

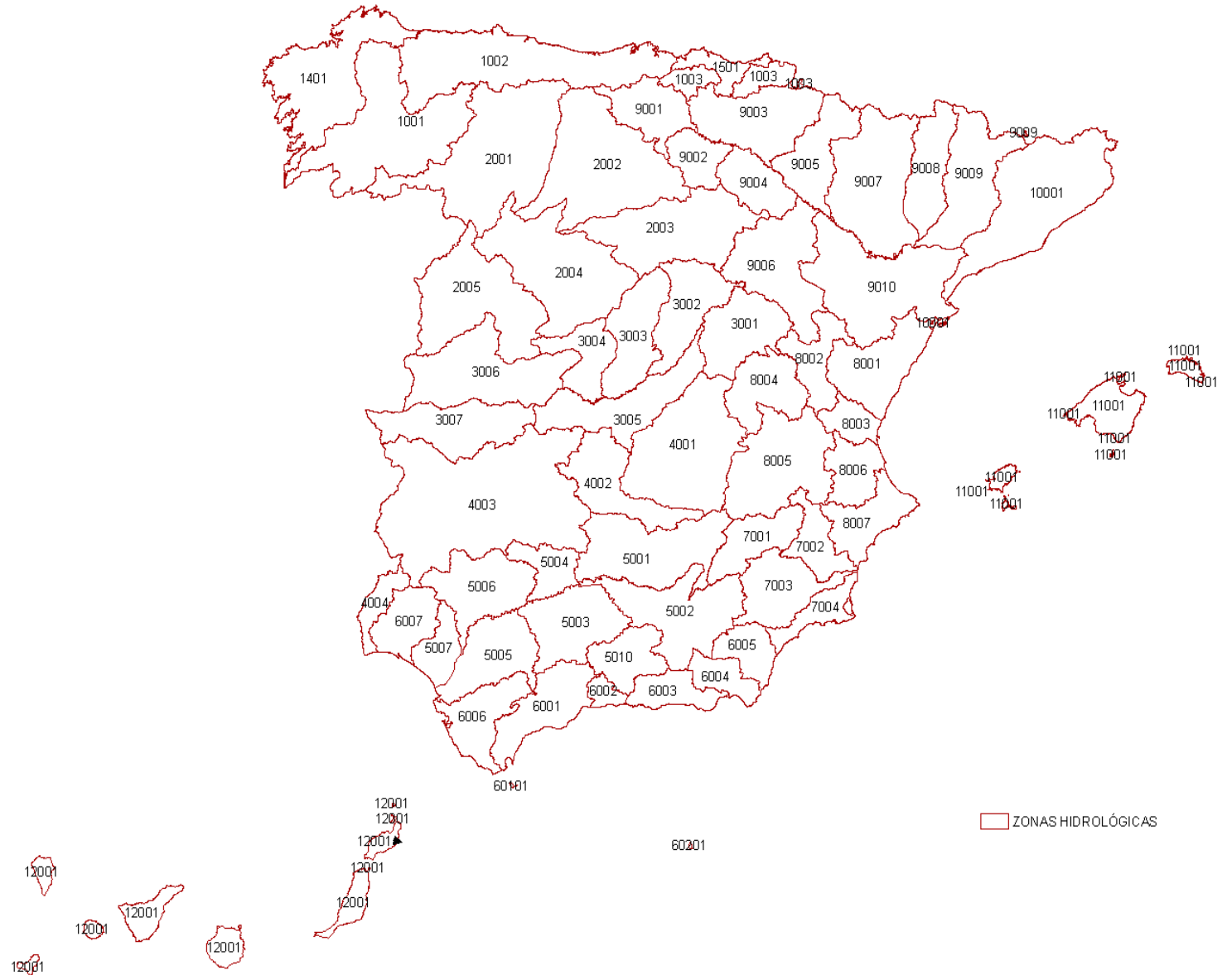
Jornada de presentación del Plan Especial de Sequía  
de la Parte Española de la Demarcación Hidrográfica del Tajo  
Madrid, febrero 2018

# LAS SEQUÍAS HISTÓRICAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Federico Estrada  
Centro de Estudios Hidrográficos



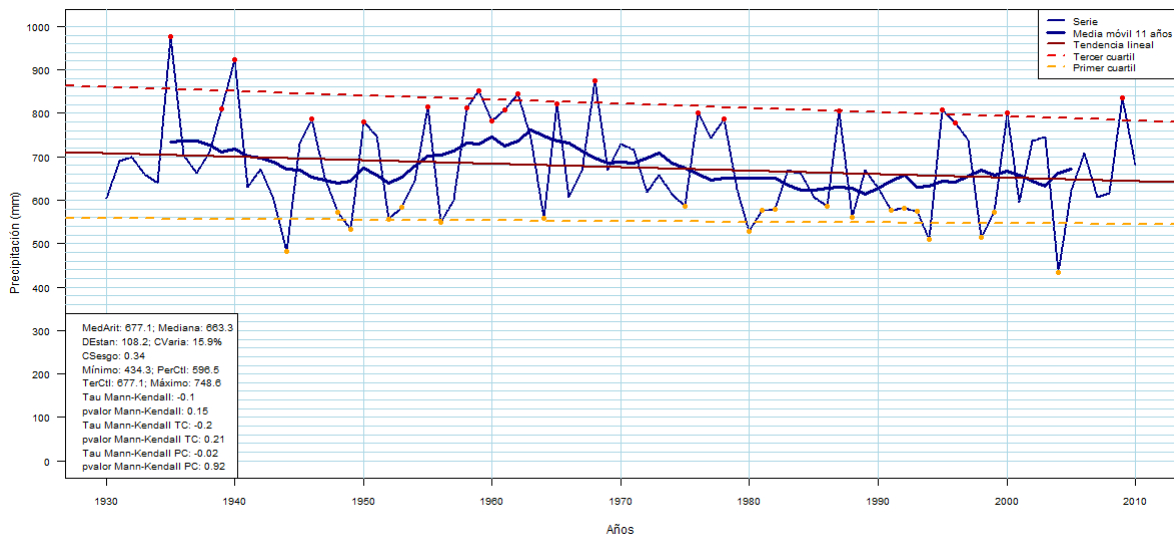
# Regiones hidrológicas



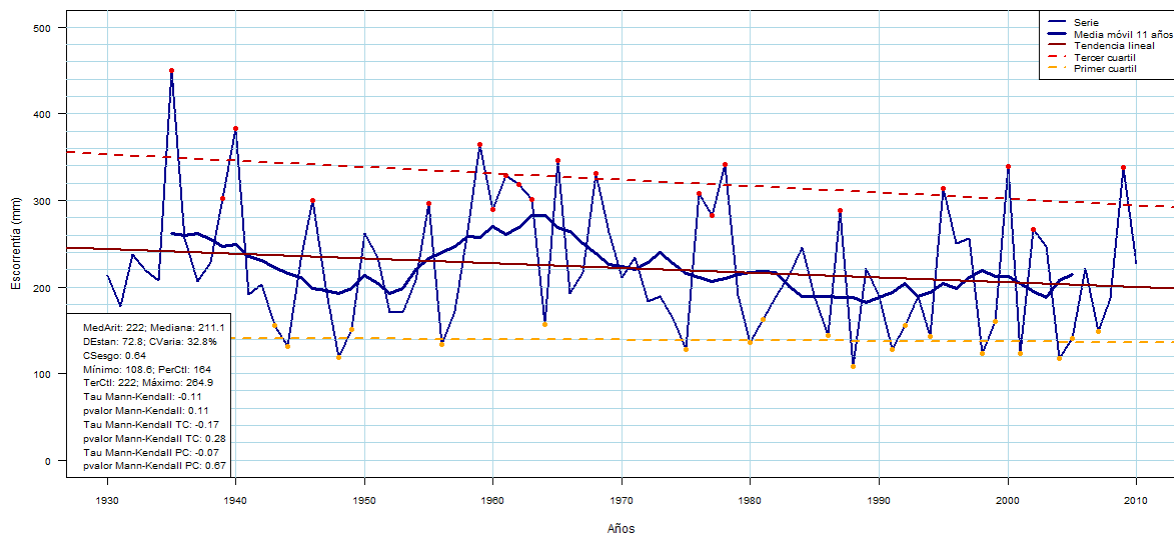
# Series y tendencias

## Periodo instrumental. España

Precipitación

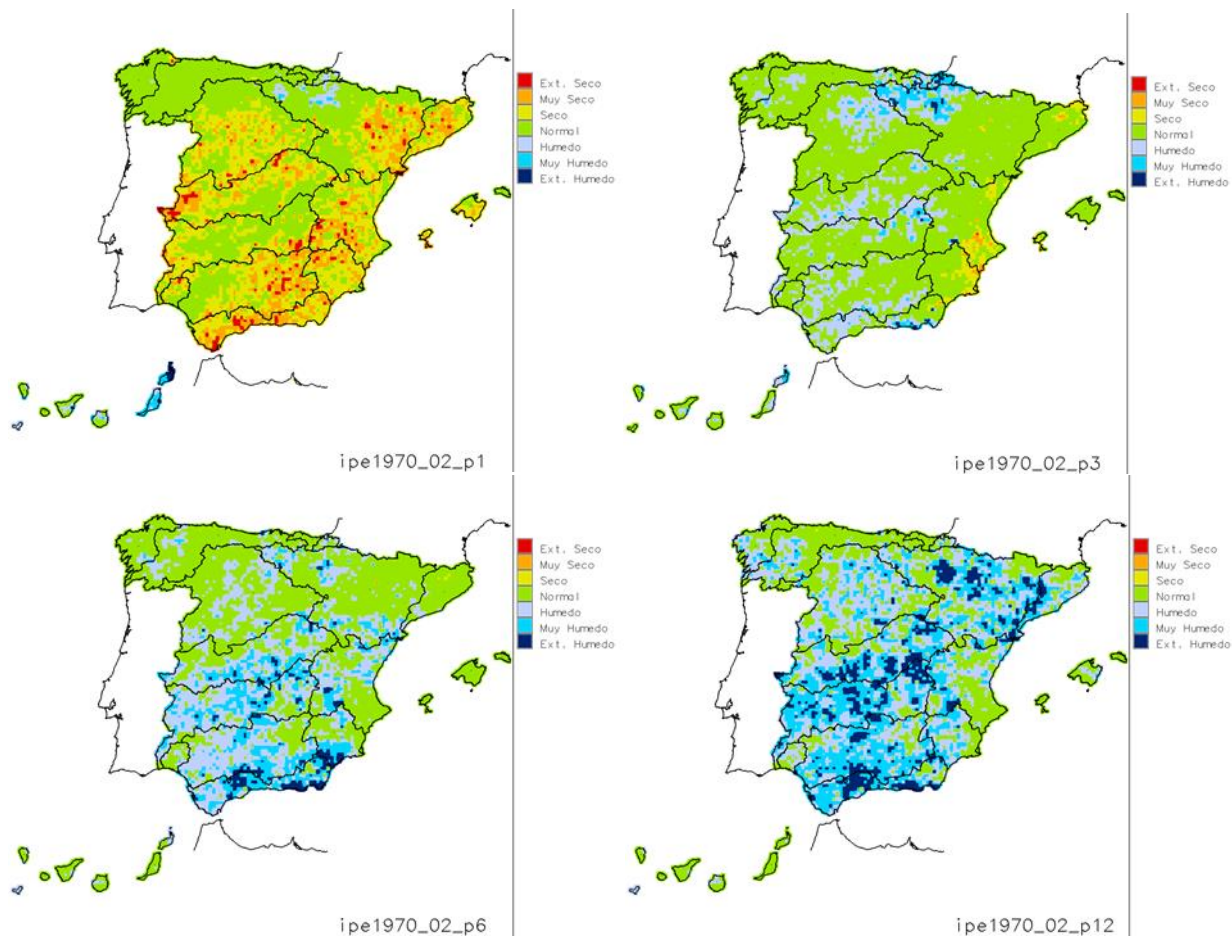


Escorrentía





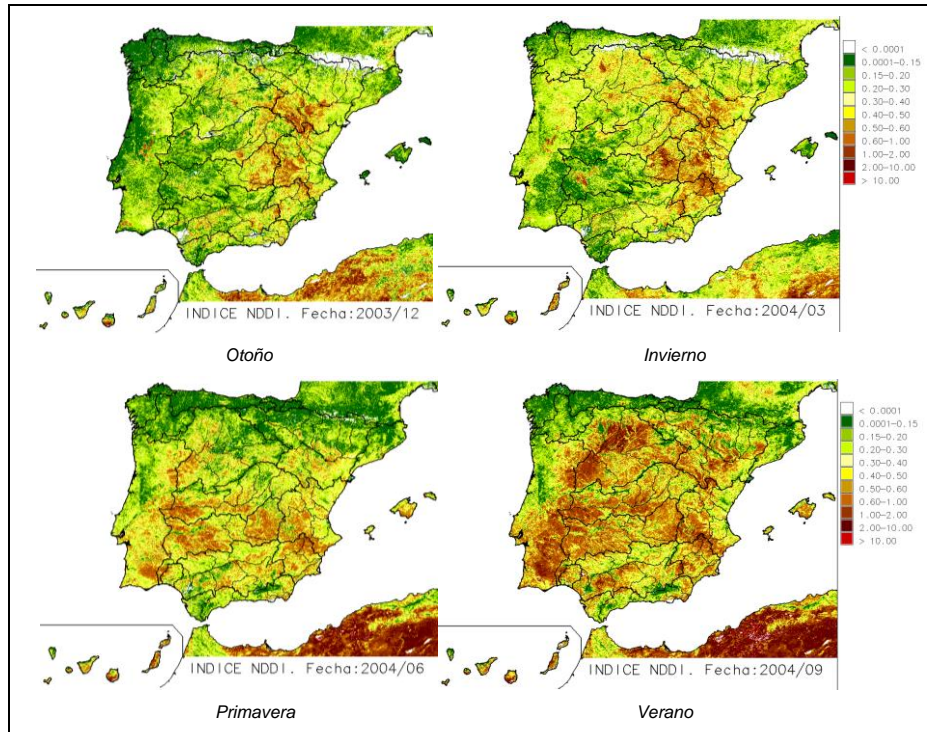
# Índice de precipitación estandarizada (SPI)



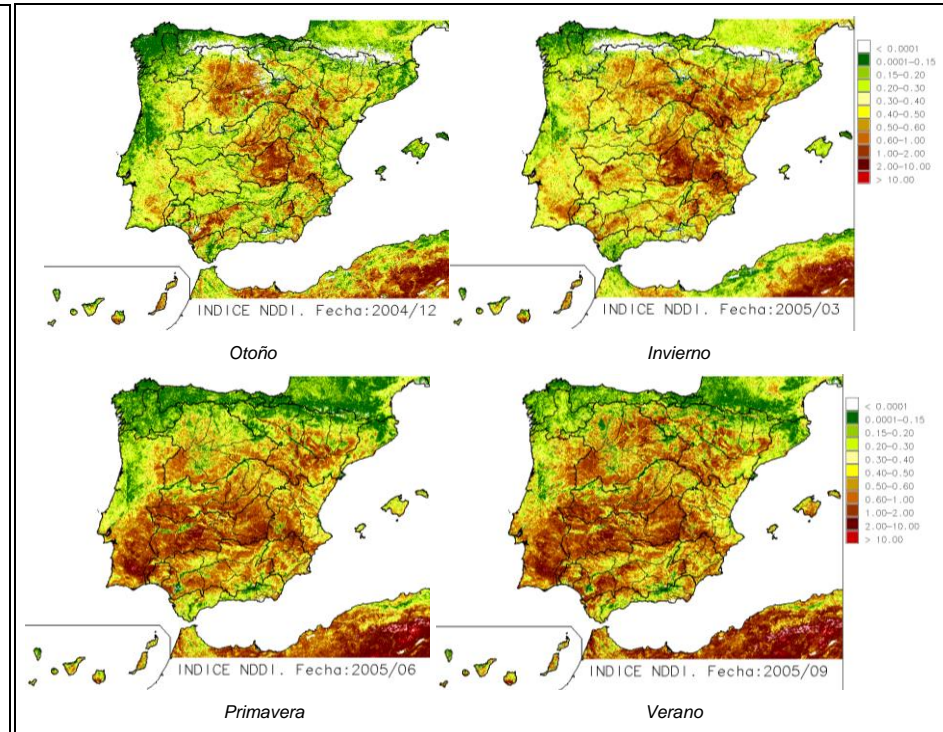
SPI de pasos 1, 3, 6 y 12 meses en febrero de 1970

# Teledetección

## Índice NDDI



Año normal (2003/04)

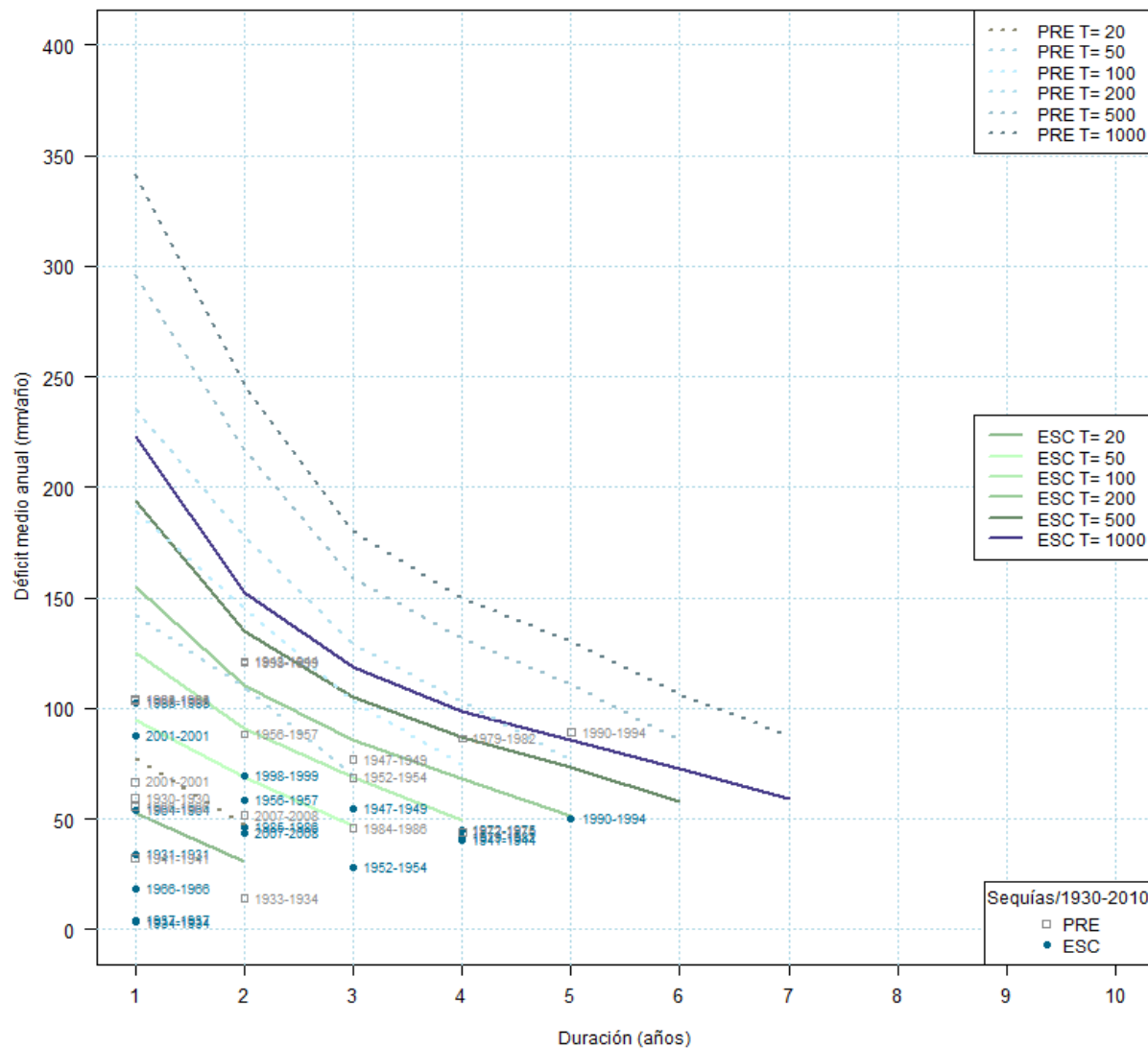


Año seco (2004/05)

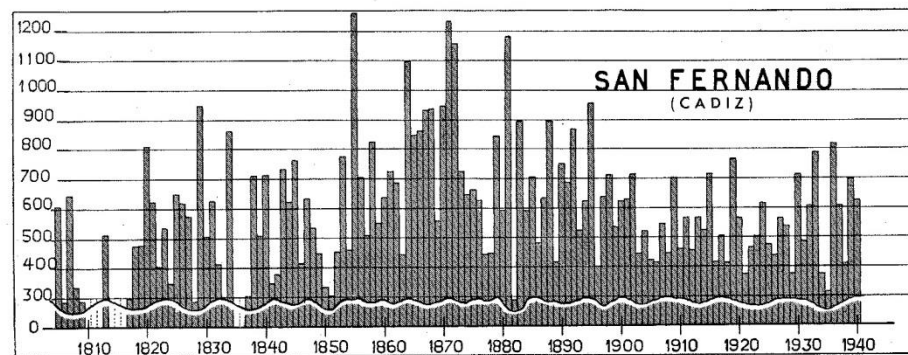
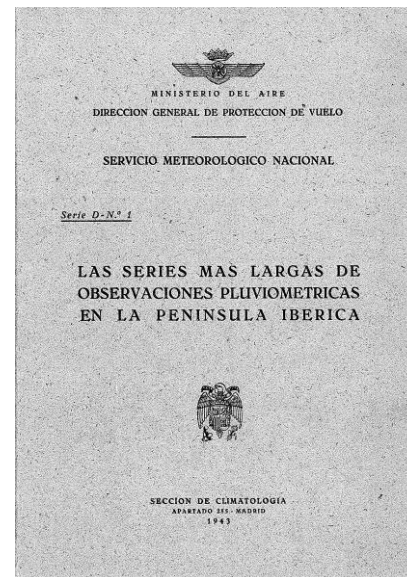
# Periodo de retorno

## Curvas DDF

Curva DurDefT. Región: 99999



# Series más largas de precipitación

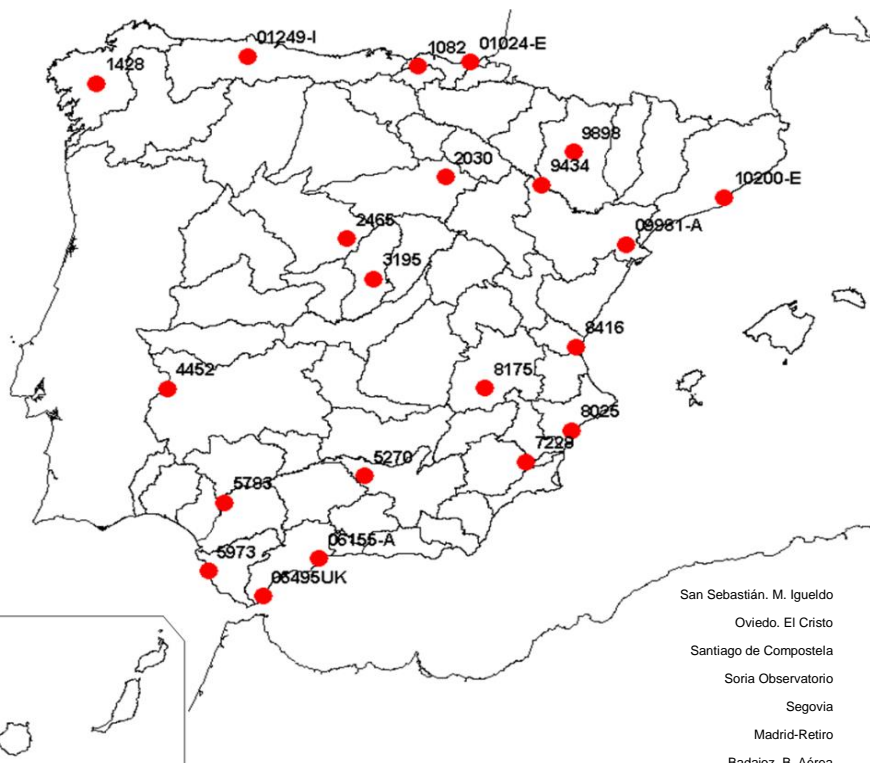


Observaciones realizadas desde 1805 en el Instituto y Observatorio de Marina ( $\lambda = 10^m 4^s$  W. de Madrid,  $\varphi = 36^o 27' 42''$  N.,  $h = 29$  m.) El pluviómetro se halla a 1,30 m. sobre el suelo.

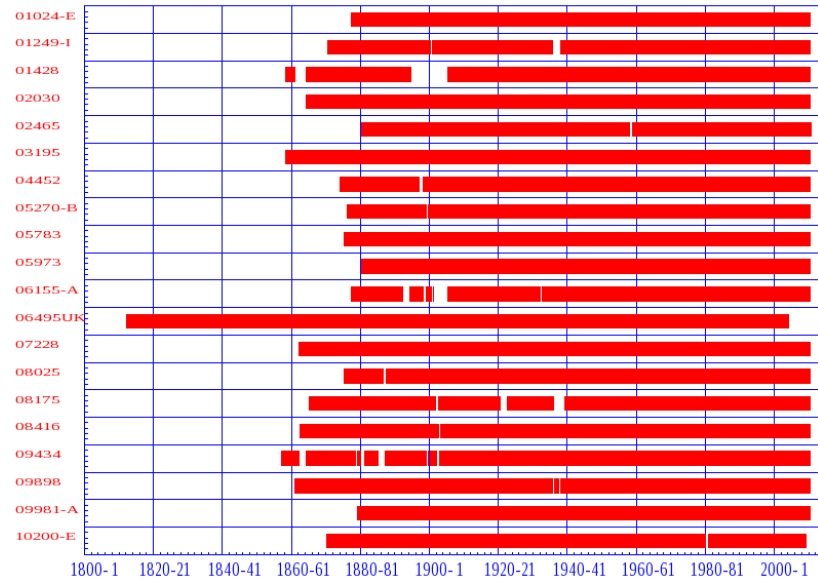
Servicio Meteorológico Nacional (1943)



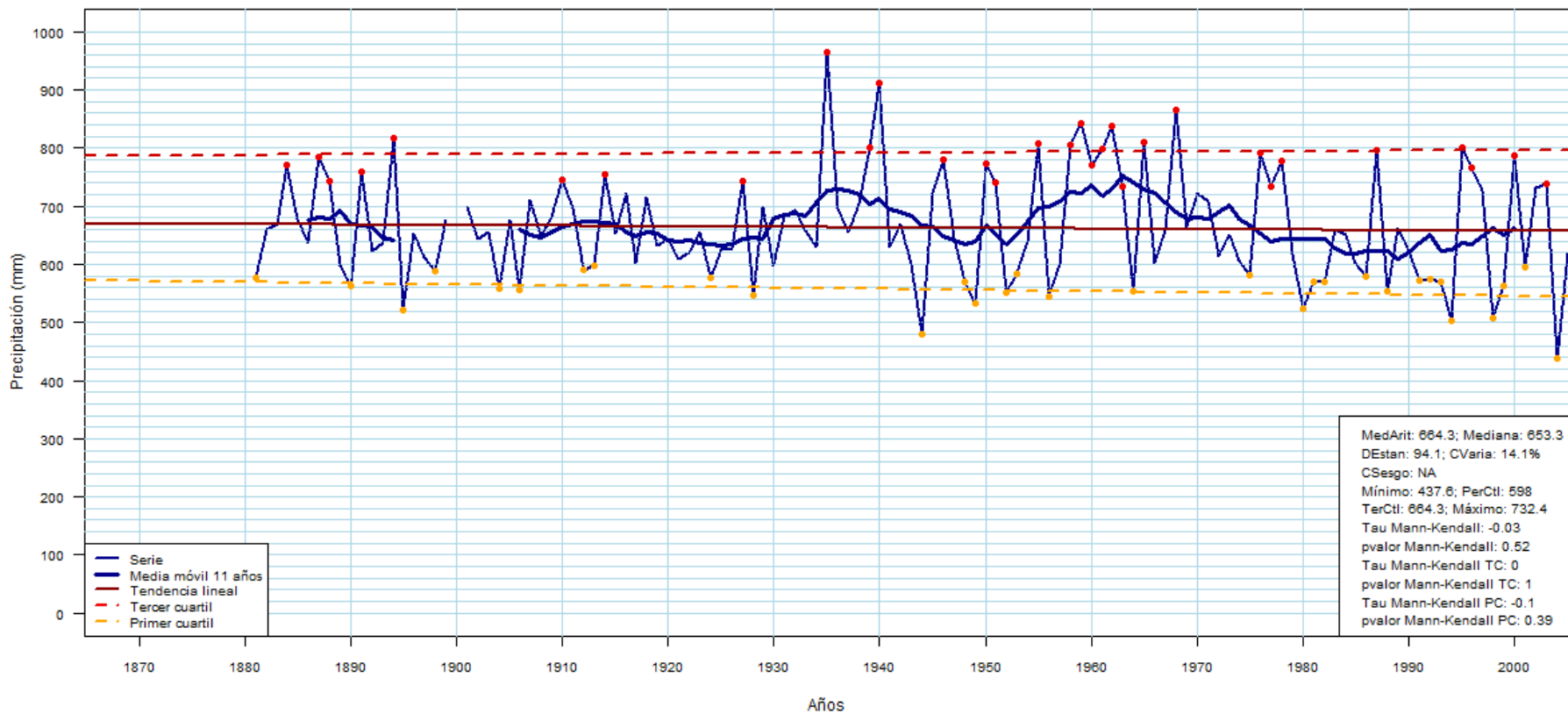
# Series largas de lluvia seleccionadas



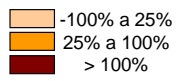
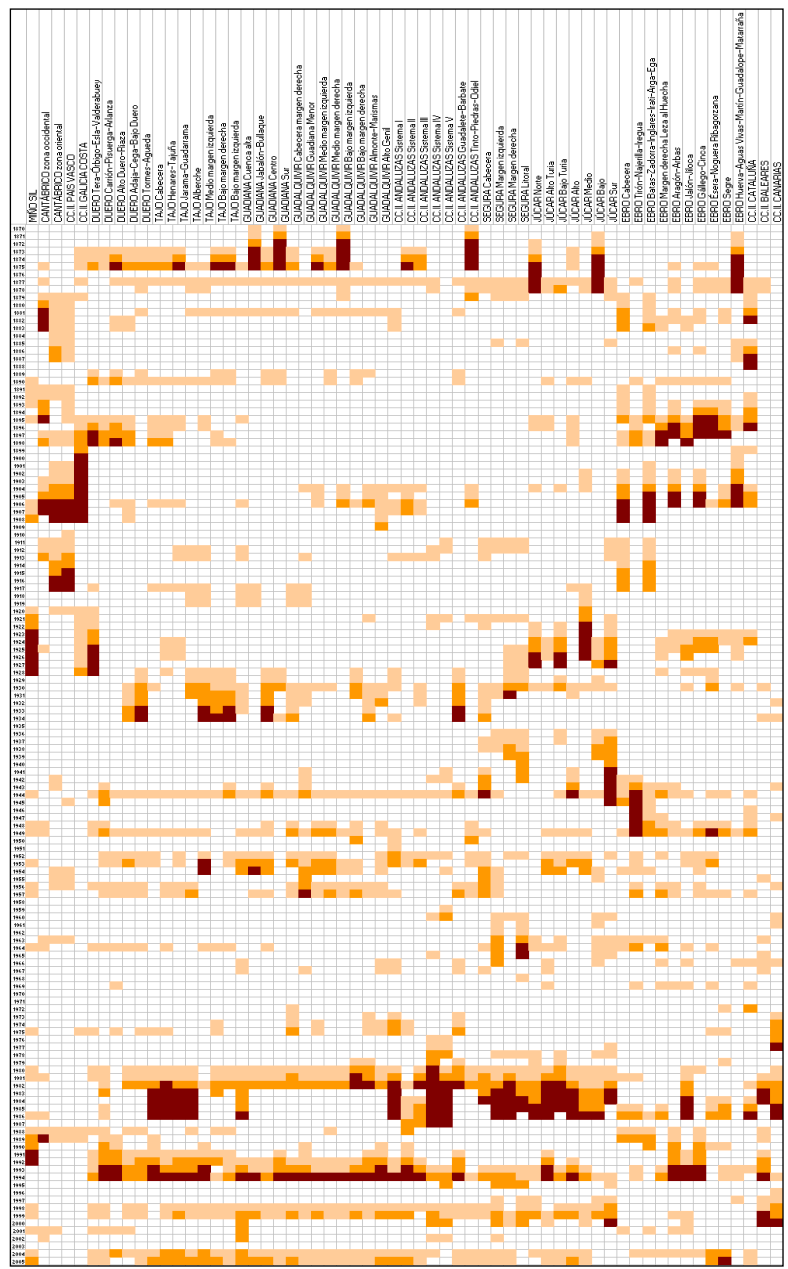
- San Sebastián. M. Igeldo
- Oviedo. El Cristo
- Santiago de Compostela
- Soria Observatorio
- Segovia
- Madrid-Retiro
- Badajoz. B. Aérea
- Jaén. Instituto
- Sevilla Aeropuerto
- San Fernando Cortadura
- Málaga. Aeropuerto
- Gibraltar
- Murcia. Alcantarilla
- Alicante. C. Jardín
- Albacete. Los Llanos
- Valencia Viveros
- Zaragoza. Aeropuerto
- Huesca. Monflorte
- Tortosa Observatorio
- Barcelona Fabra

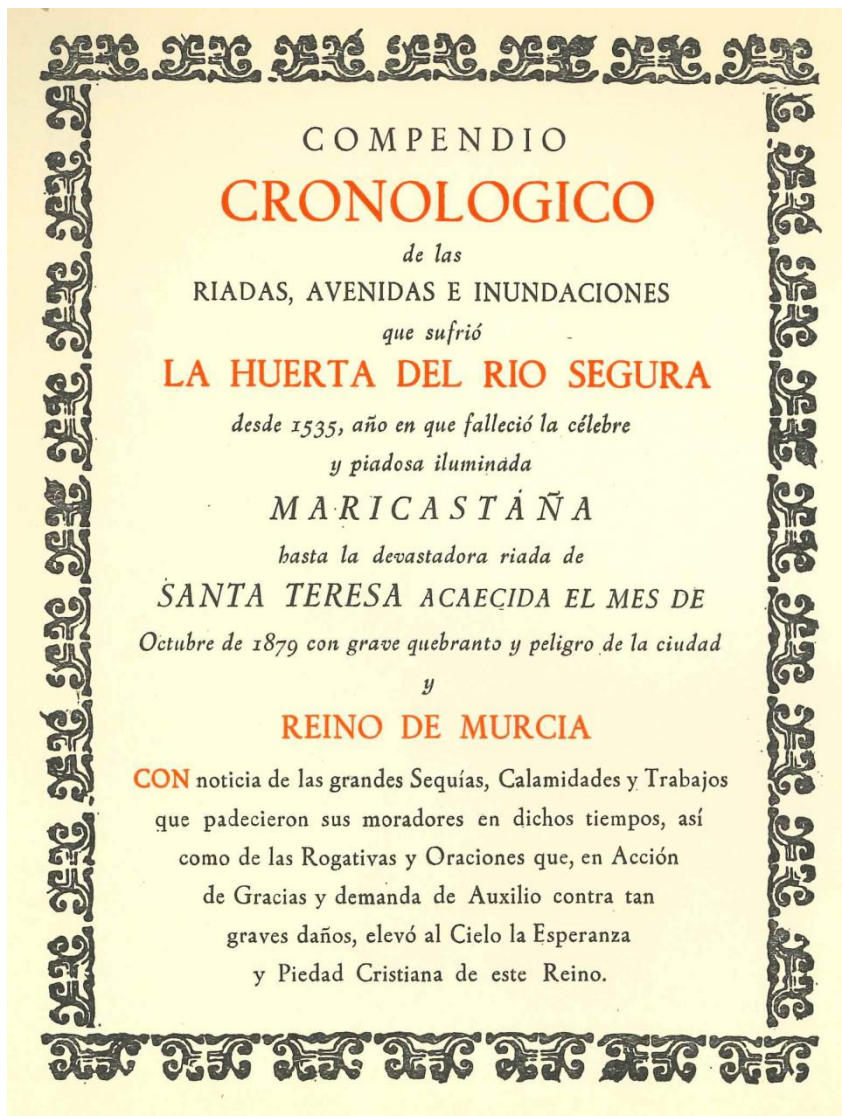


# Precipitación anual España

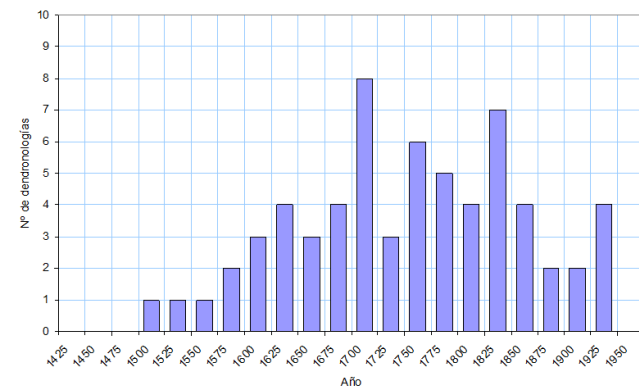
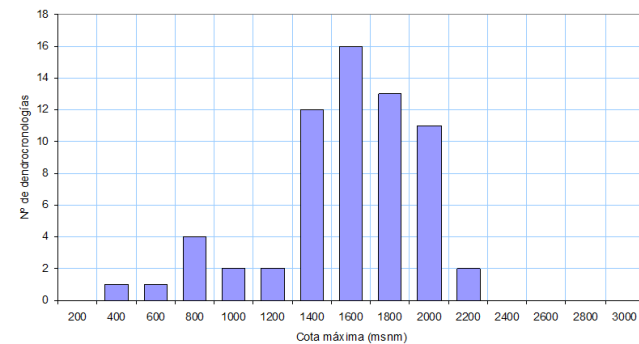
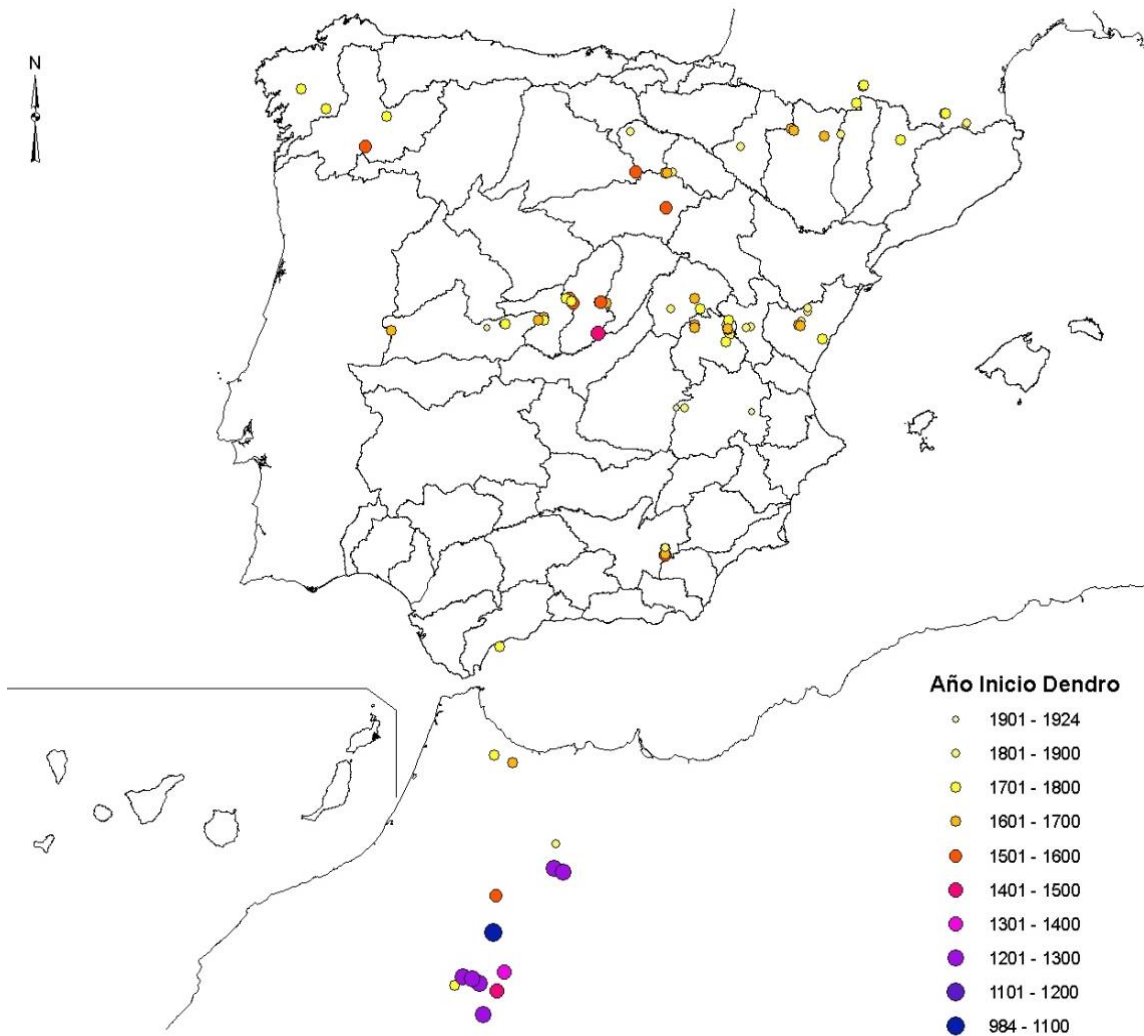


# Cronograma anual de sequías (1870-2005)





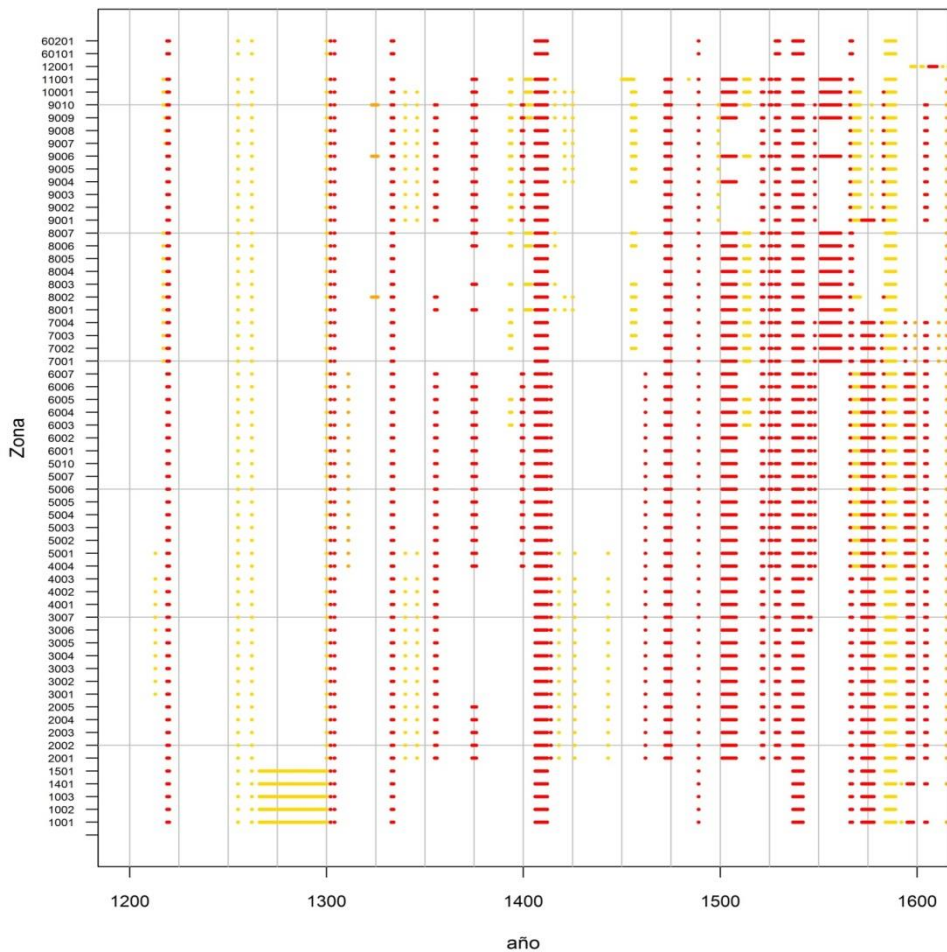
# Series dendrocronológicas



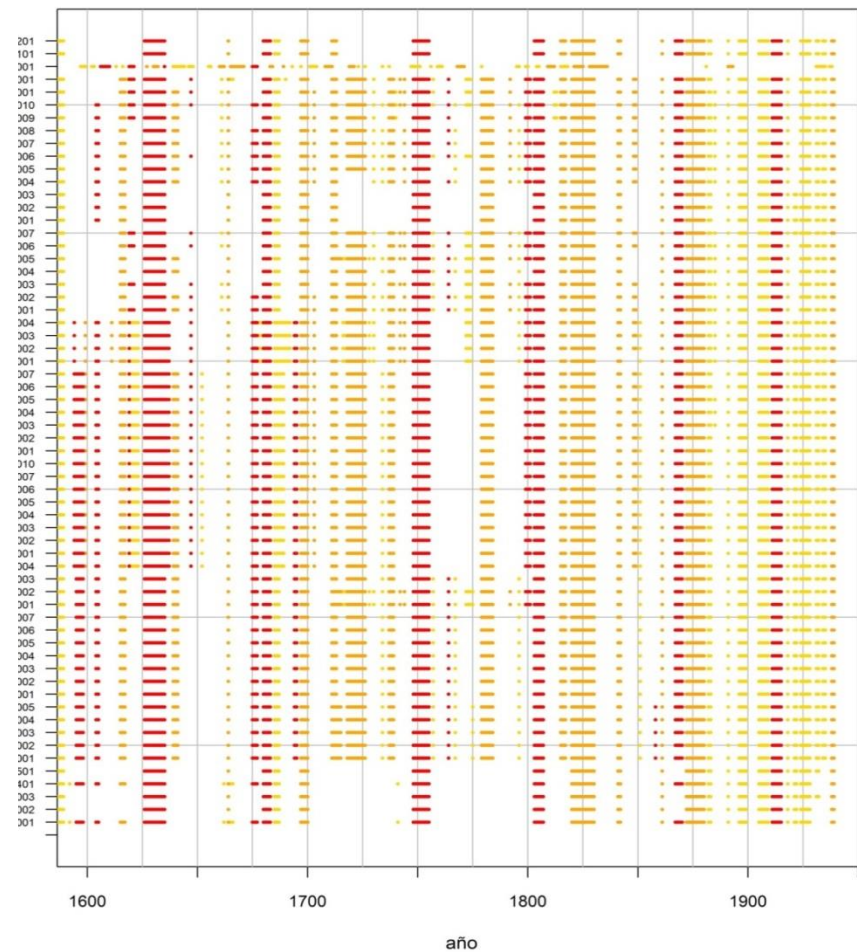
International Tree Ring Database

# Sequías históricas catalogadas (1200-1940)

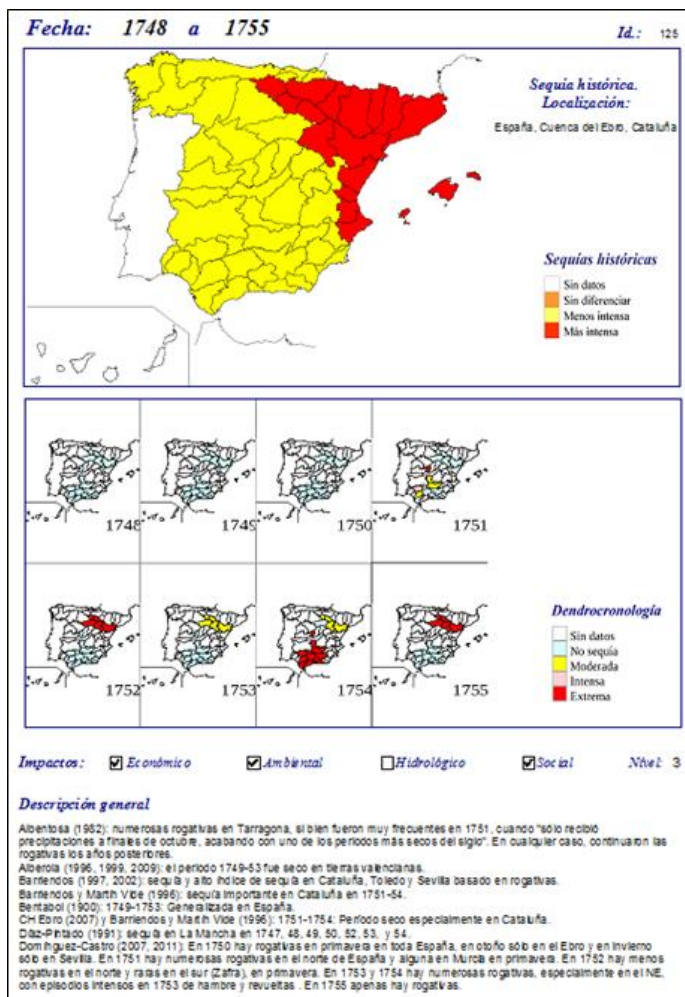
Cronograma de sequías históricas por zonas. 1200 a 1600



Cronograma de sequías históricas por zonas. 1600 a 1940



# Ficha del catálogo de sequías



Font Tullot (1988): la sequía de 1749-53 afectó de manera generalizada a España y constituye un auténtico acontecimiento en la historia de España, si bien tuvo intensos temporales a finales de otoño de 1751. 1749-1755 fue un período de estremada sequedad en los Monegros.

Rodrigo et al (1999): índice de sequía en 1750-2 en Andalucía.

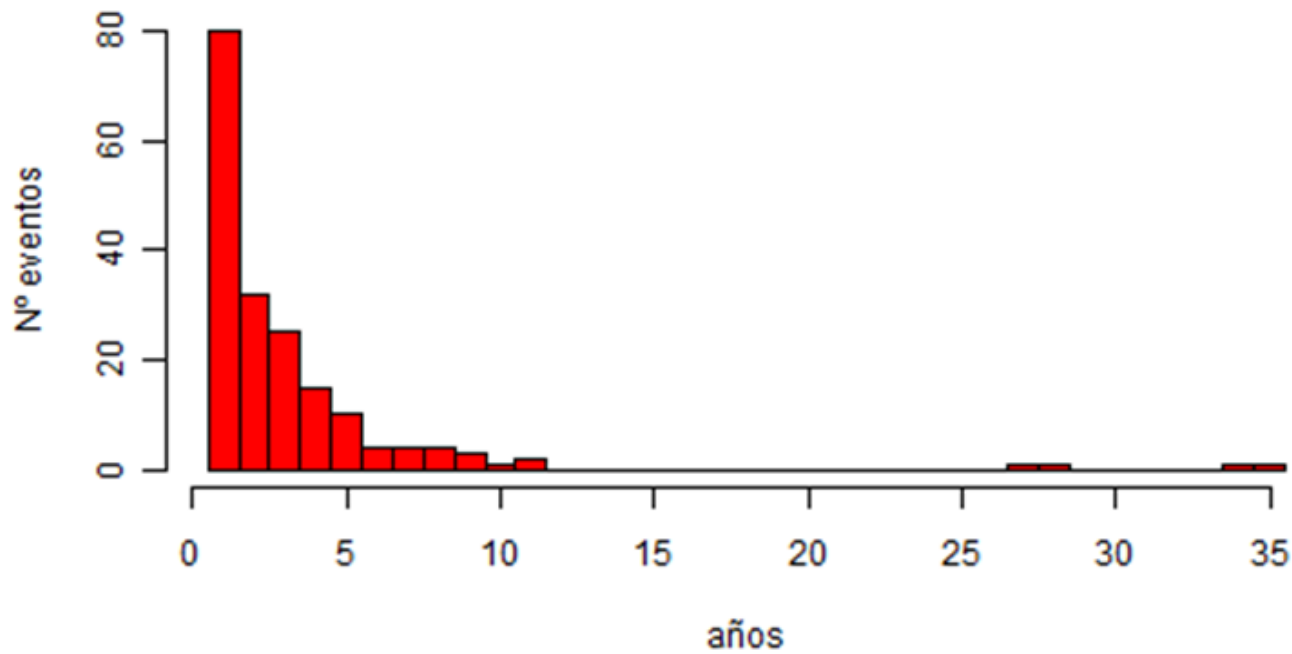
Saz y Creus (1998): isota seca por análisis dendrocronológico en Monegros en 1751-65.

Vicente Serrano y Cuadrat (2007): sequía intensa en el Ebro medio según índice de rogativas.

**Referencias**

- Bentabol (1900)
- Font Tullot (1988)
- Barreros y Marth-Vide (1996)
- Barreros y Marth-Vide (1996)
- Barreros (1997)
- Domínguez-Castro et al. (2007)
- Saz y Creus (1998)
- Ch Ebro (2007)
- Albentosa (1982)
- Abercia (1996)
- Abercia (1999)
- Abercia (2009)
- Barreros (2002)
- Rodrigo et al (1999)
- Díaz-Pintado (1991)
- Domínguez-Castro et al (2011)
- Vicente Serrano y Cuadrat (2007)

# Duración de las sequías catalogadas





# Sequías siglos XVI - XIX

1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519
1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539
1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559
1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566	1567	1568	1569	1570	1571	1572	1573	1574	1575	1576	1577	1578	1579
1580	1581	1582	1583	1584	1585	1586	1587	1588	1589	1590	1591	1592	1593	1594	1595	1596	1597	1598	1599
1600	1601	1602	1603	1604	1605	1606	1607	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1619
1620	1621	1622	1623	1624	1625	1626	1627	1628	1629	1630	1631	1632	1633	1634	1635	1636	1637	1638	1639
1640	1641	1642	1643	1644	1645	1646	1647	1648	1649	1650	1651	1652	1653	1654	1655	1656	1657	1658	1659
1660	1661	1662	1663	1664	1665	1666	1667	1668	1669	1670	1671	1672	1673	1674	1675	1676	1677	1678	1679
1680	1681	1682	1683	1684	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691	1692	1693	1694	1695	1696	1697	1698	1699
1700	1701	1702	1703	1704	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711	1712	1713	1714	1715	1716	1717	1718	1719
1720	1721	1722	1723	1724	1725	1726	1727	1728	1729	1730	1731	1732	1733	1734	1735	1736	1737	1738	1739
1740	1741	1742	1743	1744	1745	1746	1747	1748	1749	1750	1751	1752	1753	1754	1755	1756	1757	1758	1759
1760	1761	1762	1763	1764	1765	1766	1767	1768	1769	1770	1771	1772	1773	1774	1775	1776	1777	1778	1779
1780	1781	1782	1783	1784	1785	1786	1787	1788	1789	1790	1791	1792	1793	1794	1795	1796	1797	1798	1799
1800	1801	1802	1803	1804	1805	1806	1807	1808	1809	1810	1811	1812	1813	1814	1815	1816	1817	1818	1819
1820	1821	1822	1823	1824	1825	1826	1827	1828	1829	1830	1831	1832	1833	1834	1835	1836	1837	1838	1839
1840	1841	1842	1843	1844	1845	1846	1847	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856	1857	1858	1859
1860	1861	1862	1863	1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879
1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899

# Cambio climático

## Estudios de ámbito nacional

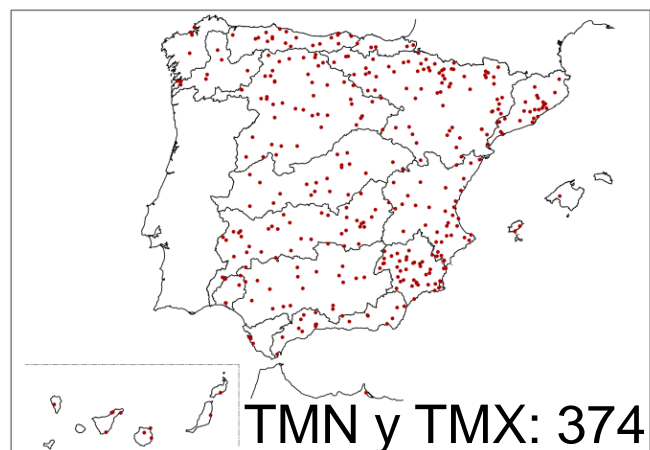
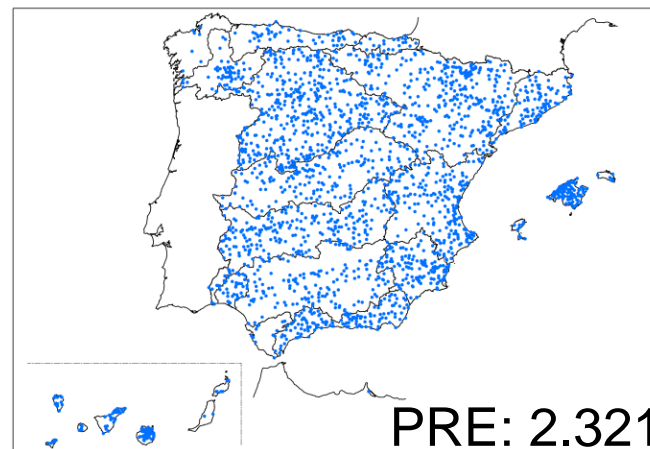
- **Libro Blanco del Agua en España (2000)**
  - → Instrucción de Planificación Hidrológica (2007)
- **Estudio de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua (CEDEX, 2010)**
  - 12 proyecciones, 3<sup>er</sup> IPCC 2001
- **Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y las sequías en España (CEDEX, 2017)**
  - 12 proyecciones, 5<sup>o</sup> IPCC 2013

## 12 proyecciones

Agencia Estatal de Meteorología  
Método análogos

Sigla	Sigla	RCP	MCG
FA	F4A	4.5	CNRM-CM5 (Francia)
	F8A	8.5	
MA	M4A	4.5	MPI.ESM.MR (Alemania)
	M8A	8.5	
NA	N4A	4.5	inmcm4 (Rusia)
	N8A	8.5	
QA	Q4A	4.5	bcc-csm1-1 (China)
	Q8A	8.5	
RA	R4A	4.5	MIROC.ESM (Japón)
	R8A	8.5	
UA	U4A	4.5	MRI.CGCM3 (Japón)
	U8A	8.5	

### Estaciones de simulación



55.242 ficheros con valores diarios para:

- 1961-2000
- 2006-2100

# Método

- Periodo de control  
1961-2000
- Periodos futuros de impacto  
2010-2040  
2040-2070  
2070-2100

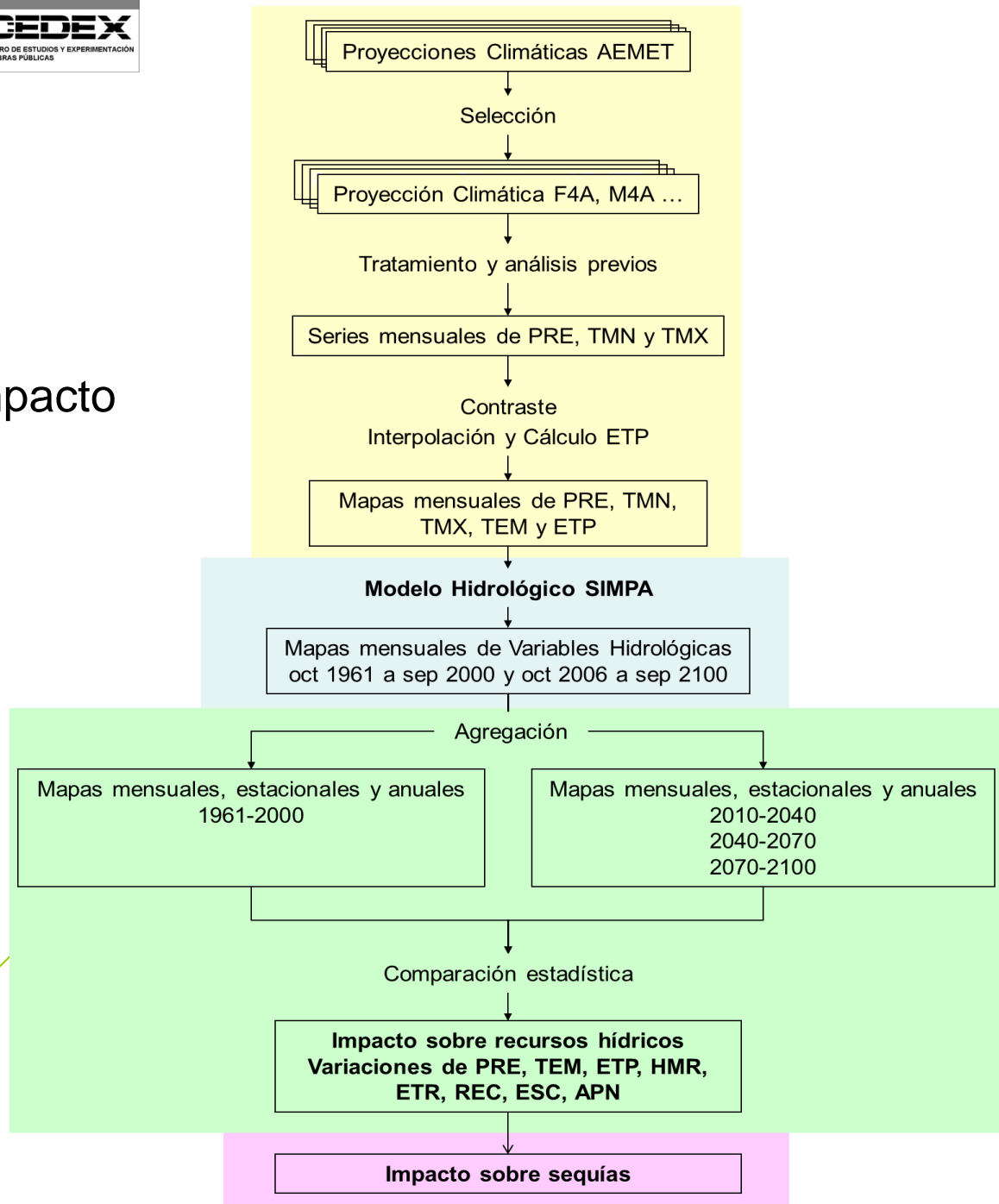
300.000 mapas

- 500.000 celdas (1 km)
- 2.000.000 celdas (0.5 km) APN

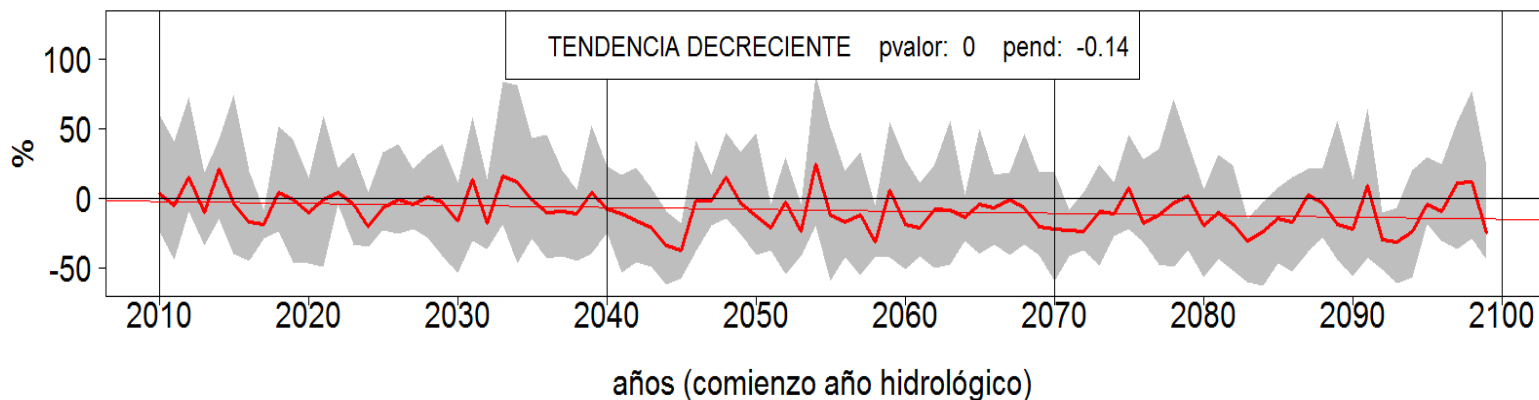
GRASS (QGIS)

R stats

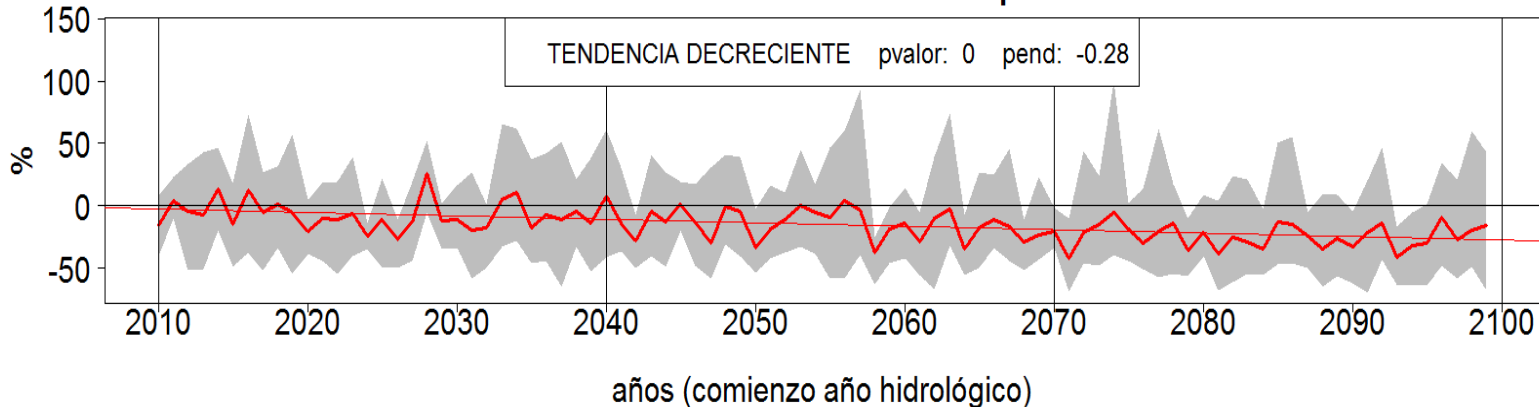
CAMREC



### Evolución del cambio de ESC ANUAL España RCP: 4.5



### Evolución del cambio de ESC ANUAL España RCP: 8.5



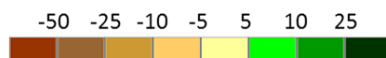
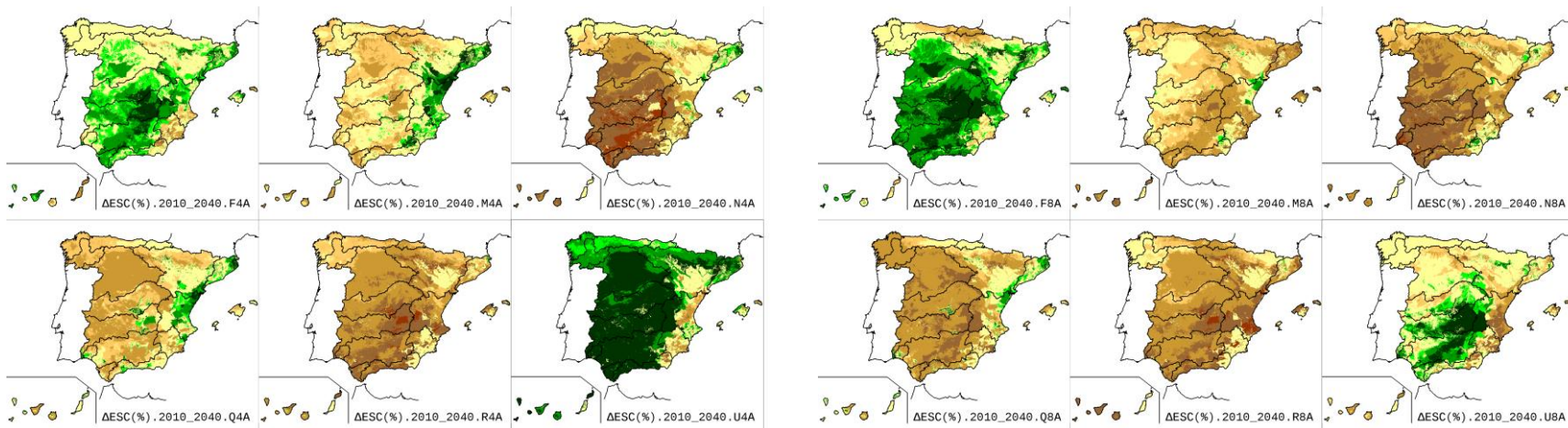
# Cambios en escorrentia

## Periodos 30 años / 1961-2000

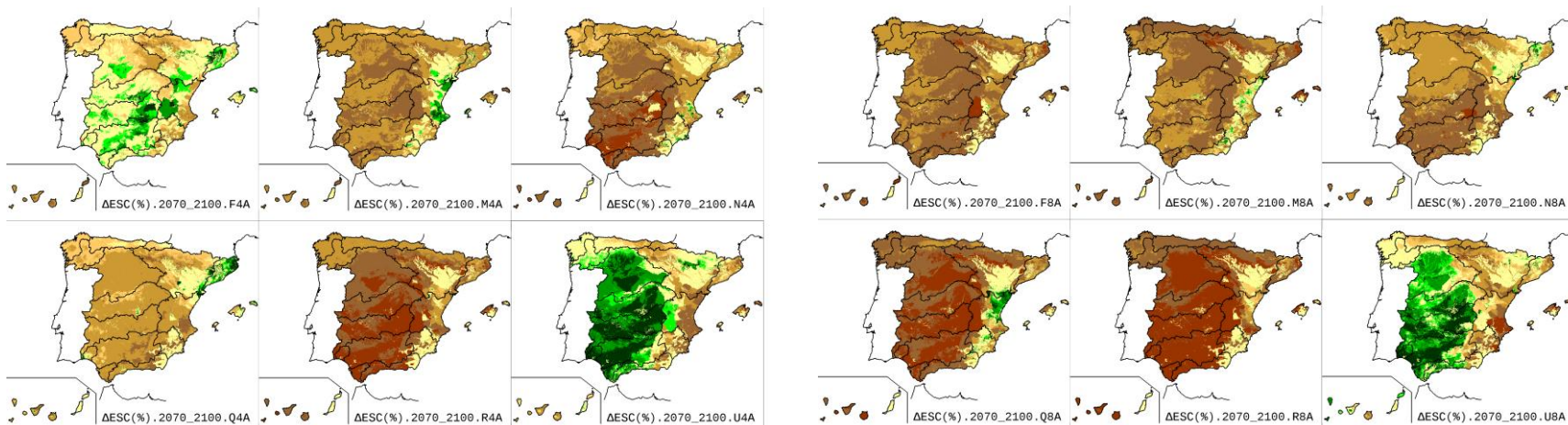
### RCP 4.5

### RCP 8.5

2010-40



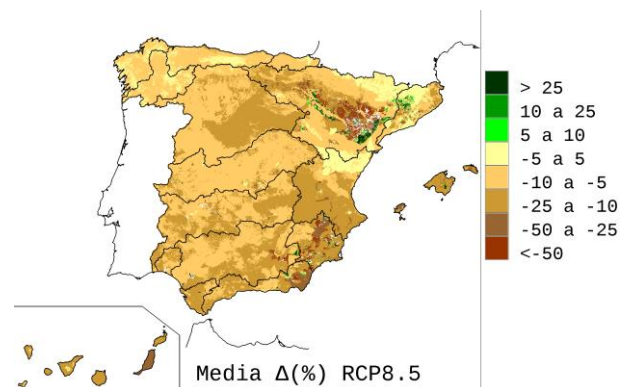
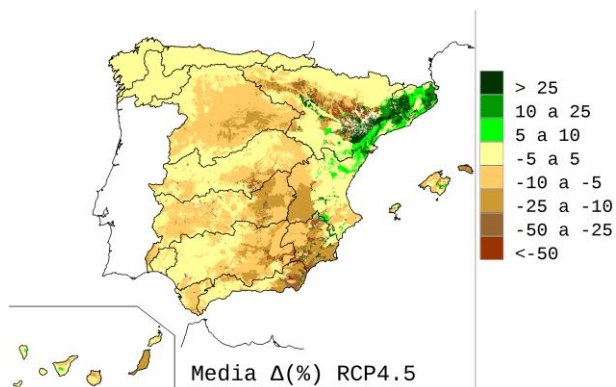
2070-00



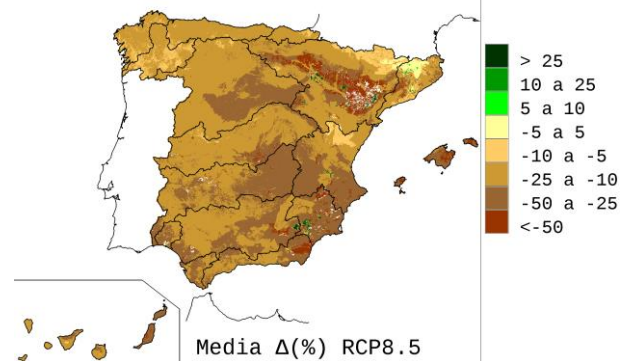
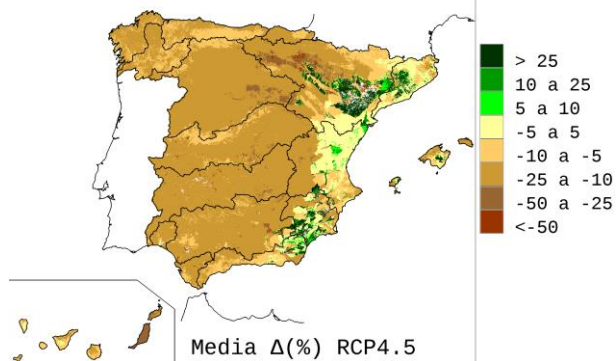
# Cambios en escorrentía

## Promedios

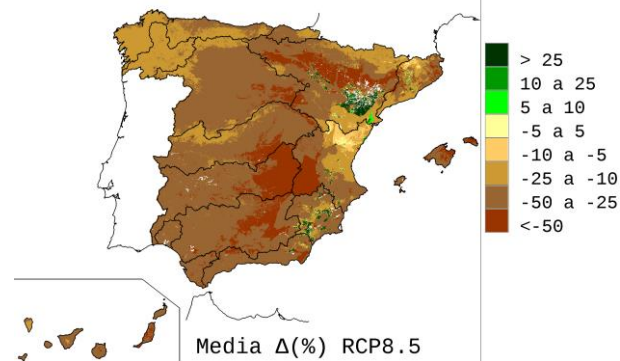
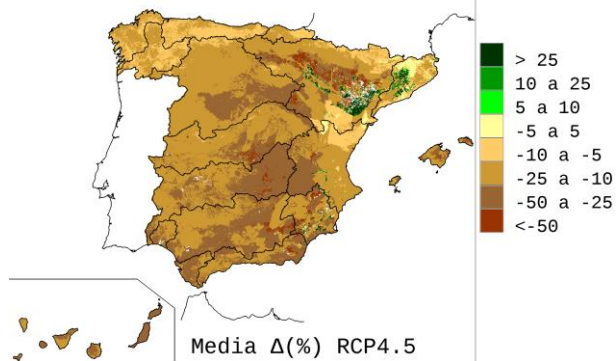
2010-40



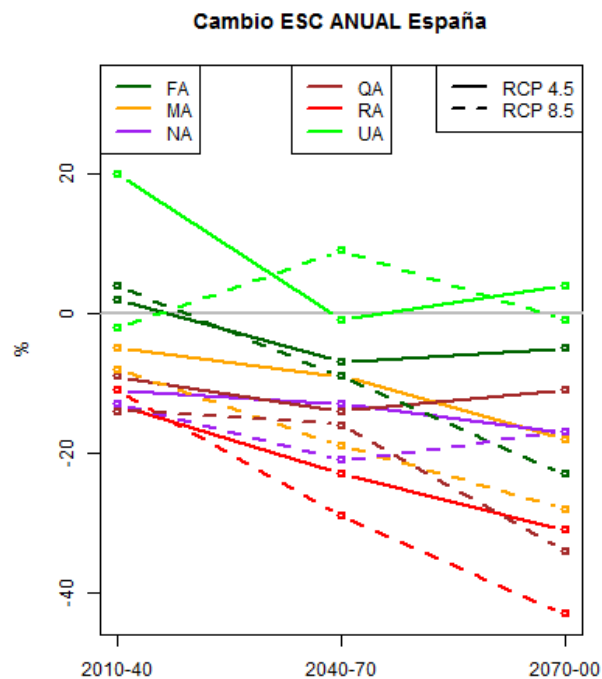
2040-70



2070-00



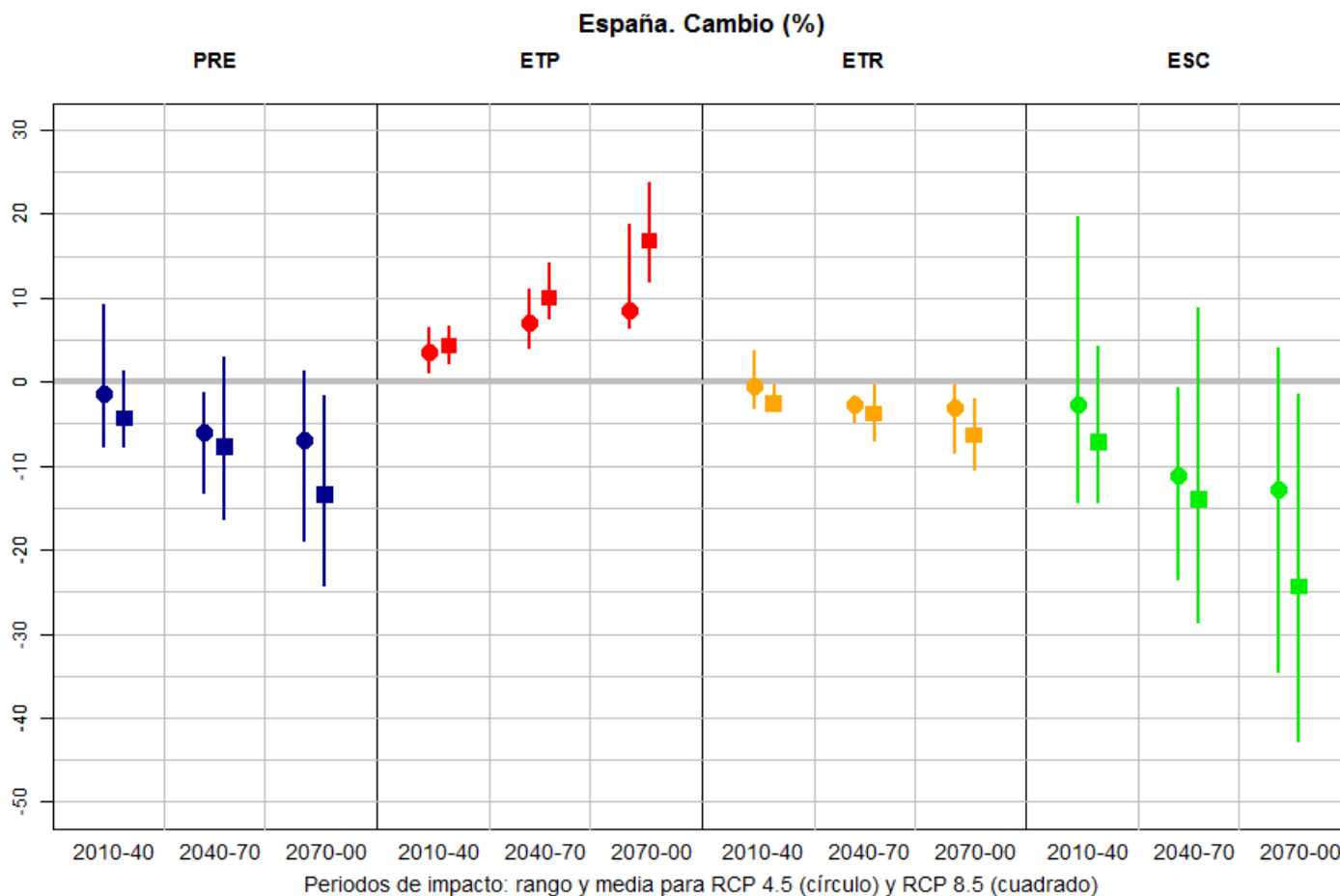
# Cambios en escorrentía España



ESC ESPAÑA Δ Anual (%)	RCP 4.5									RCP 8.5								
	F4A	M4A	N4A	Q4A	R4A	U4A	Mx	Med	Mn	F8A	M8A	N8A	Q8A	R8A	U8A	Mx	Med	Mn
2010-2040	2	-5	-11	-9	-13	20	20	-3	-13	4	-8	-13	-14	-11	-2	4	-7	-14
2040-2070	-7	-9	-13	-14	-23	-1	-1	-11	-23	-9	-19	-21	-16	-29	9	9	-14	-29
2070-2100	-5	-18	-17	-11	-31	4	4	-13	-31	-23	-28	-17	-34	-43	-1	-1	-24	-43



# Cambios en variables hidrológicas

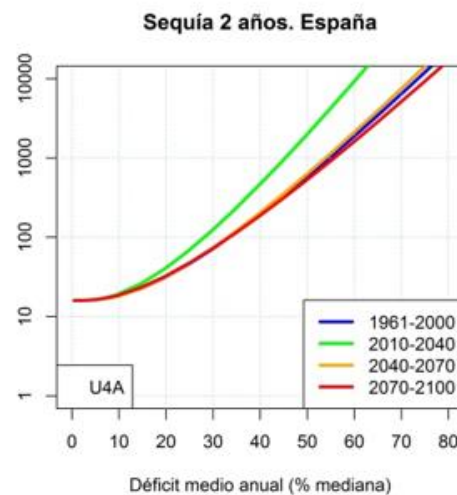
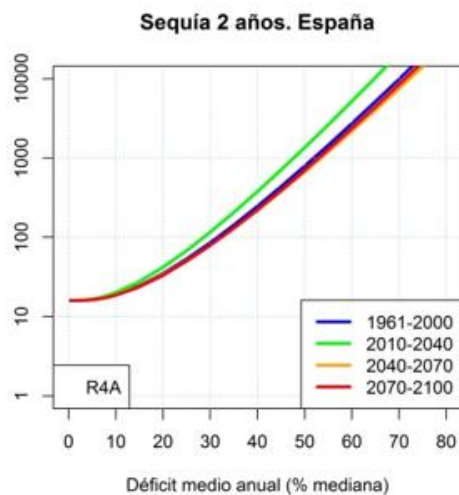
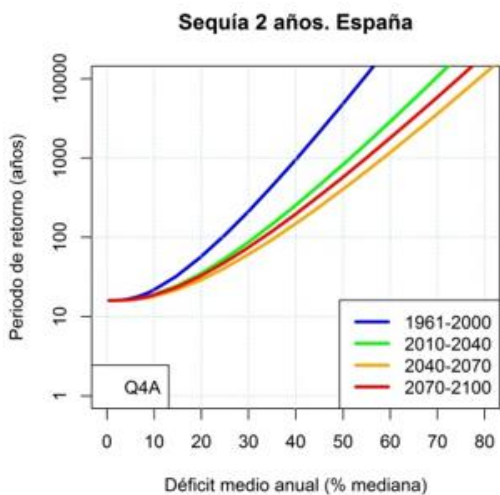
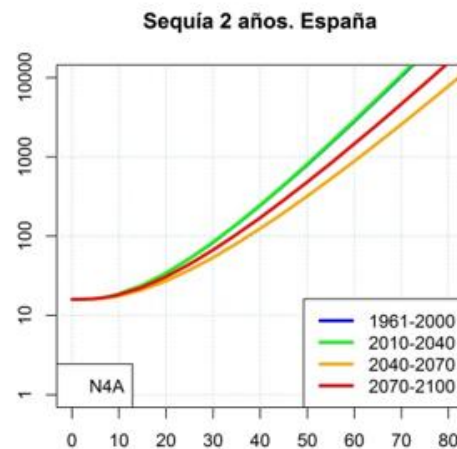
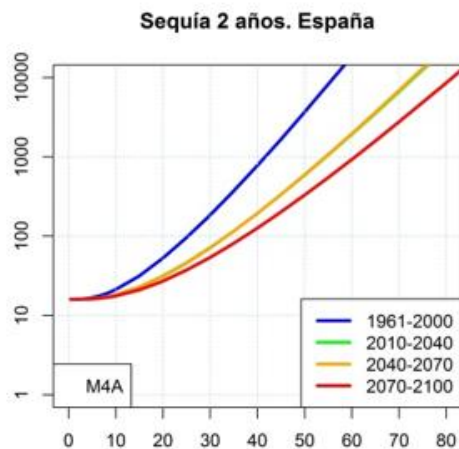
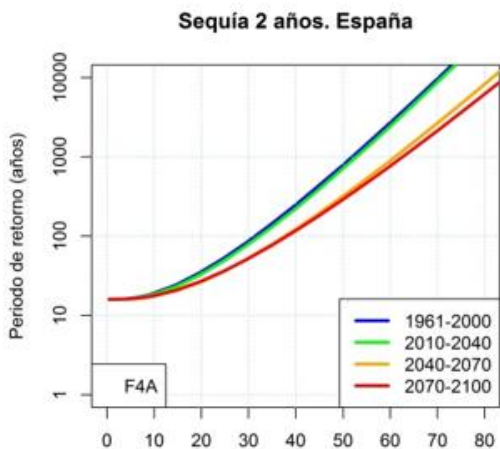


# Cambios en escorrentía

## Demarcaciones hidrográficas

ESC Δ Anual (%)		RCP 4.5									RCP 8.5								
		F4A	M4A	N4A	Q4A	R4A	U4A	Mx	Med	Mn	F8A	M8A	N8A	Q8A	R8A	U8A	Mx	Med	Mn
Miño-Sil	2010-2040	1	-5	-7	-10	-7	11	11	-3	-10	2	-6	-10	-14	-5	-3	2	-6	-14
	2040-2070	-8	-9	-12	-16	-16	-3	-3	-11	-16	-8	-15	-13	-14	-18	4	4	-11	-18
	2070-2100	-6	-17	-10	-9	-21	4	4	-10	-21	-18	-25	-13	-29	-29	-2	-2	-19	-29
Galicia Costa	2010-2040	0	-6	-4	-10	-6	10	10	-3	-10	1	-6	-8	-14	-4	-3	1	-6	-14
	2040-2070	-8	-10	-11	-16	-16	-4	-4	-11	-16	-8	-17	-11	-15	-17	2	2	-11	-17
	2070-2100	-8	-17	-10	-9	-19	2	2	-10	-19	-18	-26	-13	-29	-26	-4	-4	-19	-29
Cantábrico Oriental	2010-2040	-4	-8	2	-3	-10	5	5	-3	-10	-12	-11	-5	-1	-12	-1	-1	-7	-12
	2040-2070	-8	-18	-12	-10	-14	-7	-7	-12	-18	-10	-18	-11	-12	-21	-6	-6	-13	-21
	2070-2100	-7	-12	-12	-5	-17	-10	-5	-10	-17	-24	-38	-20	-25	-36	-15	-15	-26	-38
Cantábrico Occidental	2010-2040	0	-5	-1	-7	-8	8	8	-2	-8	-5	-9	-4	-7	-8	-2	-2	-6	-9
	2040-2070	-6	-13	-10	-12	-14	-3	-3	-10	-14	-8	-17	-13	-13	-21	-3	-3	-12	-21
	2070-2100	-4	-14	-12	-7	-18	-4	-4	-10	-18	-21	-34	-17	-27	-32	-9	-9	-23	-34
Duero	2010-2040	2	-7	-15	-12	-14	25	25	-3	-15	6	-5	-17	-19	-11	-5	6	-9	-19
	2040-2070	-10	-8	-14	-17	-27	1	1	-13	-27	-12	-20	-23	-19	-31	15	15	-15	-31
	2070-2100	-6	-21	-18	-13	-36	9	9	-14	-36	-23	-28	-15	-40	-46	3	3	-25	-46
Tajo	2010-2040	5	-4	-22	-10	-17	31	31	-3	-22	12	-5	-20	-20	-13	-4	12	-8	-20
	2040-2070	-6	-3	-14	-13	-29	3	3	-11	-29	-8	-19	-31	-16	-34	19	19	-15	-34
	2070-2100	-2	-20	-23	-13	-40	12	12	-14	-40	-23	-23	-18	-41	-51	7	7	-25	-51
Guadiana	2010-2040	9	-5	-35	-12	-23	46	46	-3	-35	18	-8	-30	-22	-20	5	18	-9	-30
	2040-2070	-6	-3	-21	-13	-36	9	9	-12	-36	-9	-23	-45	-19	-45	33	33	-18	-45
	2070-2100	1	-25	-37	-15	-50	22	22	-17	-50	-27	-26	-27	-50	-63	15	15	-30	-63
Guadalquivir	2010-2040	10	-4	-38	-11	-24	52	52	-2	-38	18	-10	-30	-22	-21	8	18	-10	-30
	2040-2070	-3	-2	-22	-10	-37	15	15	-10	-37	-6	-24	-51	-17	-48	35	35	-18	-51
	2070-2100	2	-22	-43	-16	-51	18	18	-19	-51	-30	-27	-32	-49	-67	13	13	-32	-67
Cuencas Mediterráneas Andaluzas	2010-2040	6	-4	-33	-6	-25	43	43	-3	-33	12	-11	-25	-18	-23	-1	12	-11	-25
	2040-2070	-4	-3	-15	-2	-36	11	11	-8	-36	-5	-25	-47	-17	-46	20	20	-20	-47
	2070-2100	0	-21	-39	-16	-49	6	6	-20	-49	-29	-25	-29	-42	-65	4	4	-31	-65
Guadalete y Barbate	2010-2040	10	-7	-38	-11	-25	48	48	-4	-38	15	-13	-31	-21	-21	6	15	-11	-31
	2040-2070	-2	-2	-21	-8	-37	14	14	-10	-37	-5	-27	-51	-18	-47	31	31	-20	-51
	2070-2100	1	-24	-43	-16	-52	12	12	-20	-52	-31	-27	-31	-49	-67	7	7	-33	-67
Tinto, Odiel y Piedras	2010-2040	1	-4	-36	-8	-21	54	54	-2	-36	14	-5	-36	-17	-22	-1	14	-11	-36
	2040-2070	-8	-6	-19	-4	-37	15	15	-10	-37	-14	-26	-51	-16	-46	34	34	-20	-51
	2070-2100	-1	-25	-44	-12	-50	25	25	-18	-50	-26	-24	-35	-48	-65	21	21	-29	-65
Segura	2010-2040	6	-4	-21	-13	-22	15	15	-7	-22	12	-13	-19	-23	-19	7	12	-9	-23
	2040-2070	-1	-7	-10	-18	-32	-1	-1	-11	-32	-10	-17	-37	-23	-48	-3	-3	-23	-48
	2070-2100	-6	-19	-28	-17	-43	-9	-6	-20	-43	-36	-30	-34	-44	-63	-17	-17	-38	-63
Júcar	2010-2040	5	1	-17	-7	-26	21	21	-4	-26	15	-12	-20	-20	-25	-4	15	-11	-25
	2040-2070	-6	-4	-7	-11	-34	-8	-4	-12	-34	-12	-21	-34	-22	-49	-7	-7	-24	-49
	2070-2100	-7	-16	-26	-18	-46	-11	-7	-21	-46	-36	-28	-26	-41	-62	-20	-20	-36	-62
Ebro	2010-2040	0	-6	-3	-7	-12	15	15	-2	-12	-3	-9	-7	-9	-10	-2	-2	-7	-10
	2040-2070	-9	-12	-10	-13	-19	-5	-5	-11	-19	-9	-19	-14	-16	-25	4	4	-13	-25
	2070-2100	-7	-16	-12	-10	-25	-3	-3	-12	-25	-25	-33	-14	-32	-40	-10	-10	-26	-40
Cuencas Internas de Cataluña	2010-2040	5	7	3	4	-9	24	24	6	-9	6	-17	-3	0	-8	-4	6	-4	-17
	2040-2070	-4	-8	1	6	-13	-6	6	-4	-13	3	-22	-11	-7	-15	4	4	-8	-22
	2070-2100	3	-15	-10	8	-20	-10	8	-8	-20	-20	-31	-3	-25	-27	-7	-3	-19	-31
Islas Baleares	2010-2040	1	-15	0	-7	-26	8	8	-7	-26	-3	-21	-12	-14	-40	-6	-3	-16	-40
	2040-2070	6	-17	-10	-7	-39	-13	6	-13	-39	-20	-35	-34	-21	-56	-19	-19	-31	-56
	2070-2100	-4	-19	-33	-10	-52	-24	-4	-24	-52	-28	-54	-28	-40	-69	-32	-28	-42	-69
Canarias	2010-2040	6	-10	-27	-9	-18	25	25	-6	-27	7	-22	-24	-4	-32	-11	7	-14	-32
	2040-2070	-10	-22	-22	-1	-26	22	22	-10	-26	-19	-29	-46	-27	-41	14	14	-25	-46
	2070-2100	-22	-22	-38	-18	-44	-11	-11	-26	-44	-33	-39	-25	-50	-60	3	3	-34	-60

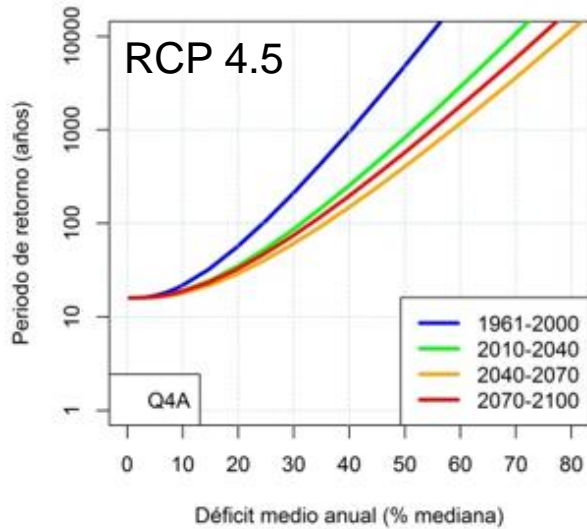
# Régimen de sequías España



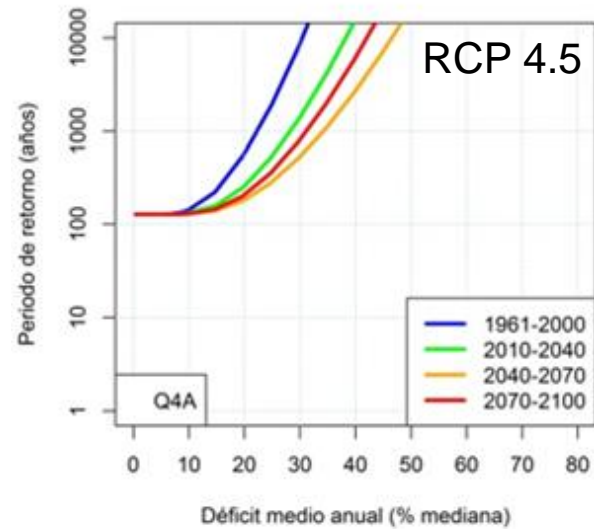
# Régimen de sequías

## Escenarios de emisión

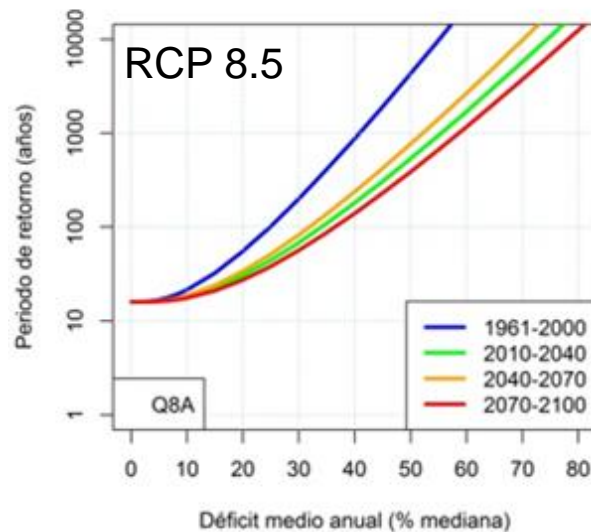
Sequía 2 años. España



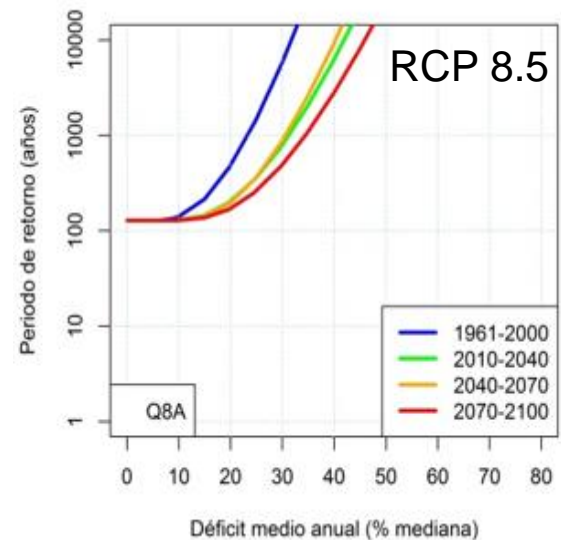
Sequía 5 años. España



Sequía 2 años. España



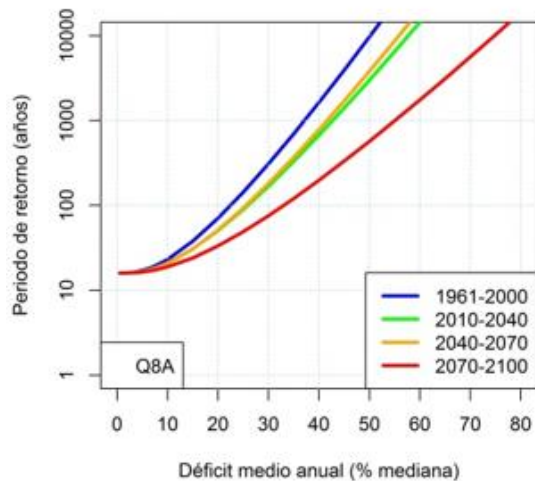
Sequía 5 años. España



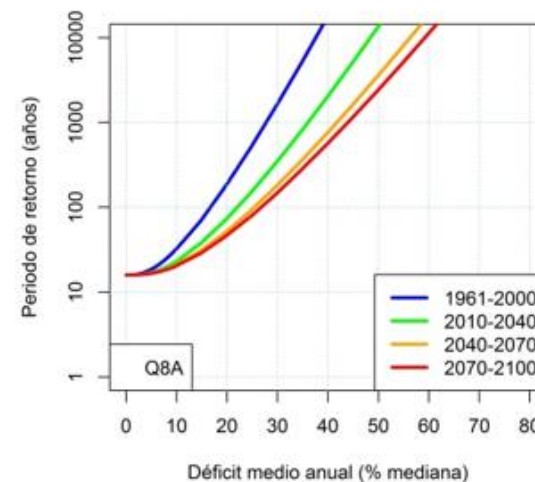
# Régimen de sequías

## Variación espacial

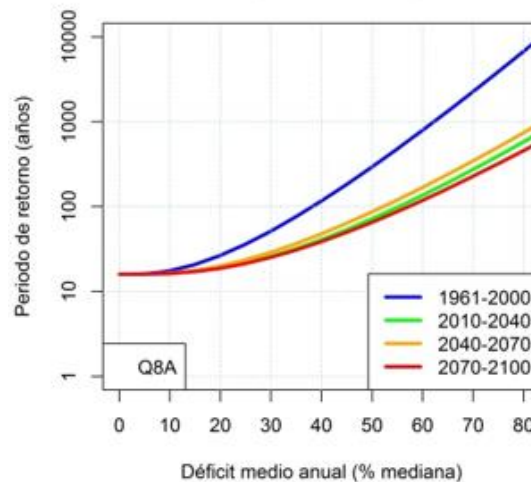
**Sequía 2 años. Galicia Costa**



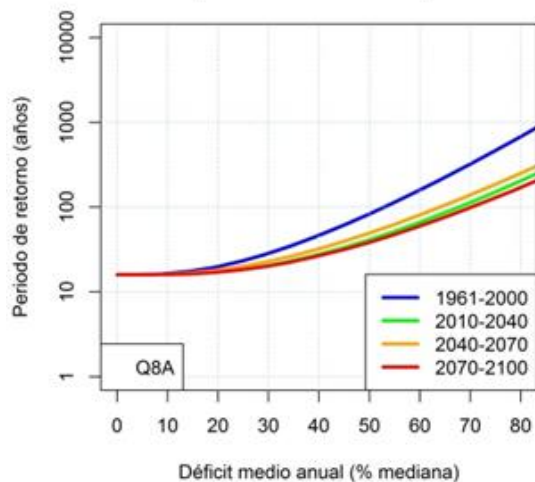
**Sequía 2 años. Ebro**



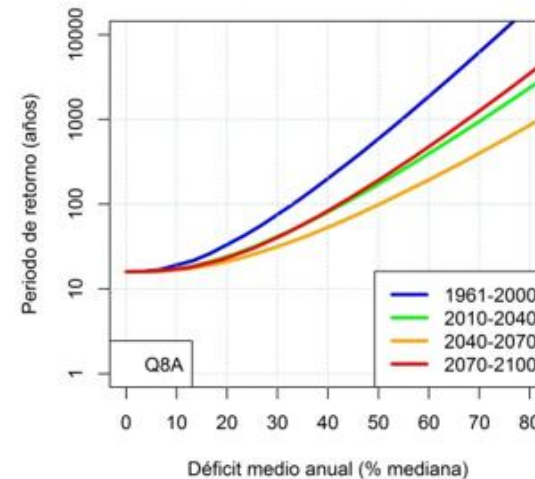
**Sequía 2 años. Tajo**



**Sequía 2 años. Guadalquivir**



**Sequía 2 años. Segura**



# Régimen de sequías

## Demarcación Hidrográfica del Tajo

