

IMPROVEMENT AND EXPANSION OF CLIMATE DATA OF LA RIOJA TO APPLY IN THERMAL FACILITIES DESIGN

López Ochoa, L. M.; López González, L. M.; García Lozano, C. ; Las Heras Casas, J.

Universidad de La Rioja

The objective of this study is to have reliable temperature data in order to make a better procedure when carrying out projects of heating and air conditioning for homes in the municipalities of the Autonomous Community of La Rioja.

Objective methods using continuous interpolation at all points in space to determine the temperature climate mapping with seasonal resolution is necessary because of the complexity climate related to the relief of La Rioja. For that, techniques of geographic information systems were applied considering the maximum, minimum and average temperatures as the main variables.

Mapping was obtained with the absolute maximum, absolute minimum and average temperatures that can be found in the different municipalities of the Autonomous Community of La Rioja. Data of the absolute maximum temperatures for the months of June, July, August and September were included, besides data of absolute minimum temperatures for the months of January, February and December. Figures about the relative maxima and relative minima temperatures were represented as well.

It is about obtaining reliable data that will be improved in the future by Universal Kriging method. This method has been adapted to the situation of La Rioja and has been contrasted with our database.

Keywords: *Climate data; Universal Kriging; Temperature; Sustainability; Innovation*

LA MEJORA Y AMPLIACIÓN DE LOS DATOS CLIMÁTICOS DE LA RIOJA PARA SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE INSTALACIONES TÉRMICAS

El objetivo de este estudio es tener datos fiables de temperatura para poder realizar un mejor procedimiento a la hora de realizar proyectos de instalaciones de calefacción y climatización para viviendas en los municipios de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Dada la complejidad climática debido al relieve de La Rioja, es necesario el empleo de métodos objetivos mediante la interpolación continua en todos los puntos del espacio para determinar la cartografía climática de temperatura con resolución estacional, mediante la aplicación de técnicas de sistemas de información geográfica con las variables temperatura máximas, mínimas y medias.

Se ha obtenido el mapeado con las temperaturas máximas absolutas, mínimas absolutas y medias que se pueden encontrar en los distintos municipios de la Comunidad Autónoma de La Rioja. Se incluyen datos de temperatura absoluta máxima para los meses de junio, julio, agosto y septiembre, así como temperaturas mínimas absolutas para los meses de enero, febrero y diciembre. Del mismo modo se representan sus respectivos valores máximos y mínimos relativos.

Se trata de obtener datos fiables que serán mejorados en el futuro mediante el método Universal Kriging que hemos adecuado a la situación riojana y contrastado con nuestra base de datos.

Palabras clave: *Datos climáticos; Universal Kriging; Temperatura; Sostenibilidad; Innovación*

Correspondencia: Luis María López Ochoa. Universidad de La Rioja, ETS de Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Mecánica. C/ Luis de Ulloa 20. C.P. 26004. Logroño, España.

1. Introducción

El objetivo de este estudio es tener datos fiables de temperatura para poder realizar un mejor procedimiento a la hora de realizar proyectos de instalaciones de calefacción y climatización para viviendas en los municipios de la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Para el caso del desarrollo de un proyecto de calefacción y climatización es clave el conocimiento de las transmitancias de los cerramientos y de la temperatura exterior.

Actualmente, atendiendo al CTE-DB-HE1, los valores de las transmitancias límite vienen asociados a doce zonas climáticas. Dichas zona climática vienen determinadas por la diferencia de alturas respecto a la capital de provincia. En el caso de La Rioja, la zona climática asociada a Logroño es D2. El resto de localidades con un desnivel entre 200 y 400 metros con respecto a la capital tienen una zona climática asociada D1 y E1 para aquellas localidades con un desnivel mayor a 400 metros.

Por otro lado, se considera tradicionalmente una temperatura externa de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el diseño de las calefacciones y climatización, respectivamente, en Logroño (UNE 100014:2004).

Para proporcionar datos más fidedignos, se ha decidido intentar relacionar el tipo de clima, no sólo con las diferencias de altura mencionadas, sino también con las temperaturas extremas históricas de los diferentes municipios que forman la Comunidad Autónoma de La Rioja.

Dada la complejidad climática debido al relieve de La Rioja, es necesario el empleo de métodos objetivos mediante la interpolación continua en todos los puntos del espacio para determinar la cartografía climática de temperatura con resolución estacional, mediante la aplicación de técnicas de sistemas de información geográfica con las variables temperatura máximas, mínimas y medias (Cuadrat, 2008).

2. El clima de La Rioja

Las tecnologías de información geográfica, y especialmente los sistemas de información geográfica (SIG), constituyen una herramienta poderosa y muy útil para los estudios de análisis y gestión territorial, dado sus capacidades para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y representar datos espaciales georreferenciados.

Para obtener una óptima representación de las variables climáticas en La Rioja, se han utilizado las herramientas SIG comerciales ArcGIS Desktop y Global Mapper 13.

La geoestadística es una rama de la estadística cuyo objeto es estimar, predecir y simular la ocurrencia de fenómenos espaciales. Su aplicación permite simular la continuidad espacial, que es un rasgo distintivo esencial de muchos fenómenos naturales, a partir de datos puntuales, adaptando las técnicas clásicas de regresión, lo cual es una solución óptima si se dispone de datos georreferenciados con las variables que se desean conocer.

En zonas climáticas como La Rioja donde existe una peculiar orografía, la predicción es problemática, pues la topografía debida a las áreas montañosas genera una gran diversidad de microambientes (Daly, 1994).

Además, la ubicación de las estaciones climáticas o meteorológicas es bastante irregular, existiendo desajustes en la densidad y representatividad de los datos obtenidos de las mismas, acentuándose el problema con una toma de muestras temporal algo irregular.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha definido un intervalo de tiempo de treinta años como intervalo suficiente para calcular las normales climatológicas de un lugar, es

decir, asumir como valor normal de un lugar las condiciones medias del tiempo o la síntesis de las condiciones meteorológicas.

Por este motivo, existe una cierta controversia acerca de cuál es el mejor método para producir una superficie climática interpolada, partiendo de un conjunto limitado de estaciones meteorológicas.

En La Rioja se han producido varias aproximaciones a la cartografía de las variables climáticas desde los años setenta (Calvo, 1977; Sánchez-Gabriel, 1979; Núñez y Martínez, 1991). En todos los casos se trata de cartografías manuales a partir de un "criterio de experto", mediante el trazado de isolíneas.

Durante los últimos años se han empleado diferentes técnicas de cartografía automática para ofrecer datos más precisos. Aun así, la complejidad climática debido al relieve riojano no está bien registrada en la actualidad (Cuadrat, 2008).

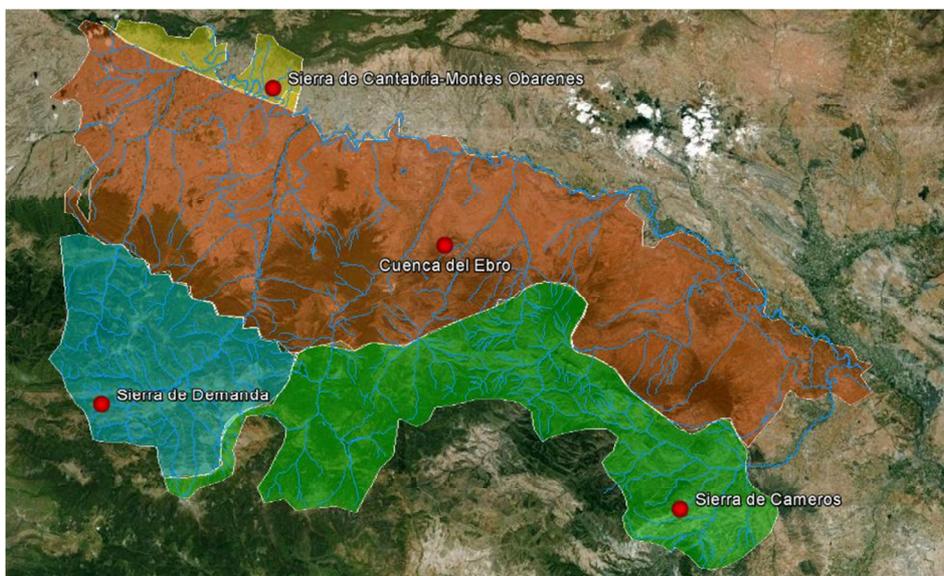
En este trabajo se muestra una cartografía climática de temperatura para La Rioja con resolución estacional, mediante la aplicación de técnicas de sistemas de información geográfica con las variables de temperaturas máximas, mínimas y medias. Las ventajas de este documento frente a las cartografías anteriores, es su mayor fiabilidad al estar realizada mediante métodos objetivos, permitir la interpolación continua en todos los puntos del espacio y su disponibilidad digital.

3. Orografía de La Rioja

El paisaje de una región es el resultado de la interacción de un conjunto de variables geológicas, geográficas y antrópicas. Es muy a tener en cuenta a la hora de evaluar el relieve riojano, su peculiar distribución de sierras y valles.

La Rioja aparece distribuida en cuatro importantes unidades morfoestructurales, las sierras de la Demanda y Cameros del sur, la sierra de Cantabria-Montes Obarenes al norte y, separando estos conjuntos montañosos, una depresión central.

Figura 1: Distintas unidades morfoestructurales principales de La Rioja.



Para el conjunto riojano, existe una disminución de 0,55 °C por cada 100 m de elevación (Núñez y Martínez, 1991).

4. Interpolación/Métodos iterativos

El método Kriging se basa en el principio de que, en aquellas variables que cambian de manera continua en el espacio, los puntos espacialmente próximos tienden a tener valores más similares que los que están más alejados.

Este método de estimación es muy superior a los tradicionales, los cuales emplean el método euclidiano de la distancia para el cálculo de los pesos que aplicarán a cada dato muestral. Mientras que el método Kriging considera tanto la distancia como la geometría de la localización de las muestras.

Como el valor real en un punto no muestral es desconocido, Kriging emplea un modelo conceptual con una función aleatoria asociada a los valores reales.

5. Estudio de temperaturas en La Rioja

Mediante el algoritmo de interpolación llamado método Kriging, concretamente la opción Kriging universal, el cual es el método más usado para el estudio de temperatura, se ha procedido al estudio de temperaturas en La Rioja.

Para tener la mayor información posible, se ha procedido a la localización de 68 estaciones meteorológicas dentro y fuera del territorio de La Rioja.

La estimación del valor de la temperatura de un punto concreto se puede llevar a cabo por medio de un límite de n estaciones o a través de un radio de búsqueda máximo.

En el estudio se ha procedido a interpolar teniendo en cuenta las 15 estaciones más próximas, además, se ha considerado en el sensor de temperatura de las estaciones un error de 0,1 °C, una distancia de influencia máxima de 20.000 metros por cada estación y que la diferencia de temperaturas no supere 2 °C durante la distancia de influencia de cada estación, respetando una ecuación exponencial (ecuación 1).

$$y(x) = 0,1 + 2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{x}{20.000}}\right) \quad (1)$$

Por otro lado, se ha tenido en cuenta para el cálculo de las temperaturas en La Rioja unas células de tamaños de 250x250m².

En primer lugar, se ha realizado una base de datos con los datos de temperatura de todas las estaciones meteorológicas localizadas y la información ofrecida por: larioja.org, SOS Rioja, Aemet, Meteo.Navarra, inforiego.org, European Climate Assessment and Dataset y Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA).

Algunas estaciones meteorológicas nos han proporcionado series de datos de hasta 70 años de antigüedad. Las series de datos son muy heterogéneas, existiendo hasta series de datos en algunas estaciones desde 1917.

A partir de los valores diarios de temperatura media, máxima y mínima de cada estación, se han calculado: Temperatura media de cada mes, temperatura máxima promedio de cada mes, temperatura mínima promedio de cada mes, temperatura máxima absoluta de cada mes y temperatura mínima absoluta de cada mes. En las figuras siguientes se muestran los resultados obtenidos para Logroño, en sus tres estaciones meteorológicas.

Figura 2: Registro mensual de temperaturas del observatorio del Instituto de Logroño (Años 1917-1956)

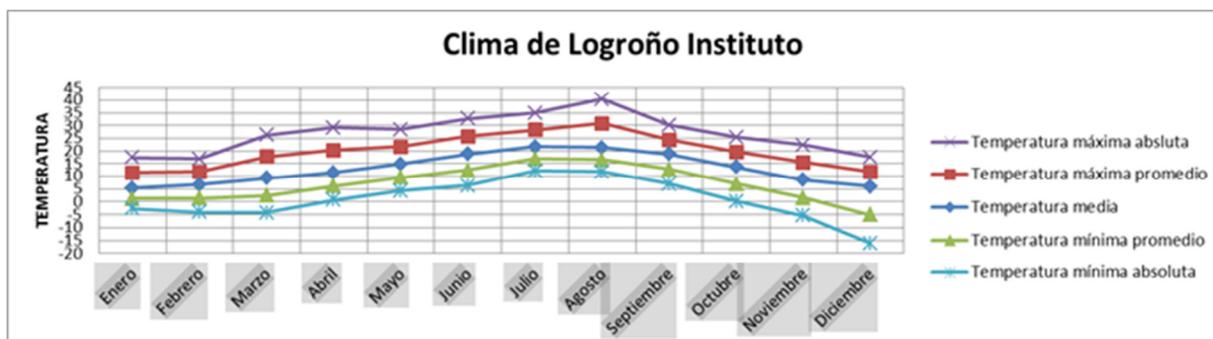


Figura 3: Registro mensual de temperaturas del observatorio en La Grajera (Años 2005-2012)

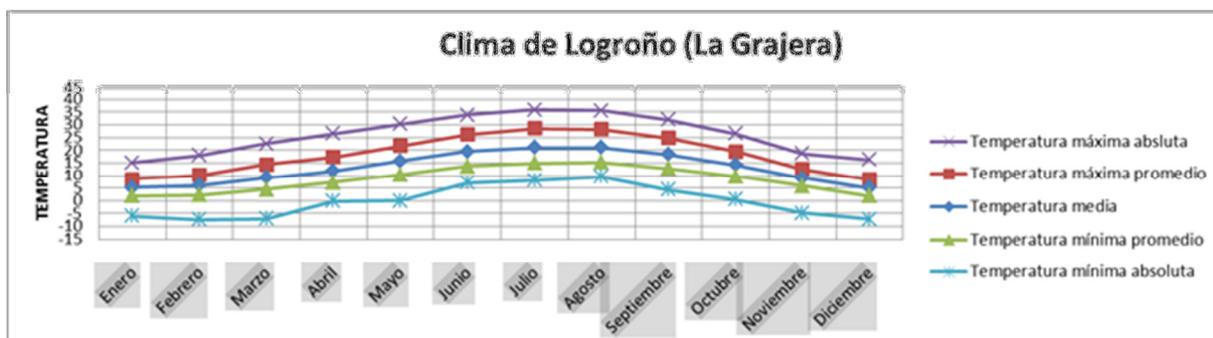
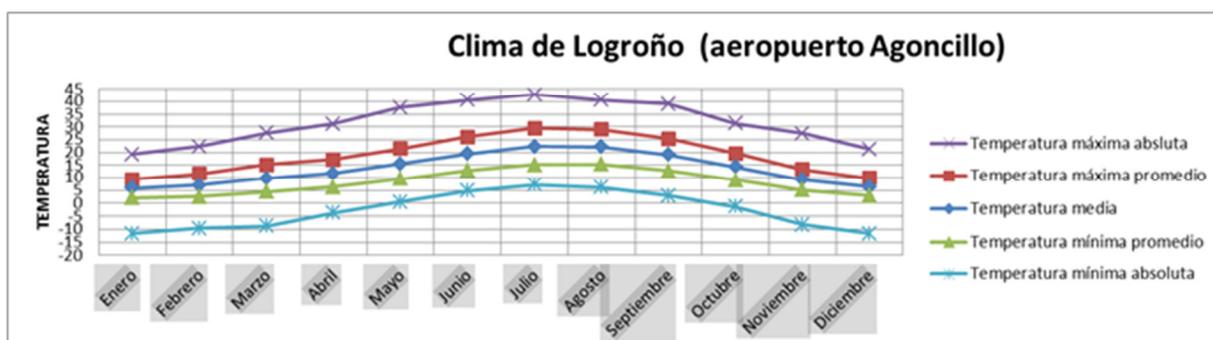


Figura 4: Registro mensual de temperaturas del observatorio en el aeropuerto Agoncillo (Años 1948-2012)



6. Resultados finales

A modo de resumen se presentan las temperaturas máximas y mínimas absolutas para todas las cabeceras de comarca de La Rioja en función de los meses del año que se contemplan como más extremos, indicando en **negrita** las temperaturas máximas y mínimas absolutas para todas las cabeceras de comarca de La Rioja.

Tabla 1. Temperaturas máximas y mínimas absolutas y meses extremos por cabeceras de comarca.

Municipios	Temperatura mínima absoluta (°C)			Temperatura máxima absoluta (°C)			
	Dic	Ene	Feb	Jun	Jul	Ago	Sep
Alfaro	-10,91	-7,20	-6,51	39,96	38,92	39,73	36,56
Arnedo	-8,13	-5,70	-6,11	36,52	38,24	38,56	35,43
Calahorra	-7,93	-4,91	-5,63	39,78	39,52	41,44	37,35
Cervera del Río Alhama	-9,88	-7,75	-6,99	36,85	39,05	38,78	34,80
Ezcaray	-10,21	-9,58	-13,68	33,82	36,25	36,38	32,97
Haro	-9,26	-11,73	-8,38	37,58	39,32	39,42	35,33
Logroño	-15,95	-11,18	-10,96	36,03	39,01	40,17	35,82
Nájera	-9,78	-8,31	-7,18	38,60	37,98	38,06	34,63
Santo Domingo de la Calzada	-13,68	-9,69	-8,63	36,02	36,80	37,01	33,77
Torrecilla en Cameros	-9,91	-9,10	-10,10	32,99	34,39	35,26	31,08

A modo de resumen se presentan las temperaturas máximas y mínimas relativas para todas las cabeceras de comarca de La Rioja en función de los meses del año que se contemplan como más extremos, indicando en negrita las temperaturas máximas y mínimas relativas para todas las cabeceras de comarca de La Rioja.

Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas relativas y meses extremos por cabeceras de comarca.

Municipios	Temperatura mínima relativa (°C)			Temperatura máxima relativa (°C)			
	Dic	Ene	Feb	Jun	Jul	Ago	Sep
Alfaro	0,70	0,76	1,23	28,34	30,06	29,68	26,07
Arnedo	2,99	2,39	2,84	26,47	28,65	28,16	24,31
Calahorra	1,85	2,12	2,46	28,37	30,43	29,95	26,37
Cervera del Río Alhama	-0,42	-0,41	0,72	27,10	30,07	29,95	26,28
Ezcaray	0,91	0,49	-0,32	22,80	25,17	24,77	21,87
Haro	2,72	2,41	2,24	26,25	28,31	28,37	24,86
Logroño	1,34	1,48	1,56	26,01	28,58	30,74	24,72
Nájera	1,43	1,34	1,35	25,84	27,96	28,12	24,43
Santo Domingo de la Calzada	0,95	1,03	1,46	24,82	27,37	26,29	23,43
Torrecilla en Cameros	-0,13	-0,52	-1,17	22,36	24,83	25,31	21,14

Todos los datos de las tablas anteriores han sido generados a partir de los mapas obtenidos por el método Universal Kriging. Como muestra de estos mapas se presentan las figuras siguientes.

Figura 5: Mapa de temperaturas mínimas absolutas en diciembre en La Rioja

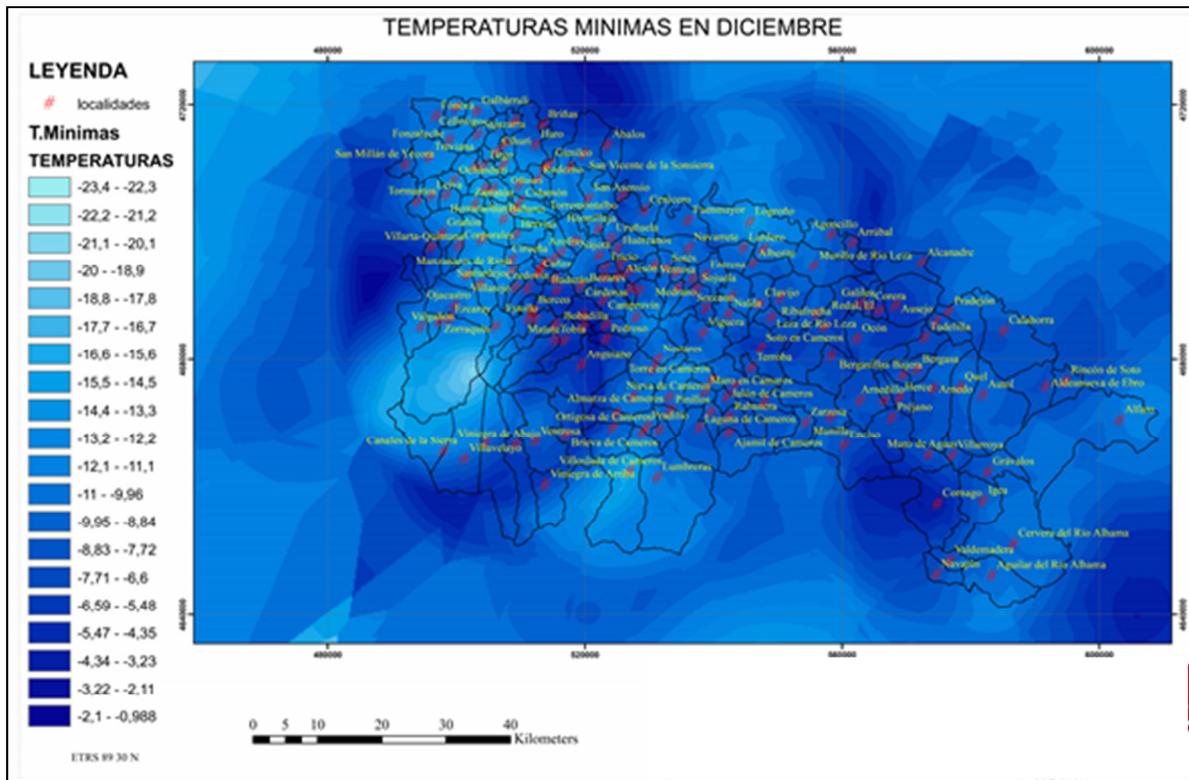


Figura 6: Mapa de temperaturas máximas absolutas en agosto en La Rioja

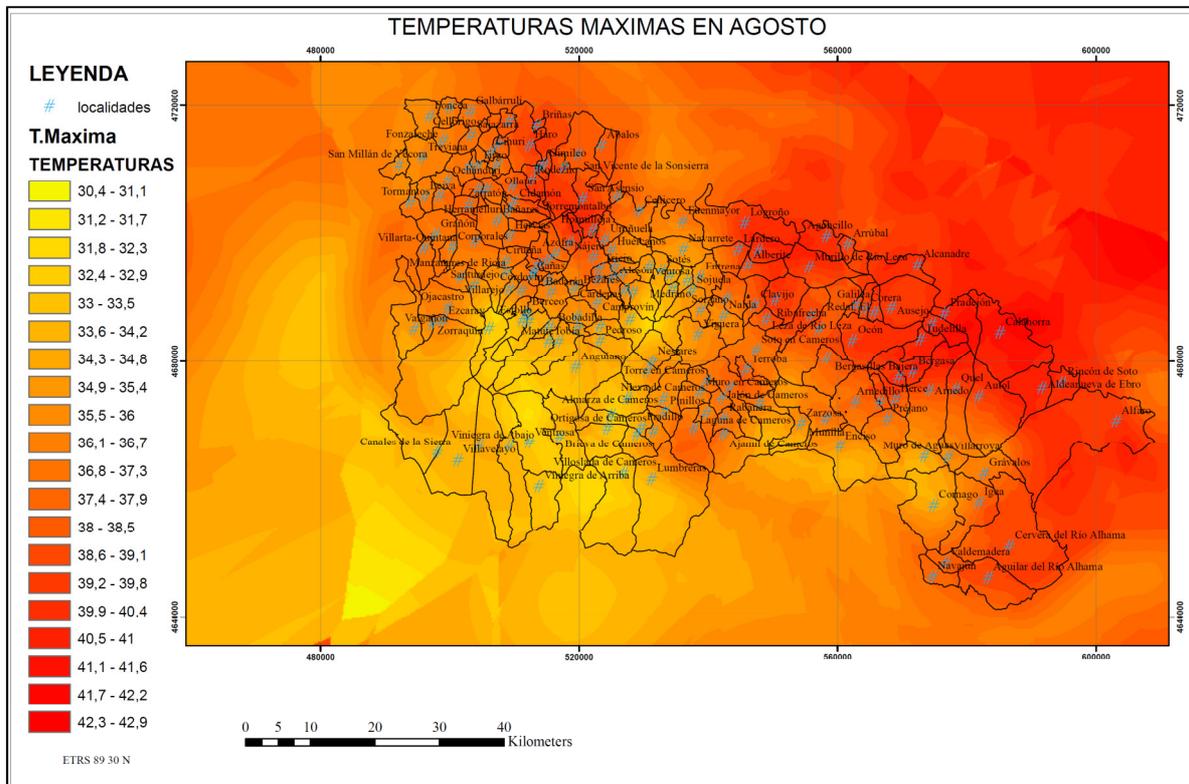


Figura 7: Mapa de temperaturas mínimas relativas en diciembre en La Rioja

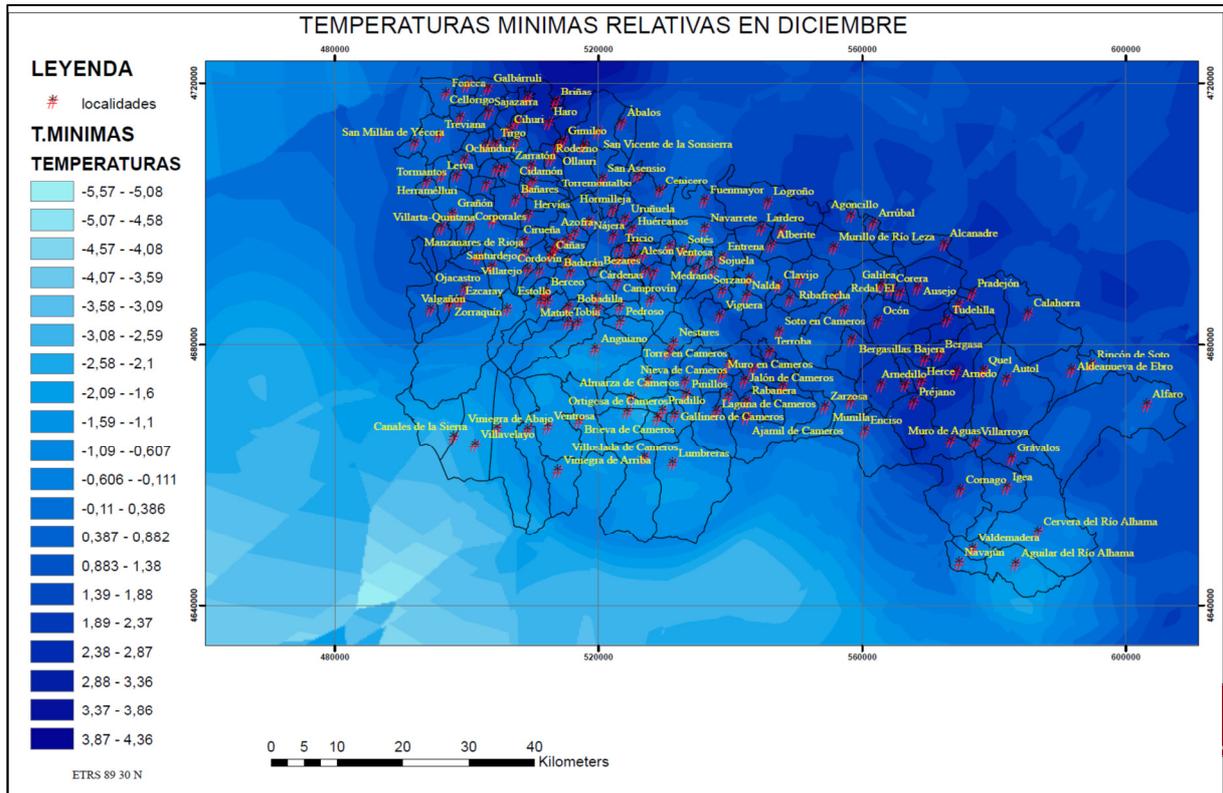
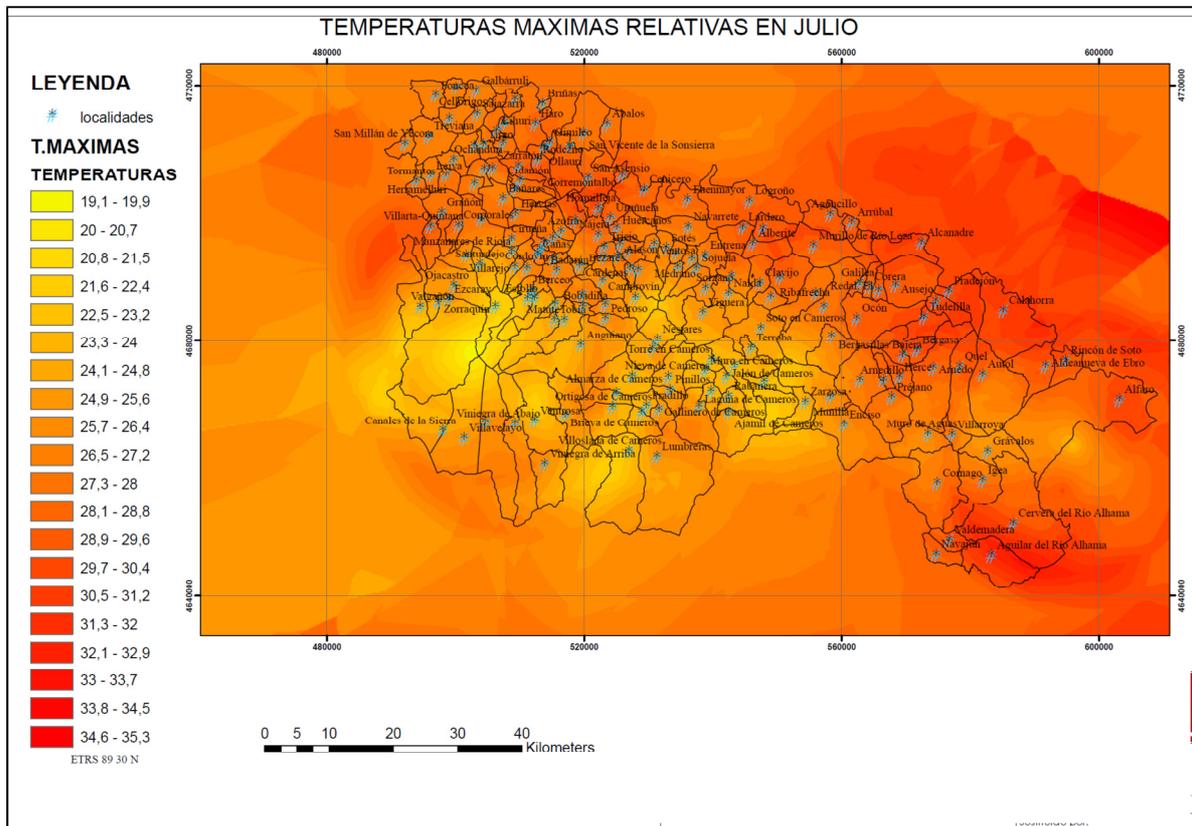


Figura 8: Mapa de temperaturas máximas relativas en julio en La Rioja



7. Conclusiones

Con el objetivo de diseñar unas instalaciones de calefacción y climatización lo más óptimas posibles, acotando la inversión que se desee realizar, es imprescindible para el proyectista conocer las temperaturas mínimas absolutas y relativas (para calefacción) y las temperaturas máximas absolutas y relativas (para climatización) en cada municipio.

8. Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Grupo de Investigación GI-TENECO y al Ingeniero Industrial Jaime Rubinat Alén por su trabajo y dedicación.

9. Referencias

- Calvo-Palacios J. L. (1977). *Los Cameros de región homogénea a espacio-plan*. Logroño: Servicio de Cultura de la Excm. Diputación Provincial. ISBN: 84-85242-17-3.
- Cuadrat, J. M. y Vicente-Serrano, S. M. (2008). Características espaciales del clima en La Rioja modelizadas a partir de sistemas de información geográfica y técnicas de regresión espacial. *Zubía Monográfico*, 20, 119-142. ISSN: 1131-5423.
- Daly, C., Neilson, R. P. & Phillips, D. L. (1994). A statistical-topographical model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 33, 140-158. ISSN: 0894-8763.
- España. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 28 de marzo de 2006, núm. 74, pp. 11816-11831.
- España. UNE 100014:2004 Climatización. Bases para el proyecto. Condiciones exteriores de cálculo.
- Núñez Olivera, E. y Martínez Abaigar, J. (1991). *El clima de La Rioja: análisis de precipitaciones y temperaturas*. Logroño: Editorial Gobierno de La Rioja. ISBN: 84-87209-47-5.
- Sánchez-Gabriel y Fernández-Giro, M. (1979). *Climatología y bioclimatología aplicada a La Rioja*. Logroño: Editorial Ochoa. ISBN: 84-73590-76-7.