera de las dos gráficas, aunque es mucho mayor para el caso de la temperatura del primer cuatrimestre del año, donde presentan un valor de r^2 de 0,48. En esta última se han separado tres tramos en cada una de las series para que resulte más evidente la evolución paralela de ambas gráficas. Obsérvese que en el primero de ellos,

hasta 1983, hay una ligera tendencia creciente en la temperatura que coincide con una pequeña disminución de la fecha de floración. Entre 1984 y 1999 el aumento de la temperatura es muy fuerte y se produce también un acusado adelanto de la fecha de floración, en tanto que en el último tramo no se observa una tendencia significativa ni en la temperatura ni en la fecha de floración.

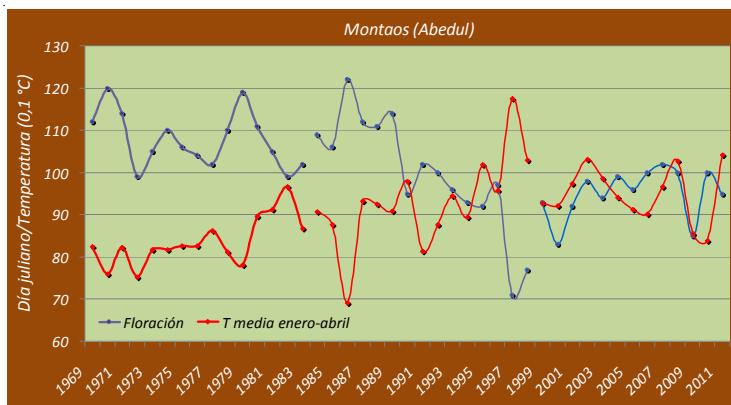


Figura 8.2.2.
Evolución de la fecha de floración del abedul y de la temperatura media del periodo enero-abril (décimas de °C) en la estación de Montaos.

No pretendemos analizar en este capítulo con detalle la relación entre la variación de fechas y las tendencias observadas en la temperatura, que además no suele resultar tan evidente como en el ejemplo anterior. En general, las tendencias presentan gran variabilidad en función de la especie considerada, de la fase fenológica en estudio o incluso, a igualdad de especie y fase, en relación a la estación analizada. Vamos a presentar algunos ejemplos de la evolución en los últimos años de ciertas fases fenológicas para ilustrar esta variedad de comportamientos registrados. Más ejemplos de series fenológicas pueden verse en (SÁNCHEZ, GÓMEZ, ORRO Y ESTÉVEZ, 2013).

8.3. Tendencias observadas en algunas especies

A modo de ejemplo, se muestran a continuación algunas tendencias observadas en el inicio de las fases fenológicas más relevantes de un insecto, la mariposa de la col, y un árbol, el sauce. Las series utilizadas cuentan con, al menos, 13 años con datos. Un aspecto muy importante para entender

adecuadamente los resultados es que los períodos de las distintas series no coinciden. Las más antiguas, como hemos dicho, se inician en 1968 o 1969 y, en el mejor de los casos, llegan hasta la actualidad. Las restantes abarcan diversos períodos dentro de ese intervalo de años. Los resultados del test de tendencia van a depender, evidentemente, del intervalo considerado. En términos generales, se observa una alteración significativa de las fechas de ocurrencia de buen número de eventos fenológicos entre mediados de la década de los 80 y comienzos del presente siglo, coincidiendo con un periodo de fuerte incremento de la temperatura, algo que los ejemplos siguientes ponen de manifiesto y que no parece exclusivo de Galicia (MESTRE Y DE CARA, 2009). En cambio, en los últimos años, las fechas parecen haberse estabilizado o incluso haber sufrido un leve retraso. Por tanto, si una serie de observaciones abarca desde 1980 hasta 2000 mostrará, normalmente, una clara tendencia decreciente, pero si la misma serie abarca desde 1990 hasta 2010 probablemente presente tendencia creciente y si analizásemos el periodo completo, es probable que la tendencia observada no resulte significativa. Junto a la variabilidad en los resultados que obtenemos como consecuencia de los diferentes períodos de cada una de las series, es razonable esperar variaciones importantes en los mismos en función de las diferencias climáticas entre las distintas estaciones y tampoco hay que descartar que, ocasionalmente, los datos observados se hayan tomado con poca exactitud.

Para determinar la significación estadística de las tendencias se ha calculado el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) y además del valor del mismo se facilita el *p*-valor correspondiente para un test bilateral con la falta de tendencia (valor cero del coeficiente de Spearman) como hipótesis nula. El valor de la tendencia, obtenida por el ajuste de los datos a una recta de regresión, se incluye en la última columna de cada tabla.

Puesto que los resultados proporcionados por las distintas series suelen ser muy variables, de acuerdo con lo que hemos expuesto más arriba, parece razonable intentar obtener una serie promedio para Galicia. Con este fin, se han tomado para cada fase fenológica los años comunes en las distintas estaciones y el promedio de tales años ha sido la referencia respecto de la que se ha calculado la desviación para el resto de los datos de cada serie. De estas desviaciones se ha hallado la mediana y no la media, para evitar que una única serie con tendencia muy marcada determine el valor global de la misma. El cálculo se efectúa únicamente para los años en los que están

disponibles al menos tres estaciones. Finalmente se representan los resultados situando el cero en el valor medio de la serie global.

Se presenta para cada especie una tabla correspondiente a cada una de las fases fenológicas analizadas, en la que se indican los años de inicio y final de cada serie, así como el número de datos disponibles. Las tres columnas siguientes muestran el valor del coeficiente de Spearman, el p-valor correspondiente y la pendiente de la recta de regresión en días por década. Todo ello para cada estación y para la serie “promediada” para toda Galicia. Estas últimas series son las que se representan en el gráfico que acompaña a las tablas, junto con las correspondientes rectas de regresión.

Mariposa de la col (Pieris brassicae)

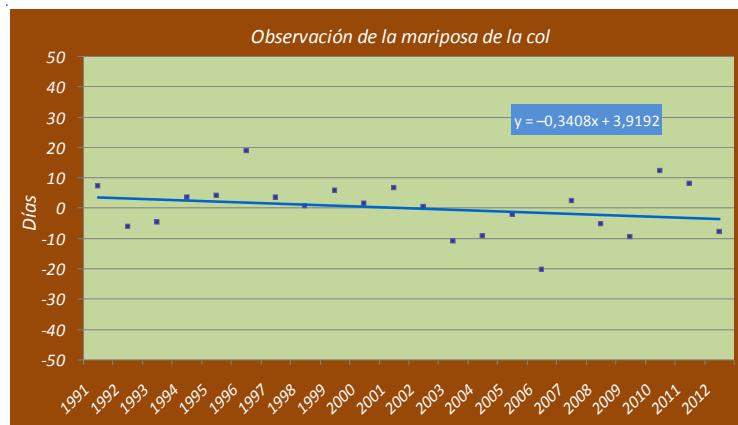
Las series relativas a insectos son especialmente cortas y muchas de ellas no superan los 20 años. En el caso de la mariposa de la col (tabla 8.3.1), para el conjunto de Galicia se observa una tendencia decreciente desde 1991 de alrededor de 3 días por década, que de acuerdo con la gráfica (figura 8.3.1) parece romperse en los últimos años y que, en cualquier caso, no tiene una gran significación estadística.

Primera observación de la mariposa de la col			
	<i>p</i>	p-valor	pendiente (días/década)
Montaos (1984-2012, 28)	-0,31	0,11	-5,9
Páramos (1992-2012, 23)	-0,35	0,12	-4,0
Salcedo (1991-2012, 20)	-0,26	0,26	-5,7
Sobrado (1990-2012, 14)	-0,08	0,78	-9,7
Xinzo (1991-2011, 17)	0,63	0,01	10,5
Galicia (1991-2012, 22)	-0,24	0,27	-3,4

Tabla 8.3.1. Coeficiente de Spearman, p-valor y pendiente de cada una de las series disponibles de observación de la mariposa de la col.

Entre las series individuales llama la atención la tendencia positiva que muestra la estación de Xinzo, cuya influencia en el cálculo de la serie promedio de Galicia es escasa por el uso de la mediana en lugar del promedio.

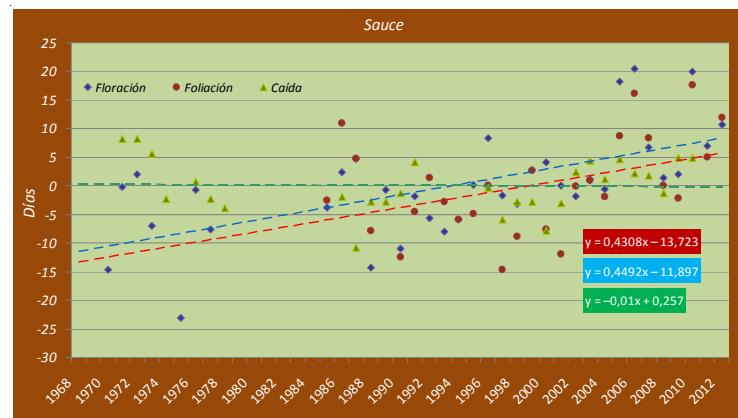
Figura 8.3.1.
Evolución de la fecha promedio para Galicia de la primera observación de la mariposa de la col.



Sauce (*Salix alba*)

El sauce muestra una ausencia de tendencia en la caída de la hoja, pero lo llamativo de esta especie en Galicia es el claro retraso de las fases fenológicas relativas a la primavera. En el caso de la foliación son las estaciones del sur de Galicia las que marcan esta tendencia. En particular, tanto la estación de Páramos como la de Salcedo presentan en un periodo temporal análogo a la de Montaños una clara tendencia positiva, opuesta a la de esta última. En el caso de la foliación, la serie conjunta es mucho más corta y, aunque los resultados individuales de cada estación no reflejan una tendencia definida, la mediana de todos ellos muestra un retraso comparable al de la floración.

Figura 8.3.2.
Evolución de la fecha promedio para Galicia de tres fases fenológicas del sauce.



El análisis de la gráfica conjunta del sauce para Galicia revela que las tendencias positivas están asociadas a un importante retraso en todas las fases fenológicas en la última década. En particular, la foliación y la caída de la hoja parecen mostrar una cierta tendencia decreciente hasta, aproximadamente, el año 2001.

<i>Floración del sauce</i>			
	<i>ρ</i>	<i>p</i> -valor	<i>pendiente</i> (días/década)
<i>Montaos (1969-2012, 42)</i>	-0,25	0,11	-1,0
<i>Páramos (1970-2012, 36)</i>	0,59	< 0,01	4,8
<i>Salcedo (1970-2012, 36)</i>	0,68	< 0,01	6,0
<i>Agolada (1984-2011, 23)</i>	0,04	0,84	0,8
<i>Xinzo (1986-2012, 26)</i>	0,44	0,02	4,0
<i>Galicia (1970-2012, 35)</i>	0,63	< 0,01	4,5
<i>Foliación del sauce</i>			
	<i>ρ</i>	<i>p</i> -valor	<i>pendiente</i> (días/década)
<i>Montaos (1982-2012, 25)</i>	-0,29	0,16	-4,6
<i>Páramos (1969-2012, 33)</i>	0,19	0,29	1,5
<i>Salcedo (1970-2012, 32)</i>	0,08	0,66	1,1
<i>Agolada (1984-2009, 15)</i>	0,11	0,69	3,0
<i>Xinzo (1986-2011, 24)</i>	0,35	0,09	3,4
<i>Galicia (1985-2012, 26)</i>	0,44	0,02	4,3
<i>Caída de la hoja del sauce</i>			
	<i>ρ</i>	<i>p</i> -valor	<i>pendiente</i> (días/década)
<i>Montaos (1971-2010, 34)</i>	0,44	0,09	2,5
<i>Páramos (1969-2010, 21)</i>	0,12	0,61	0,1
<i>Salcedo (1969-2009, 34)</i>	-0,06	0,73	-0,5
<i>Agolada (1984-2010, 13)</i>	0,008	0,98	-0,3
<i>Xinzo (1986-2011, 26)</i>	0,46	0,02	2,9
<i>Galicia (1971-2010, 28)</i>	0,10	0,60	-0,1

Tabla 8.3.2. Coeficiente de Spearman, *p*-valor y pendiente de cada una de las series disponibles para tres fases fenológicas del abedul.

9. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA COMARCAL

La división comarcal que se utiliza en este capítulo corresponde casi exactamente con la división de Galicia en zonas establecida para la emisión de avisos meteorológicos. Cualquier división implica un cierto grado de arbitrariedad y las comarcas delimitadas para la emisión de avisos deben cumplir además ciertas condiciones, como pertenecer a una única provincia, respetar los límites municipales o representar un espacio continuo, que introducen aún más arbitrariedad. En cualquier caso, en toda clasificación de este tipo hay que buscar un compromiso entre el grado de minuciosidad con que se quiera describir el clima de Galicia y la necesidad de que el resultado sea manejable.

Dentro de cada comarca se ha seleccionado alguna estación que se considera representativa del conjunto de la zona para incluir algunos gráficos y para aportar algunos valores numéricos concretos cuando se considera necesario. No todas las comarcas disponen de la misma cantidad de estaciones, ni la calidad y cantidad de la información disponible es igual, por lo que la descripción que se hace es muchas veces más cualitativa que cuantitativa.

9.0. División de Galicia en comarcas climáticas

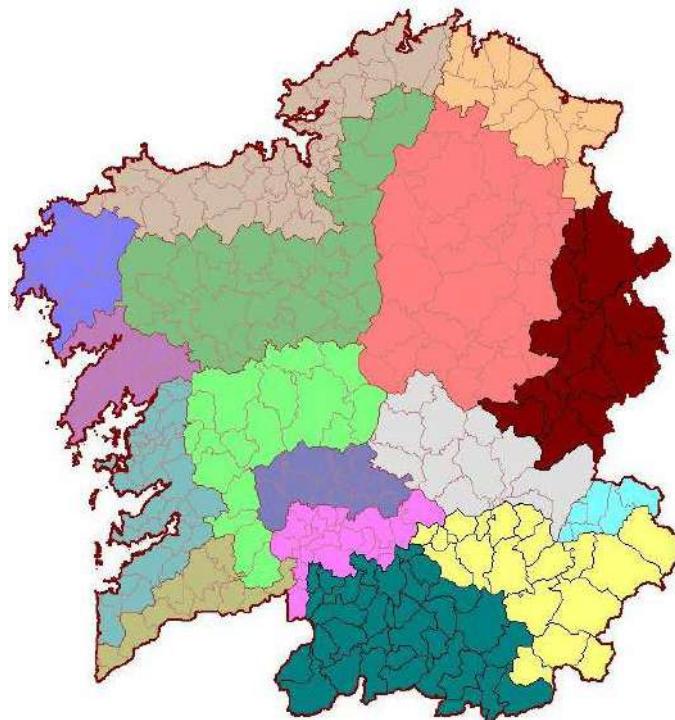
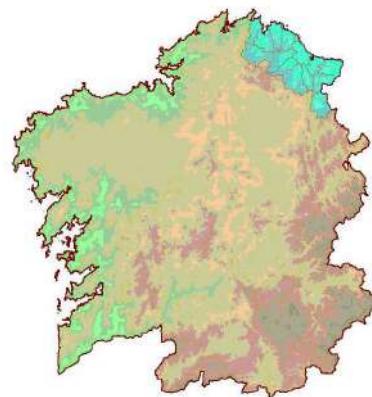


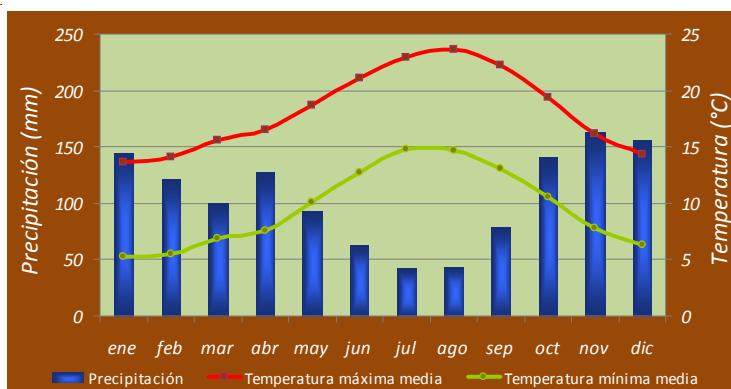
Figura 9.0.1. División comarcal de Galicia utilizada en la emisión de avisos.

Las diferentes comarcas que vamos a describir a continuación aparecen reflejadas en el mapa de la figura 9.0.1, que es la división utilizada para la emisión de avisos meteorológicos de fenómenos adversos. Esta división, como cualquier otra separación climática de Galicia en zonas relativamente homogéneas, empieza por una división en comarcas costeras e interiores. En las primeras, las subdivisiones, además de las obligadas por los límites provinciales, terminan siendo una separación entre Rías Altas, Rías Bajas y una zona de transición. En las segundas, la subdivisión viene a ser por altitud, distinguiendo entre las montañas más importantes al este, las tierras interiores de altitud media y las depresiones determinadas por el curso del Miño y el Sil.

9.1. Costa cantábrica



Abarca desde Estaca de Bares y el límite con la provincia de A Coruña hasta Asturias; limitada al sur, aproximadamente, por la curva de 400 metros y con casi todo el territorio en altitudes menores de 300 metros. Está protegida de los vientos del W y SW por la sierra de A Faladoira y la de O Xistral. En cambio, está completamente abierta al viento de componente norte.



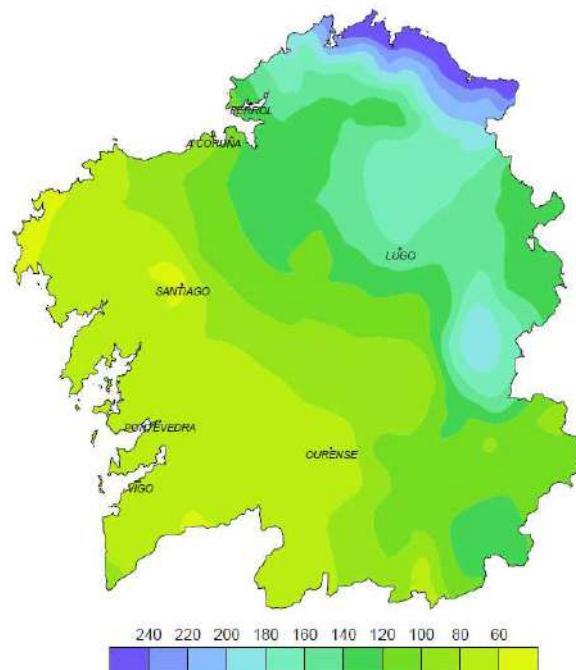
Son de esperar, pues, veranos fríos en comparación con otros puntos del litoral y lluvias frecuentes, pero no muy abundantes (figura 9.1.1). En efecto, las máximas veraniegas son relativamente bajas, del orden de 23 °C. Como en toda la fachada norte, los vientos del norte y nordeste, predominantes

en esta época, llegan fácilmente a esta comarca; son relativamente fríos y contribuyen a suavizar notablemente las temperaturas máximas de la estación. Las máximas de 13 °C que, en promedio, se observan en la época más fría del año, son mucho más parecidas a las registradas en el litoral atlántico. Las mínimas, reguladas en gran medida por la altitud y proximidad al mar, tampoco presentan grandes diferencias con las del litoral occidental. La suavización marítima elimina casi por completo las heladas.

Los días de lluvia, del orden de 180 al año, provocan, sin embargo, unas precipitaciones relativamente escasas que oscilan desde los 900 a los 1200 mm en función de las condiciones locales. Son los meses invernales los más lluviosos, con un repunte de las precipitaciones en abril, al menos en la franja más próxima al Cantábrico. Se trata de valores situados en la parte baja de la banda de precipitaciones típicas de Galicia. Solo las comarcas interiores sin exposición favorable a los vientos húmedos registran menos lluvia al año.

Figura 9.1.2. Mapa de precipitación total mensual en Galicia durante el mes de junio de 2010.

Puede verse el gradiente de lluvia en dirección suroeste-nordeste y la acumulación de precipitación en la costa de Lugo. La escala está graduada en mm.



De todos modos, cuando los vientos que nos traen las precipitaciones tienen una marcada componente norte, estas resultan aquí muy abundantes en tanto que el resto de Galicia apenas recibe lluvias. Un caso muy significativo tuvo lugar en el mes de junio de 2010 (figura 9.2.2). Después de una primera semana sin apenas lluvias, entre los días 7 y 11, dentro de un episodio de precipitaciones generalizadas e intensas en toda la cornisa cantábrica, se recogen importantes cantidades que, si bien afectan a toda Galicia, son especialmente abundantes en el norte de la provincia de Lugo. En particular, el día 9 se miden en 24 horas cantidades que, localmente, superan los 150 mm, mientras que los totales del mes se situaron por encima de los 200 mm, lo que supuso en algunas estaciones más del 400 % de la lluvia normal de junio. Un área de bajas presiones situada en el golfo de Vizcaya generó vientos de componente norte, casi perpendiculares a la costa cantábrica. El relieve, que en el flujo de vientos húmedos del suroeste limita las lluvias en esta comarca, actuó aquí en sentido inverso, favoreciendo la concentración de precipitaciones en toda el área.

El viento sopla con fuerza en toda esta costa. Emplearemos en la descripción de los vientos dominantes en esta comarca los datos facilitados por la estación de Estaca de Bares (figura 9.2.3), aunque debemos advertir que esta está situada en un punto muy singular y, por ello, no demasiado representativo del entorno. El primer aspecto que llama la atención es la concentración en el conjunto del año de la frecuencia del viento entre las direcciones ENE, NE, WSW y W, entre estas cuatro suman más del 60 % de las frecuencias. Hay un claro predominio de las dos últimas de septiembre a mayo, en tanto que en los meses de verano dominan ligeramente las dos primeras. El máximo absoluto corresponde al WSW. La velocidad media anual es de 26 km/h. Durante los meses invernales el tercer cuadrante proporciona velocidades medias del orden de los 40 km/h, frente a los 30 km/h con que el viento suele soplar del primer cuadrante. Es febrero el mes de mayor velocidad media y julio el más abundante en calmas, si bien estas representan tan solo el 11 % de las observaciones.

Los episodios de vientos fuertes en el litoral son innumerables, cada temporal que pasa por Galicia deja huella en la costa norte, aunque, como decíamos en el párrafo anterior, los registros obtenidos por la estación de Bares no pueden considerarse representativos de todo el litoral de Lugo. Al contrario, Ortegal y Bares protegen en buena medida el litoral lucense de los vientos de componente oeste, que es la más frecuente en los fuertes temporales invernales. Sirva como ejemplo el episodio del 23 de enero de

2009, al que ya nos hemos referido con detalle en el capítulo dedicado al viento. Mientras la estación de Bares registra una racha máxima de 229 km/h y una velocidad máxima media en diez minutos de nada menos que 173 km/h, en Ribadeo la racha máxima fue de 111 km/h y, promediada en diez minutos, la velocidad máxima no superó los 60 km/h. En realidad, la racha máxima asociada a este episodio en Ribadeo tuvo lugar en las primeras horas del día 24 y fue de 113 km/h. En Castropol, una serie de datos más larga que la de Ribadeo no aleja mucho el máximo valor de los registros de rachas de viento: 126 km/h el 5 de noviembre de 2000. Valores estos últimos muy altos de viento, pero más comunes en los observatorios gallegos que los medidos en Estaca de Bares, como cabía esperar.

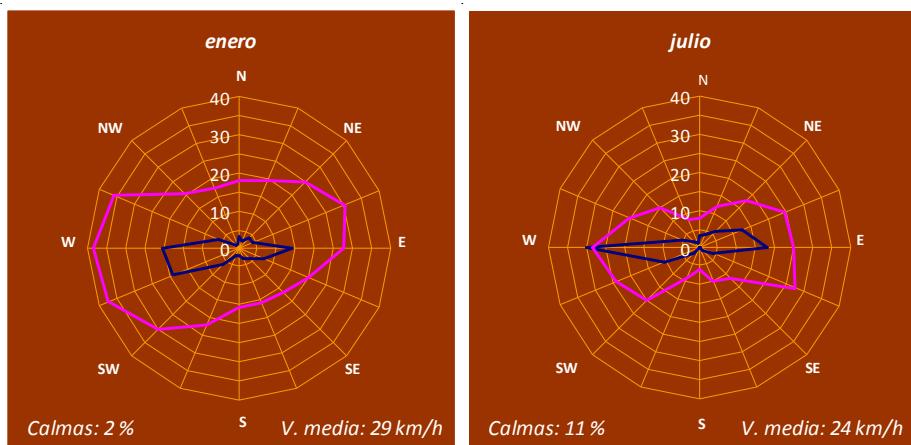
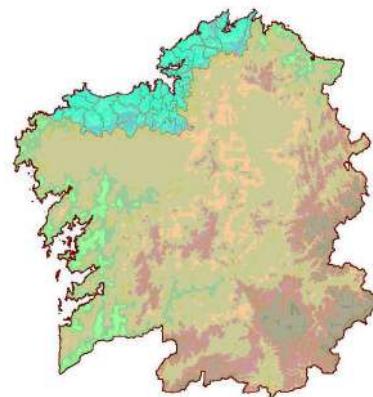


Figura 9.1.3. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de Estaca de Bares. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Abundantes nieblas de origen marítimo afectan a esta comarca durante el verano. Los vientos dominantes del nordeste arrastran sobre la costa las masas de niebla que se forman sobre el Cantábrico, al tiempo que el relieve las retiene sobre la franja costera, dificultando su avance hacia el interior de Lugo.

Los días de tormenta no resultan especialmente abundantes, por término medio alrededor de una decena al año, más frecuentes en primavera y verano, pese a que en las comarcas costeras las tormentas suelen ser más habituales durante los meses invernales, asociadas al paso de sistemas frontales.

9.2. Norte y noroeste de la provincia de A Coruña



Esta zona recoge unas precipitaciones significativamente mayores que el litoral de Lugo, debido a una exposición a los vientos húmedos del SW no tan desfavorable. Algunos puntos como la sierra de A Capelada y la vertiente occidental de las de A Faladoira y A Loba presentan una adecuada orientación que, junto con la altitud, generan niveles pluviométricos notables.

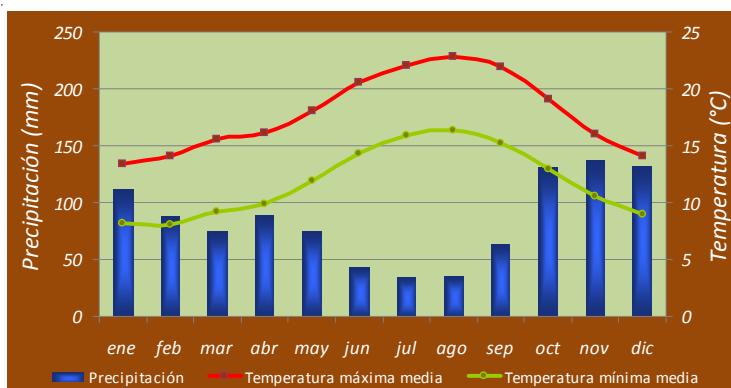
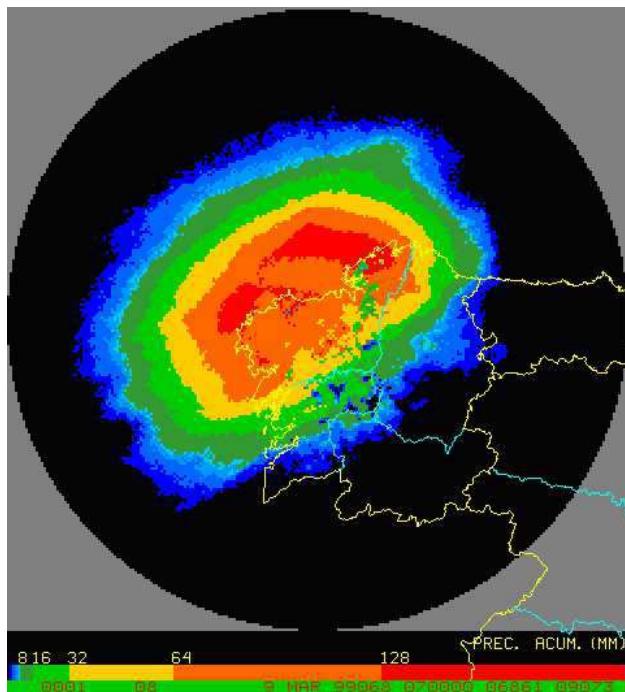


Figura 9.2.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
A Coruña.
Período
1971-2000.

Las zonas litorales bajas, como la de A Coruña, apenas llegan a los 1000 mm anuales, que son ya sobre 1200 a los 103 metros del observatorio del aeropuerto de Alvedro. En la sierra de A Capelada se superan los 2000 mm. Podría darse el dato de 1300 mm como precipitación anual media característica de la zona, repartida a lo largo de unos 175 días.

*Figura 9.2.2.
Acumulación de
precipitación estimada
por el radar de AEMET
en Galicia entre las
07 horas UTC del día 8
de marzo de 1999 y la
misma hora del día 9.
Este periodo fue
extremadamente
lluvioso en el noroeste
de Galicia.
En particular el
observatorio de
A Coruña registró la
máxima precipitación
en 24 horas de su
larga serie de
observaciones:
132,7 mm.*



El predominio pluviométrico de los meses de invierno es claro y no aparece muy marcado el máximo secundario de la primavera (figura 9.2.1). Durante el invierno llueve durante unos 18 días cada mes en tanto que en los meses de verano no se llega a 10. Las cantidades máximas en 24 horas no suelen ser muy espectaculares y pueden darse los 133 mm medidos en A Coruña el 8 de marzo de 1999 (figura 9.2.2) como límite asintótico para la zona de altitudes más bajas, en tanto que en las comarcas más montañosas se han medido cantidades en un día cercanas a los 200 mm y no necesariamente en invierno: una tormenta dejó en la sierra de A Capelada 174 mm el 24 de agosto de 1993.

Las tormentas, entre 10 y 15 días al año, se reparten de forma más o menos uniforme a lo largo de todos los meses, aunque quizá mayo destaca ligeramente. Como en toda la zona costera, buena parte de los episodios de tormentas tienen lugar durante los meses de invierno, asociadas al paso de sistemas frontales. Se observa, aunque no de forma muy marcada, un cierto realce orográfico de la frecuencia de las tormentas en las montañas que configuran el límite oriental de la comarca.

En la franja costera, las nieblas son especialmente abundantes en verano, con una media de 10 días al mes en que se observa en algún momento este fenómeno. El viento que sopla hacia la costa acerca las masas de niebla a tierra. Retenidas por las primeras elevaciones del terreno, no suelen penetrar hacia el interior, de modo que a pocos kilómetros de la costa el cielo se mantiene despejado, en tanto que en la línea litoral, la niebla lo cubre por completo.

Del mismo modo que decíamos que falta un máximo secundario de la precipitación en mayo, también ocurre que el crecimiento de la temperatura desde el invierno es continuo (figura 9.2.1). Las mínimas medias invernales se sitúan sobre los 5 °C, con las esperadas variaciones por altitud e influencia marítima. Como es lógico, la cercanía del mar elimina la posibilidad de heladas relevantes, salvo en las zonas más altas. En las áreas de baja altitud, pero alejadas apenas unos kilómetros de la costa, también están presentes, aunque su intensidad no sea comparable a las que se registran en el interior de Galicia. Esta comarca queda incluida en el área con máximas menores de 23 °C en julio. Son los vientos predominantes de NE los responsables de tal situación. Así pues, la temperatura es bastante uniforme a lo largo del año; la isólinea de 13 °C de temperatura media encierra la mayor parte de la comarca.

El extremo suroccidental comparte con las áreas vecinas un apreciable descenso térmico que afecta, aproximadamente, a la cuenca alta del río Xallas. La justificación más razonable está en la ausencia de abrigos orográficos que la protejan del frío aportado por los vientos de componente norte y en su altitud relativamente elevada.

Como ejemplo de la distribución de vientos en la zona podemos tomar el observatorio de A Coruña (figura 9.2.3). Durante el verano, el 50 % del tiempo el viento tiene componente norte. Durante el invierno, un porcentaje similar de observaciones reflejan la componente sur. Las velocidades más fuertes proceden del SW con medias del orden de 25 km/h en algunos meses. También del NE se alcanzan velocidades similares, de modo que las direcciones predominantes en frecuencia lo son también en velocidad. Estos promedios de velocidad se refieren a puntos no especialmente expuestos al viento. En las zonas de altitud elevada, en los cabos y, en general, donde la configuración del terreno sea adecuada, se registran velocidades notablemente mayores. El mejor ejemplo de esto lo constituye el observatorio de Monteventoso, que con un nombre muy apropiado, estuvo registrando

los máximos de viento en Galicia hasta que la instalación de equipos de medida en puntos tan estratégicos como Estaca de Bares le arrebató, no sin dificultades, este privilegio. Al paso de los restos del ciclón tropical *Hortensia* el día 4 de octubre de 1984, registró una racha máxima de 158 km/h y en numerosas ocasiones se aproximó a los 150.

Las brisas están presentes como en toda la franja costera, aunque con frecuencia disimuladas por la mayor intensidad de los vientos sinópticos. Resultan claramente apreciables por el diferente peso que tienen las direcciones perpendiculares a la costa según consideremos observaciones

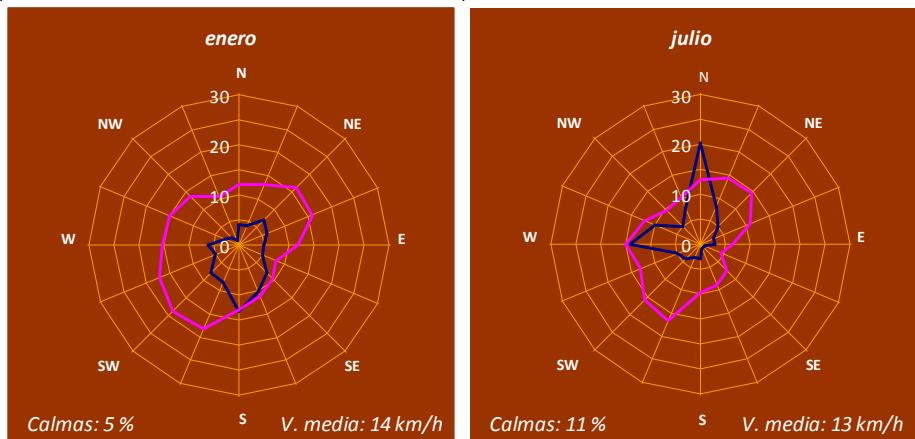
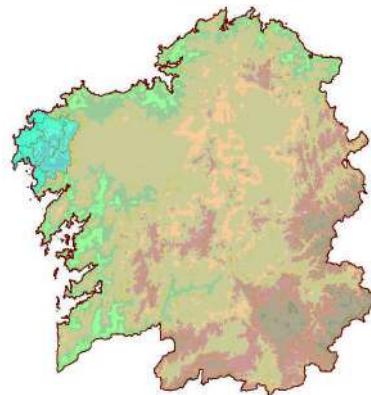


Figura 9.2.3. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de A Coruña. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

de viento en las horas centrales del día o durante la madrugada. Las condiciones topográficas del entorno del observatorio determinan de forma decisiva la dirección de la brisa. En el caso del observatorio de A Coruña, la brisa nocturna sopla predominantemente desde el sureste, en tanto que la diurna, obstaculizada por los montes de Bens y San Pedro, al noroeste del observatorio, se reparte entre las direcciones norte y oeste. En el caso del aeropuerto de Alvedro, en cambio, la dirección de la brisa de tierra tiene claramente dirección sur y la de mar dirección norte, orientada en buena medida por la ría de O Burgo.

9.3. Oeste de la provincia de A Coruña



Estamos en la zona más septentrional del área de máximas precipitaciones de Galicia. Sirvan los 2350 mm anuales de Castrelo-Vimianzo (figura 9.3.1) como ejemplo. Aunque la justificación de tales cantidades no resulta a nuestro juicio nada evidente, digamos, en primera aproximación, que los vientos húmedos del S y SW encuentran un crecimiento relativamente rápido de la altitud, aunque en términos absolutos en la comarca no se superan los 550 metros, lo que provoca un ascenso forzado de las masas de aire y un incremento de las precipitaciones.

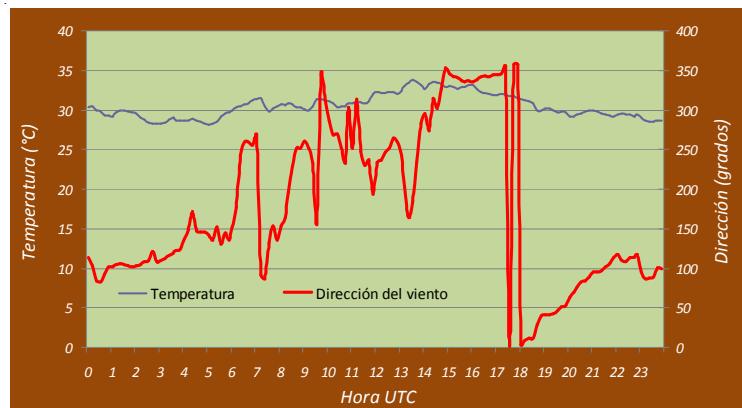


Figura 9.3.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Castrelo-Vimianzo.
Periodo
1971-2000.

No suponen estas cantidades tan grandes de lluvia un número anormalmente alto de días de precipitación: son unos 170, del mismo orden, quizá

menos, que los que se dan en comarcas más septentrionales. Durante el invierno se recogen, aproximadamente, unos 300 mm mensuales. El descenso posterior se detiene durante la primavera, sin que llegue a observarse un máximo secundario en marzo o abril, para experimentar una brusca caída en junio y un fuerte ascenso de septiembre a octubre. Durante un mes de verano se recoge, aproximadamente, una sexta parte de lluvia que durante un mes de invierno. A diferencia de lo que ocurre en el litoral norte, observamos que hay un gran desequilibrio entre los distintos meses, debido a que los invernales son extremadamente lluviosos, puesto que en un mes de verano se recogen cantidades similares en ambas zonas.

*Figura 9.3.2.
Variación
horaria de la
temperatura y
la dirección del
viento en la
estación de
Fisterra el día 6
de julio de
2013.*



La oscilación anual de temperaturas no presenta ningún efecto extraño, es suave y continua (figura 9.3.1). Por el litoral, entre Cabo Vilán y la ría de Muros, discurre la isoterma media anual de 15 °C, es el primer tramo donde la encontramos claramente definida. La isoterma anual media de la zona sería más bien la de 14 °C. Las máximas de verano se sitúan por encima de los 25 °C, de donde se deduce que no faltan los días en que se superan los 30 °C. En invierno las mínimas medias del área del Xallas, de mayor altitud, rondan el valor de 4 °C, unas temperaturas relativamente bajas que nos permiten hablar de heladas, no muy intensas pero tampoco muy excepcionales. Hacia la costa, la temperatura mínima sube 3 °C. Quizá lo más relevante de esta zona sea el carácter muy cálido del área litoral, donde a la suavización

introducida por el mar se une la protección frente a los vientos frescos del norte. Con vientos de componente sur durante el verano, en lo que podríamos denominar olas de calor, las mínimas nocturnas llegan a alcanzar valores superiores a 25 °C. El día 6 de julio de 2013 la estación de Fisterra midió una mínima de 28,1 °C. El rápido establecimiento de la brisa nocturna, con el consiguiente aporte de aire relativamente cálido desde el interior impide el descenso de la temperatura, que se mantiene a lo largo del día casi sin oscilación como puede verse en la figura 9.3.2.

De la fuerza del viento en estas costas poco puede decirse que no se sepa. Es cierto que es especialmente intenso en los cabos, pero, en general, toda ella está expuesta a fuertes vientos. La velocidad media anual en la costa es del orden de 22 km/h; durante el invierno en algunas direcciones se superan los 40 km/h, en tanto que las direcciones de velocidad más alta en verano dan lugar a medias cercanas a 30 km/h. Las rachas máximas registradas por las estaciones situadas en el cabo de Fisterra y en Cabo Vilán son, como era de esperar, muy altas, especialmente en el primero de ellos. Así, el registro máximo de la estación de Fisterra tuvo lugar el 23 de enero de 2009, fecha en la que alcanzó los 186 km/h, en tanto que Cabo Vilán midió una racha máxima de 145 km/h. Para esta última estación, la efeméride corresponde al 21 de septiembre de 2006 con 152 km/h, también superada por Fisterra que ese mismo día midió 165 km/h.

Dentro del predominio del primer y tercer cuadrante, común a toda Galicia, se observa aquí mejor que en ninguna otra parte la influencia de las condiciones locales sobre el régimen de vientos dominantes (figura 9.3.3). En la península de Fisterra, orientada de norte a sur, las direcciones NNW, N y NNE (dominantes de marzo a septiembre) reúnen el 36 % de la frecuencia anual, en tanto que las direcciones SSE, S y SSW (dominantes de octubre a febrero) completan otro 26 %. En total el 62 % de las frecuencias siguen la orientación geográfica de la península de Fisterra. Podemos suponer ahora que en Cabo Vilán las direcciones más frecuentes del viento serán el NE y el SW, con solo ver la orientación que presenta la costa en el entorno de este cabo. En efecto, entre el NNE y el ENE encontramos el 42 % de las frecuencias, que sumadas al 30 % procedentes del arco comprendido entre el SSW y el WSW nos proporcionan nada menos que el 72 %. Curioso resulta observar cómo durante los meses de abril y mayo el comportamiento general deja paso a una leve excepción consistente en la aparición de una significativa frecuencia de vientos perpendiculares a la costa. Frecuencia que hay

que atribuir lógicamente a las brisas y que no están presentes únicamente en primavera aunque representen en esos meses un porcentaje más significativo del total. Ya vimos en el apartado relativo a los vientos locales como la estación de Padrón también mostraba una mayor frecuencia de vientos equiparables a las brisas en los meses de primavera.

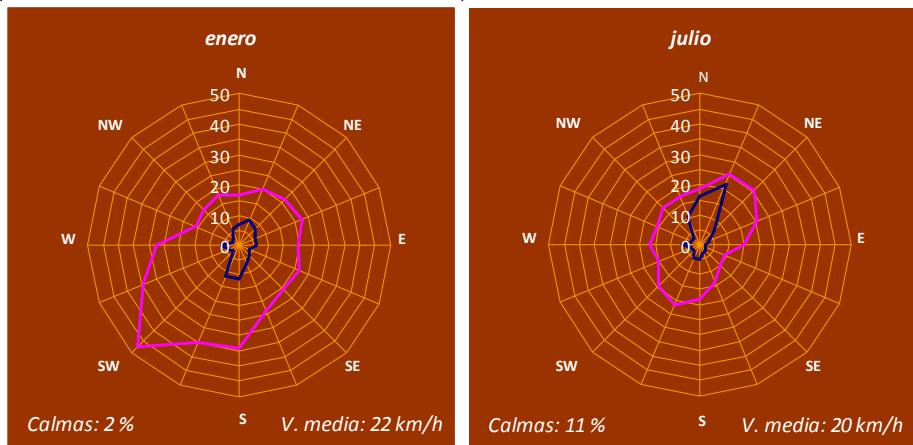
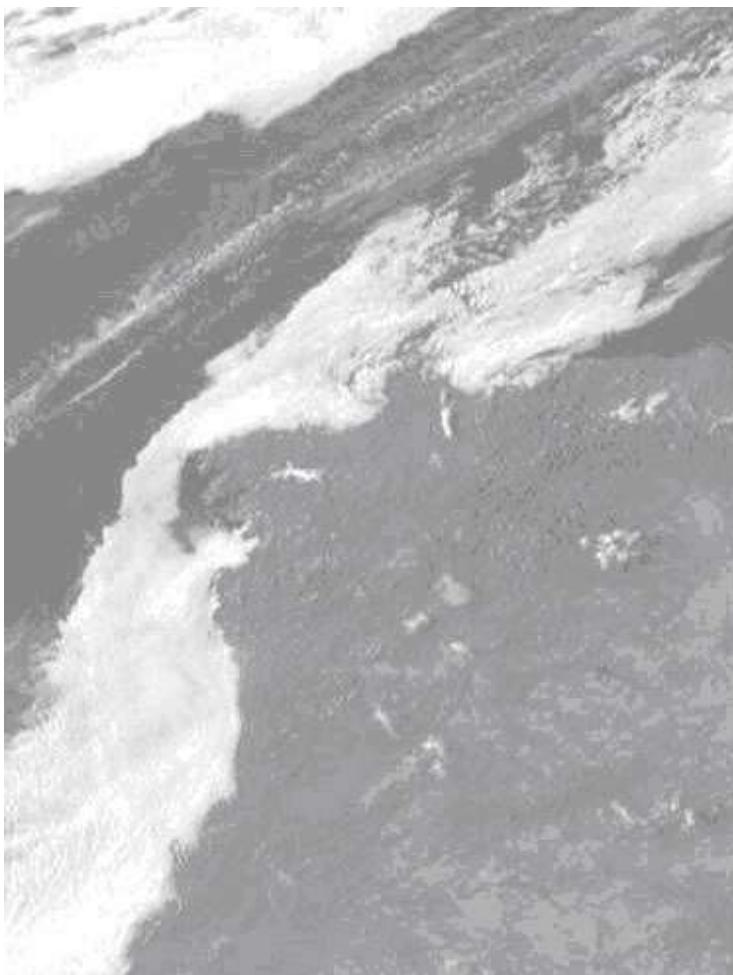


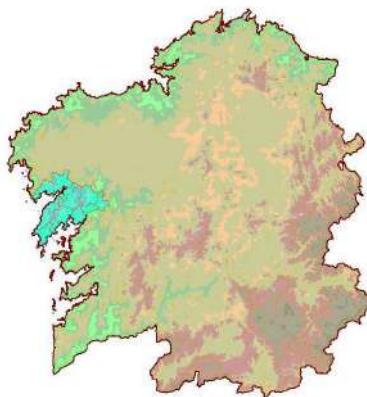
Figura 9.3.3. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de Fisterra. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

En esta zona, como en todo el litoral occidental de Galicia, el máximo anual de días con tormenta se registra durante el otoño, con una presencia significativa de las mismas también en invierno. Se trata de tormentas asociadas a los frentes muy activos que en esta época llegan hasta Galicia. En cambio, en primavera y verano, cuando la actividad tormentosa se traslada sobre todo a las comarcas interiores, la frecuencia de la actividad eléctrica en el occidente de la provincia de A Coruña es muy débil. Por término medio, puede haber unos 11 días de tormenta al año en esta comarca.

Las nieblas (figura 9.3.4), más frecuentes en verano y de origen marítimo, llevadas hasta la costa por vientos de componente oeste, están presentes unos 40 días al año.



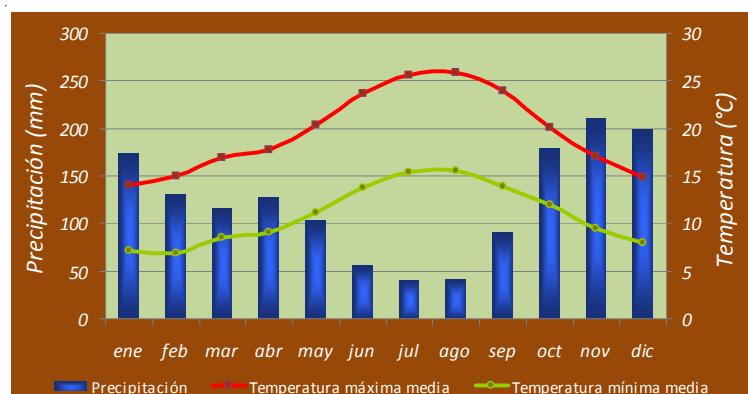
*Figura 9.3.4.
Imagen visible
del satélite
Meteosat
correspondiente
a las 18.00
horas del 17 de
agosto de
2013. Se
observa la
existencia de
nieblas costeras
en todo el
litoral de Galicia
y el norte de
Portugal.*



9.4. Ría de Muros y península de Barbanza

Esta comarca abarca los municipios situados al suroeste de la provincia de A Coruña, a ambos lados de la ría de Muros y en la margen derecha de la de Arousa y la prolongamos hasta Padrón al este. Una característica geográfica es común a la ría de Muros y a la margen derecha de la de Arousa: las elevaciones, de unos 600 metros en el primer caso y de cerca de 700 en el segundo, orientadas de NE a SW y situadas a pocos kilómetros de la costa.

*Figura 9.4.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Louro-Muros.
Periodo
1971-2000.*



En términos climáticos, tal disposición se traduce en valores altos de precipitación, cuyo ejemplo más notable es la estación de Dodro, que recoge más de 3000 mm al año. Seguramente el relieve de la zona interviene en la generación de cantidades tan elevadas de lluvia a través de varios mecanismos y no únicamente mediante el ascenso de las masas de aire húmedo.

No se trata de que aquí las precipitaciones sean especialmente frecuentes, sino de que las cantidades recogidas en cada uno de esos días lluviosos son especialmente altas. Es lo que ocurre en todo el suroeste de la provincia de A Coruña y casi toda la de Pontevedra, pero dentro de esta zona hay varios máximos locales y en el entorno de Dodro-Rois se localiza uno de ellos, del mismo modo que en la provincia de Pontevedra hallamos otro en el entorno de Fornelos de Montes. Una característica relevante de estas intensas precipitaciones es que son sistemáticamente subestimadas por el radar. A pesar de la cercanía relativa entre el radar de AEMET en Galicia y la zona de Dodro, el mecanismo generador de la lluvia ocurre en niveles lo suficientemente bajos como para no ser detectado (figura 9.4.2).

Son, por tanto, las abundantes precipitaciones lo más característico de esta zona, una lluvia especialmente cuantiosa en los meses de invierno, ligeramente reactivada en mayo pero que durante todo el año es importante. Lejos de los valores de Dodro queda Padrón con sus 1800 mm o Muros con sus 1500 mm anuales (figura 9.4.1). Los días de lluvia pueden estimarse en 150 o 160 al año.

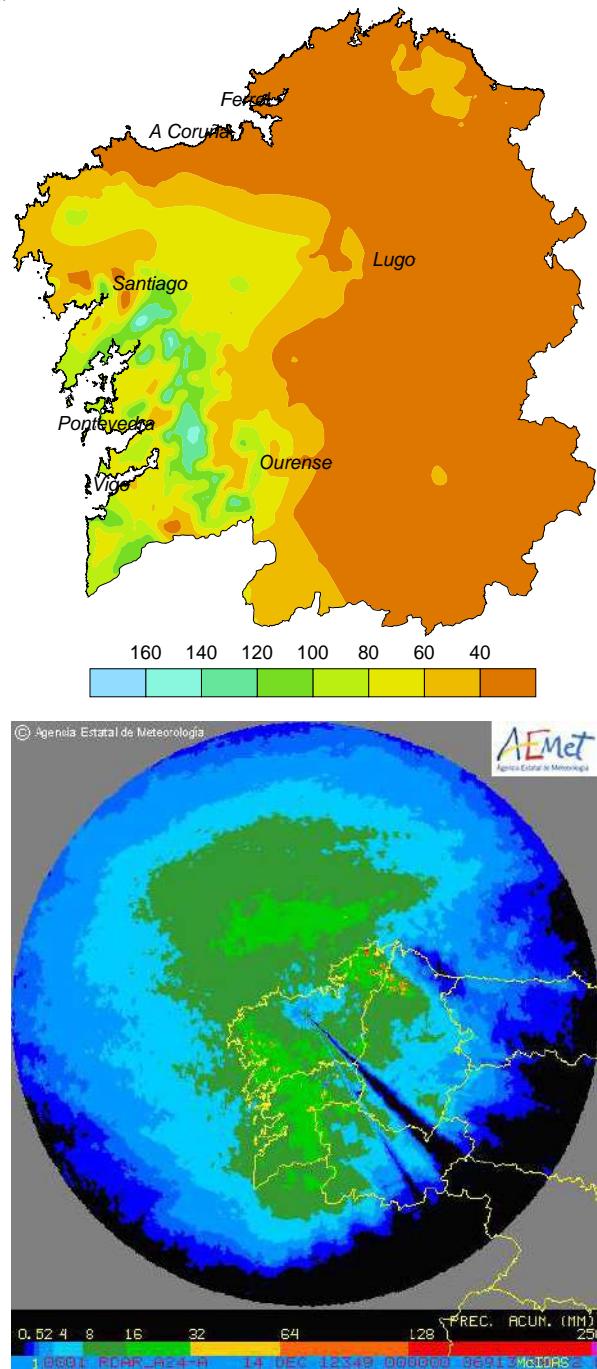
Las temperaturas medias anuales son del orden de 15 °C en el litoral, de unos 14 en las zonas más interiores y un poco menores allí donde la altitud es considerable. Como muestra la figura 9.4.1, sobre 26 °C se sitúan las máximas en verano, con lo que el umbral de 30 °C se supera sin demasiadas dificultades. Las heladas solo aparecen en los lugares más elevados, son escasas y muy débiles. Las mínimas medias de enero son del orden de 6 °C, valor característico de las Rías Baixas. Estamos dentro de la zona con inviernos más suaves de toda Galicia, si bien las diferencias con el litoral norte, como ya hemos dicho al analizar aquellas comarcas, no es excesiva.

Si la descripción de régimen de vientos la basamos en los registros proporcionados por la estación de Corrubedo, encontramos que la dirección predominante en el conjunto del año es la NNW; el arco comprendido entre esta dirección y la NNE recoge el 35 % de las frecuencias anuales. Las direcciones S y SSW aportan otro 18 %. Se observa durante abril, mayo y noviembre un significativo aumento de las frecuencias asignadas a la componente oeste, aunque en el conjunto del año esta no sea especialmente relevante. Las velocidades son más moderadas que en el área de Fisterra. La media anual es del orden de 16 km/h, aunque las calmas siguen siendo escasas. Solo la dirección SSW en enero aporta una velocidad media de 35 km/h, el resto de

Figura 9.4.2.

Precipitación acumulada el día 13 de diciembre de 2012 (imagen superior) en mm y estimación de la precipitación acumulada mediante medidas de radar (la escala inferior está también graduada en mm).

Se observa una clara subestimación por parte del radar de la lluvia recogida en la zona suroccidental de Galicia. En particular en la estación de Rois.



las direcciones alcanzan medias cercanas a los 30 km/h en invierno y del orden de los 20 o 25 en el verano, época esta en que los vientos más fuertes tienen componente norte.

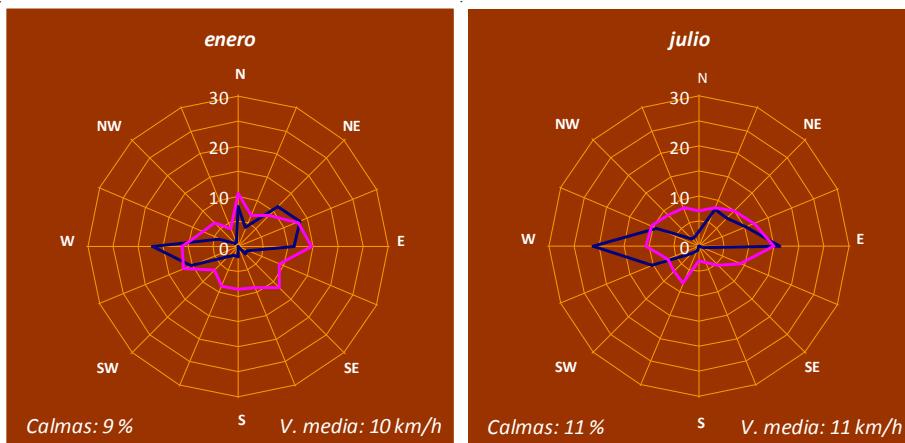
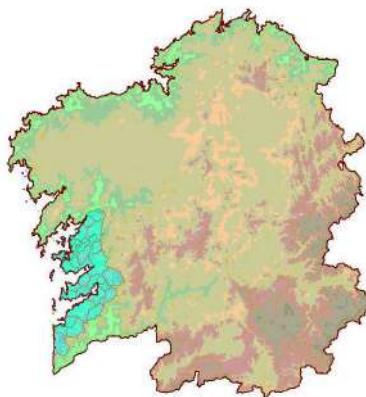


Figura 9.4.3. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de Padrón. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Dentro del área que estamos comentando se encuentra también la estación de Padrón (figura 9.4.3). En este caso es la cuenca del Ulla la que impone las direcciones dominantes, agrupadas alrededor del eje E-W. Las velocidades medias son ahora muchísimo menores; la anual es del orden de 10 km/h y ninguna dirección aporta medias de más de 20 km/h; además, es curioso observar como las velocidades más altas proceden del primer cuadrante. En los registros de viento de esta estación se aprecian con frecuencia patrones que se repiten de forma periódica cuando los vientos sinópticos son lo suficientemente débiles como para no enmascararlos. Pueden atribuirse a la circulación asociada a la brisa marina y aportamos algunos datos concretos en el capítulo general dedicado al viento.



9.5. Rías Baixas

Nos referimos aquí a los municipios situados en las Rías Baixas dentro de la provincia de Pontevedra. Como puede observarse en la figura 9.5.1, disfrutan de un clima relativamente cálido, con mínimas medias invernales situadas sobre 6 °C, lo que convierte las temperaturas negativas en algo excepcional, como, por otra parte, ocurre en toda la franja costera gallega. Junto a estas mínimas tan suaves hallamos máximas medias en verano superiores a los 25 °C, apreciablemente superiores a los, por ejemplo, 22 °C de A Coruña; es notable, pues, el contraste con las Rías Altas en este aspecto.

Figura 9.5.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Pontevedra.
Periodo
1971-2000.



Por otra parte, la suavización marítima se nota en la diferencia con los casi 30 °C de máxima media en agosto que, a una altitud similar, presenta Ourense. Durante el verano, los vientos del nordeste que refrescan las temperaturas

más al norte, aquí apenas se perciben, abrigada como está esta comarca por la dorsal central de Galicia. Por el contrario, los ocasionales episodios calurosos que se producen en verano dejan valores de temperatura que, sin alcanzar los registros de las tierras bajas del interior, resultan bastante notables. En estas situaciones no solo la máxima es elevada, son frecuentes también las noches con mínimas por encima de los 20 °C (véase la figura 3.2.1).

Las precipitaciones anuales, repartidas a lo largo de unos 150 días, se sitúan entre los 1500 y 2000 mm. Es, por tanto, una zona muy lluviosa. Como ocurre en toda la fachada occidental de Galicia, los vientos húmedos del suroeste encuentran pronto elevaciones relevantes que favorecen el ascenso del aire y un aumento de la condensación del vapor. La orientación hacia el suroeste de las Rías Baixas es especialmente apropiada para este fin. Si consideramos el número relativamente bajo de días de lluvia, podemos sospechar que las precipitaciones cuando se producen son bastante intensas. Alrededor del 30 % de los años se registran en 24 horas valores superiores a 100 mm en el aeropuerto de Peinador. Las lluvias son especialmente abundantes en invierno, entre 200 y 300 mm de media mensual, en tanto que en julio y agosto se reducen a una quinta o sexta parte. Es la circulación habitual de borrascas de oeste a este durante el invierno por latitudes bajas la responsable de las precipitaciones invernales. En verano los, en general, débiles frentes que rozan el norte de Galicia apenas se notan en esta comarca y las lluvias, mucho más escasas como hemos dicho, se deben con frecuencia a situaciones de inestabilidad y las consiguientes tormentas. Este fenómeno se registra durante unos 15 días cada año, repartido de modo más o menos uniforme a lo largo de los doce meses, si bien los últimos de la primavera y los del otoño son épocas un poco más propicias. Las nieblas son más abundantes en los meses finales del verano y en los iniciales del otoño, favorecidas por una fuerte evaporación desde aguas aún cálidas en un aire ya relativamente frío.

En estas comarcas no es infrecuente que precipitaciones intensas mantenidas durante períodos de varios días generen inundaciones en las áreas pobladas. Así ocurrió, por ejemplo, en Vilagarcía de Arousa a finales de noviembre de 2006, cuando a varios días de precipitación continuada, entre los que se habían registrado cantidades como los 122 mm del día 18 o los 61 del día 24, se unieron las intensas lluvias del 27, jornada en la que la estación de Vilagarcía registró 128 mm, valor que constituye el máximo histórico de su serie de precipitación.

Otro dato histórico relativo a la cantidad de precipitación, en este caso referido a valores totales mensuales, que merece mencionarse como ejemplo de lo cuantiosas que pueden llegar a ser las lluvias en esta zona es el correspondiente a diciembre de 1978 en el aeropuerto de Vigo: se midieron nada menos que 926 mm a lo largo del mes. Bien es verdad que en zonas aún más lluviosas tenemos constancia en este mes de registros del orden de 1300 mm, pero entre las estaciones principales el dato de Vigo resulta especialmente llamativo y supera, por ejemplo, en unos 60 mm al valor medido por el aeropuerto de Santiago. Se produjeron en Vigo 26 días de lluvia en el mes, entre los que destacan los 136 mm medidos el día 7 y los 158 del 28.

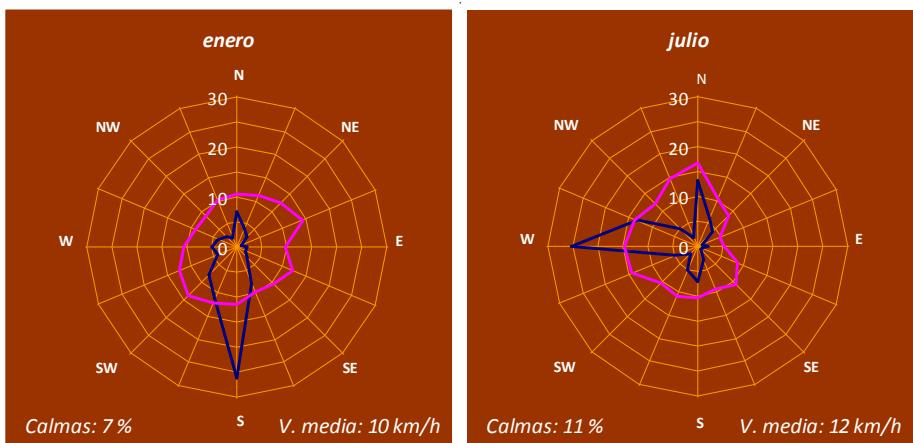


Figura 9.5.2. Rosas medias de viento del periodo 1991-2013 para la estación del aeropuerto de Vigo. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

En cuanto al viento, utilizando los datos del aeropuerto de Peinador como referencia (figura 9.5.2), la dirección sur parece haber ganado protagonismo en comparación con otras comarcas situadas más al norte, si bien esto no tiene ninguna relevancia climatológica y es solo una consecuencia de la orografía del entorno del observatorio; así, por ejemplo, las direcciones N, S y W, predominantes en Peinador, coinciden con la orientación de los pasillos naturales del viento que llega hasta el aeropuerto. Más significativa resulta la importancia de la componente oeste en la rosa de vientos media de julio. Se trata de un pasillo natural del viento desde el litoral de Vigo

hacia el aeropuerto, por donde se canaliza la brisa diurna. Altitudes que llegan a superar los 700 metros apantan el observatorio por el este, de modo que la brisa nocturna o no se percibe en el mismo o llega a través del canal natural en dirección norte-sur.

El aeropuerto de Vigo, alejado varios kilómetros de la ría y, como hemos dicho, aislado en cierta medida de ella por la orografía, no se encuentra en una posición adecuada para reflejar el régimen de viento existente en las propias rías. Mejor situación presenta la estación de Vilagarcía de Arousa (figura 9.5.3), que, como ocurre con todas las estaciones costeras, reproduce el perfil del litoral en su rosa media de vientos, en este caso representado esquemáticamente por las direcciones norte y suroeste. A este esquema general se añade un porcentaje importante de vientos de componente este durante la noche asociado a la brisa nocturna y de componente oeste durante el día correspondientes a la brisa diurna.

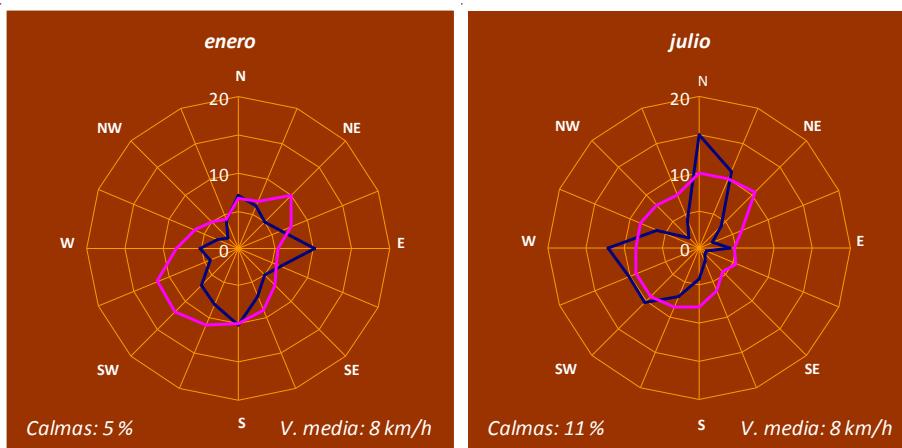
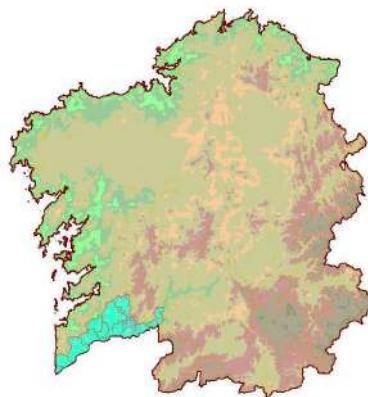


Figura 9.5.3. Rosas medias de viento del periodo 1991-2010 para la estación de Vilagarcía de Arousa. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Las velocidades medias en el litoral de las Rías Baixas son de unos 15 km/h, moderadas si las comparamos con las que hallamos en el litoral norte y noroeste de Galicia. Esto no es obstáculo para que de vez en cuando se alcancen valores tan notables como los 140 km/h de febrero de 1972 en Peinador, si bien en un 60 % de los años no se llega en esta estación al valor de 100 km/h.



9.6. Cuenca baja del Miño

Se trata de un área bien abrigada de los vientos de componente norte y, en su mayor parte, de baja altitud. Las altas temperaturas que cabe esperar quedan reflejadas en los 22 °C de media de los meses de verano. Esta zona cálida se prolonga, siguiendo el curso del Miño, hasta la depresión de Monforte.

Figura 9.6.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Ponteareas.
Periodo
1971-2000.



Las máximas medias de verano rondan el valor de 30 °C y las mínimas medias invernales se sitúan sobre 4 °C (figura 9.6.1). Este último aspecto, consecuencia de la cercanía del mar, marca la diferencia con la cuenca media del Miño, donde los inviernos son apreciablemente más fríos.

Llueve durante unos 150 días al año, 17 en los meses de invierno y alrededor de 6 en verano. Estos días de precipitación dejan unos 1600 mm, de modo que, sin ser una zona especialmente lluviosa, se halla por encima de la media de Galicia. De hecho, esta comarca se encuentra en un relativo abrigo orográfico determinado por las altitudes de hasta 700 metros situadas al suroeste de la provincia de Pontevedra, lo que explica, por ejemplo, los 200 mm de diferencia entre Peinador y Porriño, distantes apenas 10 km. Durante los meses invernales se supera el valor de 200 mm y en verano apenas se llega a unas precipitaciones del orden de 30 mm. El decrecimiento desde el invierno al verano se interrumpe, aunque muy ligeramente, en el mes de abril (figura 9.6.1).

El abrigo orográfico para la precipitación lo es también para el viento, de modo que los fuertes vientos del oeste que suelen acompañar a la entrada de temporales invernales quedan atenuados, salvo en la zona más próxima al mar y en puntos de altitud elevada. Además, el ciclo anual del primer y del tercer cuadrante va a aparecer modificado fundamentalmente por la disposición ENE-WSW de la cuenca del Miño y, en menor medida, por la disposición N-S de sus afluentes por la derecha. Los ríos no solo modifican la dirección del viento medio, también canalizan los vientos que se generan localmente, en particular los asociados al régimen de brisas.

Un aspecto importante, por la proximidad del río, son las nieblas. Se contabilizan en Tui unos 100 días al año en que este fenómeno está presente. Se reparten de forma más o menos uniforme entre todos los meses, pero con

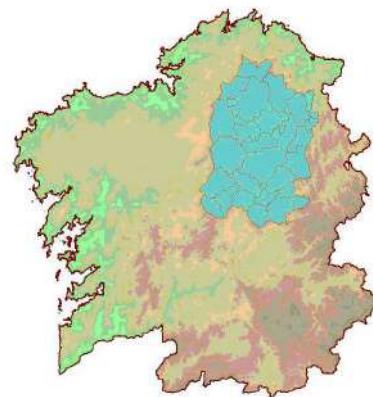


Figura 9.6.2.
Número medio
mensual de días
con niebla en
Tui, periodo
1980-2010.

una mayor presencia al final del verano y comienzos del otoño, cuando la evaporación desde masas de agua relativamente cálidas encuentra aire nocturno frío, así como en los meses invernales cuando hay que buscar la causa de las mismas en el enfriamiento del aire por la irradiación nocturna, que provoca que la abundante humedad llegue a ser saturante sin que el viento, que en esta zona no es especialmente fuerte, impida su formación. Durante los periodos de mayor frecuencia de nieblas se registran en unos 10 días al mes, por término medio.

El régimen de tormentas es el característico de toda la costa occidental, son escasas, repartidas uniformemente a lo largo del año y con un máximo poco destacado en otoño y primavera. En total unos doce días a lo largo del año.

9.7. Interior de la provincia de Lugo



Se trata de un área situada a una altitud de 400 a 500 metros, limitada al este por elevaciones de más de 700 metros, atravesada de norte a sur por el río Miño, limitada al norte por la sierra de O Xistral que la separa de la franja costera y al sur por elevaciones de unos 800 metros que la separan de la depresión de Monforte. La parte central, A Terra Cha, es quizá la zona climáticamente más homogénea de todas las que aquí vamos a considerar. Los bordes de la comarca mostrarán los efectos climáticos de una mayor altitud.

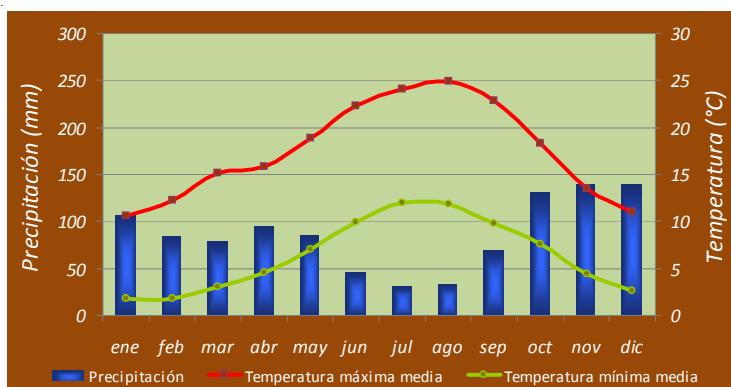
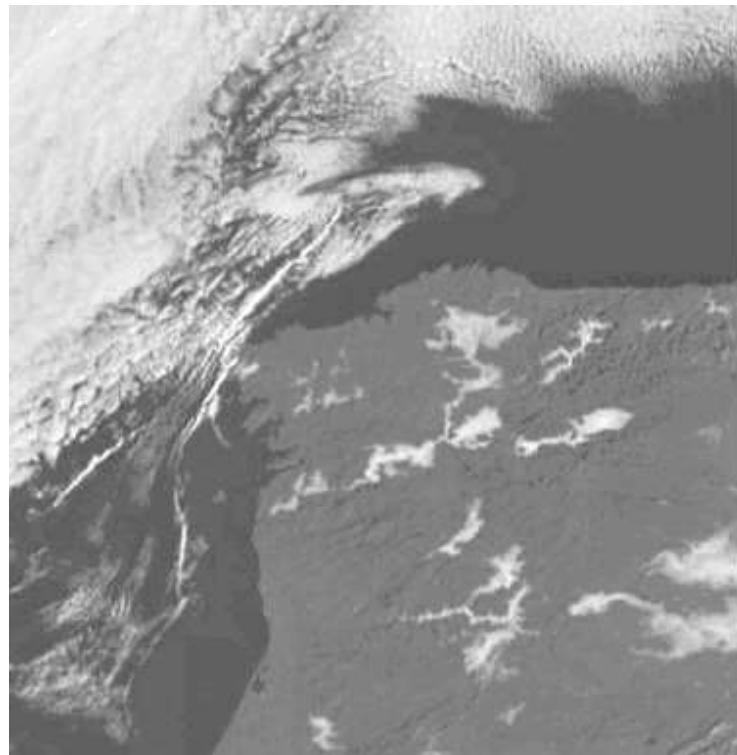


Figura 9.7.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación del
aeródromo de
Rozas. Período
1971-2000.

Digamos en primer lugar que no llueve mucho para lo que es habitual en Galicia: unos 1000 mm al año, alrededor de 100 al mes desde octubre a marzo con un significativo máximo secundario en primavera (figura 9.7.1). En total, unos 180

días de precipitación, tal vez alguno menos en el sur de la comarca. Las lluvias no acostumbran a ser intensas, en los casos más excepcionales pueden recogerse unos 75 mm en 24 horas. El valor máximo en un día registrado por el observatorio de Rozas es de 84 mm y lo midió el 31 de diciembre de 1994.

*Figura 9.7.2.
Imagen visible
del satélite
Meteosat
correspondiente
a las 9.30 horas
del 25 de enero
de 2012. Se
observan con
claridad las
nieblas,
siguiendo, entre
otros, los
cursos del Miño,
del Sil y del
Navia. Hay una
mancha más
extensa en el
entorno de
Vilalba.*



La apreciable altitud da lugar a un cierto número de días al año, alrededor de 6, con nieve, entre diciembre y marzo. Las 15 tormentas que, por término medio, se observan cada año se concentran en su mayor parte en mayo y en los meses de verano, como ocurre en las comarcas interiores, donde, a diferencia de las zonas costeras, las tormentas asociadas al paso de sistemas frontales son prácticamente inexistentes. Las nieblas son especialmente frecuentes al final del verano y al principio del otoño, cuando la temperatura desciende considerablemente por la noche, en tanto que por el día la evaporación ha sido intensa, aunque están presentes a lo largo de todo el año.

(figura 9.7.2). Cerca del Miño se registran unos 100 días anuales con niebla; es quizás esta una de las características más relevantes de la comarca. Parece claro que todos los mecanismos de generación de nieblas están aquí presentes. Es posible incluso que las nieblas costeras veraniegas lleguen a penetrar hacia el interior impulsadas por los vientos persistentes del noreste que caracterizan esta época del año.

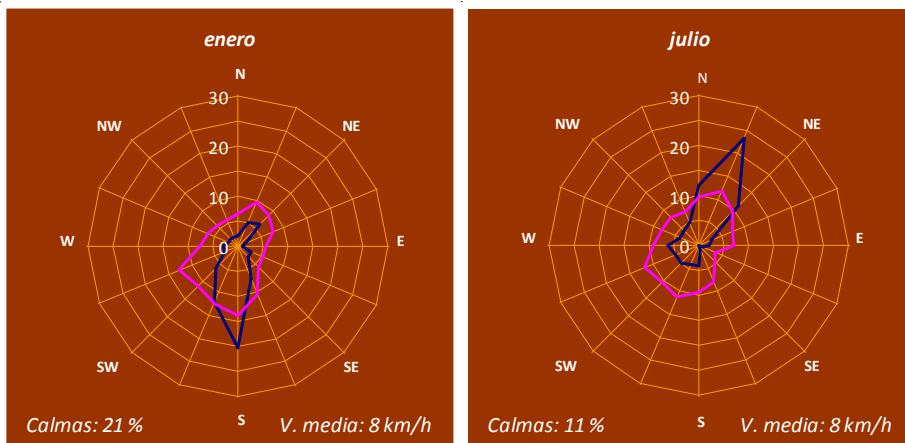


Figura 9.7.3. Rosas medias de viento del periodo 1991-2013 para la estación del aeródromo de Rozas. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

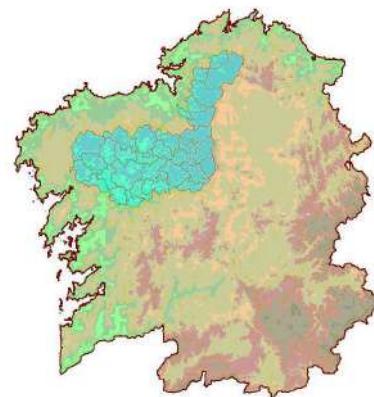
El viento sopla en la mitad norte de esta comarca con bastante intensidad. Las rachas máximas anuales llegan a 90 km/h y no faltan, de cuando en cuando, rachas de más de 100 km/h. Así, por ejemplo, el 11 de diciembre de 1978 el observatorio de Punto Centro (Outeiro de Rei) midió su valor máximo histórico con una racha de 127 km/h. Este observatorio fue reemplazado por el de Rozas en 1985 y, desde entonces, no ha superado dicho valor, aunque el 15 de octubre de 1987 midió una racha de 122 km/h. El sur, más protegido, presenta un porcentaje superior de calmas y unas velocidades más reducidas. En las rosas de viento correspondientes al aeródromo de Rozas (figura 9.7.3) puede verse claramente como las direcciones dominantes coinciden con la orientación de la cuenca del Miño en el entorno del observatorio, de modo que los vientos del primer y tercer cuadrante se manifiestan aquí a través del NNE en verano y del S en invierno. Con abundantes

matices locales, puede decirse que son estas además las direcciones que generan mayores velocidades (alrededor de 15 km/h de media). El porcentaje de calmas, máximo en invierno, supera el 10 % en el conjunto del año y la velocidad media es de unos 9 km/h.

Un análisis según distintos períodos del día muestra un mayor predominio de la componente sur durante la noche y una mayor frecuencia del noreste durante el día, lo que sugiere la existencia de vientos locales más o menos enmascarados por el viento sinóptico. No puede tratarse de vientos inducidos por el río, que deberían remontar el curso durante el día, es decir, soplar del sur, en tanto que durante la noche provendrían del noreste siguiendo el curso del río. El ritmo diario de estos vientos locales parece estar más bien relacionado con un régimen similar al de las brisas. Vientos que soplan desde el interior de Galicia hacia el mar durante la noche y en sentido contrario durante el día. Estos vientos, como hemos ido viendo, aparecen en otros puntos de observación alejados de la costa y se manifiestan siempre que las condiciones sinópticas lo permiten, es decir, bajo situaciones anticyclónicas que no solo dan lugar a vientos débiles, sino que, manteniendo el cielo despejado, favorecen el calentamiento diurno del suelo, así como su rápido enfriamiento nocturno. Con ello se consigue el contraste adecuado con la temperatura del agua del mar como para que se generen estos vientos mesoescalares.

Las temperaturas máximas medias de verano no se hallan lejos de los 25 °C (figura 9.7.1); no falta algún día muy caluroso, pero salvo en la zona de Sarria y Portomarín, terrenos abrigados o de escasa altitud, no se alcanza con frecuencia la barrera de 40 °C. Tomando como referencia de nuevo el observatorio de Rozas, el valor más alto que ha registrado fue de 41,2 °C medidos el 20 de julio de 1990. Más llamativas que las máximas resultan las mínimas registradas en la zona. La considerable altitud, el aislamiento del mar y algún otro factor como la persistencia de las nieblas, pueden llevar a los termómetros a valores espectaculares como los -13,2 °C medidos en Punto Centro el 17 de febrero de 1983 y que ya hemos comentado en el capítulo relativo a las temperaturas. En general, se pueden esperar temperaturas negativas de octubre a mayo. El mes más frío del año es enero, cuando las mínimas medias apenas superan los 0 °C, con lo que las heladas resultan muy frecuentes. En este mes, aproximadamente el 44 % de los días se registran valores de temperatura mínima junto al suelo menores o iguales que 0 °C.

9.8. Interior de la provincia de A Coruña



Se trata de una zona amplia y, quizás por ello, no demasiado homogénea. La parte más suroccidental presenta altitudes menores de 300 metros que suben a 400 en las zonas central (con la excepción del concejo de Oroso) y oriental hasta llegar a las altitudes de las sierras que limitan la provincia por el este, superiores a 800 metros en la sierra de A Cova da Serpe.



Figura 9.8.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación del
aeropuerto de
Santiago.
Período
1971-2000.

El extremo SW de esta comarca queda por encima de la isolínea de 1700 mm anuales, la salida del valle del Ulla hacia altitudes mayores, junto con la favorable exposición a los vientos húmedos del SW pueden justificar estos elevados valores de precipitación. Entre 1500 y 1700 mm se recogen en el centro y el oriente de esta comarca. En el extremo este, las montañas realzan

la precipitación, con puntos donde se vuelve a valores próximos a 1700 mm/año. Por dar algunos valores concretos, en el aeropuerto de Santiago (figura 9.8.1) se miden unos 1800 mm al año por término medio, que en Ordes son alrededor de 1470 y en Sobrado 1570.

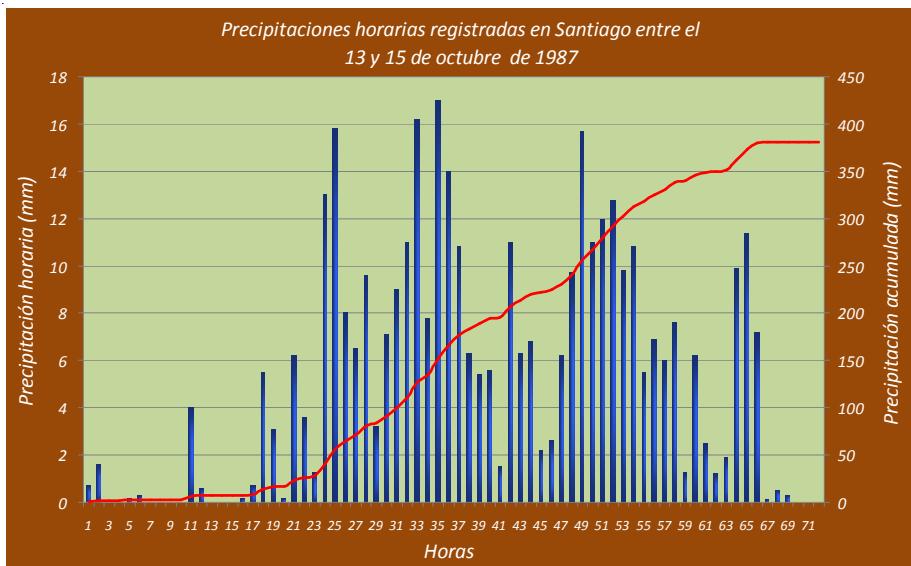


Figura 9.8.2. Valores horarios y acumulados del episodio de precipitación registrado en el aeropuerto de Santiago entre el 13 y el 15 de octubre de 1987.

Durante el mismo se midieron 218 mm en 24 horas, el máximo histórico de Galicia en un observatorio principal.

Llueve durante, más o menos, 170 días cada año, en ocasiones con importantes cantidades en 24 horas como reflejan los 218 mm del aeropuerto de Santiago en octubre de 1987 (figura 9.8.2), que, como se indicó en el capítulo dedicado a la precipitación, constituye el valor máximo medido por un observatorio principal en Galicia. En esta comarca no encontramos únicamente grandes cantidades de precipitación recogida a lo largo de intervalos de tiempo relativamente grandes, sino que también es bastante común hallar fuertes intensidades de precipitación concentradas en intervalos cortos. Así, el mismo aeropuerto de Santiago recogió el 9 de agosto de 2004 en tan

solo 10 minutos 22 mm. Esta cantidad y otras que ha medido en su historia de más de 20 mm en 10 minutos se suelen producir a finales de la primavera o durante el verano, asociadas a chubascos tormentosos. En esta comarca se contabilizan unos 13 días de tormenta cada año con un máximo en el mes de mayo. A pesar de la cercanía relativa al mar, el máximo anual de tormentas se desplaza ya aquí hacia la primavera y el verano. Pese a la notable actividad tormentosa de mayo, no se presenta muy marcado el habitual máximo secundario de la precipitación durante la primavera.

La nieve está presente en un número de días que varía, en función de la altitud, de 3 a 7 y las nieblas son abundantes en las proximidades de los cursos de agua a finales del verano y comienzos del otoño, sin que falten también las nieblas invernales de radiación.

Durante el verano las máximas medias llegan a 25 °C. Las mínimas medias invernales varían, en función de la altitud, de 2 a 4 °C. Las heladas afectan a toda la zona con altitudes de 400 metros o más durante un periodo comprendido entre octubre y marzo, más amplio aún en las sierras. En el aeropuerto de Santiago se contabilizan al año, por término medio, 14 días con temperatura mínima igual o inferior a 0 °C. En el extremo opuesto, no son excepcionales las ocasiones en que el termómetro se aproxima a 40 °C, aunque tampoco puede decirse que sea un área especialmente calurosa, pues las máximas aparecen suavizadas, en unos casos por la altitud y en otros por la influencia del mar. Continuando con el aeropuerto de Santiago como referencia, la máxima absoluta de esta estación se sitúa en 39,4 °C, efeméride registrada, como en tantas otras estaciones, el caluroso día 20 de julio de 1990, fecha en que el observatorio astronómico Ramón María Aller superó, dentro de la ciudad de Santiago, el umbral de los 40 °C por tres décimas.

También la altitud está directamente relacionada con la velocidad que puede alcanzar el viento. Los 100 km/h suelen superarse casi todos los años y, ocasionalmente, no faltan valores del orden de 130 o incluso 150 km/h. El límite máximo registrado en esta zona lo marcan los 155 km/h registrados el 5 de febrero de 1972 en el aeropuerto. Nada nuevo, distinto al resto de Galicia, hay que añadir respecto a las direcciones dominantes ni a la época en que predomina cada una de ellas (figura 9.8.3). El viento sopla especialmente fuerte del SW en invierno, con medias de hasta 20 km/h. El porcentaje de calmas, máximo en los meses invernales, puede llegar al 15 %.

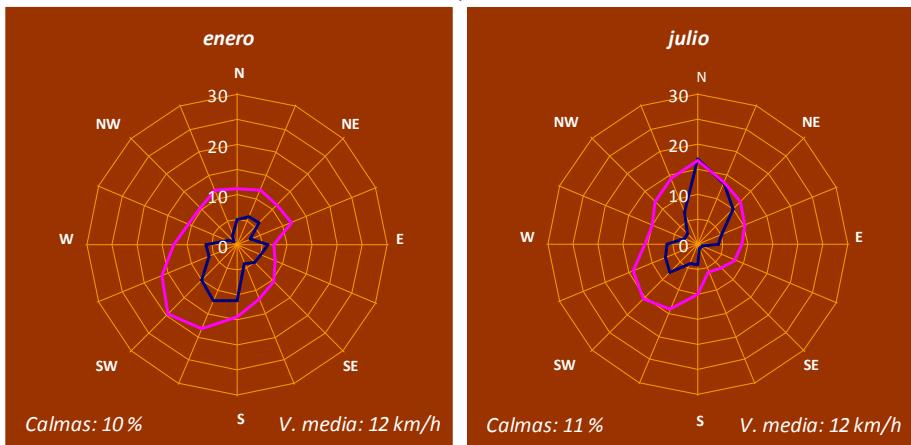
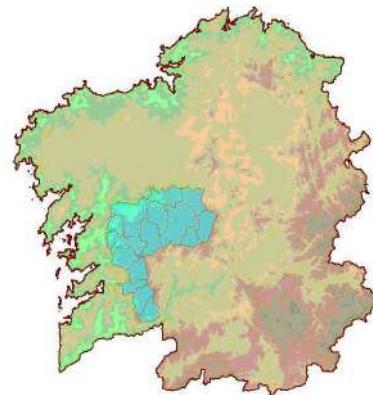


Figura 9.8.3. Rosas medias de viento del periodo 1991-2013 para la estación del aeropuerto de Santiago. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Tampoco pueden faltar aquí los vientos locales, que resultan en el caso del aeropuerto de Santiago algo más complejos que en otras estaciones. De día se observa un incremento de los vientos procedentes de las direcciones norte y suroeste, en tanto que en las horas nocturnas, la frecuencia de la dirección del viento aumenta para los rumbos este y sur. En el primer caso se trata claramente de vientos procedentes del mar que parecen llegar a Santiago procedentes o desde el litoral oeste o desde la costa norte coruñesa. Ambas se encuentran a una distancia similar del aeropuerto y será la distribución concreta de presiones en el entorno para un instante dado, la que favorezca la aparición de viento de una dirección o de otra. Lo mismo puede decirse respecto de los vientos locales nocturnos, que son aproximadamente opuestos a los diurnos y que representan viento que sopla desde tierra hacia el mar, de nuevo con dos direcciones posibles: hacia el litoral occidental o hacia el litoral norte. Este tipo de vientos, cuyo comportamiento se asimila a la brisa marina, está presente en buen número de observatorios gallegos y, como muestra el caso de Santiago, no únicamente en los que se hallan en la proximidad de la costa. El régimen de brisas, que podría, en principio, suponerse que afecta únicamente a puntos muy cercanos al litoral tiene su continuidad hacia el interior mediante un sistema de vientos que se manifiestan cuando el de origen sinóptico es débil y que se generan por el caldeamiento diurno o enfriamiento nocturno del interior de Galicia respecto de la temperatura más o menos constante del mar.



9.9. Interior de la provincia de Pontevedra

El carácter climático de esta zona, especialmente en su parte meridional, está marcado por un fuerte aumento de la altitud en un corto espacio de terreno. En distancias del orden de 20 km, con frecuencia menores, se pasa de altitudes de 300 metros a otras de alrededor de 1000.



Figura 9.9.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Fornelos de
Montes.
Período
1971-2000.

Se trata de una zona especialmente lluviosa, donde Fornelos de Montes (figura 9.9.1), a algo más de 300 metros de altitud, recoge 2700 mm al año. Las razones de estos grandes valores de precipitación resultan obvios: los vientos húmedos del suroeste penetran por las Rías Baixas, favorablemente orientadas, y se ven forzados a elevarse varios centenares de metros en un corto espacio de terreno, con lo que aumenta enormemente la condensación

y la precipitación. Se trata de una zona donde las cantidades resultan similares, si no mayores, que las que se alcanzan en el suroeste de A Coruña, en el entorno de los concellos de Rois y Dodro. En la comarca de Lalín, por el contrario, las precipitaciones son notablemente menores, hacia 1500 mm; este decrecimiento puede atribuirse tanto a un menor gradiente de la altitud como a una cierta sombra pluviométrica proyectada sobre el valle del Deza por las elevaciones orientales de cerca de 1000 metros del concello de Forcarei. En la Serra do Faro es de esperar un nuevo realce orográfico de la precipitación.

El número medio anual de días de lluvia oscila entre 140 y 150, aproximadamente los mismos que en las Rías Baixas. En invierno se registran unos 16 días de precipitación que en los meses centrales del verano apenas llegan a 6. En Fornelos se recoge en julio aproximadamente la séptima parte de precipitación que en enero y es una cantidad similar a la medida, por ejemplo, en Vigo; las diferencias provienen de los meses invernales, cuando Fornelos supera a Vigo en unos 100 mm al mes. Aunque el máximo absoluto de precipitación se registra durante el mes de diciembre, la gráfica de lluvia mensual de Fornelos muestra dos máximos secundarios bastante bien definidos, uno, que aparece más o menos definido en casi todas las estaciones gallegas, durante la primavera y otro mucho menos común a comienzos del otoño.

En cuanto a las cantidades máximas en 24 horas, con las reservas propias del hecho de que se trata de información procedente de estaciones colaboradoras y puede estar tomada en períodos que no correspondan exactamente a un día, podemos destacar los 200 mm medidos en Fornelos el 15 de octubre de 1987, en el mismo episodio en el que la estación del aeropuerto de Santiago registró el valor histórico de 218 mm. No es difícil encontrar días en los que las estaciones de estas comarcas alcanzan valores de más de 150 mm.

Dada la notable diferencia de altitud entre unos puntos y otros, es también muy diferente el número de días en que la precipitación tiene lugar en forma de nieve. Pongamos, como referencia en las zonas de mayor altitud, unos cinco al año. Las nieblas son abundantes, además de en las proximidades de los ríos, también en las comarcas más altas, donde los estratos están con frecuencia en contacto con el suelo, aunque en el valle próximo se observen a una cierta altura.

Se trata de un área relativamente fría, como consecuencia de su altitud, con mínimas medias invernales del orden de los 3 o 4 °C y el periodo habitual de heladas de noviembre a marzo. También conviene tener presente que la comarca de Lalín está desprotegida frente a los vientos fríos del norte por la orientación de la cuenca del río Deza, de modo que sus temperaturas no desentonan con las de las áreas montañosas circundantes aunque la altitud sea menor. Los registros mínimos obtenidos en esta zona se sitúan alrededor de los -7 °C. Por las mismas razones, altitud y exposición a los vientos de componente norte, las máximas de verano son menores que en las Rías Baixas y en el valle del Miño. Las máximas absolutas registradas se sitúan entre los 35 y 40 °C, sin que tengamos hasta el momento constancia de que se haya superado este umbral. En un mes extraordinariamente caluroso en la zona suroccidental de Galicia como fue julio de 2007, la estación de A Lama no rebasó los 37 °C.

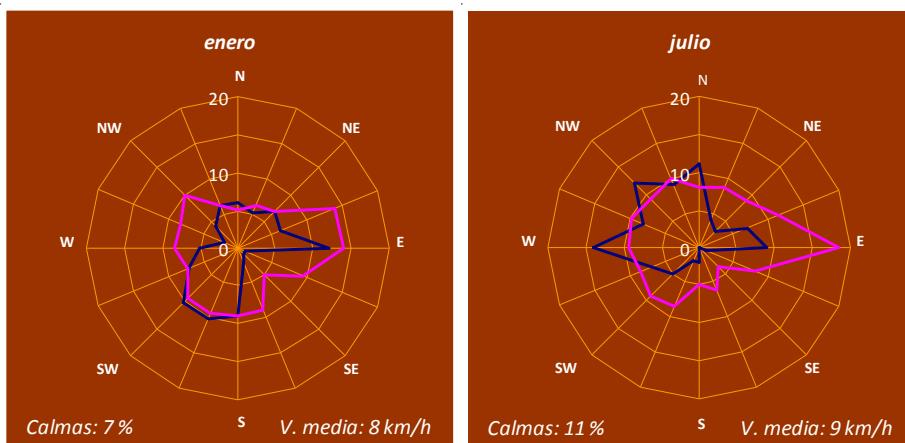


Figura 9.9.2. Rosas medias de viento del periodo 2008-2013 para la estación de A Lama. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

También la altitud es la responsable de los fuertes vientos que soplan en las montañas y en los lugares menos abrigados de la comarca del Deza. No obstante, salvo en las zonas más expuestas, rara vez se supera el umbral de los 100 km/h. La rosa de vientos de la estación de A Lama (figura 9.9.2) muestra, como es habitual, la configuración del terreno en el entorno del observatorio. Durante el invierno hay un claro predominio del suroeste y se observan también los vientos del nordeste que son comunes en toda

Galicia durante esta estación. Pero llama la atención en esta rosa el predominio del rumbo este, muy marcado también en verano, época en que se encuentra también una poco común abundancia de vientos del cuarto cuadrante. Si se analiza con más detalle el reparto de frecuencias a lo largo del día, se observa de nuevo el régimen de vientos que, adaptados a la topografía del entorno, soplan desde tierra hacia el mar en las horas nocturnas y en sentido inverso durante el día. Los vientos del noroeste aparecen casi exclusivamente durante el día y, en realidad, están presentes tanto en invierno como en verano, aunque en invierno la frecuencia del flujo del suroeste les impide destacar en la correspondiente rosa de los vientos. Se trata de vientos diurnos que soplan desde el mar hacia el interior.

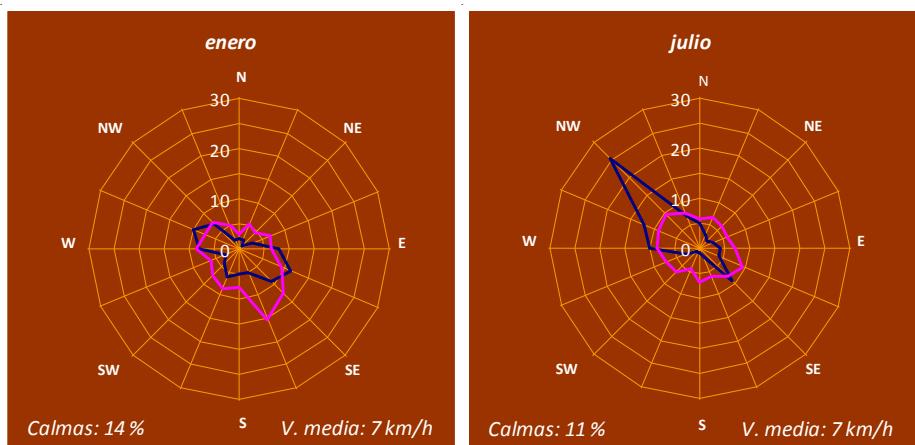
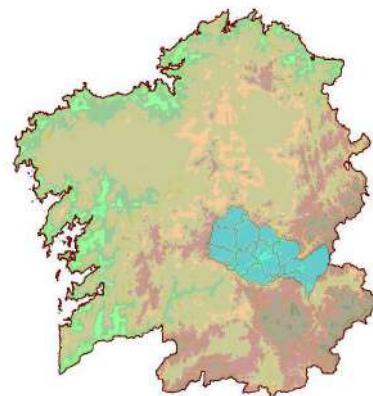


Figura 9.9.3. Rosas medias de viento del periodo 2009-2013 para la estación de Silleda. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Con más claridad vemos la importancia de los vientos locales de origen térmico en el caso de la estación de Silleda (figura 9.9.3). En primer lugar, se observa que las direcciones dominantes siguen la cuenca del río Deza. Si analizamos la rosa de vientos nocturna vemos un clarísimo predominio de la dirección este-sureste, de forma análoga a lo que ocurre en la correspondiente a enero, en tanto que en la diurna, como en julio, es el rumbo noroeste el dominante. Ambas direcciones vienen determinadas por el valle del Deza y son compatibles con los característicos vientos de valle, que soplan siguiendo el curso del río durante la noche y durante el día remontan el mismo.



9.10. La comarca de Monforte y el río Sil

Vamos a agrupar aquí, aproximadamente, todas las tierras pertenecientes a la provincia de Lugo, situadas al sur de Sarria y con altitudes inferiores a 1000 metros que podríamos denominar, aunque sea únicamente para entendernos aquí, como comarca de Monforte, así como los municipios de la provincia de Lugo que rodean al Sil desde su entrada en Galicia y que vamos a describir en este punto para no fragmentar excesivamente el mapa de Galicia y no hacer demasiado larga la exposición.

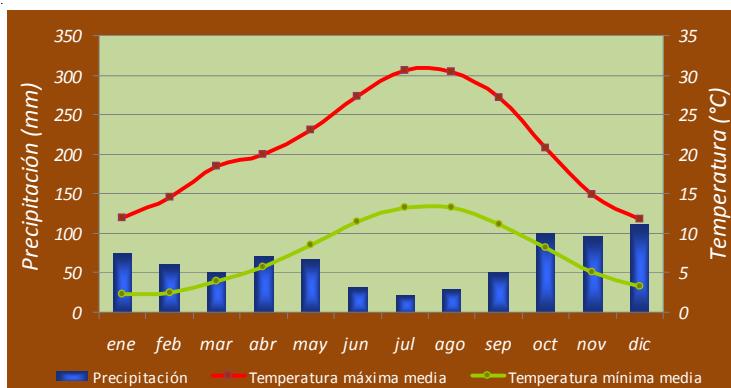


Figura 9.10.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Monforte.
Periodo
1971-2000.

La característica geográfica común de estas tierras puede resumirse en un rápido descenso de altitud desde los bordes de nuestra “comarca” hacia el centro de la misma, por donde discurre algún río de importancia como el Sil o el Cabe. Las tierras altas que bordean la zona en estudio no presentarán

un comportamiento climático muy distinto del referido para otras zonas de altitud similar; en este caso nos importa más bien la influencia que ejercen sobre el valle que rodean. Esta influencia puede resumirse en un abrigo orográfico para el viento, que también determina en parte la temperatura, así como en una zona de sombra pluviométrica para la precipitación.

Comencemos la descripción por esta última. La localidad de Monforte, situada en el centro del denominado Val de Lemos y a tan solo 363 metros de altitud, recibe cada año 775 mm (figura 9.10.1); en el mes más lluvioso, diciembre, apenas se superan los 100 mm. Algo menos de 900 se miden en el embalse de Sequeiros en el río Sil. Se trata, pues, de cantidades de lluvia escasas para lo que es normal en Galicia. Muy escasas si las comparamos con los cerca de 3000 mm anuales que se miden en los puntos más lluviosos de la Comunidad. El efecto de sombra pluviométrica que la dorsal central de Galicia ejerce sobre las comarcas situadas más al este se acentúa aquí especialmente por efecto de la baja altitud. El contraste entre las cantidades que hemos mencionado da idea de que, sobre unos rasgos comunes de clima atlántico, las diferentes zonas de Galicia presentan una notable variedad climática.

En verano, la precipitación media es del orden de 20 mm. Se aprecian en los valores mensuales de lluvia en Monforte dos máximos secundarios correspondientes a la primavera y el inicio del otoño. El número medio anual de días de lluvia puede cifrarse en, aproximadamente, 120. Son relativamente frecuentes las tormentas, de 10 a 15 días cada año, sobre todo a finales de la primavera y en el verano, provocadas por la inestabilidad asociada al fuerte calentamiento solar; ellas son las responsables de buena parte tanto de la precipitación anual como de las cantidades máximas en 24 horas, que solo muy ocasionalmente superan los 100 mm. Puede servir como ejemplo el valor de 105 mm medido en Monforte el 23 de agosto de 1997, aunque alguno de los escasos valores superiores a 100 mm lo encontramos en invierno, dentro de un mes extraordinariamente lluvioso como el de diciembre de 1978, cuando se midieron 112 mm en 24 horas, en concreto durante el día 7.

La nieve es un fenómeno muy raro salvo, naturalmente, en las zonas más altas del borde exterior de nuestra “comarca”. Un fenómeno destacado son las nieblas, favorecidas por los ríos y la ausencia de vientos importantes; resultan especialmente frecuentes en invierno, como consecuencia del

enfriamiento de la capa más baja de aire por la radiación nocturna. El número de días anuales de niebla en estas zonas se acerca a 100 y en los meses más propicios se suelen registrar durante unos 10 días por término medio. Pueden ser bastante persistentes, como en noviembre de 1981, cuando se contabilizaron 25 días con niebla.

Las temperaturas mínimas medias del invierno se sitúan alrededor de 2 °C (figura 9.10.1), lo que da idea de la frecuencia de las heladas, que pueden ser muy intensas y se prolongan de noviembre a abril. Los valores de temperaturas mínimas en estas comarcas pueden llegar a ser muy bajos, como en todo el interior de Galicia. Destacan, si tomamos de nuevo la estación de Monforte como referencia, los $-13,3^{\circ}\text{C}$ medidos el 25 de diciembre de 2001 después de un largo periodo anticiclónico en uno de los meses más fríos registrados en Galicia. Junto con estos inviernos en ocasiones muy fríos, lo que caracteriza las temperaturas de estas zonas son las máximas medias de verano que se sitúan alrededor de los 30 °C, de modo que los días calurosos son frecuentes y se alcanza casi todos los años la barrera de 40 °C. La estación de Monforte ha llegado en varias ocasiones a 43 °C.

El viento sopla con escasa fuerza en estas zonas, bien abrigadas por comarcas vecinas de altitud muy superior. Los porcentajes de calmas son altos, un

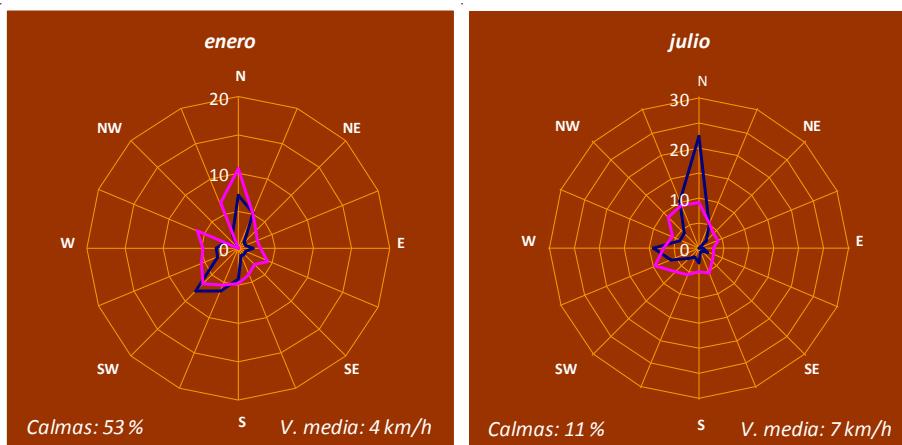
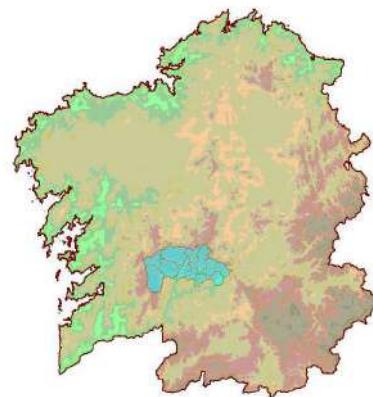


Figura 9.10.2. Rosas medias de viento del periodo 2008-2013 para la estación de Monforte. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

40 % en el conjunto del año, especialmente en los meses de invierno donde pueden superar el 50 %. Durante los meses de primavera y verano disminuye considerablemente el porcentaje de calmas, debido a la mayor relevancia que adquieren los fenómenos locales provocados por el calentamiento solar. En estas condiciones, la velocidad media anual no llega a 10 km/h y faltan por completo las rachas fuertes, que con dificultades alcanzan los 80 km/h, a veces asociadas a fenómenos tormentosos, más que al paso de los temporales invernales. Las direcciones dominantes van a estar determinadas por las condiciones del terreno, fundamentalmente por la orientación de la cuenca de los ríos, como puede apreciarse en las rosas de viento de Monforte (figura 9.10.2) en relación con el río Cabe. Aunque adaptados a la topografía del entorno, se observan los predominios de los vientos de componente norte en el verano y del tercer cuadrante en el invierno. En este último caso, la dirección norte mantiene una presencia significativa, que puede explicarse por el movimiento de aire frío que desciende a lo largo del río. Un detalle curioso son las calmas nocturnas, que alcanzan nada menos que una frecuencia del 76 %, es decir, en el conjunto del año, tres cuartas partes del tiempo el viento permanece en calma durante la noche. Durante las horas centrales del día, por el contrario, las calmas se han reducido a un 13 %.

9.11. Noroeste de la provincia de Ourense



Se han agrupado en esta comarca municipios con altitudes que oscilan entre los, aproximadamente, 400 metros de O Carballiño y los alrededor de 1000 metros que encontramos en el límite con la provincia de Pontevedra. Esta zona muestra unas características climáticas parecidas a las descritas para zonas de altitud similar del interior de la provincia de Pontevedra. Sin embargo, la influencia marítima se atenúa, por lo que son de esperar oscilaciones térmicas importantes y una disminución de la precipitación por un efecto de sombra pluviométrica provocado por las sierras que limitan las dos provincias.



Figura 9.11.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
O Carballiño-
Mesiego.
Periodo
1971-2000.

En efecto, vemos en el gráfico de precipitación y temperaturas extremas de O Carballiño (figura 9.11.1) precipitaciones importantes, superiores a

las que se registran a escasa distancia, en el valle del Miño, pero muy inferiores a las que, a una altitud similar se miden en la ladera oeste de las mencionadas sierras. El mes más lluvioso, diciembre, no llega a los 200 mm de media. Observamos también como aparecen dos máximos secundarios durante los meses de abril y octubre, especialmente marcado este último. La precipitación de los meses de verano es muy escasa y no llega, por término medio, a 25 mm. Del mismo modo que decíamos que estos registros son superiores a los que se miden al lado del Miño, también son muy inferiores a los de la estación de Beariz, situada a unos 1000 metros de altitud, donde la precipitación media anual supera los 2000 mm. Ocasionalmente se producen precipitaciones en forma de nieve; puede decirse que a 400 metros la nieve aparece 3 días por término medio cada año.

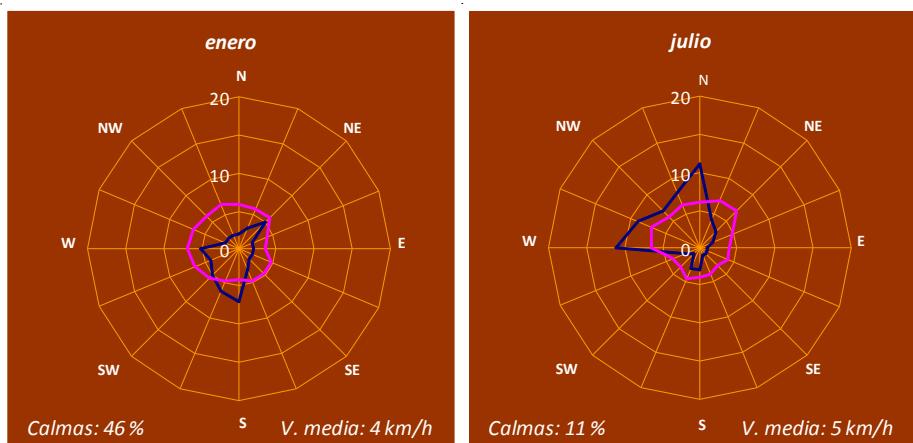


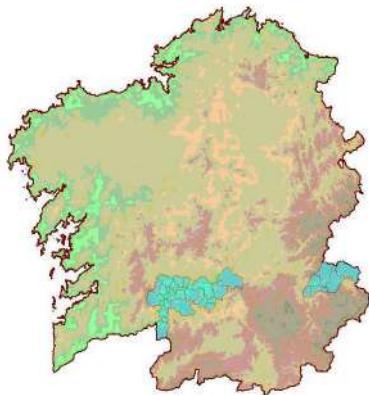
Figura 9.11.2. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de O Carballiño. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Las temperaturas mínimas medias, que como muestra la figura 9.11.1 apenas superan los 0 °C en O Carballiño durante los meses invernales, indican que las heladas son habituales en estas comarcas, tanto más abundantes cuanto mayor sea la altitud y agravadas por la ausencia de una influencia marítima suavizadora. Raro es el año en que no se registra algún episodio de heladas en las que el termómetro se acerca a los -10 °C. Del mismo modo, las temperaturas máximas medias del verano se sitúan entre los 25 y 30 °C y aunque

los valores extremos no alcancen los registros que se miden en las zonas de menor altitud de los valles del Miño y del Sil, no faltan valores cercanos a 40 °C. Si tomamos la estación de O Carballiño como referencia, este umbral se ha superado solo ocasionalmente y el registro más elevado corresponde a los 41 °C medidos en julio de 2006.

El abrigo que para la precipitación suponen la sierra de O Suido y los montes de O Testeiro se refleja también en el viento. Los porcentajes de calmas durante el invierno son muy elevados y resultan menos relevantes en verano por la presencia de vientos locales generados por la intensa insolación de estos meses y asociados a la situación geográfica de esta zona, entre las sierras que acabamos de mencionar y el valle del Miño. Puede observarse como la rosa de vientos del mes de julio en la estación de O Carballiño (figura 9.11.2) no corresponde en absoluto con el patrón medio asociado a Galicia y que se caracteriza por un predominio de vientos del primer cuadrante. En esta estación, en cambio, las mayores frecuencias corresponden al cuarto cuadrante, lo que sugiere el origen orográfico de los mismos. La rosa de enero sí puede, por el contrario, asociarse a los vientos del tercer cuadrante dominantes en esta época del año sobre Galicia, sin más modificaciones que la canalización de los mismos por el relieve local.

En los 20 años en los que se dispone de registros de viento en O Carballiño apenas se han superado los 80 km/h (el día 23 de enero de 2009 se midió una racha de 81 km/h), además, a diferencia de lo que ocurre en el valle del Miño, como veremos en el apartado 9.12, faltan rachas importantes en los meses de verano.



9.12. Miño de Ourense y Valdeorras

En este apartado agrupamos los municipios situados en la ribera del Miño ourensano junto con las tierras de la comarca de O Barco de Valdeorras. Ambos territorios comparten características climáticas destacadas, aunque también son de esperar diferencias por el distinto entorno geográfico de ambas. Los datos que aportemos procederán en su mayor parte del observatorio de Ourense puesto que dispone de una serie de observaciones más larga y completa, pero en buena medida pueden extenderse no solo a otros puntos próximos al curso del Miño en la provincia de Ourense, sino a las zonas de menor altitud cercanas al Sil.

Figura 9.12.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Ourense.
Periodo
1971-2000.



Como es natural, estas zonas interiores de baja altitud comparten también muchos rasgos climáticos con la comarca de Monforte que describíamos en

una sección anterior. En particular, la relativa escasez de lluvias. La precipitación en la ciudad de Ourense es de 800 mm anuales (figura 9.12.1), una cantidad muy similar a la que se recoge en la zona de Valdeorras. El mes de diciembre es el más lluvioso, con cantidades algo superiores a los 100 mm. Las mayores precipitaciones corresponden a los meses invernales. Se aprecia un leve aumento de la precipitación en los meses de abril y mayo, junto con otro máximo secundario en octubre. Durante el verano la lluvia es escasa, apenas llega a los 20 mm por término medio, en su mayor parte de origen convectivo. Las cantidades máximas en 24 horas no resultan especialmente relevantes si las comparamos con las de otras zonas de Galicia. Podríamos considerar que tienen un límite superior en unos 100 mm y aparecen asociadas frecuentemente a fenómenos tormentosos, como en el caso de los 96 mm que recogió el observatorio de Ourense el 21 de septiembre de 2002 (figuras 4.3.2 y 9.12.2).

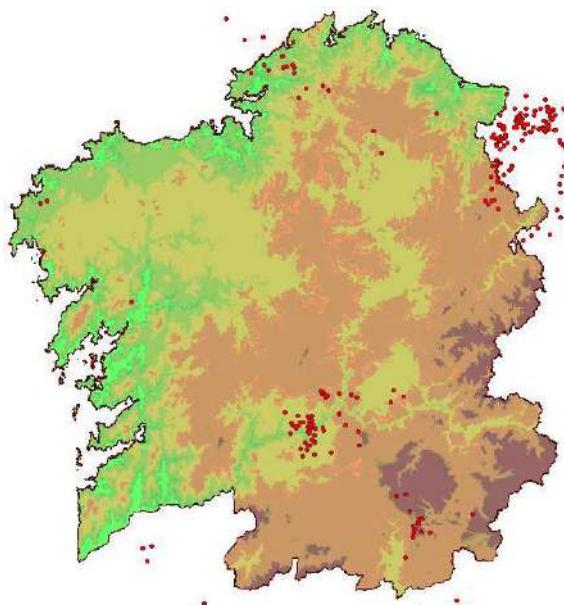


Figura 9.12.2. Mapa de descargas eléctricas acumuladas durante el 21 de septiembre de 2002. Obsérvese la concentración de rayos en el entorno de Ourense, donde se recogieron precipitaciones de más de 90 mm en apenas tres horas.

Las precipitaciones están presentes cada año durante unos 140 días. La nieve es un fenómeno muy raro y no tanto las precipitaciones en forma de granizo, en especial durante el verano. Hay unos 10 días de tormenta por año, con un máximo a finales de la primavera y comienzos del verano. Las nieblas

responden claramente al patrón de nieblas de irradiación con el consiguiente máximo invernal; por término medio están presentes anualmente, en especial en las proximidades de los ríos, durante alrededor de 75 días.

Hallamos temperaturas máximas medias muy cercanas a 30 °C durante los dos meses centrales del verano, con valores puntuales tan importantes como los 42,6 °C medidos por el observatorio de Ourense en el caluroso mes de julio de 1990 y que ya hemos comentado en el apartado relativo a las temperaturas por tratarse del máximo histórico registrado en Galicia por un observatorio principal. Estamos en una de las zonas más calurosas de Galicia, donde no es infrecuente que se registren las máximas de toda la península ibérica. La baja altitud, la configuración del entorno, que favorece el estancamiento de una masa de aire recalentada día tras día y la lejanía del efecto moderador del mar justifican los elevados valores que se registran. En el observatorio de Ourense se supera el umbral de los 40 °C el 30 % de los veranos. Esta zona de temperaturas elevadas se prolonga hacia la desembocadura del Miño, hasta que la cercanía del mar limita el calentamiento del aire, y, siguiendo los cursos del Miño y del Sil, hasta el sur de la provincia de Lugo y hasta el límite con la de León, respectivamente. En particular, los valores de temperatura que hemos mencionado para Ourense podrían aplicarse con apenas variaciones de algunas décimas para O Barco de Valdeorras y por las mismas razones geográficas que justifican aquellas.

Existen otras zonas menos extensas donde también resultan muy calurosos los veranos, como en el valle de Verín, donde unas características topográficas parecidas se traducen en máximas comparables a las que registra Ourense, si bien la mayor altitud da lugar a unas mínimas invernales menos suaves, que pueden llegar a descender por debajo de los –10 °C ocasionalmente. En cambio, las mínimas invernales en el entorno de Ourense y de O Barco rara vez bajan de –5 °C, aunque no faltan jornadas tan frías como la del 25 de diciembre de 2001 cuando el observatorio de la capital registró una mínima de –8,6 °C. A pesar de que las máximas diurnas suelen ser muy altas durante el verano, las mínimas rara vez superan el umbral de los 20 °C. Si bien, por ejemplo, en el caluroso julio de 1990 se contabilizaron cuatro días con mínimas por encima de este umbral, lo mismo ocurrió en el aeropuerto de Vigo. De hecho, el promedio de mínimas de más de 20 °C es ligeramente superior en el litoral de Pontevedra. Digamos por último que la mínima más alta registrada por el observatorio de Ourense hasta el momento tuvo lugar el 22 de agosto de 1980 y fue de 23,2 °C.

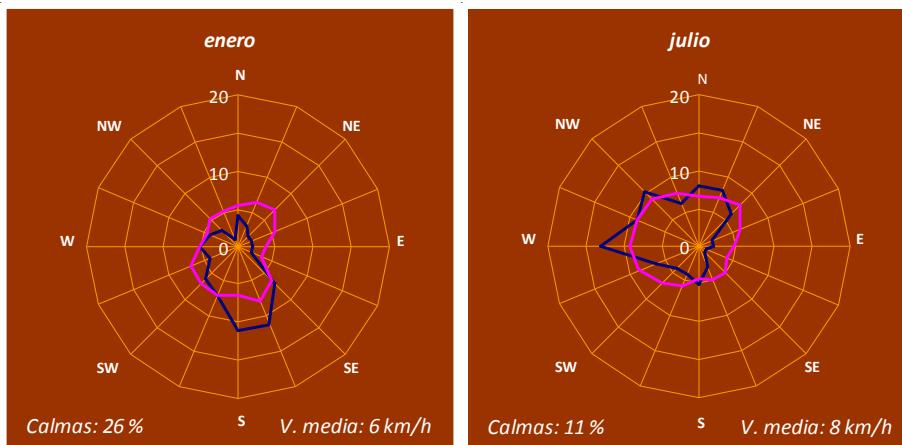
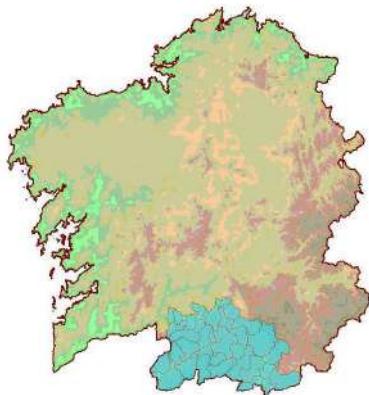


Figura 9.12.3. Rosas medias de viento del periodo 1991-2013 para la estación de Ourense. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Estas comarcas se encuentran muy abrigadas de los vientos de origen siñóptico, de modo que los vientos locales generados por el relieve o asociados a las habituales tormentas de verano juegan un papel relevante. Como consecuencia de ello, faltan rachas importantes: en los registros de este parámetro existentes en Ourense nunca se han superado los 90 km/h, valor alcanzado el 25 de febrero de 1989. Otra característica relevante es el número elevado de calmas que se observan (figura 9.12.3). El máximo porcentaje corresponde a noviembre y es mayo el mes en que el viento, dentro del predominio general de aquellas, presenta una mayor actividad. En el caso de la capital, las direcciones dominantes están en parte determinadas por la orientación de la cuenca del Miño, aunque una proporción significativa de la distribución de las frecuencias entre los distintos rumbos hay que atribuirlo más bien a la generación de vientos locales. En particular, a esta causa se debe la importante frecuencia de vientos del cuarto cuadrante que puede verse en la rosa de julio de Ourense. Probablemente estos vientos están inducidos por el conjunto formado por las sierras orientales de Ourense y el cañón del Sil.



9.13. Suroeste de la provincia de Ourense

Abarca las tierras situadas al sur de Allariz y coincide aproximadamente con las cuencas de los ríos Limia y Támega. La mayor parte de esta comarca se encuentra por encima de los 600 metros de altitud; no se superan los 1000 metros salvo en las sierras que delimitan la frontera con Portugal y solo se desciende por debajo de los 600 en los valles de los ríos mencionados. Estas dos excepciones determinan los únicos accidentes relevantes en una comarca con una orografía poco compleja en comparación con otras.

Figura 9.13.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Allariz.
Periodo
1971-2000.



El aislamiento de un mar relativamente lejano y la notable altitud van a determinar un clima de claros rasgos continentales que se manifiestan, por ejemplo, en unas temperaturas mínimas medias en invierno muy bajas, en ocasiones negativas (figura 9.13.1). Las heladas son persistentes e intensas

durante el invierno y se mantienen con mayor o menor frecuencia de octubre a mayo. En el entorno de Xinzo se miden ocasionalmente mínimas invernales del orden de los -15°C . Hay, pues, un notable contraste con los veranos, en los que las máximas medias llegan a 28°C , no tan altas como las que se registran en Monforte o en Ourense, pero también importantes. Son frecuentes los días en que las máximas superan los 30 o incluso 35°C . Más raro es superar el umbral de 40°C , aunque la estación de Xinzo alcanzó los 42°C el 20 de julio de 1990. Las temperaturas resultan notablemente más benignas en invierno en las zonas de menor altitud de los valles del Támega y el Limia, especialmente en el primero, muy protegido de los vientos del norte y del nordeste; sin embargo, la menor altitud que suaviza los inviernos provoca también unas temperaturas muy calurosas en verano, comparables a las que registra Ourense.

El número de días de precipitación anual se sitúa alrededor de los 120, unos 14 en los meses de invierno y tan solo cuatro o cinco de media en julio, de modo que el contraste entre el invierno y el verano es notable. Las cantidades de precipitación total anual se sitúan alrededor de los 900 mm. Los meses de invierno dejan algo más de 100 mm y acostumbra a ser diciembre el más lluvioso del año. Por el contrario, es el mes de julio el más seco con apenas 20 mm de precipitación media. En comparación con otras comarcas gallegas, no suele haber cantidades importantes de lluvia en períodos de tiempo del orden de un día. El valor más alto registrado por la estación de Xinzo en 24 horas fue de 118 mm y no tuvo lugar durante los meses invernales, cuando días excepcionalmente lluviosos apenas superan los 75 mm, sino que ocurrió en pleno verano: el 5 de agosto de 1959. Es decir, que en esta zona las precipitaciones de tipo convectivo desencadenadas en verano por el fuerte calentamiento solar pueden generar precipitaciones muy intensas, como, de hecho, ocurre en todo el interior de la Comunidad. Las tormentas en esta zona, como veíamos al hablar de la distribución de las mismas en Galicia en las distintas estaciones del año, son más frecuentes en la primavera y el verano. En concreto presentan un máximo en los meses de mayo y junio, con alrededor de 3 días de tormenta por término medio en cada uno de ellos. Como caso extremo, merece la pena mencionar que la estación de Xinzo registró 15 días con tormenta en el mes de julio de 1983.

La nieve aparece con alguna frecuencia, especialmente por encima de los 600 metros, donde puede nevar unos 4 días al año. Otro fenómeno habitual son las nieblas y puede estimarse en unos 100 el número de días en que

están presentes. Aunque pudiera pensarse que predominan las nieblas de irradación y que resultan especialmente numerosas durante los meses invernales, lo cierto es que el reparto a lo largo del año es bastante uniforme con un máximo poco marcado a finales del verano y comienzos del otoño.

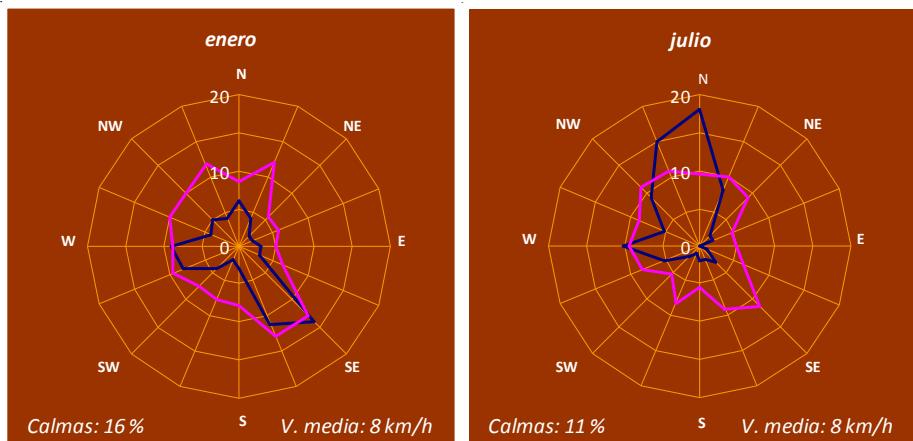
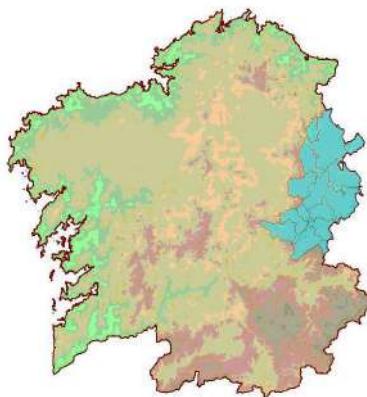


Figura 9.13.2. Rosas medias de viento del periodo 2001-2013 para la estación de Xinzo de Limia. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Se registran vientos de cierta relevancia únicamente durante la mitad invernal del año, salvo alguna racha ocasional asociada a tormentas veraniegas. El valor más alto registrado en Xinzo se midió el día 27 de febrero de 2010 y alcanzó los 98 km/h. El porcentaje de calmas es similar en invierno y en verano, del orden del 15 % del tiempo. En invierno se aprecia un importante porcentaje de vientos procedentes del tercer cuadrante, como cabía esperar. Menos explicable, en principio, resulta la considerable frecuencia de los vientos del sureste, que constituyen la dirección dominante en Xinzo en esta época del año. Estos vientos no están presentes en la rosa de julio y, por otro lado, si se realiza un estudio por horas, se observa que durante el invierno aparecen a cualquier hora del día. No parece, por tanto, que se trate de vientos de origen local. Podría decirse más bien que tanto los de componente oeste como los procedentes del sureste son el resultado de diferentes canalizaciones por la topografía del entorno de Xinzo de vientos

invernales de componente sur. Durante el verano sí se observan diferencias entre las rosas nocturnas y diurnas de viento. Por el día predomina la componente norte, en tanto que por la noche se observa una mayor frecuencia del suroeste. Esta disposición puede justificarse como un sistema de vientos de montaña inducidos por la Serra de Xurés y modificado por la topografía del entorno del observatorio. Por el contrario, los vientos locales inducidos por la vertiente occidental de la sierra de Queixa no parecen afectar a Xinzo, tal vez desviados por los valles del Támega y el Arnoia.

Una característica destacable de esta comarca y, en general, de toda la provincia de Ourense son los frecuentes y extensos períodos secos que se producen. No es, como ya hemos dicho, una zona de precipitaciones medias especialmente abundantes; sus medias normales son un poco menores que las que se miden, por ejemplo, en el interior de la provincia de Lugo. Sin embargo, la irregularidad con que se registran las precipitaciones es mucho mayor. Hasta 69 meses con precipitaciones de menos de 10 mm se contabilizan en Allariz entre 1960 y 2012. En 16 de ellos ni siquiera se ha llegado a medir 1 mm. Como es natural, la mayor parte de los casos corresponden a los meses de verano, pero también ocurre en otros meses del año. En números redondos, el observatorio del aeródromo de Rozas ha registrado en un periodo análogo la mitad de meses con precipitación de menos de 10 mm y apenas se encuentran 3 meses en los que la lluvia no llegó a 1 mm. La comparación es especialmente significativa si se tiene en cuenta que la precipitación media anual en Rozas es solo un 10 % superior a la que se registra en Allariz. La escasez de precipitaciones en verano, su distribución irregular, con períodos secos frecuentes y en ocasiones prolongados, así como las oscilaciones térmicas importantes, nos indican que estamos en una zona donde el clima atlántico característico de Galicia evoluciona, a medida que nos desplazamos hacia el sureste, a variedades climáticas de transición hacia los climas de rasgos continentales que dominan en la meseta. La altitud relativamente elevada, la lejanía al mar, la presencia de barreras montañosas que suponen un freno a las precipitaciones que llegan por el oeste, la latitud que impide que en verano lleguen hasta aquí los frentes poco activos que regularmente barren el extremo norte de Galicia, son factores que explican la aparición de un clima mucho más extremo que el que se registra en las provincias atlánticas o en el norte de la de Lugo.



9.14. Sierras orientales de Lugo

La característica geográfica fundamental es, obviamente, la altitud. Con la excepción de algunos valles encajados entre las montañas, la altitud de todo este territorio está por encima de los 600 metros y tiene el valor de 1500 metros como límite superior.

Figura 9.14.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Pedrafita.
Periodo
1971-2000.



La primera consecuencia del aumento de la altitud del terreno es un incremento de las precipitaciones respecto del resto de la provincia de Lugo. Así por ejemplo, en Seoane do Caurel, a unos 650 metros, se recogen ya 1500 mm al año y nada menos que 2000 en Pedrafita (figura 9.14.1), a 1300 metros de altitud. El periodo más lluvioso abarca de octubre a febrero, con valores totales mensuales de unos 200 mm, un máximo absoluto en el mes de diciembre y otro secundario en abril. En los dos meses centrales del verano,

la lluvia se sitúa alrededor de los 50 mm. Las cantidades máximas en 24 horas son importantes, estén asociadas al paso de sistemas frontales en invierno o a las frecuentes tormentas del verano. Se han llegado a medir en Pedrafita, el 1 de diciembre de 1978, 174 mm. El valle de algunos ríos, como el del Navia, quedan incluidos en una zona de sombra pluviométrica sea cual sea la dirección de donde proceden los vientos que acompañan a las precipitaciones.

A estas altitudes buena parte de la precipitación tiene lugar en forma de nieve. De los 140 días al año en que, aproximadamente, se registra algún tipo de precipitación podemos estimar en unos 25 aquellos en que se producen nevadas a altitudes del orden de 1000 metros. Las tormentas son muy frecuentes entre mayo y septiembre, especialmente durante el final de la primavera y, en cambio, están prácticamente ausentes durante el resto del año. Este fenómeno, también favorecido por la altitud, se observa de 15 a 20 días cada año, por término medio.

Otra consecuencia importante de la altitud es el descenso de temperatura que provoca, en general, en relación con las comarcas cercanas más bajas. Las medias apenas superan los 0 °C durante enero y febrero en las estaciones situadas a unos 1000 metros de altitud; las medias mínimas son, por tanto, negativas. Las mínimas absolutas parecen tener como límite inferior el umbral de -10 °C y no siempre son más bajas que las que se registran en zonas próximas de menor altitud, donde la capa de aire situada por debajo de la inversión de tierra puede llegar a enfriarse considerablemente más. También las máximas que se alcanzan en verano, del orden de 24 °C de media en agosto, son apreciablemente menores que las de comarcas cercanas de menor altitud, aunque muy similares a las de la zona costera del norte de la provincia, donde la frecuencia de vientos del primer cuadrante en esta época del año impide que los termómetros alcancen valores más altos. Las máximas absolutas parecen tener como límite máximo los 35 °C.

Las velocidades del viento en esta zona son muy variables como consecuencia de la complicada orografía. Otro tanto puede decirse de las direcciones dominantes, pues la orientación del relieve determina en buena medida el aspecto que en cada uno de sus puntos presenta la rosa de vientos. En las zonas de mayor altitud, libres de cualquier tipo de abrigo, el viento suele ser intenso independientemente de la dirección de la que provenga. Por el contrario, en los estrechos valles de los ríos que cruzan

estas montañas, solo las direcciones alineadas con la cuenca generan velocidades significativas; además, el régimen de frecuencias está determinado en gran medida por la presencia de vientos locales.

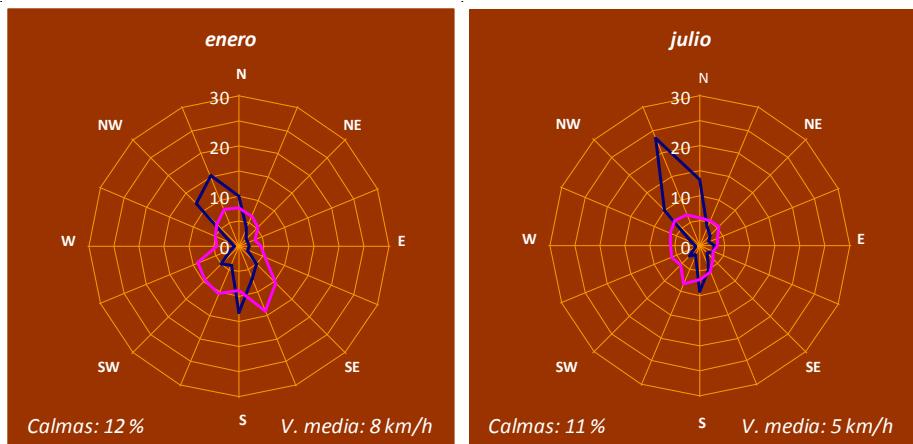


Figura 9.14.2. Rosas medias de viento del periodo 2009-2013 para la estación de Cervantes. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

Las rachas máximas registradas hasta el momento por las estaciones de AEMET en la zona alcanzan valores próximos a los 100 km/h, aunque como queda dicho, las diferencias en función de la orografía pueden ser notables y además la longitud de los registros de este parámetro resulta aún escasa. Las direcciones dominantes en la estación de Cervantes (figura 9.14.2) son claramente el nornoroeste y el sur, esta última más presente en invierno que en verano. Las calmas se sitúan alrededor del 12 %.

Como ejemplo de los contrastes, existentes en cualquier comarca pero especialmente marcados aquí, puede servir la estación de Becerréa (figura 9.14.3).

Las direcciones dominantes han rotado en esta última estación cerca de 90 grados, hasta situarse alrededor del eje este-oeste, a la vez que el porcentaje de calmas se ha reducido considerablemente en invierno, hasta el 5 %. Además de las perturbaciones que el relieve causa directamente sobre el flujo, son los vientos locales provocados por el diferente calentamiento

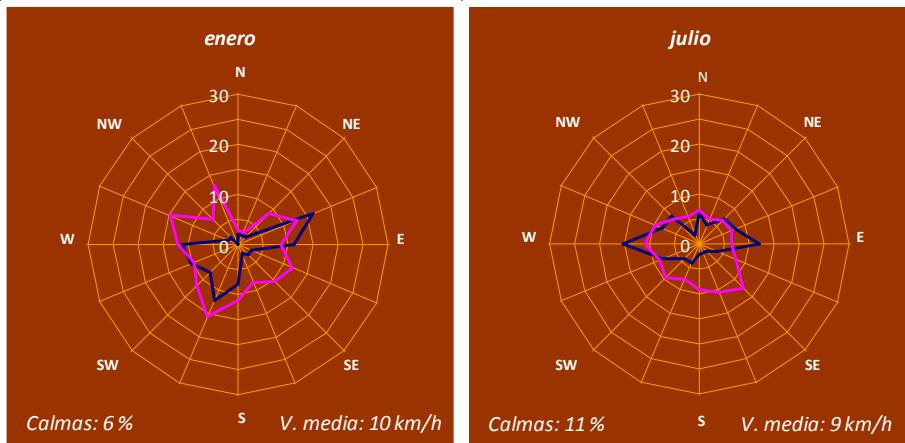
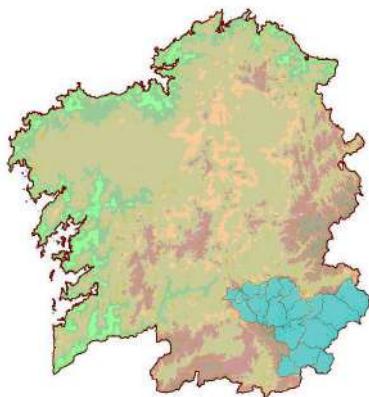


Figura 9.14.3. Rosas medias de viento del periodo 2008-2013 para la estación de Becerreá. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

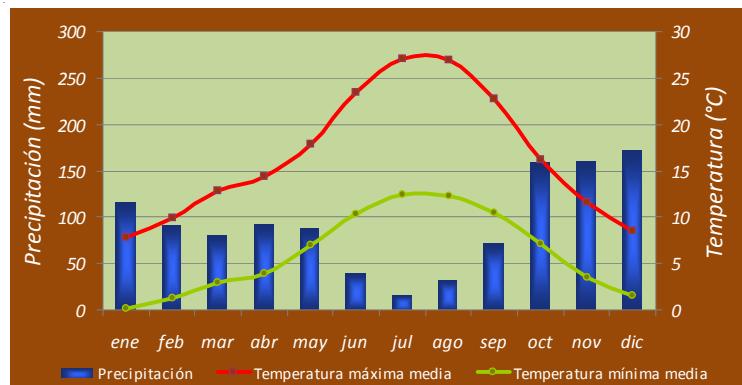
solar en zonas relativamente próximas, los responsables de la diferente configuración de las rosas de ambas estaciones. Una forma de detectar la presencia de estos vientos es, como venimos haciendo, analizar las diferencias entre las rosas diurnas y nocturnas. En el caso de Becerreá, durante las horas diurnas la componente oeste es mayoritaria, igual que en la rosa correspondiente al mes de julio, mientras que por la noche es el este la dirección dominante, como ocurre con la de enero. En el caso de Cervantes, también la rosa nocturna es similar a la invernal y la diurna a la correspondiente al mes de julio. Además, el régimen habitual de vientos del primer y del tercer cuadrante, originado por la alternancia en el entorno de Galicia de áreas de altas y bajas presiones, fácilmente detectable en los registros de viento de la mayor parte de los observatorios, aparece aquí completamente enmascarado por la influencia de los factores locales.



9.15. Sierras orientales de Ourense

Esta comarca está constituida por las áreas montañosas organizadas alrededor de las sierras de Queixa y O Eixe. En la primera de ellas se alcanzan altitudes cercanas a los 1800 metros, en tanto que en la segunda se superan los 2000. En medio, a una altitud del orden de 700 metros, quedan los valles de los ríos Navea, Bibei y Xares.

Figura 9.15.1.
Valores medios
mensuales de
precipitación y
temperaturas
extremas en la
estación de
Mesón de
Erosa. Período
1971-2000.



En relación con las comarcas próximas, la mayor altitud se traduce, en general, en unas mayores precipitaciones y la irregularidad del terreno se refleja en una compleja distribución espacial de las mismas. Mientras en Cabeza de Manzaneda se recogen más de 2300 mm al año y unos 1800 en Xunqueira de Espadañedo, en San Xoan do Río apenas se superan los 1000 y en Viana do Bolo no se llega a 950. La disposición de las montañas actúa

reforzando la precipitación en una vertiente y generando una zona de sombra pluviométrica en la opuesta. Como consecuencia de ello, en un corto espacio de terreno tenemos algunas de las zonas más lluviosas de Galicia junto con alguna de las áreas que menor precipitación reciben. Los meses más lluviosos (figura 9.15.1) son, en cualquier caso, los invernales, con un máximo secundario en la primavera y otro, menos marcado, a comienzos del otoño.

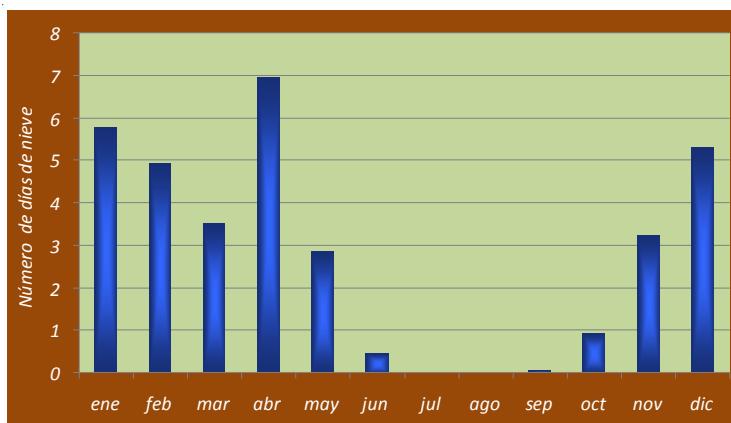


Figura 9.15.2.
Número
mensual medio
de días de nieve
registrados por
la estación de
Manzaneda en
el periodo
1983-2000.

El contraste que acabamos de mostrar en las cantidades totales no es tan evidente en los días de precipitación, que pueden estimarse en unos 120 al año. La nieve (figura 9.15.2) es frecuente entre diciembre y marzo, tanto más cuanto mayor sea la altitud; como orden de magnitud podemos fijar en unos 30 el número de días en que nieva cada año a una altitud de 1200 o 1300 metros. Las tormentas son muy abundantes durante la primavera y el verano, en tanto que están prácticamente ausentes en otoño e invierno. El máximo anual se registra a finales de la primavera. De hecho, aquí se localiza uno de los máximos de actividad tormentosa en Galicia, aunque la frecuencia con que se registran en esta comarca es un poco menor que la que se observa en las sierras orientales de Lugo. En ambos casos, la altitud es la característica geográfica que favorece el desarrollo de nubes convectivas. Estas precipitaciones pueden ser localmente muy intensas, de modo que los máximos de precipitación en 24 horas no tienen por qué estar localizados en los meses invernales. En el caso de la estación de Manzaneda, si bien el máximo absoluto se midió durante los fuertes temporales de octubre de 1987 (185 mm

el 15 de octubre de 1987), se encuentran valores que superan ampliamente el umbral de 100 mm en verano, como los 119 mm medidos el 20 de julio de 1988. A altitudes menores las precipitaciones máximas en 24 horas son, en general, más modestas, pero mantienen la característica de ser bastante uniformes en los distintos meses del año. Como es previsible, los valores máximos medidos en períodos más cortos de tiempo se localizan en la época de mayor actividad tormentosa y, tomando el periodo de diez minutos como referencia, se sitúan en valores de entre 10 y 15 mm.

Con abundantes matices, puede decirse que las temperaturas mínimas medias de invierno oscilan entre los $-2,2^{\circ}\text{C}$ que, a 1500 metros, se miden en Manzaneda y los $1,2^{\circ}\text{C}$ de Castrocaldelas, a 800 metros sobre el nivel del mar. Son temperaturas frías con intensas y frecuentes heladas. En las zonas más altas, el termómetro puede bajar de cero grados en casi cualquier época del año, aunque sea solo unas décimas. A menores altitudes las heladas se extienden de octubre a abril. Los valores mínimos que pueden llegar a alcanzarse se sitúan entre los -10 y -15°C , sin que la mayor o menor altitud dentro de la comarca parezca un factor relevante en este aspecto. Durante el verano, la altitud interviene suavizando las máximas medias, que no llegan a 20°C en Manzaneda y se sitúan sobre 25°C en Castrocaldelas. Este último lugar se encuentra apenas a 5 km del Sil, donde las máximas medias de verano llegan a 30°C . La compleja orografía de la zona se manifiesta no solo en el régimen pluviométrico, también en el térmico. En cuanto a los extremos de temperatura máxima, en las zonas más altas el límite en los días más calurosos parece estar en los 35°C , mientras que en zonas más bajas y bien expuestas a la insolación los termómetros pueden aproximarse a los 40°C . Como ejemplo puede servir la estación de Mesón de Erosa, que en una serie que arranca en 1988 registró su temperatura máxima el 3 de agosto de 1990, con un valor de 38°C .

En una zona de relieve tan complejo como la que estamos analizando, resulta difícil encontrar una estación cuyos datos de viento puedan ser representativos de toda la comarca. La serie más larga de viento disponible en la zona es la de la estación de Pobra de Trives (figura 9.15.3), que inició sus registros de viento en 1994. Situada a unos 750 metros de altitud y protegida por el S y SW por la Serra de Queixa, presenta como dirección dominante el arco comprendido entre el WSW y el NW, de donde proceden el 57 % de las observaciones, otro 10 % son calmas, en tanto que otro 20 % tiene componente este y se trata de un viento que llega hasta Trives siguiendo el curso

del Sil. El predominio del tercer y cuarto cuadrantes es notable en todas las épocas del año y, en contra de la norma general, el primer cuadrante es especialmente poco relevante durante el verano. Los vientos locales generados alrededor del valle del Sil son los responsables de este extraño comportamiento y ya los describimos con cierto detalle en el apartado dedicado a los regímenes locales de este parámetro climático. La variabilidad de las características del viento en los diferentes puntos no afecta únicamente a las direcciones, también las velocidades van a estar afectadas por las condiciones locales.

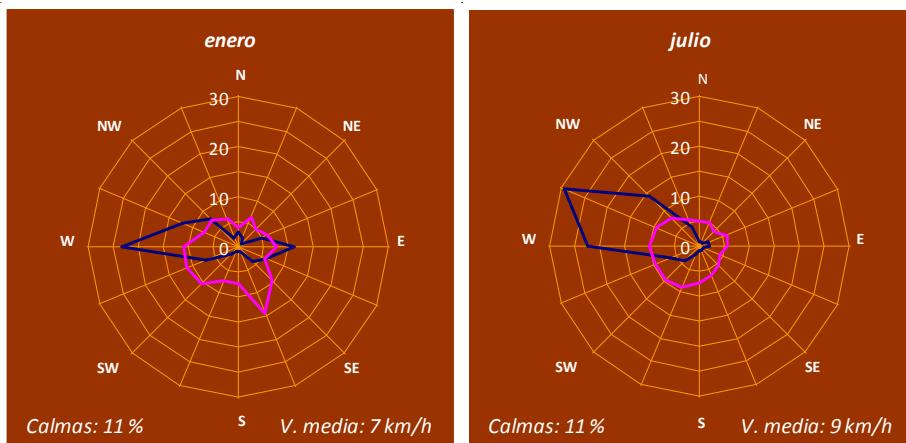


Figura 9.15.3. Rosas medias de viento del periodo 1994-2013 para la estación de Puebla de Trives. La línea azul representa frecuencias (%); la línea rosa corresponde a las velocidades (km/h). La escala del eje N es válida para ambas magnitudes.

La velocidad máxima registrada por la estación de Trives apenas supera los 100 km/h: 103 km/h el 8 de diciembre de 2006 y el 3 de octubre de 2010. Los valores notablemente más altos que se miden en zonas más elevadas y más desprotegidas de la acción del viento son en realidad poco representativos del conjunto de la comarca. Por otro lado, las tormentas, tan frecuentes durante la primavera y el verano, pueden dejar localmente valores importantes de rachas de viento.

10. BIBLIOGRAFÍA

- AEMET (2012). Guía resumida del clima en España 1981-2010. Publicaciones en línea de la Agencia Estatal de Meteorología.
- AEMET, IMP (2011). *Atlas climático ibérico*. Agencia Estatal de Meteorología. Instituto de Meteorología de Portugal.
- AGUILAR, E., I. AUER, M. BRUNET (2003). Guidelines on Climate Metadata and Homogenization. WCDMP-53.
- ALLEN, R., L. PEREIRA, D. RAES, M. SMITH (2006). *Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje*.
- ALMARZA, C., J. A. LÓPEZ (1995). Las temperaturas máximas absolutas en zonas costeras. El caso de La Coruña. *Situaciones de riesgo climático en España: trabajos presentados a la II Reunión del Grupo de Climatología de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 153-162.
- ALMARZA, C., J. A. LÓPEZ, C. FLORES (1996). *Homogeneidad y variabilidad de los registros históricos de precipitación de España*. Ministerio de Medio Ambiente, Instituto Nacional de Meteorología.
- BRUNET, M., J. ASIN, J. SIGRÓ, M. BAÑÓN, F. GARCÍA, E. AGUILAR, ... P. JONES (2011). The minimization of the screen bias from ancient Western Mediterranean air temperature records: an exploratory statistical analysis. *International Journal of Climatology*, 31(12), 1879-1895. doi: 10.1002/joc.2192
- CARBALLEIRA, A. (1983). *Bioclimatología de Galicia*. Fundación Barrié de la Maza.
- CORTIZAS, A., A. ALBERTI (coords.) (1999). *Atlas climático de Galicia*. Xunta de Galicia.
- DÍAZ-FIERROS, F. (coord.) (2008). *Historia da meteoroloxía e da climatoloxía de Galicia*. Consello da Cultura Galega.
- ELÍAS, F., F. CASTELLVI (1996). *Agrometeorología*. Ediciones Mundi-Prensa. Capítulo 8: Temperatura.

- FONT, I. (1988). Historia del clima de España. Cambios climáticos y sus causas. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid, págs. 162-166.
- FONT, I. (1984). *Atlas de la Radiación Solar en España*. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones, Instituto Nacional de Meteorología.
- GAFFEN, D., M. SARGENT (2000). Sensitivity of tropospheric and stratospheric temperature trends to radiosonde data quality. *Journal of climate*. 1776-1796.
- GARCÍA-PERTIERRA, M., M. PALLARÉS (1991). *Atlas de plantas y aves para observaciones fenológicas*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Instituto Nacional de Meteorología.
- GUIJARRO, J. A. (2002). Influencia de la intensidad de la precipitación en las medidas de los pluviómetros de balancín en las Islas Baleares. *Revista de Climatología*, 2, 15-20.
- INM (1995a). *Guía resumida del clima en España (1961-1990)*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Meteorología.
- INM (1995b). *Valores normales y estadístico de estaciones principales (1961-1990): Observatorio meteorológico de Vigo “Aeropuerto de Peinador”*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Meteorología. Publicación K-81.
- INM (1995c). *Valores normales y estadísticos de estaciones principales (1961-1990): Observatorio Meteorológico de La Coruña “Estación Completa”*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Meteorología. Publicación K-68.
- INM (1996). *Valores normales y estadísticos de estaciones principales (1961-1990): Observatorio meteorológico de Santiago de Compostela “Aeropuerto de Labacolla”*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Instituto Nacional de Meteorología. Publicación K-88.

- INM (1998). *Las precipitaciones máximas en 24 horas y sus períodos de retorno en España: un estudio por regiones. Galicia. Volumen 1.* Ministerio de Medio Ambiente.
- INM (2000). *Valores normales de precipitación y temperatura de la red climatológica.* Ministerio de Medio Ambiente, Instituto Nacional de Meteorología.
- INM (2001). *Guía resumida del clima en España (1971-2000).* Ministerio de Medio Ambiente, Instituto Nacional de Meteorología.
- INM (2002). *Valores normales y estadísticos de observatorios meteorológicos principales (1971-2000). Volumen 1, Galicia, Asturias, Cantabria y País Vasco.* Serie Estadísticas (Ministerio de Medio Ambiente). Serie A (Instituto Nacional de Meteorología).
- JANSÁ, J. M. (1969). *Curso de climatología.* Ministerio del Aire. Instituto Nacional de Meteorología. Capítulo XIII: La presión.
- JATO, V., F. J. RODRÍGUEZ-RAJO, J. MÉNDEZ, M. J. AIRA (2002). Phenological behaviour of *Quercus* in Ourense (NW Spain) and its relationship with the atmospheric pollen season. *International journal of biometeorology*, 46(4), 176-84. doi: 10.1007/s00484-002-0132-4
- LANZANTE, J., S. KLEIN, D. SEIDEL (2003a). Temporal homogenization of monthly radiosonde temperature data. Part I: Methodology. *Journal of Climate*, 224-240.
- LANZANTE, J., S. KLEIN, D. SEIDEL (2003b). Temporal homogenization of monthly radiosonde temperature data. Part II: Trends, sensitivities, and MSU comparison. *Journal of Climate*, 241-262.
- LUNA, M. Y., J. A. GUIJARRO, J. A. LÓPEZ (2012). A monthly precipitation database for Spain (1851-2008): reconstruction, homogeneity and trends. *Advances in Science and Research*, 8, 1-4.
- MCKEE, T. B., N. J. DOESKEN, J. KLEIST (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Water*, 179, 17-22.

- MESTRE, A., J. A. DE CARA (2009). Impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales. En: *Predicciones de cambio climático y vegetación*. 1^{er} Seminario WCRP-DIVERSITAS (comités españoles).
- MOURE, J. C. (2011). Herramientas de trabajo para el diagnóstico y predicción de fenómenos adversos en Galicia: Temperaturas. *Documento de trabajo del Grupo de Predicción y Vigilancia de la Delegación Territorial de AEMET en Galicia*. Sin publicar.
- PALOMARES, M. (2004). Los noventa primeros años. En: *El Instituto Nacional de Meteorología: un reto tecnológico*. Ministerio de Medio Ambiente.
- PÉREZ, M. L., R. ROMANÍ (1986). El clima. En *Geografía de Galicia*. Xuntanza Editorial. Volumen I (págs. 199-348).
- PÉREZ PUEBLA, F. (2005). El valor de la información sobre electricidad atmosférica. *AMBIENTA*, (noviembre de 2005), 57-63.
- PÉREZ PUEBLA, F., C. ZANCAJO RODRÍGUEZ (2010). Los niveles de la actividad eléctrica atmosférica en España: 2000-2007. *Boletín de la Asociación Meteorológica Española*, 28, 28-35.
- QUIRANTES CALVO, J. A., J. A. GALLEGUERO POVEDA (2011). *Atlas de nubes y meteoros*. La Editorial de Urueña: Castilla Tradicional.
- RÍOS, L. (2012). El observatorio meteorológico de La Coruña. En: *Charla conmemorativa del día meteorológico mundial 2012*. A Coruña. Sin publicar.
- ROBERTS, A. M. I. (2012). Comparison of regression methods for phenology. *International journal of biometeorology*, 56(4), 707-17.
doi: 10.1007/s00484-011-0472-z
- RODRÍGUEZ-RAJO, F. J., G. FRENGUELLI, M. V. JATO (2003). Effect of air temperature on forecasting the start of the Betula pollen season at two contrasting sites in the south of Europe (1995-2001). *International journal of biometeorology*, 47(3), 117-25.
doi:10.1007/s00484-002-0153-z

- SÁNCHEZ, R., P. GÓMEZ, M. L. ORRO, C. ESTÉVEZ (2013). Observaciones fenológicas en Galicia. En: *Calendario meteorológico 2014* (págs. 291-297). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología.
- SANCHO, J. M., J. RIESCO, C. JIMÉNEZ (2012). *Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Agencia Estatal de Meteorología.
- SNEYERS, R. (1990). *On the Statistical Analysis of Series of Observations*. Secretariat of the World Meteorological Organization.
- VÁZQUEZ, M. (2005). *Atlas de radiación solar de Galicia*. Universidade de Vigo.
- VIÑAS RUBIO, J. M. (2001). Los temporales de viento en la Península Ibérica, Análisis meteorológico de la extraordinaria situación atmosférica de febrero de 1941. *Gerencia de Riesgos y Seguros de la Fundación MAPFRE Estudios*, (74).
- VON STORCH, H., F. W. ZWIERS (2001). *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge University Press.
- WMO (1981). *Meteorological aspects of the utilization of solar radiation as an energy source* (Nota técnica nº 172). Secretariat of the World Meteorological Organization.
- WMO (2008). Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation-WMO-No. 8, (8).

www.aemet.es

