

# Distribución espacial de la concentración pluviométrica diaria en la Península Ibérica

## *Spatial distribution of the daily precipitation concentration in the Iberian Peninsula*

Arturo Sánchez-Lorenzo y Javier Martín-Vide

Grupo de Climatología, Departamento de Geografía Física y AGR, Universidad de Barcelona. <http://www.ub.edu/gc/menu.htm>  
[sanchezlorenzo@ub.edu](mailto:sanchezlorenzo@ub.edu) / [jmartinvide@ub.edu](mailto:jmartinvide@ub.edu)

### SUMMARY

*The analysis of the precipitation on a daily resolution is very interesting in Mediterranean climate areas, where a few days account for much of the annual amount. The character, rainy or dry, of a year depends on the occurrence or not of a few very rainy days. This irregular temporal behaviour can be evaluated by means of the Concentration Index (CI) (Martín-Vide 2004), based on exponential curves  $Y=aXe^{bX}$ , which adjust the accumulated percentages of precipitation (Y) contributed by the accumulated percentage of days (X) on which it took place. The index was applied to 41 meteorological stations across Iberian Peninsula for the period 1951-1990. The main results are the regionalization of the territory in the eastern façade, from Girona to Almería, with high values, the central area, with moderate concentration, and the western fringe, with quite high values.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La precipitación puede considerarse el elemento climático más significativo en el conjunto de la Península Ibérica, pues permite configurar un complejo mosaico climático espacial, caracteriza meteorológicamente los años y se erige en un decisivo factor socioeconómico, positivo o, las más de las veces, limitante (Martín Vide 1996). Las principales peculiaridades de la precipitación en este ámbito geográfico vienen marcadas por unas elevadas variabilidad, disparidad e irregularidad y por la diversidad de regímenes pluviométricos (Martín-Vide 1994).

Respecto a la irregularidad o concentración pluviométrica, es conocido el hecho de que existe una elevada concentración de la precipitación en pocos días en buena parte del territorio peninsular. Así, es habitual para el sector de la Península Ibérica encarado al mar Mediterráneo que en pocos días lluviosos se recoja un elevado porcentaje del total pluviométrico anual. Por lo tanto, la aparición o no de estos días con lluvias copiosas puede variar el carácter pluviométrico de un año (seco o lluvioso). Respecto a esta irregularidad, el IPPC (Houghton et al. 2001) muestra unos escenarios futuros para la región mediterránea donde los totales pluviométricos sufrirán un descenso, mientras que de forma paralela las precipitaciones diarias extremas se incrementarán significativamente, lo cual conllevará un aumento de la citada irregularidad pluviométrica, a la vez que acentuará los problemas de escasez hídrica que sufre gran parte de la Península Ibérica. Estas previsiones ya han empezado a detectarse (Alpert et al. 2002; Paredes et al. 2006), y consecuentemente han de destinarse más esfuerzos a estudiar y comprender su comportamiento y evolución futura, con el objetivo de mitigar sus consecuencias o impactos negativos.

Nuestro trabajo se adentra en una parcela poco estudiada, pues aunque son numerosos los estudios que se centran en la precipitación para el ámbito de la Península Ibérica, son pocos los que tratan su estructura a una escala diaria (Romero et al. 1998 y 1999; Martín-Vide 1994; Lana et al. 2005; etc.).

Con el estudio a resolución diaria de la irregularidad o concentración pluviométrica diaria puede conocerse la estructura de la precipitación a una escala temporal fina, siendo difícil aumentar dicha resolución (horaria, minutal o instantánea) en la Península Ibérica, pues son escasas las series climáticas con ese detalle temporal.

## 2. ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS

En el presente trabajo se analizan 41 series de precipitación diaria (1951-90) del conjunto de la Península Ibérica (Figura 1), con el objetivo de caracterizar su concentración pluviométrica (mediante el *Concentration Index*), o lo que también podríamos llamar “grado de torrencialidad” o “agresividad” pluviométrica.

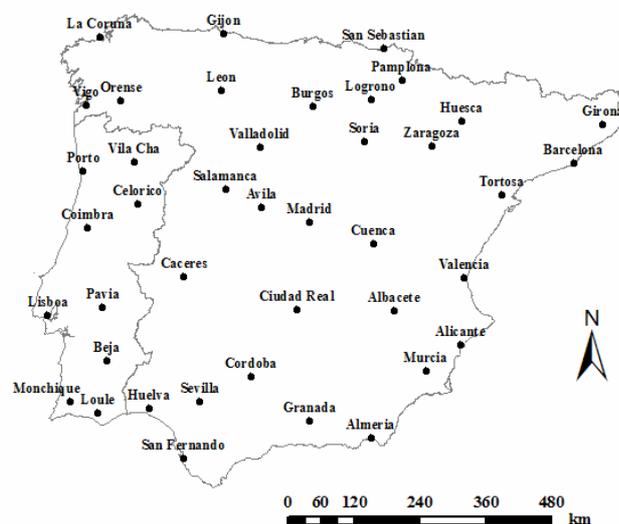


Figura 1 - Localización de los 41 observatorios analizados.  
(Location map of the 41 observatories analysed)

Los valores del *Concentration Index* (CI) para la España peninsular se han extraído de Martín-Vide (2004), mientras que para el Portugal peninsular (9) se han calculado utilizando series de precipitación diaria proporcionadas por el SNIRH (2005) y el ECA (2005). De ellas, las series del ECA (Beja, Coimbra, Lisboa “Geofísica” y Porto) tienen asegurada su homogeneidad (Klein Tank et al. 2002), mientras que las del SNIRH se han obtenido tras un proceso de selección entre las disponibles, con el objetivo de mejorar la cobertura espacial de las estaciones portuguesas. La dificultad de evaluar la homogeneidad de la precipitación a resolución diaria (Peterson et al. 1998; Aguilar et al. 2003) se ha resuelto representando gráficamente la distribución de frecuencias absolutas (en clases de 1 mm) de las cantidades de precipitación diaria para cada una de las series candidatas. Como ejemplo, y tal y como puede apreciarse en la Figura 2, el observatorio de Monchique presenta una distribución de frecuencias absolutas más regular, ajustándose mejor a una distribución exponencial negativa (que sería lo habitual en nuestra área de estudio), que la de Entre-os-Rios. Además, tras el cálculo del CI se han descartado aquellas series con valores anómalos respecto a los de las estaciones próximas. Un menor rigor en la anotación de las cantidades diarias pequeñas (menores de 1 mm) o el agrupamiento de varias distorsiona gravemente la distribución de frecuencias. De esta forma, se han seleccionado las 5

estaciones del SNIRH (Celorico da Beira, Monchique, Loulé, Pavia y Vila Cha) que presentaban un mejor ajuste a dicha distribución.

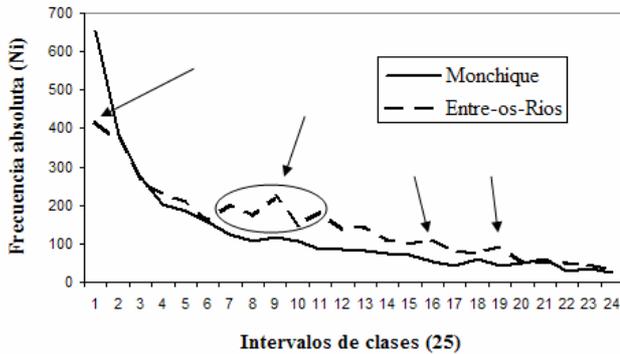


Figura 2 - Distribución de frecuencias absolutas (en clases de 1 mm) de Monchique y Entre-os-Rios para los primeros 25 intervalos de clases. (Absolute frequency distribution -in 1 mm classes- for Monchique and Entre-os-Rios and for the first 25 class intervals)

### 3. METODOLOGÍA: CONCENTRATION INDEX

Al igual que Martin-Vide (2004), para las series portuguesas se ha obtenido el porcentaje de los números acumulados de días de precipitación respecto al total de días de precipitación, así como los porcentajes de las cantidades acumuladas de los días de precipitación con respecto a la cantidad total, lo que permite generar las respectivas poligonales o "curvas de concentración", que presentan un aspecto marcadamente exponencial.

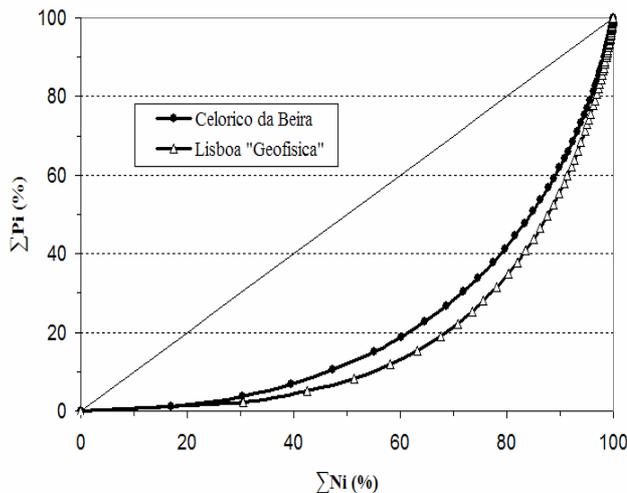


Figura 3 - Curvas de concentración de Celorico da Beira y Lisboa "Geofísica" (1951-1990). (Concentration curves for Celorico da Beira and Lisboa "Geofísica")

En la Figura 3 se representan las curvas de concentración de Celorico da Beira y Lisboa "Geofísica", mostrando esta última una mayor separación respecto a la recta de equidistribución, lo cual indica una mayor concentración de la precipitación diaria.

Sin embargo, puede perfeccionarse lo anterior sustituyendo las poligonales por las curvas exponenciales que mejor las ajustan, que son del tipo:

$$Y = aXe^{bx} \quad (1)$$

Las constantes  $a$  y  $b$  de la ecuación (1) pueden determinarse mediante el procedimiento de los mínimos cuadrados, de la siguiente forma:

$$\ln a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i - \sum X_i^2 \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{N \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i - N \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

siendo  $N$  el número de pares de valores.

Una vez determinadas las dos constantes, la integral definida de la curva exponencial entre 0 y 100 da la superficie comprendida entre la curva, el eje de abscisas y la ordenada 100, que equivale a:

$$S = \left[ \frac{a}{b} e^{bx} \left( x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (4)$$

Así, se obtendrán los valores más elevados cuanto más se aproximen las curvas exponenciales a la recta de equidistribución. Como nuestro interés radica en evaluar la irregularidad o concentración pluviométrica diaria, es preferible restar 5000 y el valor obtenido en la ecuación (4), para así obtener el área comprendida entre la curva, la recta de equidistribución y la ordenada 100 ( $S'$ ). Con esta superficie puede definirse el CI como:

$$CI = 2 S' / 10\,000 \quad (5)$$

o, simplemente,  $CI = S' / 5000$ . De esta forma, se obtendrán valores más elevados en las estaciones que presentan mayor concentración en la precipitación diaria. En el ejemplo de la Figura 3, Lisboa "Geofísica" presenta un valor de 0.62, por 0.56 de Celorico da Beira.

### 4. CONCENTRACIÓN PLUVIOMÉTRICA DIARIA EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Siguiendo la metodología propuesta se ha calculado el CI de las 9 estaciones portuguesas, que, junto con las 32 de la España peninsular (Martin-Vide 2004), conforman las 41 estaciones que se adjuntan en la Tabla 1.

Posteriormente se han cartografiado los resultados empleando el software ArcGis 9.0, utilizando para ello la extensión "Spatial Analyst" y el método de interpolación automático local mediante "splines" (Hutchinson 1995). Este método busca la función regular continua derivable que se adapte mejor a los puntos de muestreo sin perder sus propiedades de continuidad (Vicente Serrano y Saz Sánchez 2002).

De los resultados obtenidos (Figura 4) se desprende que los registros más elevados corresponden a estaciones situadas en la fachada oriental de la Península Ibérica (desde Girona a Almería), con una significativa incurvación hacia el interior siguiendo el valle del Ebro. Los valores más elevados corresponden al golfo de Valencia, alcanzándose un índice de 0.70 en la capital valenciana. Como referencia, un valor de 0.61 se corresponde con el hecho de que el 70% del total pluviométrico se concentra en el 25% de los días lluviosos. Así, queda patente que la parte oriental de la Península Ibérica presenta los mayores índices de irregularidad o concentración pluviométrica, que pueden vincularse a las precipitaciones torrenciales de origen mediterráneo.

También destacan los moderados valores que se alcanzan en la zona del golfo de Vizcaya (Gijón y San Sebastián con un valor de 0.59), en un islote situado en el interior peninsular (Ávila y Madrid con 0.60) y en la franja más occidental de la Península Ibérica, que se prolonga desde Galicia al Golfo de Cádiz, con valores comprendidos entre los 0.60 (Huelva) y los 0.62 (Lisboa "Geofísica"). Esta última área presenta, posiblemente, valores moderados debido a la buena exposición ante las precipitaciones ligadas a perturbaciones de componentes oeste y sudoeste, en comparación con otras regiones. Igualmente, este hecho también está influenciado por los abundantes aportes pluviométricos que se pueden llegar a recogerse en algunas de estas estaciones en el transcurso de una jornada.

En cambio, la parte oriental de ambas mesetas, Galicia y el noroeste de Portugal son las regiones con menor concentración diaria (valores comprendidos entre 0.56 y 0.57), o sea, con un menor

contraste o mayor regularidad entre sus cantidades diarias de precipitación, con un mínimo de 0.55 en Orense.

Con todo, la regionalización obtenida del solar ibérico es diferente a la que se consigue en otros trabajos (Martin-Vide y Gomez 1999).

**Tabla 1 – Coordenadas geográficas, constantes *a* y *b*, y valor del CI de las 41 estaciones ibéricas (1951-1990).**

*(Geographical coordinates, values for constants a and b, and CI for 41 meteorological stations across Iberian Peninsula)*

Nombre estación	Latitud (°)	Longitud (°)	a	b	CI
Beja	38.02	-7.87	0.0275	0.0355	0.61
Celorigo da Beira	40.65	-7.39	0.0489	0.0298	0.56
Coimbra	40.20	-8.42	0.0267	0.0359	0.61
Lisboa Geofísica	38.72	-9.15	0.0228	0.0373	0.62
Loulé	37.15	-8.00	0.0279	0.0352	0.61
Monchique	37.32	-8.56	0.0276	0.0354	0.61
Pavia	38.90	-8.01	0.0429	0.0310	0.58
Porto	41.13	-8.60	0.0264	0.0360	0.61
Vila Cha	41.33	-7.49	0.0431	0.0311	0.57
Albacete	38.95	-1.87	0.0410	0.0312	0.59
Alicante	38.37	-0.50	0.0136	0.0415	0.68
Almería	36.85	-2.38	0.0262	0.0354	0.63
Ávila	40.65	-4.70	0.0328	0.0335	0.60
Barcelona	41.30	2.08	0.0173	0.0397	0.65
Burgos	42.35	-3.62	0.0400	0.0317	0.58
Cáceres	39.47	-6.33	0.0447	0.0306	0.57
Ciudad Real	38.98	-3.92	0.0521	0.0291	0.56
Córdoba	37.85	-4.85	0.0455	0.0304	0.58
Cuenca	40.07	-2.30	0.0470	0.0302	0.56
Girona	41.90	2.77	0.0268	0.0351	0.63
Gijón	43.53	-5.65	0.0347	0.0331	0.59
Granada	37.13	-3.63	0.0524	0.0290	0.56
Huelva	37.27	-6.95	0.0319	0.0339	0.60
Huesca	42.08	-0.33	0.0340	0.0333	0.60
La Coruña	43.37	-8.42	0.0456	0.0305	0.56
León	42.58	-5.65	0.0463	0.0302	0.57
Logroño	42.45	-2.33	0.0375	0.0321	0.59
Madrid	40.42	-3.68	0.0305	0.0344	0.60
Murcia	37.95	-1.23	0.0165	0.0397	0.67
Orense	42.33	-7.87	0.0532	0.0290	0.55
Pamplona	42.77	-1.63	0.0405	0.0315	0.58
Salamanca	40.95	-5.50	0.0485	0.0297	0.57
San Fernando	36.47	-6.20	0.0352	0.0330	0.59
San Sebastián	43.30	-2.03	0.0339	0.0334	0.59
Sevilla	37.42	-5.90	0.0344	0.0332	0.59
Soria	41.77	-2.48	0.0511	0.0292	0.56
Tortosa	40.82	0.48	0.0107	0.0441	0.69
Valencia	39.48	-0.38	0.0102	0.0443	0.70
Valladolid	41.65	-4.77	0.0398	0.0317	0.58
Vigo	42.22	-8.63	0.0367	0.0328	0.58
Zaragoza	41.67	-1.00	0.0310	0.0338	0.62

## 5. CONCLUSIONES

Se ha evaluado la calidad de las series de precipitación diaria a partir del ajuste de la distribución de frecuencias absolutas (con

clases de 1 mm) a una distribución exponencial negativa y mediante la comparación de la concentración pluviométrica diaria con series de estaciones vecinas.

Los nuevos valores del CI para el Portugal peninsular han permitido completar un mapa de la concentración pluviométrica diaria en el conjunto de la Península Ibérica, destacando (respecto a Martin-Vide 2004) los valores moderados alcanzados en la fachada atlántica, en general superiores a los del interior peninsular.

Finalmente, se propone el CI como un buen índice de torrencialidad pluviométrica, estimador de las áreas con mayor riesgo climático de erosión y/o desertificación (De Luis et al 1997), sin contar con la protección que ofrece la cubierta vegetal en cada caso.

En el futuro, se pretende seguir estudiando el comportamiento de la concentración de la lluvia diaria en tres líneas:

I.- Aumentar la resolución espacial, con el consiguiente aumento de las series de precipitación diarias necesarias (lo cual debe comportar una mayor depuración y homogeneización de las series pluviométricas).

II.- Evaluar las posibles variaciones experimentadas por la concentración pluviométrica diaria en la Península Ibérica a lo largo de las últimas décadas.

III.- Extender el estudio al conjunto de la Unión Europea, gracias a la base de datos disponibles del proyecto ECA.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al proyecto ECA y al SNIRH por la cesión de los datos necesarios para este estudio. Igualmente, agradecemos a Thomas Cernocky su ayuda técnica. Uno de los autores disfruta de una beca predoctoral (FPU) del MEC. La presente investigación se ha realizado en el marco del proyecto IPIBEX (CGL2005-07664-C02-01, Ministerio de Educación y Ciencia).

## REFERENCIAS

- Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T.C. Peterson and J. Weringa (2003): *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization*, World Climate Programme Data and Monitoring, WMO-TD no. 1186, Geneva, 51 pp.
- Alpert, P., T. Ben-Gai, A. Baharad, Y. Benjamini, D. Yekutieli, M. Colacino, L. Diodato, C. Ramis, V. Homar, R. Romero, S. Michaelides and A. Mases (2002): "The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values". *Geophysical Research Letters*, **29**, 11, 10.1029/2001GL013554.
- De Luis, M., J.C. González-Hidalgo, J. Raventós, J.R. Sánchez and J. Cortina (1997): "Distribución espacial de la concentración y agresividad de la lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana". *Cuaternario y Geomorfología*, **11**, 3-4, 33-44.
- ECA (2005): *European Climate Assessment & Dataset Project*. <http://eca.knmi.nl/>
- Houghton J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden and D. Xiaosu (Eds) (2001): *Climate Change 2001. The scientific basis*. Cambridge University Press, UK, 994 pp.
- Hutchinson, M.F. (1995): "Interpolating mean rainfall using thin smoothing splines". *International Journal of Geographical Information Systems*, **9**, 385-403.
- Klein Tank, A.M.G. et al. (2002) "Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment". *International Journal of Climatology*, **22**, 1441-1453.
- Lana, X., M.D. Martínez, C. Serra and A. Burgueño (2005): "Periodicities and irregularities of indices describing the daily pluviometric regime of the Fabra Observatory (NE Spain) for the years 1917-1999". *Theoretical and Applied Climatology*, **82**, 3-4, 183-198.
- Martin-Vide, J. and L. Gomez (1999): "Regionalization of peninsular Spain based on the length of dry spells". *International Journal of Climatology*, **19**, 537-555.
- Martin-Vide, J. (1994): "Geographical Factors in the Pluviometry of Mediterranean Spain: Drought and Torrential Rainfall". En Corominas, J. and K. Georgakakos (Eds.): *U.S.-Spain Workshop on Natural Hazards*, 9-25, The University of Iowa, Iowa Institute of Hydraulic Research.
- Martín Vide, J. (1996): "Decálogo de la pluviometría española". En Marzón, M.V., P. Dorta y P. Valladares (Eds.): *Clima y agua: la gestión de un recurso climático*. La Laguna, 15-24.
- Martin-Vide, J. (2004): "Spatial distribution of a daily precipitation Concentration Index in peninsular Spain". *International Journal of Climatology*, **24**: 959-971.
- Paredes, D., R.M. Trigo, R. Garcia-Herrera, I.F. Trigo (2006): "Understanding precipitation changes in Iberia in early Spring: weather typing and storm-tracking approaches". *Journal of Hydrometeorology* (in press).
- Peterson, T.C. et al. (1998): "Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review". *International Journal of Climatology*, **18**, 1493-1517.
- Romero R., J.A. Guijarro, C. Ramis and S.Alonso (1998): "A 30-year (1964-1993) daily rainfall data base for the Spanish Mediterranean regions: first exploratory study". *International Journal of Climatology* **18**: 541-560.

- Romero R., G. Sumner G, C. Ramis and A. Genovés (1999): "A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area". *International Journal of Climatology* **19**: 765–785.
- SNIRH (2005): *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Portugal. <http://snirh.inag.pt/>
- Vicente Serrano, S.M. y M. Saz Sánchez (2002): "Comparación de técnicas geoestadísticas, interpolaciones locales y globales en la estimación de las precipitaciones en el sector central del valle del Ebro". En Cuadrat, J.M., S.M. Vicente y M.A. Saz (Eds): *La información climática como herramienta de gestión ambiental*, VII Reunión Nacional de Climatología, Universidad de Zaragoza, 155-163.

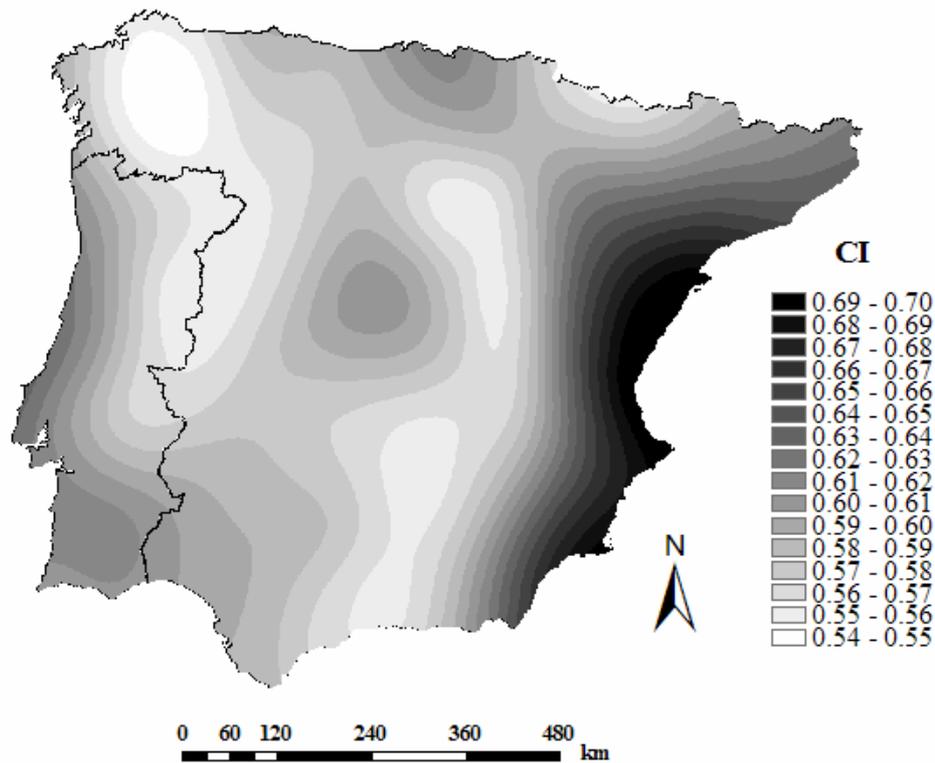


Figura 4 – Valores del CI en la Península Ibérica (*Values of CI in the Iberian Peninsula*)