

precipitación, en la Navarra mediterránea, durante el periodo 1977-2006

Delgado, V.* y López, M.L.

Departamento de Biología Vegetal sección Botánica. Universidad de Navarra. 31080. Pamplona (Navarra)

* Autor responsable: vdelgado@alumni.unav.es

Resumen: En este trabajo se analizan las tendencias de 30 años, entre 1977 y 2006, de cuatro variables climáticas –temperatura media, temperatura media de las máximas, temperatura media de las mínimas y precipitación- en tres niveles de estudio –anual, estacional y mensual- en el conjunto de estaciones meteorológicas de Navarra que presentan macrobioclima mediterráneo. Además, con los resultados significativos obtenidos, se ha calculado la influencia, que 30, 60 y 90 años, tienen las tendencias significativas encontradas sobre los índices bioclimáticos de Rivas-Martínez y en la clasificación bioclimática de cada una de las estaciones. Los resultados muestran un incremento significativo en la temperatura media y en la máxima, a escala anual. A escala estacional, primavera y verano presentan un aumento estadísticamente muy significativo de las temperaturas medias, máximas y mínimas. Por último, a escala mensual, el incremento de las temperaturas medias, máximas y mínimas de mayo y junio es estadísticamente muy significativo. Respecto a las precipitaciones, se observan dos series que presentan tendencias estadísticamente significativas, mayo, donde desciende la cantidad de precipitación, y septiembre, donde aumenta. Estos resultados tendrían fuertes repercusiones en la distribución de la vegetación, sobre todo a 30 y 60 años, por el paso de la mayoría de las estaciones desde un bioclima oceánico a uno continental, acompañado además por un cambio de Ombrotipo a más seco, en cinco de las 11 estaciones estudiadas.

Palabras clave: Cambio climático, Navarra mediterránea, tendencias de precipitación, tendencias de temperatura.

Abstract 30-year (1977-2006) trends of four climatic parameters -mean temperature, mean maximum temperature, mean minimum temperature, and rainfall- and at three scales -monthly, seasonal and annual- were analysed in a group of Navarre meteorological stations which have Mediterranean Macrobioclimate. Furthermore, with the results obtained, the influence on Rivas-Martínez's bioclimatic indexes and isobioclimate at 30, 60 and 90 years were calculated at every station. Results show, at annual scale, a slight rise both in mean and in mean maximum temperature. At seasonal scale, Spring and Summer show a statistically very high increase of mean, mean maximum and mean minimum temperatures. Finally, at monthly scale, May and June show, once again, a very high increase of their mean, mean maximum and mean minimum temperatures. Rainfall trends also were significant decrease in May and an increase in September. These results would have strong influence on vegetation distribution, mainly at 30 and 60 years, where stations would have a continental bioclimate instead of the current oceanic bioclimate. Besides, five of the eleven studied meteorological stations would change to a drier ombrotype.

Key words: Climate change, mediterranean Navarra, rainfall trends, temperature trends

Introducción y objetivos

La creciente preocupación por el cambio climático y sus repercusiones ha dado lugar a un gran número de trabajos que tratan de analizar la evolución de distintas variables climáticas, como temperatura o precipitación, en distintos periodos de tiempo. Así, algunos trabajos abarcan toda la Península Ibérica como Rodrigo y Trigo (2007), mientras que otros analizan áreas menores como el norte de la Península Ibérica (Sáenz et al. 2001), el Valle del Ebro (Abaurrea et al. 2005), la Comunidad Valenciana (De Luis et al. 2001, Miró et al. 2006), Castilla y León (Del Río 2005, Del Río et al. 2007), Cataluña (Martínez et al. 2007) o incluso localidades concretas como Fabra en Barcelona (Serra et al. 2001) o el Puerto de Navacerrada (Sanz-Elorza et al. 2003).

En Navarra, Pejenaute (1998) estudió los registros de tres estaciones meteorológicas durante distintos periodos de tiempo, sin embargo no llegó a analizar las tendencias que esos datos presentaban. Por ello, nuestros objetivos en este trabajo son: primero, analizar las tendencias

entre 1977 y 2006 de cuatro variables climáticas –temperatura media, temperatura media de las máximas, temperatura media de las mínimas y precipitación- en tres niveles de estudio –anual, estacional y mensual- en el conjunto de estaciones meteorológicas de Navarra que presentan macrobioclima mediterráneo, de acuerdo a la clasificación bioclimática de Rivas-Martínez. Y segundo, con los resultados obtenidos calcular la influencia, a 30, 60 y 90 años, que tendrían las tendencias significativas sobre los índices bioclimáticos de Rivas-Martínez (www.globalbioclimatics.org, 27-01-09) y, en consecuencia, sobre el isobioclima de cada estación estudiada.

Material y método

Los datos climáticos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de todas las estaciones de Navarra se encuentran disponibles en la página web <http://meteo.navarra.es/> (27-01-09), desde la que además se pueden descargar gratuitamente. De todas las estaciones disponibles se seleccionaron, en primer lugar, aquellas que presentaban macrobioclima mediterráneo de acuerdo a la clasificación propuesta por Rivas-Martínez. A continuación, se seleccionaron aquellas que presentaban, para el periodo de estudio, las series de registros más completas sin que, en ningún caso, existiesen ausencias en más de 5 de los 30 años estudiados.

Con los datos de las estaciones meteorológicas seleccionadas (Figura 1), se calcularon las series de datos anuales, estacionales y mensuales de cada variable a partir de 8 estaciones meteorológicas en el caso de las variables de temperatura y de 10 estaciones en el caso de la precipitación. A continuación, se realizó el análisis estadístico de las tendencias con la aplicación Makesens (Salmi et al. 2002) que incluye el test de Mann-Kendall y el estimador de pendientes de Sen.

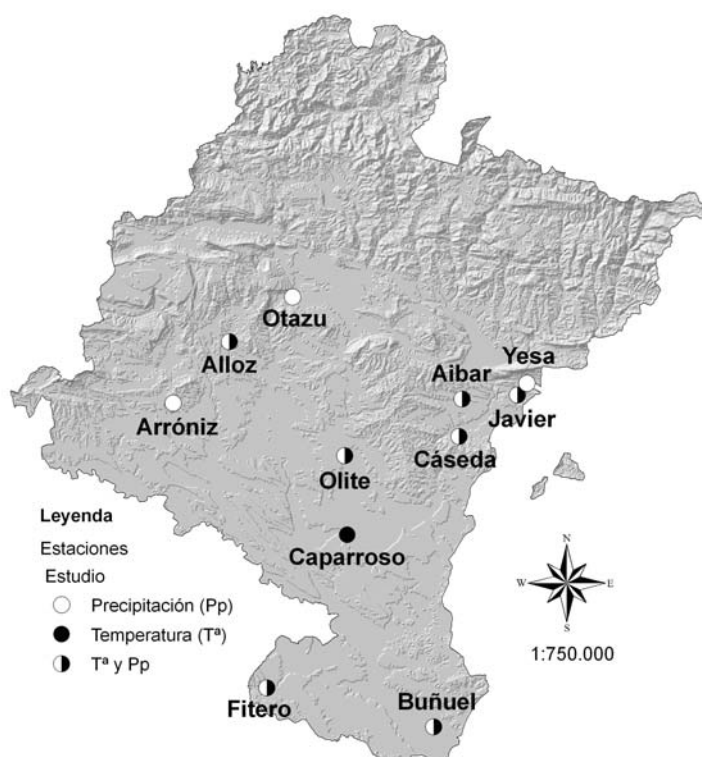


Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas seleccionadas. *Location of the meteorological stations*

Finalmente se ha calculado, para cada localidad, la influencia que tendrían, a 30, 60 y 90 años, las tendencias significativas sobre los distintos índices bioclimáticos de Rivas-Martínez y en consecuencia sobre la vegetación, calculando de nuevo para cada periodo el isobioclima que presentarían.

Resultados

Los resultados del análisis de tendencias (Tabla 1, con asterisco los resultados estadísticamente significativos) muestran, a nivel anual, un aumento significativo de la temperatura media y de la media de las máximas, pero

en cambio, ni la temperatura media de las mínimas ni la precipitación muestran variaciones significativas. A nivel estacional, existe un calentamiento significativo en primavera y verano de las tres variables de temperatura y, además, en primavera, un descenso significativo de la precipitación. A nivel mensual se ven reflejadas las tendencias estacionales, así en mayo y junio

se observa un aumento significativo en las tres variables de temperatura. Respecto a la precipitación, en mayo desciende significativamente, mientras que en septiembre aumenta. El gran aumento de temperatura unido al descenso de precipitación detectado en mayo indican un acercamiento de este mes a las condiciones más propias del verano, es decir, el verano tiende a adelantarse.

Serie	T ^a media	T ^a m. máximas	T ^a m. mínimas	Precipitación
Anual	0,28*	0,38*	0,18	-1,69
Primavera	0,68***	1,00***	0,38**	-9,03
Verano	0,61**	0,79**	0,48**	1,15
Otoño	-0,02	-0,20	0,15	14,78
Invierno	-0,09	-0,05	-0,23	-10,49
Enero	0,18	0,17	0,10	-11,36
Febrero	-0,30	-0,19	-0,57	-20,74
Marzo	0,46	0,79	0,08	-6,52
Abril	0,50	0,79	0,20	2,69
Mayo	1,05*	1,44**	0,62*	-19,14*
Junio	1,26***	1,48***	0,85**	-4,91
Julio	0,30	0,37	0,27	8,44
Agosto	0,35	0,37	0,40	5,01
Septiembre	-0,33	-0,54	-0,04	38,53*
Octubre	0,17	0,12	0,30	-2,45
Noviembre	0,01	-0,15	0,26	8,25
Diciembre	-0,32	-0,36	-0,33	-7,20

Tabla 1. Resultados de los análisis de tendencias de las tres variables de temperatura y de la precipitación entre 1977 y 2006. *:p<0.5, **: p<0.01, ***: P<0.001 . *Results of the three temperature parameters and the rainfall trend analysis.*

Tras aplicar las tendencias a los valores de temperatura y precipitación de cada estación y recalcular los índices y el isobioclima en cada una de ellas a 30, 60 y 90 años, Tabla 2, se observa que a 30 años, sólo Fitero (sombreado) cambiaría de bioclima y de ombrotipo. Pero a 60 años, todas las estaciones (sombreado) menos Otazu pasarían de un bioclima oceánico a uno continental y, además, tres localidades cambiarían de

ombrotipo subhúmedo a seco. Finalmente a 90 años, la estación de Otazu también cambiaría a un bioclima continental y la estación de Alloz cambiaría de ombrotipo subhúmedo a seco (sombreado).

Tabla 2: Clasificación bioclimática de las estaciones en el periodo 1977-2006 y a 30, 60 y 90 años de acuerdo a los resultados significativos obtenidos en los análisis de tendencias. Bioclimatic characterisation of the meteorological stations for the 1977-2006 period and for the next 30, 60 and 90 years according to the trend analysis significant results.

Estación	1977-2006	+ 30 años	+ 60 años	+ 90 años
Aibar	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepc Mme Dry	Mepc Mme Dry
Alloz	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepc Mme Shu	Mepc Mme Dry
Arróniz	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepc Mme Dry	Mepc Mme Dry
Javier	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepc mme Dry	Mepc mme Dry
Otazu	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepc Mme Shu
Yesa	Mepo Mme Shu	Mepo Mme Shu	Mepc Mme Shu	Mepc Mme Shu
Caparroso	Mepo Mme Dry	Mepo Mme Dry	Mepc Mme Dry	Mepc Mme Dry
Cáseda	Mepo Mme Dry	Mepo Mme Dry	Mepc Mme Dry	Mepc Mme Dry
Olite	Mepo Mme Dry	Mepo Mme Dry	Mepc Mme Dry	Mepc Mme Dry
Fitero	Mepo Mme Dry	Mexo Mme Sar	Mexc Mme Sar	Mexc Mme Sar
Buñuel	Mexo Mme Sar	Mexo Mme Sar	Mexc Mme Sar	Mexc Mme Sar

Conclusiones

1. A nivel anual se observa un calentamiento significativo entre 1977-2006 debido principalmente a un aumento de las temperaturas máximas.
2. A nivel estacional, primavera y verano, y a nivel mensual, mayo y junio, presentan un calentamiento muy significativo debido, en estos casos, a un aumento tanto de las temperaturas máximas como de las mínimas.
3. El gran aumento de temperatura, junto al gran descenso de precipitación en mayo, indican un acercamiento de este mes a condiciones más veraniegas: el verano tiende a adelantarse.
4. Las variaciones climáticas estadísticamente significativas tendrían fuertes repercusiones en la distribución de la vegetación, sobre todo a 30 y 60 años, por el paso de la mayoría de las estaciones desde un bioclima oceánico a uno continental.

Agradecimientos

Agradecemos a la Asociación de Amigos de la Universidad de Navarra y al Gobierno de Navarra las ayudas predoctorales concedidas para la realización de este trabajo.

Bibliografía

- Abaurrea, J., Asín, J., Cebrián, A.C. y Centelles, A. 2005. An analysis of rainfall extremes in the Ebro River Basin (1951-2000), using local and an areal index. *Geophysical Research Abstracts*, 7: 09985
- De Luís, M., García-Cano, M.F., Cortina, J., Raventós, J., González-Hidalgo, J.C. y Sánchez, J.R. 2001. Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland. *Forest Ecology and Management*, 147: 25-37
- Del Río, S. 2005. El cambio climático y su influencia en la vegetación de Castilla y León (España). *Itinera geobotánica*, 16: 5-533
- Del Río, S., Fraile, R., Herrero, L. y Penas, A. 2007. Analisis of recent trends in mean maximum and minimum temperatures in a region of the NW of Spain (Castilla y León). *Theoretical and applied Climatology*, 90: 1-12
- Martínez, M.D., Lana, X., Bargaño, A. y Serra, C. 2007. Spatial and temporal daily rainfall regime in Catalonia (NE Spain) derived from four precipitation indices, years 1950-2000. *International Journal of Climatology*, 27: 123:138
- Meteorología y Climatología de Navarra. Departamentos de Agricultura e Industria, Gobierno de Navarra. <http://meteo.navarra.es> (27-01-2009)
- Miró, J.J., Estrela, M.J. y Millán, M. 2006. Summer temperature trends in a mediterranean area (Valencia region). *International Journal of Climatology*, 26: 1051-1073
- Pejenaute Goñi, J.M. 1998. Evolución de las temperaturas medias recientes en Navarra. *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía*, 11: 31-58
- Rivas-Martínez, S (2004). Clasificación global de la tierra o "Global Bioclimatics" (Versión 27-08-04). www.globalbioclimatics.org/ (27-01-2009).
- Rodrigo, F.S. y Trigo, R.M. 2007. Trends in daily rainfall in the Iberian Peninsula from 1951 to 2002. *International Journal of Climatology*, 27: 513-529
- Sáenz, J., Zubillaga, J. y Rodríguez-Puebla, C. 2001. Interannual winter temperature variability in the north of the Iberian Peninsula. *Climate research*, 16: 169-179
- Salmi, T., Määttä, A., Antilla, P., Ruoho-Airola, T. y Amnell, T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –The Excel template application MAKESENS. *Publications on air quality*, 31: 1-35
- Sanz-Elorza, M., Dana, E.D., González, A. y Sobrino, E. 2003. Changes in the high-mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany*, 92: 273-280
- Serra, C., Bargaño, A. y Lana, X. 2001. Analysis of maximum and minimum daily temperatures at Fabra observatory (Barcelona, NE Spain) in the period 1917-1998. *International Journal of Climatology*, 21: 617-636