

## **INFORME MICROCLIMÁTICO DE LA CAPILLA DE LOS EVANGELISTAS DE LA CATEDRAL DE SEVILLA. (FEBRERO – MARZO 2004)**

---

### **1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO CLIMÁTICO.**

Cualquier material está sujeto a una degradación natural que depende de varios factores y, principalmente, de las condiciones ambientales a las que está sometido. Por lo tanto, los estudios microclimáticos se hacen necesarios para determinar cómo y en qué medida, puede el medio ambiente ser causa de las alteraciones que están afectando al estado de conservación de un objeto.

### **2. ANTECEDENTES.**

Se redacta este informe a petición del Jefe del Centro de Intervención D. Lorenzo Pérez del Campo y del Jefe de Departamento de Tratamiento D. Pedro Castillo en cumplimiento de las normas de mantenimiento y conservación vigentes en el IAPH.

### **3. ESTADO DE LA CUESTIÓN.**

Este informe es el resultado del estudio realizado en la Capilla de los Evangelistas de la Catedral de Sevilla, en el periodo entre febrero – marzo de 2004.

El estudio en cuestión se hizo durante el periodo de tiempo que pasó entre el traslado y el remontaje del retablo de los Evangelistas.

Con el fin de conocer en cualquier momento el estado termohigrométrico del ambiente en cuestión, se instalaron dos sondas de medida de temperatura y humedad relativa, una de estas sondas se ha colocado en el exterior y la otra en el interior de la capilla. De esta forma se pudo comprobar la influencia de la estructura arquitectónica en la amortiguación de las variaciones climáticas del exterior sobre el interior y cuantificar en qué grado el microclima se ha visto afectado por las condiciones climáticas extremas del exterior.

La disposición de las sondas se ha realizado según la metodología puesta a punto por el Área de Conservación Preventiva, sector clima del I.A.P.H. para estudios de este tipo.

#### **4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA METODOLOGÍA MICROCLIMÁTICA.**

El Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, tiene entre sus tareas la de desarrollar técnicas de diagnóstico y control medioambiental para la conservación preventiva. Dentro de esta área de análisis climático existe metodología operativa tanto en laboratorio como “in situ”.

Cualquier metodología de análisis requiere no perder de vista la totalidad de lo analizado frente a los diversos aspectos parciales considerados en el desarrollo del mismo. En este caso se propone una sistemática para abordar el estudio microclimático que pretende reconocer toda la diversidad de factores a considerar y establecer unos niveles de relación entre ellos suficientemente operativos.

En términos generales la operación consiste en:

- a) Información y toma de datos referidos al objeto en estudio y al medio ambiente circundante.
- b) Ordenación y búsqueda de interrelaciones entre los datos. Contradicciones, ajustes y valoración de los mismos.
- c) Interpretación y elaboración de las conclusiones del informe.

Por consiguiente, es justificable, para una correcta valoración de la influencia climática sobre los objetos en estudio, realizar una medición continua en el tiempo que registre las variaciones termohigrométricas durante el cambio de las estaciones, ya que es precisamente en estos cambios estacionales cuando se producen mayores variaciones en los parámetros climáticos, siendo oportuno conocer las incidencias sobre el objeto en estudio y sobre el espacio que lo alberga.

Los parámetros que se van a analizar para llegar a la comprensión de los fenómenos microclimáticos serán:

- Temperatura ambiental (T)
- Humedad relativa (HR)

En la metodología de elaboración de los datos resulta muy importante el procedimiento estadístico, del cual se obtiene el cálculo de las medias diarias y horarias, así como sus curvas relativas.

Las gráficas, representadas para cada rango de valores, determinan la variabilidad de los parámetros dentro de la escala de medida. En este estudio se analizan dos tipos de gráficas: horarias y diarias.

Representando gráficamente las medias diarias puede observarse el comportamiento de las variables termohigrométricas evaluadas a lo largo de un mes. Por lo tanto, es posible la determinación de los días concretos, en los cambios estacionales, en los que un fenómeno concreto se ha manifestado, modificando el estado ambiental general.

Para obtener las gráficas horarias se realizan medias a lo largo del mes de las magnitudes en periodos horarios. En este tipo de gráficas los resultados aparecen mucho más uniformes, presentando extremos menos acusados ya que las medias realizadas "amortiguan" los valores que se han alejado del promedio. Las medias horarias representan el día medio típico, índice determinante para la localización cualitativa, además de cuantitativa, de los momentos del día en las que, un fenómeno se manifiesta. Ello permite caracterizar exactamente el período en el que el comportamiento del ambiente determina fenómenos relevantes para nuestro estudio y no unidos a una simple casualidad.

También se calcula el coeficiente sigma, este coeficiente estadístico cuantifica el grado en que un valor determinado de una magnitud se aparta de la media o promedio del conjunto de valores que estamos analizando.

Se han representado gráficamente los valores del coeficiente sigma diario. Estas gráficas nos permitirán establecer la medida en que las magnitudes se apartan de la media, determinando así las zonas más estables climáticamente del edificio. Es lógico que no estudiemos el coeficiente sigma para las medias horarias, ya que no va a facilitarnos

ninguna información importante al ser mucho más estable que el correspondiente a las medias diarias.

## 5. APLICACIÓN.

El estudio microclimático efectuado abarca el periodo temporal comprendido entre el día 12 de febrero de 2004 y el 2 de marzo de 2004, durante este período de tiempo se han registrado los siguientes valores:

- Temperatura (T) el valor que prevalece en el ambiente objeto de nuestro estudio.
- Humedad relativa (HR) es el cociente entre la presión parcial del vapor de agua a una temperatura T y la presión total del vapor de saturación a la misma temperatura T. Equivale al porcentaje de humedad.

A partir de los datos anteriores se han calculado los valores de las siguientes magnitudes derivadas:

- Temperatura del punto de rocío ( $T_d$ ) corresponde a la temperatura de saturación de una masa de aire que se enfría a presión constante sin que varíe su cantidad de vapor.
- Humedad específica o absoluta (HE-HA), en una mezcla de vapor de agua y de aire seco, es la relación de la masa del vapor de agua a la masa de aire húmedo que la contiene.

Los valores obtenidos se han completado con la realización de un estudio estadístico en el cual se ha puesto de manifiesto la estabilidad de las magnitudes que se han medido, ya que se han calculado:

- Medias diarias y horarias.
- Desviación estándar o coeficiente sigma ( $\sigma$ ) correspondiente a cada conjunto de datos.

Para una correcta interpretación de los datos registrados ha sido importante, la posibilidad de poner en relación matemática y gráficamente las informaciones obtenidas

de cada uno de los valores para definir los valores a los cuales queda expuesto más frecuentemente el sistema y comprobar en qué medida un fenómeno depende de un acontecimiento. Es decir, si determinados fenómenos microclimáticos están en función de un comportamiento termohigrométrico concreto.

Así, será posible asociar por ejemplo, fenómenos de evaporación con factores térmicos en momentos concretos del día y determinar los intervalos de riesgo.

Las expresiones matemáticas que se han usado para la elaboración de los datos se muestran a continuación:

La humedad específica (HE), se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo y se calcula según la expresión:

$$HE = 3,795 \cdot HR \cdot 10 \exp(7,5 \cdot T / (237,8 + T) - 2)$$

La temperatura del punto de rocío ( $T_d$ )

$$T_d = 237,3 / (7,5 / \log(HE / 3,795) - 1)$$

Siendo "n" el número de valores de los cuales queremos calcular la media y "x" la variable de nuestro estudio, la media diaria ( $x_d$ ) y la media horaria ( $x_h$ ) se calcularán:

$$x_d = \sum x_i / n$$

$$x_h = \sum x_i / n$$

El coeficiente sigma ( $\sigma$ ) cuantifica el grado en que los valores de una magnitud se apartan de la media. Dados los datos de muestra de una población determina la desviación estándar de dicha población. Se puede calcular según:

$$\sigma^2 = (\sum x_i^2 - nx^2) / (n-1)$$

Las gráficas nos permitirán definir los valores a los cuales queda expuesto más frecuentemente el sistema y determinar los intervalos de riesgo, en los que puedan aparecer fenómenos de evaporación, condensación, gradientes térmicos y otros estímulos de interés.

## **6. ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS.**

La primera observación que podemos hacer acerca del microclima del interior de la capilla en estudio es que se trata de un ambiente muy inestable por lo que concierne la humedad relativa. Las magnitudes climatológicas presentan mayor variación, es decir se alejan más de la media, en el exterior que en el interior. Esto es lógico porque la estructura del edificio amortigua las posibles variaciones en los valores de temperatura y humedad relativa, debido al efecto de barrera y acumulación de energía que producen los mismos cerramientos.

### **VARIACIÓN HORARIA DE LA TEMPERATURA**

Las temperaturas horarias del periodo en cuestión dan gráficas que siguen un patrón de curvas muy suaves para el interior de la capilla.

El rango de oscilación horario de las temperaturas es muy pequeño. La variación media de la temperatura en el interior de la sala a lo largo de un día es de 2 °C, mientras que en el exterior se dan oscilaciones hasta 15-20 °C en un día.

### **VARIACIÓN HORARIA DE LA HUMEDAD RELATIVA**

Se comprueba que en el exterior la variación diurna de la humedad relativa acusa un máximo único anterior a la salida del sol y un mínimo único al comienzo de la tarde. En general, la humedad relativa, es mayor en la estación fría porque el punto de saturación desciende con la temperatura.

La humedad relativa horaria sigue la tendencia de la temperatura horaria, pero como es lógico a la inversa, cuando se da la temperatura máxima la humedad relativa es mínima y viceversa. En el interior de la Capilla en estudio se cumple fielmente la premisa anterior, observamos que la humedad relativa y la temperatura siguen la misma tendencia horaria, los extremos en la humedad relativa se producen aproximadamente a la misma hora que los correspondientes a la temperatura pero a la inversa.

### **VARIACIÓN DIARIA DE LA TEMPERATURA**

Si comparamos la temperatura media del interior de la Capilla en los diferentes días que comprende el estudio, no encontramos oscilaciones importantes. El rango de oscilación no ha sobrepasado los 2 °C, manteniéndose la temperatura entre 14 °C y 16 °C.

### **VARIACIÓN DIARIA DE LA HUMEDAD RELATIVA**

La humedad relativa puede variar por aporte o retirada de vapor de agua del ambiente o por cambios en la temperatura: al aumentar esta magnitud aumenta la cantidad de agua que puede almacenar el aire y en consecuencia disminuye la humedad relativa.

En este caso aunque la humedad relativa en el exterior llegue a sobrepasar el 90 %, en el interior no llega a alcanzar el 77 %, esto nos indica que la estructura arquitectónica, está jugando un papel importante a la hora de amortiguar los valores extremos.

### **COMPARATIVAS DIARIAS DE TEMPERATURA Y TEMPERATURA DE ROCÍO**

Los fenómenos de condensación se producen siempre que el aire desciende de temperatura a un nivel igual o inferior a su punto de rocío, o cuando el vapor contenido en el aire se encuentra en contacto con un objeto cuya temperatura es inferior al punto de rocío. Cuando se den diferencias de 2 °C (o menos) entre la temperatura del punto de rocío y la temperatura tendremos peligro de condensaciones (es el caso como puede comprobarse en las gráficas). En este caso para que se produjeran condensaciones en el interior del edificio, los valores de humedad relativa tendrían que sobrepasar el 90 %.

### **CONCLUSIONES.**

Cuando se trata de bienes culturales no es posible hablar de condiciones microclimáticas ideales o de "estándar de conservación", pero es aceptado que la Capilla que alberga este Retablo, no debería estar sometido a rápidas variaciones microclimáticas en espacios temporales cortos. Es sobradamente conocido que los cambios repentinos en la humedad relativa son mucho más dañinos para los objetos que el mantenimiento de un nivel constante, ya que tratamos con materiales higroscópicos.

En general las personas son mucho más sensibles a las variaciones de temperatura que a las de humedad, por tanto es difícil hacerles comprender el deterioro que puede tener lugar en los materiales cuando hay cambios en la humedad relativa. Los cambios en la temperatura no serían peligrosos si no llevaran asociados cambios en la humedad relativa, ya que los objetos no se ven afectados por las bajas o altas temperaturas.

Como es necesario para poder conservar con garantías este gran retablo, la media de temperatura se está manteniendo entre 13 °C y 23 °C y la humedad relativa entre el 30 % y el 75 %. Según este último dato, el ambiente está más húmedo que probablemente en los meses anteriores, esto se debe a que el agua presente en el ambiente y en la estructura arquitectónica pasa al ambiente por evaporación desde las superficies de los muros internos hacia el interior de la Capilla.

Por lo tanto se determina la necesidad de tener que medir contemporáneamente muchos parámetros para poder luego analizar y cuantificar su evolución, además, la acción que estos factores ejercen sobre el objeto es continua, modulada por el transcurrir de las estaciones y dependiente del comportamiento general del clima ambiental.

Es oportuno, por lo tanto, para una correcta valoración de la evolución del fenómeno, una medición continua en el tiempo y no solo una evaluación aproximativa como es este informe preliminar que es representativo solo de un breve periodo de tiempo como lo que nos ocupa.

Resulta evidente como la investigación microclimática debe ser realizada por lo menos a lo largo de todo un año, de manera que se puedan medir las variaciones termohigrométricas que tienen lugar durante el cambio de las estaciones.

Queda claro que la evolución del fenómeno de interacción entre ambiente y obra depende también de la especial conformación de los lugares.

Resulta que para caracterizar el comportamiento general del ambiente es necesario que la medición continua de los parámetros se realice en varios puntos elegidos oportunamente del análisis de los datos así obtenidos, de sus relaciones y dependencias se podrá llegar a la comprensión del fenómeno microclimático.