



## ÍNDICES DE RIESGO CLIMÁTICO TUTORIAL PARA EL USO DE LA HERRAMIENTA SIG

Departamento de Conservación Preventiva  
Área de Investigación y Formación  
Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE)



PLAN NACIONAL DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA



## PLAN NACIONAL DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA  
ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN  
**SUBDIRECCIÓN GENERAL DEL IPCE**  
DIRECCIÓN GENERAL DE BELLAS ARTES  
MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE

### **ÍNDICES DE RIESGO CLIMÁTICO TUTORIAL PARA EL USO DE LA HERRAMIENTA SIG**

Plan Nacional de Conservación Preventiva

Juan Antonio Herráez  
[juan.herraez@cultura.gob.es](mailto:juan.herraez@cultura.gob.es)

[conservación.preventiva@cultura.gob.es](mailto:conservación.preventiva@cultura.gob.es)  
(+34) 915 504 467

## EL PROYECTO

El proyecto de definición de “ÍNDICES DE RIESGO CLIMÁTICO” es una iniciativa del IPCE desarrollada en el marco del Plan Nacional de Conservación Preventiva. Los trabajos para la culminación del proyecto se han realizado con la colaboración de Félix Esteban Chinchón, restaurador y meteorólogo, y la Asociación gvSIG, bajo la dirección técnica del departamento de Conservación Preventiva del Área de Investigación y Formación del Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE).

## EL OBJETIVO

El objetivo de este proyecto ha sido el desarrollo de una herramienta de ayuda útil para los profesionales de la conservación y restauración, centrada en los riesgos de deterioro para los bienes culturales, derivados de las condiciones ambientales características del clima.

El fin último de esta herramienta es facilitar el diseño de medidas y procedimientos de conservación preventiva y ofrece información relacionada con el clima local y el riesgo de deterioro consecuencia del mismo. Se adelantan también algunas nociones sobre cómo las instalaciones en las que se alojan los bienes culturales protegen frente a estas variables climáticas.

La definición de estos índices de riesgo climático se ha realizado en función de una serie variables climáticas, la vulnerabilidad de los materiales que forman los bienes culturales a las mismas, y la protección que ofrecen los edificios o estructuras en las que se conservan dichos bienes. Toda esta evaluación se ha trasladado a una base cartográfica elaborando unas aplicaciones SIG (Sistema de Información Geográfica) que permite obtener una evaluación en función de la ubicación geográfica, la variable climática seleccionada, el tipo de bien cultural y la protección arquitectónica o estructural en la que se conserva. Así, estos índices de riesgo climático podrían definirse como: *aquellos valores numéricos, dependientes de valores climáticos, que cuantifican el riesgo de deterioro debido a las condiciones ambientales adversas.*

Esta herramienta está accesible en <https://ipce.gvsigonline.com/gvsigonline/>, y ofrece todos sus resultados mediante una escala de valoración, asociada a una gama

de colores, para cada riesgo considerado, en una base cartográfica que permite identificar la ubicación geográfica de cada bien cultural en cuestión.

De momento se dispone de mapas del territorio peninsular. Con respecto a las islas cabe decir que revisten una mayor complejidad, por lo que sus mapas se elaborarán en una fase posterior del proyecto.

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La información sintetizada en las aplicaciones desarrolladas en este proyecto se puede clasificar en tres grandes grupos dependiendo de su grado de elaboración, a saber:

Climatología

Condiciones generales de conservación

Índices de deterioro (o de riesgo climático).

### Climatología

El punto de partida y la base del proyecto ha sido una recopilación de datos climáticos, proporcionados por la AEMET (Agencia Española de Meteorología) y otras fuentes. Los datos originales abarcan periodos representativos para cada variable, con intervalos de recogida de datos horarios de la temperatura, la humedad relativa (HR) y la precipitación.

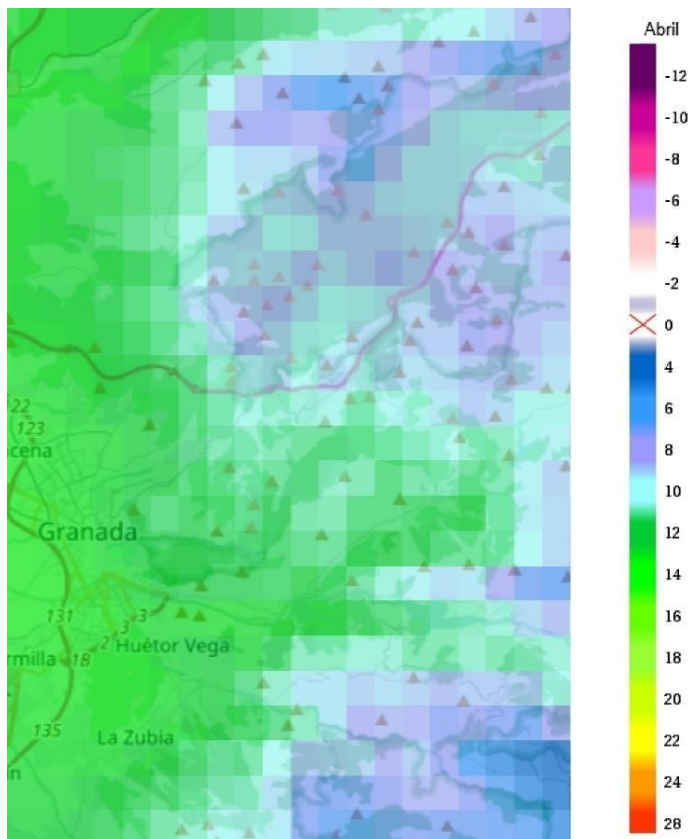
Estos datos han sido procesados de dos maneras: por una parte, se han extrapolado a toda la geografía nacional peninsular formando una retícula con una resolución de aproximadamente 1 km de lado; por otra parte, se han calculado las siguientes variables climáticas, que son las que se ofrecen en la aplicación al usuario:

- Temperatura mínima media
- Temperatura máxima media
- Temperatura media mensual y anual
- Humedad relativa media mensual y anual
- Precipitación media mensual y anual

Cada una de estas variables climáticas puede consultarse en mapas de medias mensuales o anuales. Es importante hacer notar que los valores ofrecidos no se corresponden a un mes o año concreto, sino que son datos climáticos expresados como valores promedio de series representativas que abarcan varias décadas.

La forma de presentación, con la resolución indicada, es mediante una clave de color para los diferentes rangos de valor, como se aprecia en la siguiente figura que representa la temperatura media mensual, durante el mes de abril, en una zona al este de Granada capital. En este caso la opacidad de la capa se ha reducido a un 65% aproximadamente. Comparando con la escala de colores, los

cuadros coloreados de un azul más oscuro se corresponderían con un valor de temperatura de 4º C, mientras que los verdes más amarillentos estarían próximos a 16 º C.



Esta información caracteriza el comportamiento climático, para las variables consideradas, permitiendo identificar con facilidad zonas con comportamientos similares. En zonas de gran variabilidad climática o en situaciones topográficas particulares, si se dispone de datos de diferentes estaciones meteorológicas próximas a la localización del bien cultural en estudio, la consulta de estos mapas ayuda a decidir cuál de estas estaciones va a proporcionar unas lecturas más acordes con las que se tomarían sobre dicho bien. Toda esta información descriptiva se puede consultar en la aplicación denominada “Climatología”.

## Condiciones generales de conservación

Para evaluar las condiciones de conservación de un bien cultural o colección concreta, además de los datos climáticos, se han considerado dos tipos de parámetros de naturaleza distinta:

- El grado de sensibilidad que presentan los diferentes materiales frente a las variaciones de temperatura y HR.

- El grado de inercia termohigrométrica que presentan los edificios o estructuras de protección frente a variaciones de temperatura y HR.

Respecto a los primeros, se han seguido los estudios de Stefan Michalski y el Instituto Canadiense de Conservación que han elaborado una serie de tablas en las que se describen 4 niveles de sensibilidad para diferentes materiales<sup>1</sup>.

Respecto a los segundos, se ha establecido una clasificación general del posible comportamiento de los edificios frente a las condiciones climáticas de exterior, considerando que los edificios de alta inercia son los que confieren una mayor estabilidad frente a los cambios en el exterior, y una mayor protección a los bienes culturales. Estos se corresponden con edificios que por sus cerramientos, aislamiento o estanqueidad amortiguan de forma eficiente las oscilaciones del clima local (“Condiciones generales de conservación (Edificios de alta inercia)”). En el otro extremo, los edificios de baja inercia, son los que confieren una menor amortiguación de las oscilaciones del clima local y, por lo tanto, ofrecen una menor protección a los bienes culturales que albergan (“Condiciones generales de conservación (Edificios de baja inercia)”). Se considera una categoría intermedia a las dos anteriores en la aplicación “Condiciones generales de conservación (Edificios de media inercia)”. La catalogación de un edificio concreto en una u otra categoría depende de las características constructivas, de su mantenimiento y modo de uso, y está condicionado por las instalaciones de calefacción y aire acondicionado. Un método práctico de conocer las condiciones de inercia termohigrométrica que presenta un edificio concreto es comparar la evolución de la temperatura y la HR en el interior y el exterior del mismo. Para ello se pueden utilizar las siguientes referencias:

- Si las oscilaciones del exterior se reducen en un porcentaje  $\geq 90\%$  ( $\pm 5\%$ ) (factor de atenuación de 0.1) en el interior, se trataría de un edificio de “alta inercia”.
- Si las oscilaciones del exterior se reducen en torno al 70% ( $\pm 5\%$ ) (factor de atenuación de 0.3) en el interior, se trataría de un edificio de “media inercia”.
- Si las oscilaciones del exterior se reducen en un porcentaje  $\leq 40\%$  ( $\pm 5\%$ ) en el interior (factor de atenuación de 0.6), se trataría de un edificio de “baja inercia”.

Normalmente, en edificios históricos, la atenuación de las

oscilaciones de temperatura son mayores que la atenuación de las oscilaciones de humedad relativa. Esto se debe a la capacidad térmica por la masa de los materiales de la fábrica del edificio, y a las corrientes de aire debido a la falta de estanqueidad, respectivamente.

También se han considerado los bienes culturales conservados en la intemperie en la aplicación “Condiciones generales de conservación (Exterior)”.

---

<sup>1</sup> Conservation institute - Govern of Canada, Stephan Michalski, (13/06/2024).  
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/humidity.html>  
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/temperature.html>

Del cruce de los mapas de las variables climáticas descritas en el punto anterior, con los parámetros antes indicados, resultan nuevos mapas de *condiciones de conservación*, relacionados con los niveles de la HR, la oscilación de la HR y la oscilación de la temperatura, para diferentes materiales.

Más en detalle, las condiciones de conservación evaluadas serían:

- **Humedad relativa excesiva (alta/baja):** Representa el riesgo de deterioro de los materiales por unas condiciones potencialmente inadecuadas para su conservación debido tanto a una humedad relativa (HR) excesivamente alta como a una HR excesivamente baja. Los mapas que representan este parámetro se encuentran sólo en la opción de “Condiciones generales de conservación (exterior)”.
- **Deterioro por oscilación de la HR:** Representa el riesgo de deterioro de los materiales por unas condiciones potencialmente inadecuadas para su conservación debido a variaciones excesivas de humedad relativa. Este parámetro ha sido calculado para materiales con distinto grado de sensibilidad según las tablas de Michalski. Por tanto, para acceder al mapa adecuado es preciso saber el tipo de material cuya afección se desea conocer y comprobar el grado de sensibilidad que le caracteriza consultando estas tablas (véase la tabla 1 al final de este capítulo). Los cuatro grados de sensibilidad diferenciados por Michalski son baja, media, alta y muy alta, que se corresponden respectivamente con las etiquetas de los mapas S1, S2, S3 y S4.

- **Deterioro por temperatura:** Representa el riesgo de deterioro de los materiales por estar sometidos a una temperatura media inadecuada para su conservación. El valor de este parámetro se expresa como una estimación del tiempo, en años, que podría perdurar el material en esas condiciones, no obstante, esto no debe tomarse de forma literal, sino como un valor orientativo para realizar comparaciones. Como en el caso anterior, este parámetro ha sido calculado para materiales con distinto grado de sensibilidad según las tablas de Michalski, por lo que para seleccionar el mapa adecuado se debe proceder de igual forma, siendo las correspondientes etiquetas de los mapas: ST1, ST2, ST3 y ST4. Los mapas que representan este parámetro se encuentran sólo en la opción de “Condiciones generales de conservación (exterior)”.

## Índices de deterioro (riesgo climático)

Por último, cruzando de nuevo los datos climáticos con otros estudios publicados, que tratan de cuantificar el riesgo de deterioro en función de las condiciones climáticas para algunos casos concretos (termoclastismo, hidratación y cristalización de sales), así como con la probabilidad de que ocurran ciertos fenómenos (heladicidad, lluvias torrenciales y lluvias persistentes) se han obtenido los denominados Índices de Deterioro.

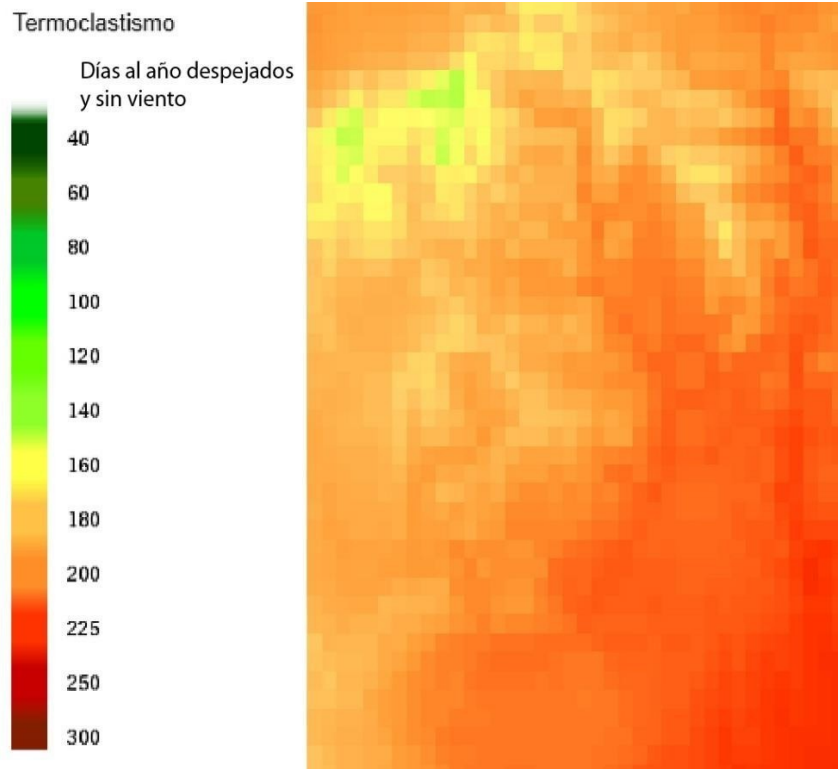
Un Índice de Deterioro se considera, por tanto, un parámetro que puede adoptar diferentes valores numéricos, dependientes de valores climáticos, que cuantifican el riesgo de deterioro debido a las condiciones ambientales adversas.

Estos resultados de Índices de Deterioro o de Riesgo Climático se presentan también en forma de mapas.

Los índices calculados son:

- **Termoclastismo**

Se refiere a la tensión debida a las diferencias de temperatura que se producen en una misma roca entre interior y exterior, o entre zonas expuestas y no expuestas a insolación directa. Esta tensión puede producir deterioro en la roca, principalmente exfoliación, y la gravedad y frecuencia del mismo depende del tipo de roca. Se estima que, para una roca dada, sometida a insolación directa y en ausencia de viento, la fluctuación de temperaturas durante el ciclo diario crea gradientes capaces de producir estos fenómenos. Por tanto, se toma como Índice de riesgo de termoclastismo, el número de días despejados sin viento<sup>2</sup>, por ello la escala de color de los mapas está

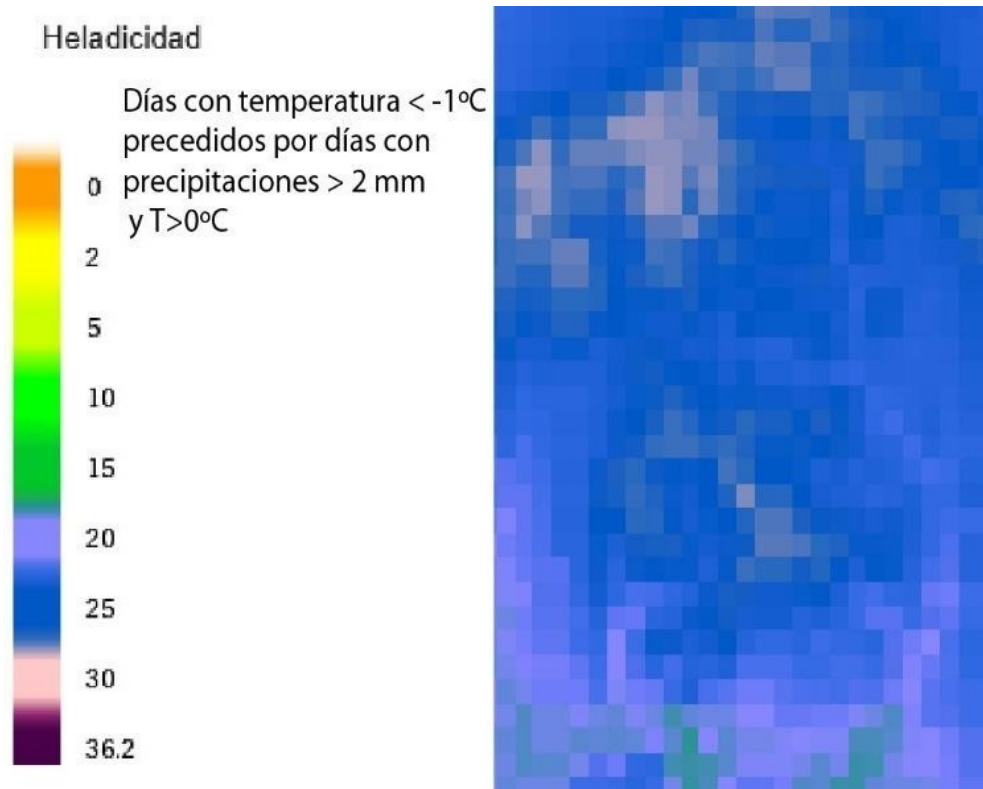


expresada en nº de días.

<sup>2</sup>Lazzarini, L., Laurenzi-Tabasso, M. (1986). *Il Restauro della Pietra*. Padova: CEDAM.

### - **Heladicidad**

Cuantifica el riesgo de congelación de agua en los poros y fisuras de los materiales de los edificios y elementos expuestos a la intemperie. El riesgo se expresa en función de la probabilidad de que ocurran días lluviosos (Precipitación > 2mm y  $T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) seguidos inmediatamente por días con heladas ( $T < -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Los valores de la leyenda serían, por tanto, probabilidades expresadas en %.



- **Hidratación del Sulfato de Sodio**

Este índice se refiere a la probabilidad de la formación de eflorescencias (veladuras, pátinas o costras) o subeflorescencias por hidratación y cristalización del  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (es decir transiciones del  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  al  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ). Se trata de un fenómeno que causa la meteorización física o mecánica de los materiales de los edificios, y la probabilidad de que ocurra depende de la T, de que se supere un umbral de HR determinado y de la HR promedio<sup>3</sup>. Normalmente requieren ciclos en los que se alterna una humedad relativa muy alta (que permite la disolución de las sales) con una humedad relativa más baja (que provoca la recristalización de la sal).

---

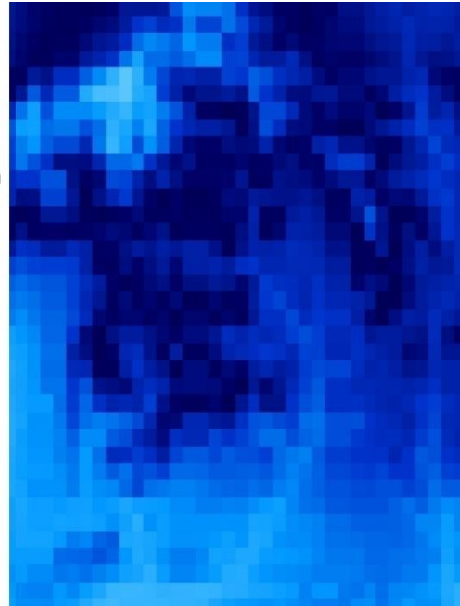
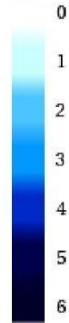
<sup>3</sup> Grossi, C.M. et Al., (2011). Climatology of salt transitions and implications for stone weathering, Sci. Total Environ, 409, pp 2577-2585

El índice refleja el cálculo de la frecuencia de los ciclos de cristalización-disolución mensual o anual en función del periodo seleccionado.

Hidratación del sulfato de sodio

Abril

Nº de ciclos de cristalización-disolución



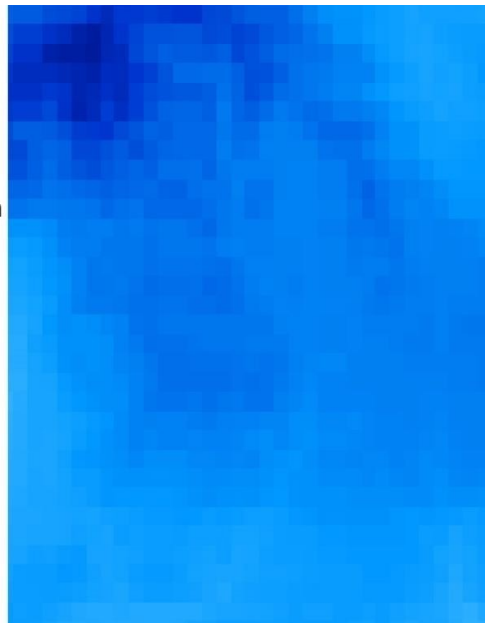
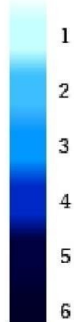
- **Cristalización del Cloruro de Sodio**

Es similar al anterior, pero en este caso el índice se refiere a la frecuencia de las transiciones de CINA disuelto a CINA cristalizado, en función de la humedad relativa media<sup>4</sup>, en los periodos mensual y anual, y su distribución en el territorio.

Hidratación del cloruro sódico

Octubre

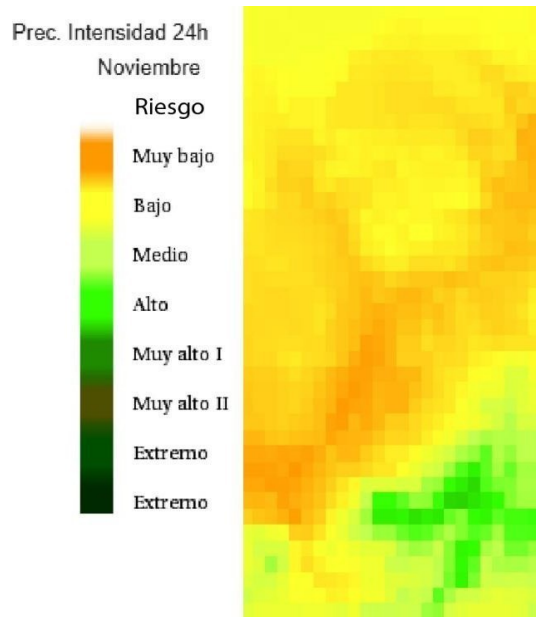
Nº de ciclos de cristalización-disolución



<sup>4</sup> Ibídem.

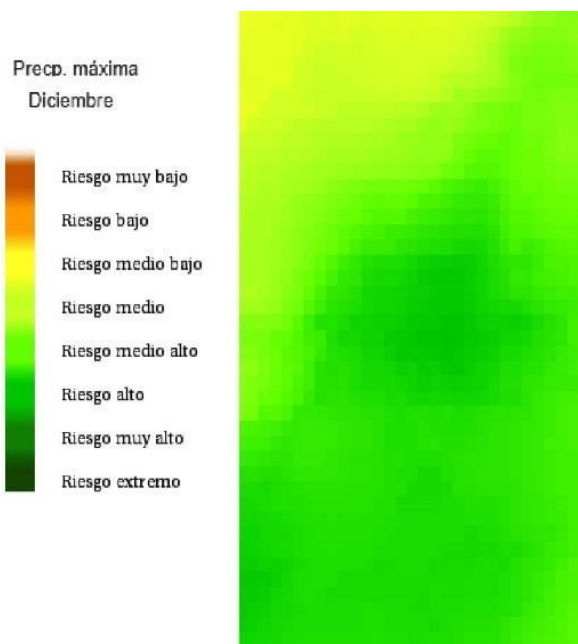
- **Riesgo de lluvias torrenciales**

Este índice cuantifica el riesgo de precipitaciones intensas tomando como referencia el percentil 95% de la precipitación máxima en 24 horas de cada lugar. La escala empleada atribuye un mayor riesgo a aquellas zonas donde este percentil es mayor, y menor riesgo donde el percentil es más bajo. Se considera relacionado con el riesgo de inundaciones.



- **Riesgo de lluvias persistentes**

Este índice es similar al anterior, pero en este caso se toma como referencia el percentil 95% de las precipitaciones máximas mensuales. Está también relacionado con el riesgo de inundación.



**Nota:** Al igual que se comentó en el apartado de la durabilidad debida a la temperatura, dada la variedad de combinaciones de materiales de los bienes culturales, así como su diferente estado de conservación e historia material, es conveniente interpretar los valores de los índices de deterioro, no tanto como un valor exacto con un significado físico, sino como un valor orientativo para comparar distintas situaciones.

## ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN

A través de la página de inicio de la aplicación y seleccionando “Visor público” se accede al menú principal que da acceso a todos los mapas que recogen los resultados antes descritos.

Dentro de ese menú, existe una opción que da acceso a “Climatología”, otra opción para los “índices de deterioro” y cuatro para las “Condiciones generales de conservación”, pues estas se agrupan dependiendo si se refieren condiciones de intemperie (“Condiciones generales de conservación (exterior)”) o si se refieren a interiores de edificios con alta, media o baja inercia.

Cada una de estas 6 opciones representa lo que denominamos una “APLICACIÓN”. Una vez seleccionada la “APLICACIÓN”, para acceder al mapa con los datos precisados, antes hay que seleccionar los grupos de capas que se activan pulsando en el icono:



A continuación, para acceder al mapa deseado hay que seleccionar la subcapa correspondiente y hacer “click” en la opción elegida para que se cargue el mapa correspondiente.

Al acceder al menú de grupos de capas, dependiendo de la aplicación elegida, se puede seleccionar el parámetro climático, la condición de conservación o el índice de deterioro concreto (por ejemplo y respectivamente, podríamos seleccionar “temperatura máxima media”, “Fluctuación de la humedad relativa” o “Termoclastismo”). Una vez cargado el mapa seleccionado, el rango de valores asociado a la escala de colores representados se obtiene desplegando el icono que representa la leyenda:



## INSTRUCCIONES DE ACCESO

### Acceso a los mapas

- Accedemos a la página principal escribiendo en el navegador:

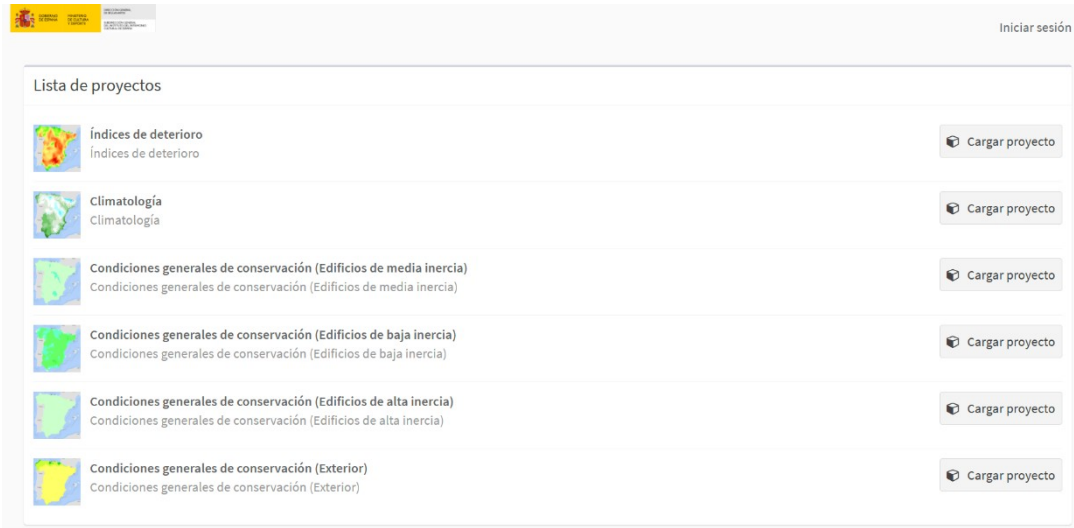
<https://ipce.gvsigonline.com/gvsigonline/>



Entramos en la opción “visor público” que se encuentra en la parte inferior izquierda de la página principal (resaltado en rojo). También se puede acceder a estas instrucciones en botón resaltado en azul.



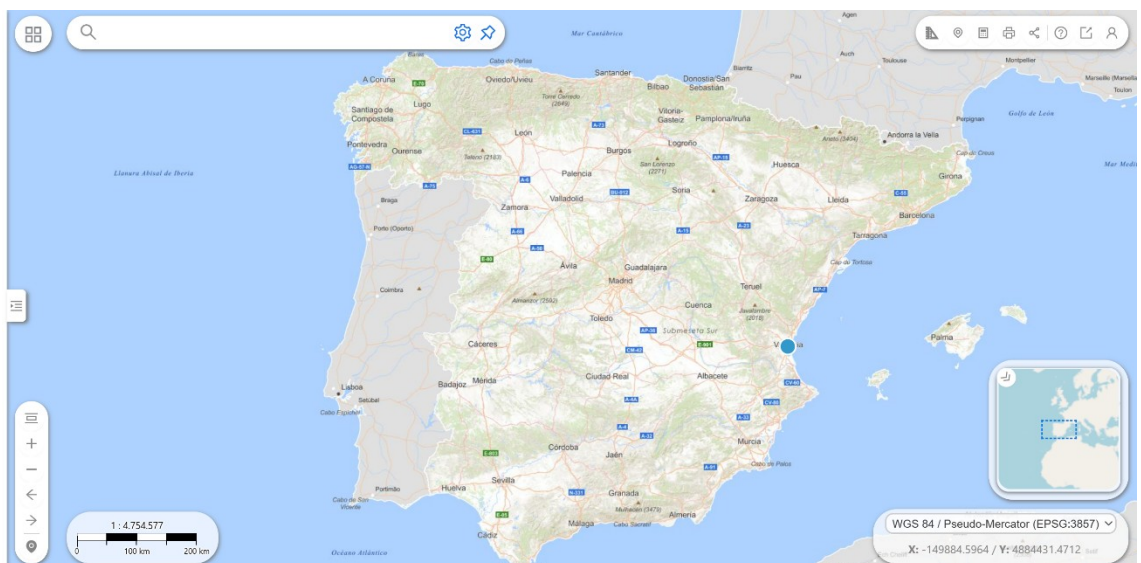
- El visor nos presenta un menú con todas las aplicaciones disponibles, que se corresponden con las ya descritas



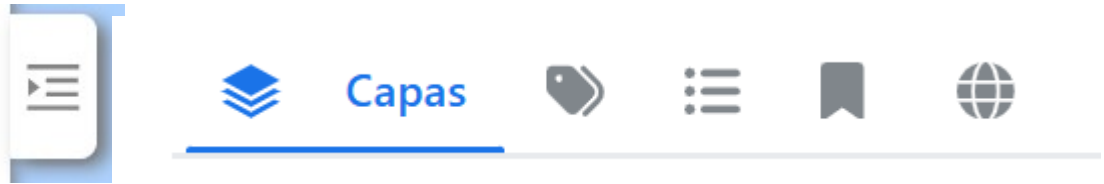
anteriormente.

Para seleccionar una aplicación se debe clicar en el rectángulo azul “cargar” correspondiente a cada aplicación.

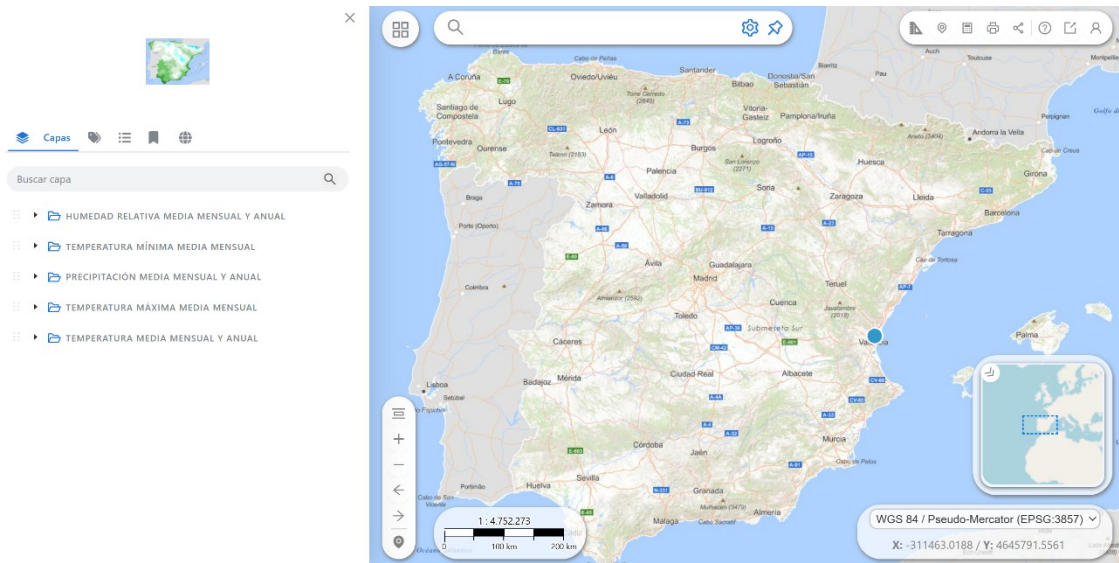
- Si elegimos cualquiera de las aplicaciones, en la pantalla aparece un plano de la Península, sobre el que habrá que cargar los mapas con la información que buscamos. Así, por ejemplo, si seleccionamos la aplicación “Climatología” en el ejemplo anterior llegaremos a la siguiente pantalla:



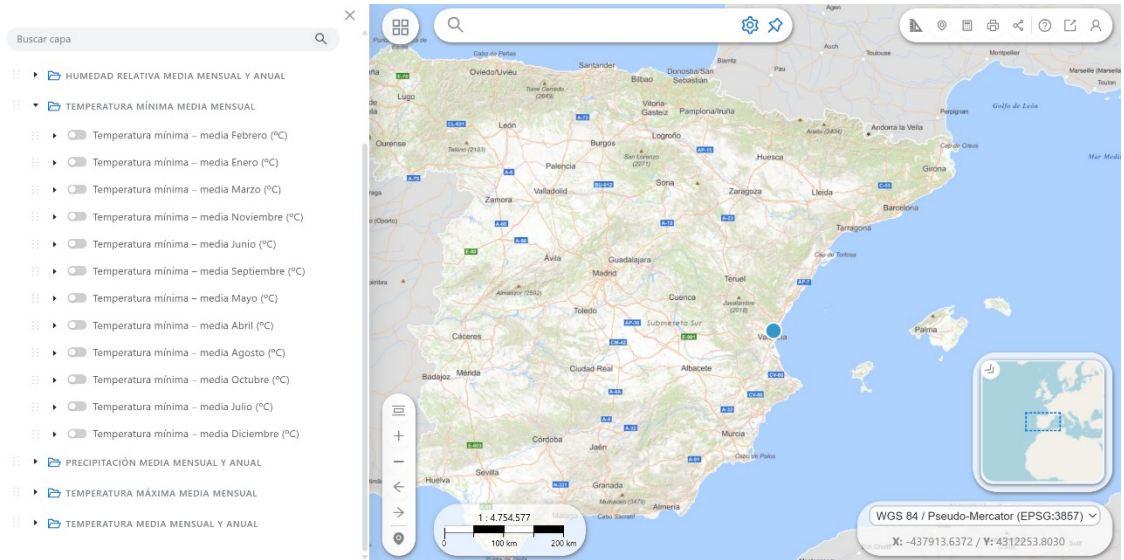
- El siguiente paso sería elegir el GRUPO DE CAPAS, clicando sobre el símbolo



que se encuentra en la esquina superior izquierda de la pantalla. Al hacerlo, como se ve en la siguiente figura, se despliega un nuevo menú con los grupos de capas disponibles, que no son otra cosa que las variables climáticas.



- Clicando sobre una de las variables, por ejemplo, sobre “Temperatura mínima media mensual”, se despliega un nuevo menú, que muestra las SUBCAPAS disponibles,



correspondiéndose en este caso cada capa con un mes del año.

- Clicando en el cuadrado correspondiente al mes de nuestro interés accedemos por fin a la capa que nos presenta los datos sobre el mapa. En la siguiente figura se ha seleccionado el mes



de enero.

### Operaciones con los mapas

- Para acceder a la leyenda que nos indica qué rango de valores corresponde a cada color representado en la cuadrícula, basta con pulsar sobre el icono:

que se encuentra en el lado izquierdo de la pantalla. Se muestra la escala de este caso en la figura siguiente.



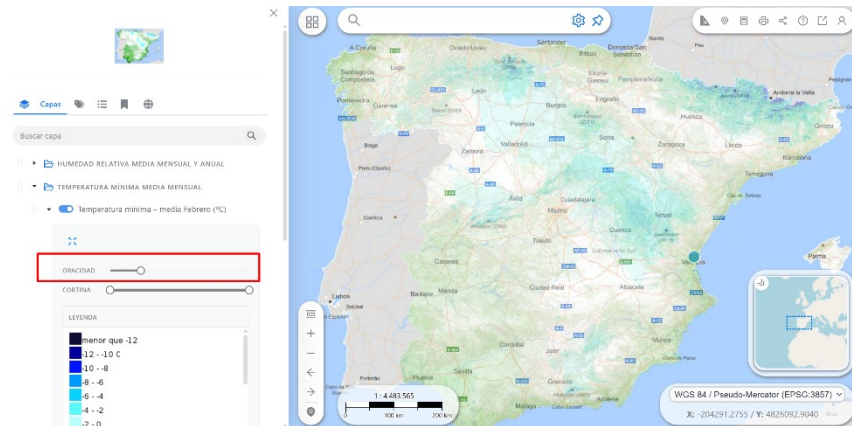
- El siguiente paso sería localizar en el mapa el lugar concreto cuyas condiciones queremos conocer. Para ello existen varias opciones. No obstante, lo primero sería reducir la opacidad de la capa de colores para ver el mapa subyacente. Para ello, tenemos que volver al menú desplegable de capas, pulsando de nuevo el icono:



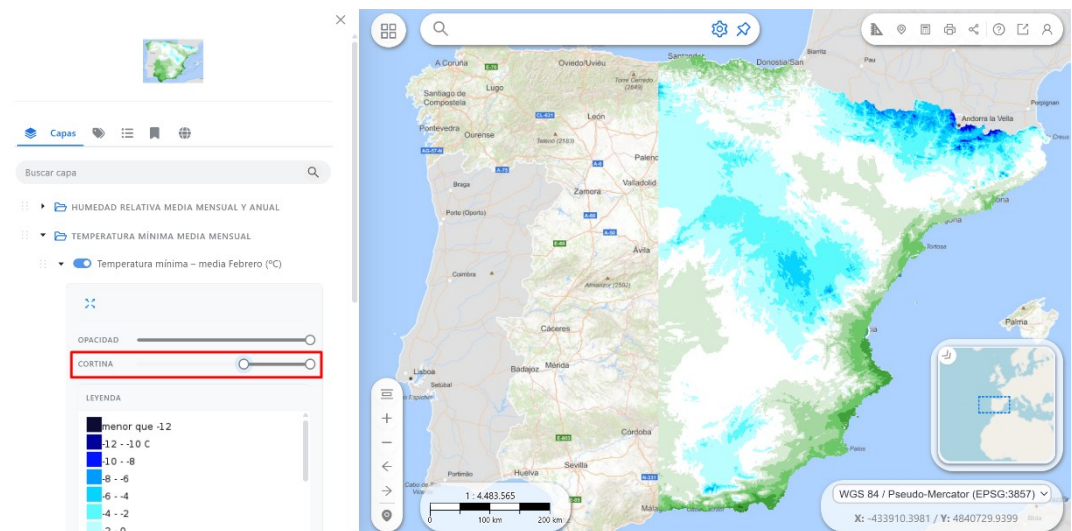
- Con ello desaparece la leyenda de los colores y se restaura el menú de capas. A continuación, se deberá desplegar la capa con la que trabajaremos o queremos observar. Al desplegar esta capa desde este icono marcado en rojo:



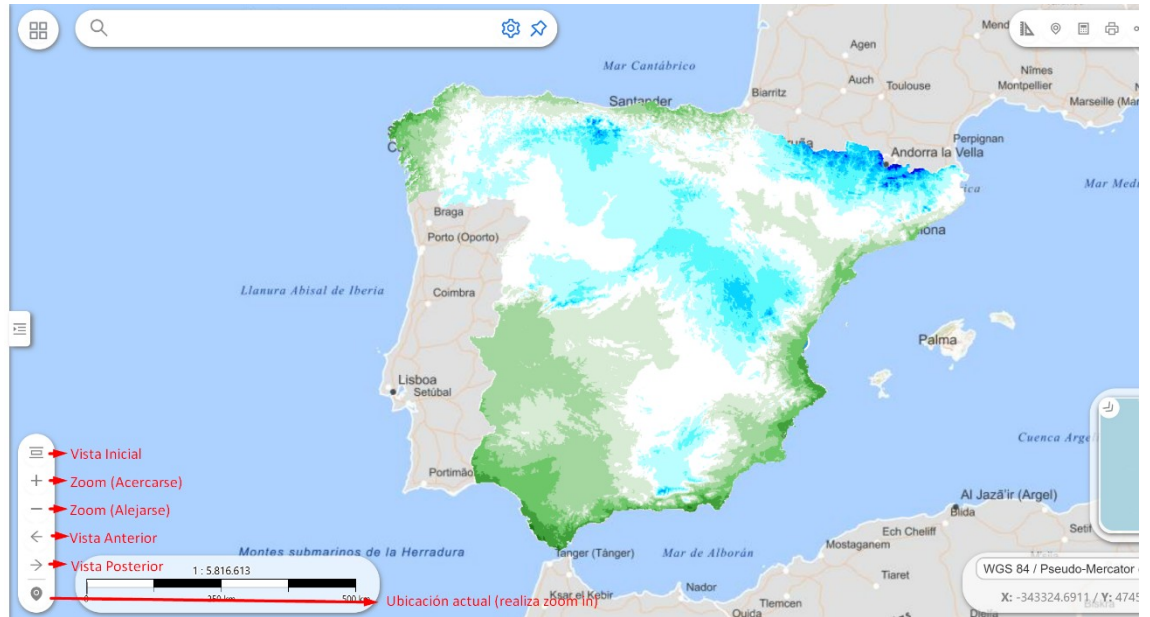
- Aparece entonces un control que permite regular la transparencia de la capa al mover el punto blanco con el cursor a lo largo de la barra gris:



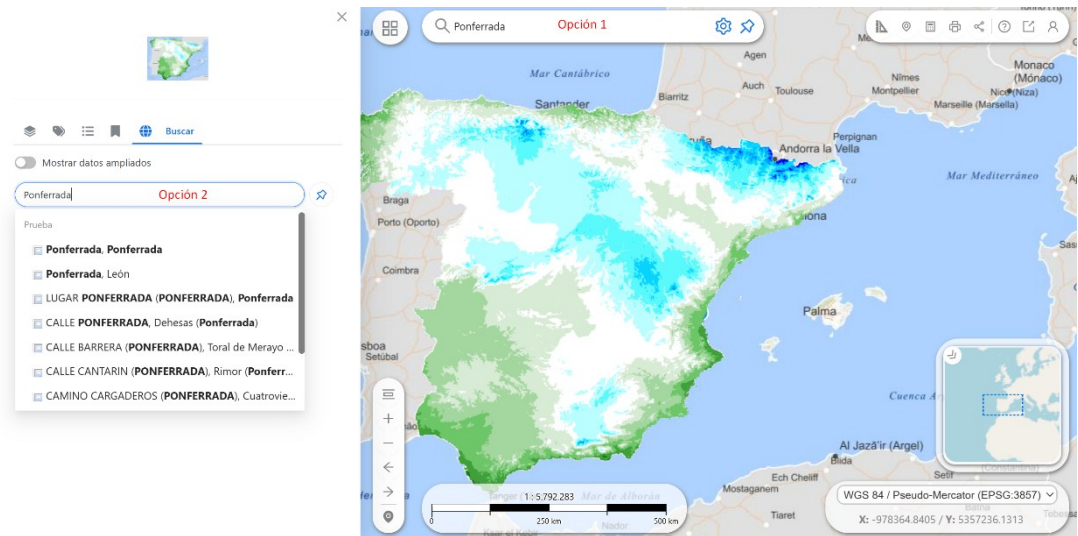
- Además de la opacidad, es posible realizar una cortina o 'swipe' a la capa. Con ello podemos observar como una capa se desplaza como una cortina en la pantalla. Esta herramienta es muy útil para realizar comparación de dos capas superpuestas. Esta herramienta aparece justo a continuación de la opacidad, Esto, se realiza desplazando el punto blanco a lo largo de la barra gris. En este caso de podrá hacer de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. A continuación, se muestra un ejemplo de visualización de la herramienta:



- Si conocemos la localización aproximada del lugar, nos podemos acercar y alejar usando el *scroll* del ratón, o las teclas “+” y “-” situadas en la esquina inferior izquierda de la pantalla, y podemos desplazar el mapa en cualquier dirección moviendo el ratón al tiempo que pulsamos su botón derecho.



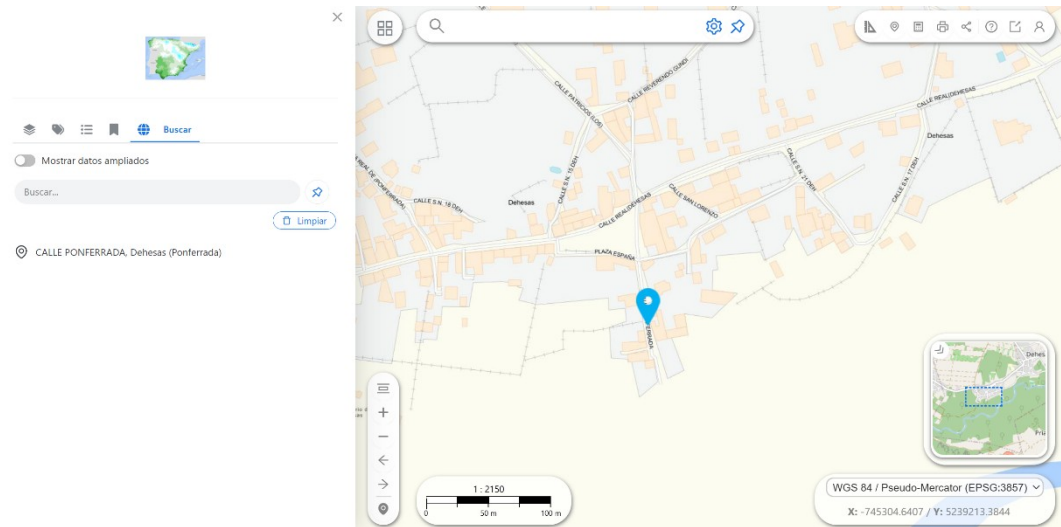
- También existe la opción de buscar por nombre o dirección. Así, el ejemplo ilustrado por las imágenes anteriores, que es una búsqueda de la Localidad de Ponferrada, podría haberse hecho también de forma automática clicando sobre el buscador situado en la parte superior izquierda del geoportal. También existe la posibilidad de acceder a la herramienta desde el TOC de capas. Se abre entonces un cuadro de diálogo que nos permite introducir el nombre de la localidad (o una dirección).



- En cuanto introducimos el nombre, la aplicación nos presenta las posibles opciones (2 en este caso), así que basta con seleccionar la correcta clicando con el cursor y a continuación aparece una marca sobre el mapa indicando la ubicación solicitada. Al aplicar el filtro de búsqueda, el visor nos llevará automáticamente a la zona deseada. Para introducir la ubicación podremos describir el nombre completo o seleccionar el nombre recomendado del buscador:



- Además de la búsqueda automática y el zoom a la zona, aparecerá en el visor una iconografía de color azul que nos indicará la ubicación de nuestra búsqueda. Una vez introducida la búsqueda y seleccionada, podemos limpiar: eliminar, la búsqueda realizada del visor. También, se borrará automáticamente al introducir una nueva búsqueda:



- Si se desea conocer más información sobre el lugar, es posible utilizando el icono marcado con un recuadro rojo:

Mostrar datos ampliados

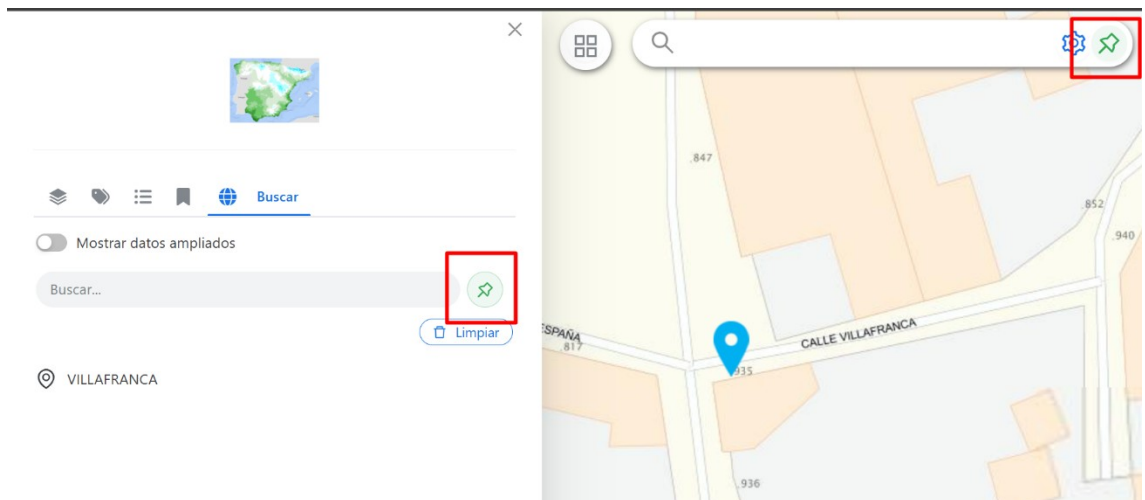
Buscar...

Limpiar

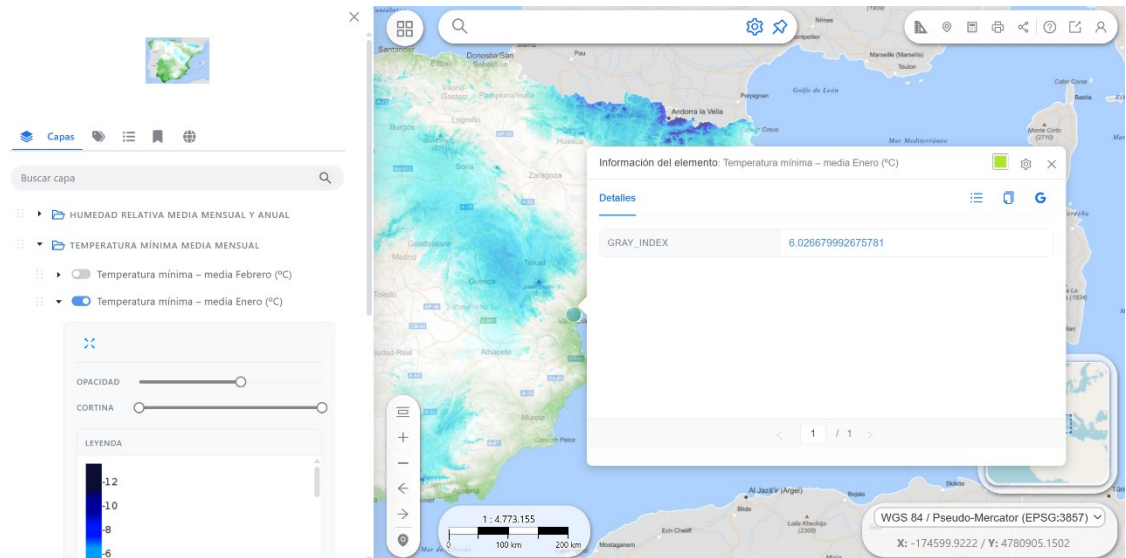
CALLE PONFERRADA, Dehesas (Ponferrada)

DIRECCIÓN	CALLE PONFERRADA, Dehesas (Ponferrada)
LATITUD	42.51874544422965
LONGITUD	-6.692366006494266
TIPO	callejero
PROVINCE	León
PROVINCECODE	24

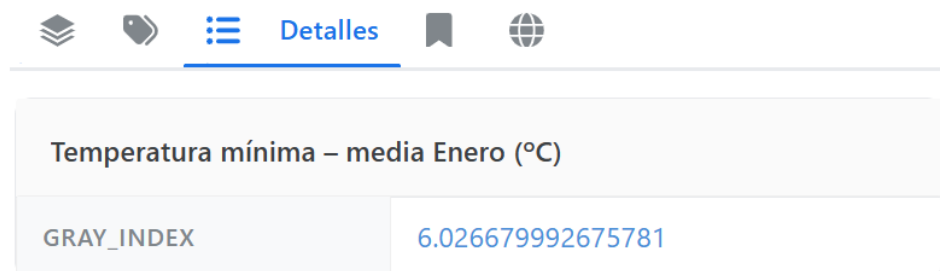
- Junto al buscador, aparece un icono, con forma de chincheta. Si se activa este botón, podremos realizar una búsqueda inversa. Con el botón activado podremos pinchar sobre un lugar del visor y conocer la ubicación por nombre de este. La información es la misma que el buscador, pero en vez de buscar introduciendo el nombre, nos informa del punto sobre el que pulsamos:



- Si ahora quisiéramos conocer el valor numérico del parámetro en esa ubicación concreta (en este caso la temperatura mínima mensual de enero), debemos activar la capa. Una vez activada, solo deberemos pulsar sobre el punto concreto en el que queremos conocer la información.



- Podemos conocer la información del punto concreto en dos lugares específicos. El primero en la ventanilla que se despliega en el visor. El segundo en el TOC de la izquierda de nuestra pantalla, en 'detalles':



- El resultado, por tanto es el que aparece tanto en el TOC de capas, como el que aparece en la ventana emergente del visor. En caso de tener varias capas activas, podremos ver el resultado en forma de paginación ordenada en nuestra pantalla, pudiendo cambiarlo utilizando los siguientes iconos de la ventana emergente:



## Resumen de operaciones en el ejemplo anterior

- 1) Acceso a la página principal:  
<https://ipce.gvsigonline.com/gvsigonline/>
- 2) Acceso al menú de aplicaciones: “Visor Público”
- 3) Acceso a la aplicación deseada: “Climatología”
- 4) Acceso al menú de capas de esa aplicación
- 5) Selección de la capa deseada: “Temperatura mínima media mensual”
- 6) Selección de una subcapa: “Enero”.

### Operaciones con los mapas:

- a) Visualización de la leyenda.
- b) Ajuste de la transparencia y cortina de las capas.
- c) Buscar una localización por buscador o geolocalizador inverso
- d) Obtención de valores numéricos de los parámetros en una localización.

## TABLA DE HR (TRADUCCIÓN PROPIA)

Tabla 1

### Humedad Relativa Inapropiada, fluctuaciones de la HR

Efectos	Baja sensibilidad	Sensibilidad media	Alta sensibilidad	Muy alta sensibilidad
±40% RH	Ningún daño - Daños menores	Daños menores - Daños severos	Daños severos	Daños severos
±20% RH	Ningún daño - daños mínimos	Ningún daño - daños menores	Daños menores - Daños severos	Daños severos
±10% RH	Ningún daño	Ningún daño - daños mínimos	Ningún daño - daños menores	Daños menores - Daños severos
±5% RH	Ningún daño	Ningún daño	Ningún daño - daños mínimos	Ningún daño - daños menores
Las láminas de papel, película, cintas adhesivas o capas con información pueden delaminarse, facturarse o deformarse permanentemente	<p><b>Superficies de soportes con una capa fina en la que se encuentra dispersa la información / imagen.</b> Ej.: La mayoría de hojas de papel con estampas, semitonos, dibujos a línea, tinta, aguadas.</p> <p><b>Laminados con pequeñas diferencias de expansión.</b> Ej.: La mayoría de encuadernaciones - cajas para libros. La mayoría de Cds. Anuncios comerciales pintados sobre metal.</p>	<p><b>Estructuras a capas con resistencia moderada y moderadas diferencias de expansión.</b> Ej.: la mayor parte de las fotografías, negativos y películas. La mayoría de soportes magnéticos. Tintas muy finas pero bien adheridas sobre pergamino, como en escritura. Gouache sobre papel. Encuadernaciones de libros en vitela y/o madera</p>	<p><b>Estructuras a capas con poca resistencia y diferencias de expansión entre moderadas y altas.</b> Ej.: imágenes con tinta gruesa sobre pergamino. Globos terráqueos. Imágenes realizadas con resinas oleosas sobre papel o tejido. Objetos listados como prioritarios por problemas de aglutinantes sensibles, que se han debilitado substancialmente debido a exposición a radiaciones UV, envejecimiento; lo cual puede provocar su descamación</p>	<p><b>Reactividad alta a las fluctuaciones. Láminas que están sujetas por los bordes</b> Ej.: hojas de papel de gran formato pegadas a bastidores, retratos fotográficos del s.XIX adheridos a bastidores o tela. Estampas de gran formato adheridas por las cuatro esquinas (normalmente se desgarrarán alrededor de las zonas sujetas)</p>
La madera o los ensamblajes de madera pueden fisurarse, partirse, delaminarse o deformarse permanentemente	<p><b>Componentes con piezas individuales de madera o ensamblajes diseñados para eliminar tensiones.</b> Ej. paneles flotantes en muebles o paredes. Machihembrado de tabloncillos clavados o</p>	<p><b>Ensamblajes de Madera con distribución uniforme de la tensión durante las fluctuaciones</b> Ej.: la mayoría de muebles de madera con juntas apretadas, no separadas con anterioridad; la mayoría de chapa y</p>	<p><b>Ensamblajes de madera con concentración de tensiones durante las fluctuaciones</b> Ej.: chapa sobre las juntas de las esquinas, como se da en muchas puertas de armario, secreteres victorianos, muebles art decó.</p>	<p><b>Ensamblajes de madera con elementos metálicos asociados o incrustados, cuerno, conchas, etc que abarcan más de 1 cm a lo través de la fibra de la madera. Las piezas adheridas o incrustadas pueden delaminarse o</b></p>

te	atornillados sólo por los bordes, como en los revestimientos de madera, cajas de madera. Mangos de herramientas hechos de madera.	marquetería que cubre una pieza completa, tal y como ve en las cajoneras del XVII y XIX, mesas de ejecución cuidada.	Marquetería, adornos de madera. Ensamblajes con pernos, clavos, tornillos que sujetan ambos lados de una misma lámina.	<b>combarse</b> Ej. muebles del XVII y XIX. Relojes con incrustaciones.
----	---	--	--	--

Efectos	Baja sensibilidad	Sensibilidad media	Alta sensibilidad	Muy alta sensibilidad
	<p><b>Ensamblajes dañados previamente, lo cual permite la liberación de tensiones.</b></p> <p>Ej: la mayoría de mesas antiguas, donde todos los tornillos y uniones están sueltas, los paneles ya están fisurados.</p>	<p>Muebles fabricados con contrachapado, como la mayoría de las piezas victorianas Nótese que las fluctuaciones a HR alta pueden no causar siempre daños visibles, ya que muchas de las juntas y paneles están aplastados y no se aprecia. Esto hace que sean más susceptibles de agrietarse en condiciones de baja HR</p>	<p>Muchos instrumentos musicales</p>	
<p>Las pinturas o capas pictóricas pueden craquelarse, delaminarse o escamarse.</p>	<p><b>Pinturas acrílicas sobre lienzo.</b></p> <p>Ej. muchas pinturas a partir de 1960. Éstas pueden moverse con una sensibilidad media si se empleó en su ejecución un adhesivo muy fuerte o si la adhesión entre las capas es pobre.</p>	<p><b>Capas rígidas de pintura sobre lienzo, en unas condiciones moderadamente buenas.</b></p> <p>Ej.: la mayoría de óleos sobre lienzo. Pueden volverse muy sensibles si hay un daño por agua o un gran envejecimiento. Se vuelven muy sensibles si están excesivamente tensados o simplemente tensos. Nótese que la fluctuación hacia una HR menor entraña un mayor riesgo que una fluctuación hacia una mayor HR.</p> <p><b>Óleo, dorados sobre pequeñas superficies de madera.</b></p> <p>Ej.: muebles dorados y marcos.</p>	<p><b>Pintura al óleo, dorados, sobre grandes tablas de madera, o pintura sobre otros soportes orgánicos rígidos, con adhesión débil.</b></p> <p>Ej.: la mayoría de las pinturas sobre tabla. Si las uniones son defectuosas, tienen rellenos rígidos, etc..., estas se vuelven muy sensibles. Las miniaturas sobre marfil, debido a la escasa adhesión y a la ondulación de algunos marfiles. Pinturas modernas gruesas aplicadas en el paneles muy lijados pueden delaminarse debido a una débil adhesión.</p>	<p><b>Capas de pintura que cubren uniones o desperfectos en los que se concentran tensiones.</b></p> <p>Ej.: Policromía, muebles pintados, elementos arquitectónicos de madera pintada, Nótese que los craquelados finísimos sobre las juntas de las puertas o los marcos de las pinturas se consideran algo "normal", pero no aquellos que nos encontramos en muebles gruesamente lacados.</p>
	<p>Tejidos orgánicos sin</p>	<p>Materiales orgánicos</p>		

<p>Otros objetos orgánicos</p>	<p>sujeciones perimetrales. Ej.: la mayor parte de la cestería. Tejidos como mantas banderas o simples ropajes.</p>	<p>textiles de fibras muy rizadas, con fuertes sujeciones en los bordes pueden desgarrarse durante grandes fluctuaciones de HR. Ej.: bordados sujetos a un bastidor o soporte plano.</p>	<p>N/A</p>	<p>N/A</p>
--------------------------------	---	--	------------	------------

## TABLA DE TEMPERATURA (TRADUCCIÓN PROPIA)

<b>Baja sensibilidad</b>	<b>Sensibilidad media</b>	<b>Alta sensibilidad</b>	<b>Muy alta sensibilidad</b>
<p>Madera, adhesivo, lino, algodón, cuero, papel de trapos, pergamino, pintura al óleo, temple de huevo, médiums acuosos y estuco. Los ejemplos de este tipo tienen 1-3 milenios de antigüedad gracias a haber estado enterrados o guardados en ambientes secos a unos 20 °C. Estos ejemplos han estado protegidos de las emanaciones ácidas tan comunes en el aire desde la revolución industrial y nunca se han mojado.</p> <p>Piel hueso y marfil del mamut lanudo han sobrevivido intactos 40 milenios congelados</p>	<p>La mejor estimación actual sobre la longevidad de materiales fotográficos estables de modo que pueda seguir empleándose su imagen con poco o ningún cambio. Ej.: negativos en blanco y negro sobre de vidrio del S. XIX, negativos sobre film de poliéster del S. XX.</p>	<p>Papeles ácidos y películas se vuelven friables y marrones y son de difícil acceso Ej.: periódicos y libros de mala calidad, libros, papeles de después 1850</p> <p>La película de acetato encoge y la emulsión y la imagen se craquelan El celuloide y otros plásticos antiguos, amarillean, se craquelan y deforman. Materiales naturales acidificados por la polución (tejido, cuero) se debilitan pudiendo desintegrarse.</p>	<p>Los llamados materiales "inestables". Cintas magnéticas que ya no son reproducibles, audio, data, disquetes. Lo menos estables entre los materiales fotográficos. Ej. Las fotografías a color se desvanecen (a oscuras), las fotografías procesadas inadecuadamente amarillean, se desintegran, el nitrato de celulosa amarillea y se desintegra, sobre todo, si se almacena en grandes volúmenes. Muchos polímeros elásticos, como caucho y espumas de poliuretano se vuelven friables, pegajosas o se desintegran Algunas pinturas acrílicas sobre lienzo amarillean a rápidamente</p>

<b>Temperatura</b>	<b>Baja sensibilidad</b>	<b>Sensibilidad media</b>	<b>Alta sensibilidad</b>	<b>Muy alta sensibilidad</b>
Tratamiento térmico, sol ~60°C	~4+	~1	~6 meses	2 meses
Ambiente cálido ~30 °C	~250 años o más	~75 años	~25 años	~7 años

Ambiente templado ~25 °C	~500 años o más	~150 años	~50 años	~15 años
Ambiente normal ~20°C	Milenio ~1,000 años o más	Unos pocos siglos ~300 años	Una vida humana ~100 años	Una generación humana ~30 años
Ambiente frío ~10°C	~5,000 años o más	~1,500 años	~500 años	~150 años
Ambiente frío ~0°C	20,000 años o más	~6,000 años	~2,000 años	~600 años

## REFERENCIAS

- Las tablas utilizadas en este proyecto para la clasificación de las condiciones generales de deterioro y la clasificación de los materiales por sensibilidades están recogida de las siguientes referencias:

**Instituto Canadiense de Conservación. Agent of Deterioration: Incorrect Relative Humidity. Stefan Michalski.**

<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/humidity.html>

(ultimo acceso 13/06/2024)

**Instituto Canadiense de Conservación. Agent of Deterioration: Incorrect Temperature. Stefan Michalski.**

<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/temperature.html>

(ultimo acceso 13/06/2024)

- Sobre los fundamentos teóricos y referencias bibliográficas tenidas en cuenta para la realización de este proyecto:

**Cálculo de Mapas Climáticos de la España Peninsular para la Conservación del Patrimonio.** Félix Esteban Chinchón, Irene Rodríguez, InterMet Sistemas y Redes, Madrid, 2014. Estudio dirigido por el Departamento de Conservación Preventiva del Área de Investigación y Formación del IPCE, en el Marco del Plan Nacional de Conservación Preventiva.

**Cuantificación del Riesgo de Deterioro de los Bienes Muebles en Espacios Interiores.** Félix E. Chinchón Bengoechea. Madrid, 2016. Estudio dirigido por el Departamento de Conservación Preventiva del Área de Investigación y Formación del IPCE, en el Marco del Plan Nacional de Conservación Preventiva.

**S. Herrera, J.M. Gutierrez, R. Ancell, M.R. Pons, M.D. Frias and J. Fernandez (2009): Development and Analysis of a 50-year high-resolution gridded daily precipitation dataset over Spain (Spain02). Submitted to International Journal of Climatology ([https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio\\_c](https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_c)**

[limat/datos\\_diarios/ayuda/rejilla\\_20km](#)). (último acceso 26/06/2024) ("Los autores agradecen a AEMET y a la UC por los datos proporcionados para la realización de este trabajo (rejilla de precipitación Spain02)").

- Bibliografía en relación al análisis de las condiciones ambientales para la conservación de los bienes culturales:

**Manual de Seguimiento y Análisis de Condiciones Ambientales.** Juan A. Herráez; Guillermo Enríquez de Salamanca; M<sup>a</sup> José Pastor Arenas; Teresa Gil Muñoz, Instituto del Patrimonio Cultural de España, IPCE. Madrid, 2014. Ministerio de Educación Cultura y Deporte. Descarga gratuita en:

[https://www.libreria.cultura.gob.es/libro/manual-de-seguimiento-y-analisis-de-condiciones-ambientales\\_2654/](https://www.libreria.cultura.gob.es/libro/manual-de-seguimiento-y-analisis-de-condiciones-ambientales_2654/)

**Con el fin de mejorar en lo posible esta herramienta informática enfocada a los profesionales de la conservación del Patrimonio Cultural, se pueden dirigir cuantos comentarios y observaciones se consideren oportunos a la dirección de correo electrónico: [juan.herraez@cultura.gob.es](mailto:juan.herraez@cultura.gob.es)**



## PLAN NACIONAL DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

### METODOLOGÍA

Dpto. de Conservación Preventiva

Área de Investigación y Formación

IPCE

Rev. abril 2018

