



# Análisis de datos medioambientales con R

Carmen Capilla

Departamento de Estadística Aplicada e Investigación Operativa y Calidad  
 Universidad Politécnica de Valencia  
 Email: ccapilla@eio.upv.es

## Objetivo y referencias bibliográficas de los métodos implementados con R

Este trabajo describe los resultados de la elaboración de funciones en el entorno R, para análisis de datos medioambientales en dos tipos de problemas diferentes. En ambos casos el objetivo es analizar la significación de tendencias, con datos que pueden estar autocorrelacionados y/o presentar componente estacional. También se aplican procedimientos para detección de punto de cambio significativo de tendencia.

### Estudio y evaluación de cambios en la calidad del agua

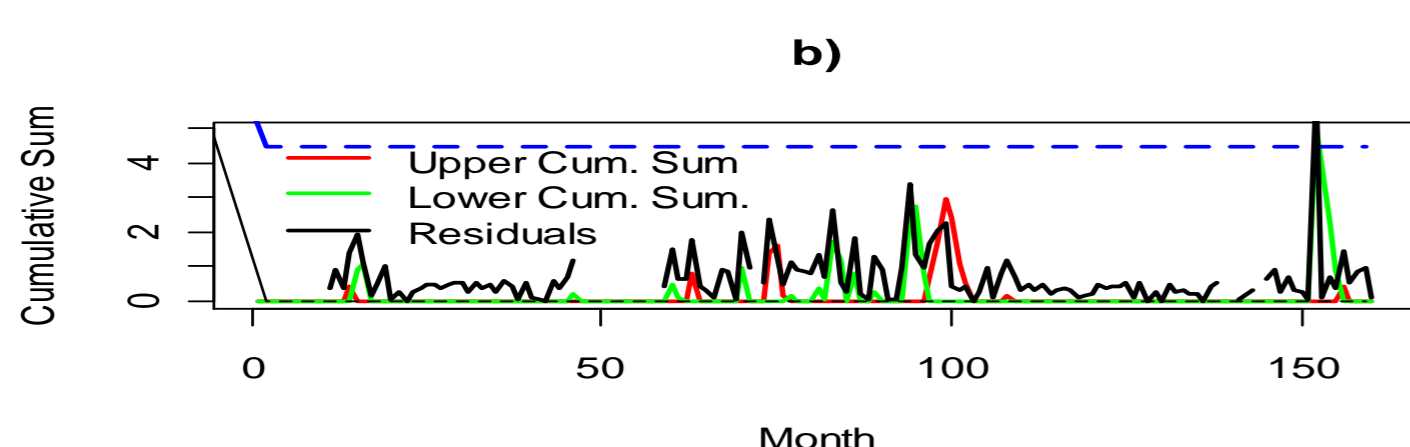
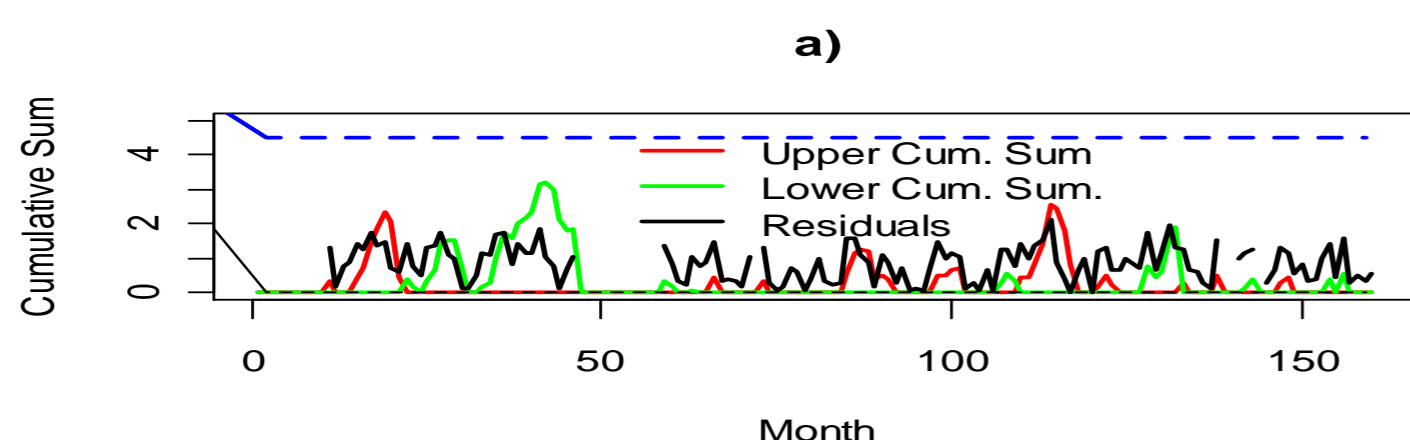
Se estudian las tendencias y cambios significativos en la calidad del agua de un río de la cuenca hidrográfica del Mediterráneo. Los procedimientos implementados en R son: gráfico de control combinado Shewhart-CUSUM (ASTM 1996), contraste de Pettitt de significación del punto de cambio (Pettitt 1979), el contraste parcial de significación de la tendencia de Mann-Kendall (El Shaarawi 1993). Se programó también varios contrastes no paramétricos para analizar la tendencia multivariante: contraste de significación de la tendencia con datos autocorrelacionados y componente estacional (Hirsch y Slack 1984), los contrastes de inversión de covarianza de Lettenmaier (1988) (estudiado por Loftis et al. 1991) y de Dietz-Killeen (Dietz y Killeen 1981), y el de la homogeneidad estacional de la tendencia y la extensión del contraste de van Belle-Hughes (Smith et al. 1993).

### Evaluación y detección de cambios de la calidad del aire, utilizando como indicador el monóxido de carbono

Se ilustra este tipo de análisis medioambiental con R, con los resultados de una investigación de la tendencia y estacionalidad de monóxido de carbono (CO), en una zona urbana (Capilla 2007). Se desarrollaron funciones en R para implementar algunos de los contrastes no paramétricos de estudio de la significación y homogeneidad que se han mencionado en el otro estudio de calidad medioambiental de este trabajo.

## Algunos resultados del estudio de calidad del agua

	Conductivity	Sodium	Magnesium	Calcium
Covariance Eigenvalue Test	3928 Pvalue: 0.2993	3268 Pvalue: 0.2786	2751 Pvalue: 0.3147	2414 Pvalue: 0.4745
Covariance Inversion Test (48 variables (4 variables x 12 months) Decomposition Overall Trend Remainder)	70.103* P-value: 0.02036 4275.P-value: 0.83619 70.06* P-value: 0.0162			
Covariance Eigenvalue Test (48 variables)	12824 Pvalue: 0.2997			
Covariance Inversion Test (4 variables (trend statistics are summed over the twelve months) Decomposition Overall Trend Remainder)	6.436 P-value: 0.1688 0.0427 P-value: 0.836 6.394 P-value: 0.9060			
Covariance Eigenvalue Test (4 variables)	13768 Pvalue: 0.76378			



a) Control chart of the residuals of the first PC ARIMA model.  
 b) Control chart of the residuals of the second PC ARIMA model.  
 Source: Capilla 2013

### Contraste de Pettitt para detección de punto de cambio

Aplicado a la primera componente principal: estadístico K estandarizado 1,28  
 nºobservación= 64, p-value= 0,038

### Contraste parcial de significación de la tendencia de Mann-Kendall (El Shaarawi 1993) (significativo al \*5% \*\*1%)

Month	Conductivity	Sodium	Magnesium	Calcium
January	0.009	-0.132	0.229	-1.181
February	-0.269	-0.845	0.454	-0.121
March	-0.688	1.257	-2.149*	0.751
April	1.447	-1.799*	0.722	-0.242
May	2.322*	-0.346	-0.225	-2.304*
June	6.024**	-1.058	1.972*	-2.153*
July	1.129	-0.703	1.272	-0.769
August	-0.035	-0.405	1.606	0.119
September	0.935	1.253	0.145	-1.687*
October	0.822	-0.076	-0.875	-0.144
November	0.510	1.112	-0.589	-0.347
December	1.112	1.203	-0.327	-0.538

### Contraste de significación de tendencia de Dietz-Killeen y extensión del contraste de van Belle-Hughes

	Conductivity	Sodium	Magnesium	Calcium
Dietz-Killeen test	5.91	10.81	4.419	9,547
Covariance Inversion test	P-value: 0.9203	P-value: 0.5448	P-value: 0.9746	P-value: 0.6556
Extension of van Belle-Hughes test	0.361	0,302	0.175	0.169
Decomposition	P-value: 0.5479	P-value: 0.5828	P-value: 0.6753	P-value: 0.6802
Overall Trend	5.55	10.514	4.24	9.377
Remainder	P-value: 0.9015	P-value: 0.4848	P-value: 0.9622	P-value: 0.5871

### Resultados de los contrastes no paramétricos de la tendencia en el estudio de la calidad del aire (indicador: monóxido de carbono)

Trend test	Test statistic	p-value
Hirsch-Slack test	-301	3.56e-5
	(standardized -3.97)	
Covariance Eigenvalue test	111.9	0.0035
Overall Trend in CO	9.04	0.0026
Remainder	5.86	0.8822

## Bibliografía

- ASTM (1996) PS64-96: Provisional standard guide for developing appropriate statistical approaches for ground-water detection monitoring programs. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.
- Capilla C (2005) Change detection in ecological observations. Joint Meeting IX International Congress of Ecology and 90th Annual Meeting Of The Ecological Society Of America, Montreal (Canadá).
- Capilla C (2007) Analysis of the trend and seasonal cycle of carbon monoxide concentrations in an urban area. Environ Sci Pollut Res 14: 19-22
- Capilla C (2013) Analysis of Multivariate Observations from a monitoring Stations of a River Basin. WIT Transact Ecol Environ 175: 313-324
- Dietz JE, Killeen TJ (1981) A nonparametric multivariate test for monotone trend with pharmaceutical applications. J Am Stat Asso 76: 169-174
- El-Shaarawi AH (1993) Environmental monitoring, assessment and prediction of change. Environmetrics 4: 381-398
- Hirsch EM, Slack JR (1984) A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resour Res 20: 727-732
- Lettenmaier DO (1988) Multivariate nonparametric tests for trend in water quality. Water Resour Bull 24: 505-512
- Loftis JC, Taylor CH, Chapman PL (1991) Multivariate tests for trend in water quality. Water Resour Res 27: 1421-1429
- Pettitt AN (1979). A nonparametric approach to the change-point problem. App Statis 28:126-135
- Smith EP, Rheem S, Holtzman GI (1993) Multivariate assessment of trend in environmental variables. In: Environmental Multivariate Statistics, ed. G.P. Patil & C.R. Rao, Elsevier Science Publishers: The Netherlands, pp. 489-507