

## CODE 96

### **MICROCLIMATIC ANALYSIS IN THE LIBRARY OF THE FACULTY OF HUMANITIES AND EDUCATION SCIENCES, UNIVERSITY OF LA PLATA, ARGENTINA: A CASE-STUDY**

### ***ANÁLISIS MICROCLIMÁTICO EN LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA: CASO DE ESTUDIO***

**Gómez, Analía Fernanda<sup>1</sup>; Diulio, María de la Paz<sup>2</sup>**

1: Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata  
Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
e-mail: [analia.gomez@fau.unlp.edu.ar](mailto:analia.gomez@fau.unlp.edu.ar)

2: Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata  
Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
e-mail: [mpdiulio@fau.unlp.edu.ar](mailto:mpdiulio@fau.unlp.edu.ar)

#### **RESUMEN**

La temperatura y la humedad relativa pueden incidir en la conservación de los materiales orgánicos, como el papel, los libros y demás materiales que se encuentran en depósitos de bibliotecas. La vigilancia y el control de estas variables se recomienda para alertar sobre valores perjudiciales, pero también puede utilizarse para organizar las colecciones según su fragilidad en función de las zonas más adecuadas para su conservación. En este trabajo se presenta una evaluación de temperatura y humedad relativa realizada en un depósito de la Biblioteca de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, con el objetivo de verificar el entorno climático de la colección y zonificar los sectores más apropiados según la disposición de la sala en el edificio que la contiene. Se realiza una campaña de monitorización anual en cinco sectores del depósito naturalmente ventilado contrastando con datos de referencia exterior provistos por la estación meteorológica del Observatorio UNLP. Los resultados muestran que las condiciones climáticas son satisfactorias, y el estudio proporciona la delimitación de un rango de admisibilidad acorde a las oscilaciones climáticas acontecidas, y una evaluación numérica de cada punto monitorizado. Las estanterías colocadas en el centro de la sala y sobre la cara noeste muestran mejor desempeño respecto de aquellas ubicadas hacia el cerramiento sudoeste del edificio.

**PALABRAS CLAVE:** Conservación preventiva; clima; biblioteca; monitorización; higrotérmico.

#### **1. INTRODUCCIÓN**

El clima que rodea los materiales juega un rol primordial en su conservación, ya que puede acelerar o retardar el daño de los mismos, sobre todo cuando se trata de materiales orgánicos. Entendemos por clima a las condiciones de temperatura (T) y humedad relativa (HR) de las salas donde el patrimonio cultural se aloja, y se observa que tanto las oscilaciones como valores extremos de estas variables provocan tensión en sus fibras internas debido a la contracción y dilatación, por lo que deben ser

controladas y limitadas. Por otra parte, T y HR adecuadas pueden retardar el deterioro debido a actividad microbiológica, creando condiciones hostiles para su desarrollo y propagación; también pueden limitar el daño de origen químico, ya que la presencia de humedad y calor aceleran los procesos de oxidación e hidrólisis [1,2].

Si bien el control de la T y HR está indicado para cualquier intervención en conservación preventiva, no existe consenso en cuáles son los rangos admisibles. Thomson [3] propone 20°C de T y 50% de HR basándose en el conocimiento de las colecciones del Museo Británico en Londres. Este criterio es el primero en publicarse y su profusa difusión habla de una necesidad de los conservadores de todo el mundo de contar con valores de referencia. Sin embargo, muchos puntualizan en que es un rango demasiado conservador y que no cuenta con bases científicas que lo sustenten [4,5]. El costo económico de sostener estos valores de T y HR serían prohibitivos para las instituciones, y perjudiciales para el medio ambiente si se considera el costo energético. También es dañino para los cerramientos de edificios históricos en clima frío, ya que la amplitud térmica demandada provoca condensación intersticial y deterioro en la envolvente.

Existen estándares con intenciones de recomendar condiciones adecuadas que no atenten contra el ambiente, y que sean posibles de afrontar por las instituciones. Es el caso del Standard Británico [6], normas Italianas [7], que analizan y proponen valores para una gran diversidad de materiales; y también las normas europeas [8] y norteamericanas [9] que proponen replicar el entorno climático histórico, al que los materiales alojados ya se han aclimatado, ya que las fluctuaciones de T y HR han producido roturas a escala de las fibras que se abrirán y cerrarán como si fuesen juntas de dilatación, permitiendo un intervalo aceptable más amplio de fluctuación [8].

Silva et al. [10] explican que el procedimiento de la norma europea [8] es adecuado para climas fríos, que tienen mayores amplitudes estacionales que diarias, debido a que son edificios climatizados artificialmente, mientras que propone una adaptación para los edificios ubicados en climas templados, donde las oscilaciones diarias son más frecuentes y amplias que las variaciones estacionales. Kramer et al. [11] realizan su aporte frente a la dificultad de programar un equipo de climatización cuyos valores de configuración son dinámicos.

A pesar de las dificultades que puedan surgir, como las que se comentaron anteriormente, es innegable la necesidad de realizar campañas de monitorización y reconocer las características del clima interior a las que se exponen las colecciones. Pigliatile et al. [12] proponen la incorporación de un material higroscópico en la cara interior de un edificio histórico a fines de incidir en las oscilaciones diarias de HR, y para ello realiza campañas de monitorización previas y posteriores a la intervención. Ferrarese et al. [13] analizan el clima interior de una sala de museo y compara la condición interior y exterior a vitrinas y propone un índice de evaluación del ambiente en función de la adecuación de la misma para la conservación de los bienes alojados.

El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados de una campaña de monitorización continua a lo largo de un año de un depósito de biblioteca en La Plata, Argentina, realizada con el fin de determinar la bondad climática de cada uno de los sectores evaluados para fines conservativos y conocer cuál es el clima histórico que permitirá determinar un rango climático adecuado para dicha colección.

## 1.1 Caso de estudio

La biblioteca de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata (FaHCE-UNLP) se encuentra en la periferia de la Ciudad, en un predio de 9 hectáreas que comprende esta Facultad y la Facultad de Psicología. La Ciudad de La Plata se ubica en 34°52' latitud Sur, su clima es templado húmedo, con veranos cálidos e inviernos templados.

La Biblioteca se instala en 2014, en un edificio de construcción tradicional inaugurado ese mismo año. La sala analizada se encuentra en planta baja, sobre una platea de hormigón armado, el cerramiento

vertical se compone de mampostería de ladrillo cerámico hueco sin aislamiento térmico de 22 cm, y aberturas de aluminio negro de simple contacto con vidrio simple. La cubierta es de hormigón armado y cuenta con otros niveles superiores. La sala rectangular tiene 260m<sup>2</sup> y mide 23 x 11,5 ms, una altura de 3,50 m. y sus caras expuestas al exterior tienen orientación noreste, sudeste y sudoeste (Figura 1). En su interior tiene 3 cuerpos de estanterías compactables dispuestas según la Figura 1.

En la sala no se consideran cargas internas por ocupación ya que la presencia de personal es escasa, dado que se trata de un depósito, y no se utiliza ningún sistema de calefacción o refrigeración. Por este motivo se asume que la T y HR registrada por medio de los termo higrómetros es la de una sala naturalmente ventilada y la atenuación del clima exterior viene dada exclusivamente por la envolvente del edificio.

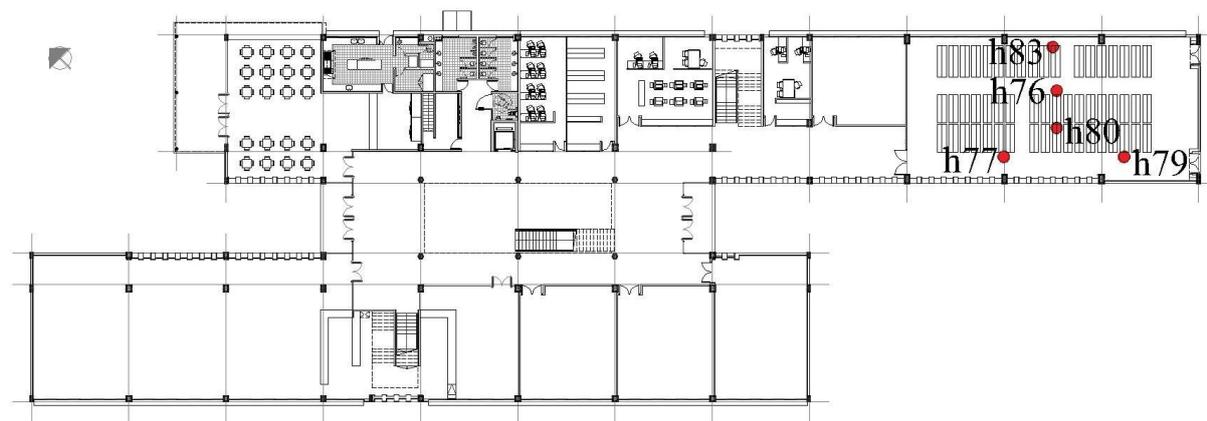


Figura 1: Planta baja de FaHCE-UNLP. A la derecha, el depósito analizado. Círculos rojos indican ubicación de sensores de T y HR en las estanterías compactables.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Monitorización

La monitorización continua tuvo lugar desde septiembre de 2017 hasta octubre de 2018. Se registró la T y HR cada 10 minutos, de acuerdo con la normativa [8], utilizando 5 termo higrómetros HOBO UX-100-011 en cuatro regiones de la sala: sobre la cara noreste (h83), y en dos sectores de la cara sudoeste: cerca del acceso a la sala (h77) y hacia el fondo de la misma (h79). En el centro de la sala, es decir, sin incidencia de la temperatura radiante de la envolvente, se colocan dos sensores: el h76 y h80. Los sensores se colocaron a 2 m. de altura. La referencia del clima exterior proviene de la estación meteorológica ubicada en el Observatorio de la UNLP, a 1,3 Km de distancia.

Los datos se obtuvieron en 4 campañas, es decir, cada 3 meses se descargaron los termo higrómetros para evitar pérdida de información por fallas en los instrumentos, batería, o memoria. Luego se unificaron los datos correspondientes a cada sector analizado.

### 2.2 Determinación del rango climático de referencia

Utilizando el protocolo indicado en la norma europea EN15757 (2011) se determina el intervalo de referencia admisible, que es aquel que contempla las oscilaciones previas a las que el material ya se ha adaptado. El primer paso es calcular la media móvil central para cada lectura, que corresponde a la media aritmética de las lecturas de los 15 días previos y los 15 días posteriores a dicha lectura. En intervalo de referencia excluye al 14% de las lecturas que más se alejan de la media móvil, entonces los límites superior e inferior se determinan con los percentiles 7º y 93º de las fluctuaciones registradas.

Este rango se propone para evitar sólo el deterioro mecánico de los objetos, por lo que se incorpora un límite máximo de 70% de HR para reducir el deterioro biológico, un mínimo de 45% para reducir el desecamiento del papel, y un máximo de 30°C para no acelerar los procesos químicos que desencadena la temperatura excesiva [1].

### 2.3 Evaluación de la sala según oscilaciones climáticas

Dado que la sala analizada está naturalmente ventilada, las condiciones climáticas interiores se ven atemperadas exclusivamente por el abrigo provisto por la envolvente. Para verificar si la condición hallada es adecuada, se comparan los valores obtenidos con los recomendados por la Norma Europea 10829 [7] modificando el criterio para su adaptación al clima local [14], que son el rango comprendido entre 45 y 65% y 15° y 25°C.

A la relación entre los puntos que recaen en el rango de admisibilidad y el total de los datos recabados se lo denomina índice de performance o PI [15] sin embargo, este índice sólo contempla los registros que cumplen el objetivo propuesto, pero no es sensible a evaluar cualitativamente los registros que no cumplen el objetivo: cuánto se alejan, y con qué dispersión. Esto ocurre a menudo en salas naturalmente ventiladas, donde un valor cercano a cero no permite un análisis pormenorizado.

Por este motivo se utiliza el índice propuesto por Ferrarese y otros [13], que es el índice de oscilaciones climáticas (*IME Index of Microclimatic Excursions*). Se basa en el análisis de las oscilaciones diarias y en la proporción que éstas superan el máximo recomendado. Para papel y material orgánico se considera una oscilación máxima diaria admisible de 10% de HR ( $\Delta HR$ ) y 2°C de temperatura ( $\Delta T$ ) (Figura 2).

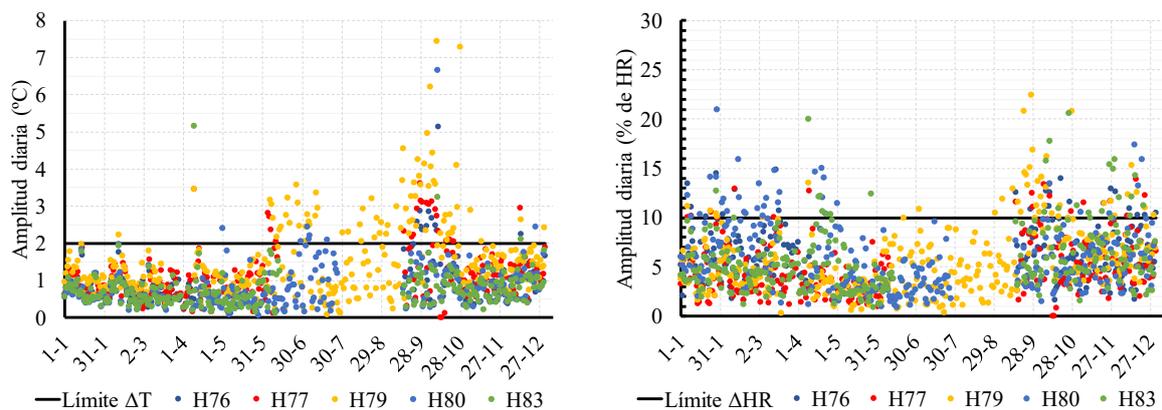


Figura 2: Oscilación diaria de T y HR.

Para unificar esta información, se efectúa un diagrama de dispersión con la amplitud diaria de HR en el eje de las ordenadas, y la amplitud diaria de T en el eje de las abscisas. Los límites de admisibilidad de los valores parten la muestra en cuatro cuadrantes: n1 en el origen, delimitando los registros en los que tanto la T como HR están por debajo de la oscilación máxima admisible; n2 para registros en los que la oscilación de HR es excesiva mientras que la T cumple el objetivo; n3, para los días en los que se superan ambos objetivos de T y HR; y n4 para los días en los que la HR se encuentra estable pero la  $\Delta T$  supera el objetivo. El porcentaje de puntos en cada cuadrante es una información fragmentada y no permite realizar conclusiones sobre la sala, pero el índice IME condensa esa información realizando una evaluación resumida que permite una comparación entre diferentes sitios [13].

$$IME = [(n1 - n3) / n_{tot}] + [(n2 + n4) / n_{tot}] * 0.5 \quad (1)$$

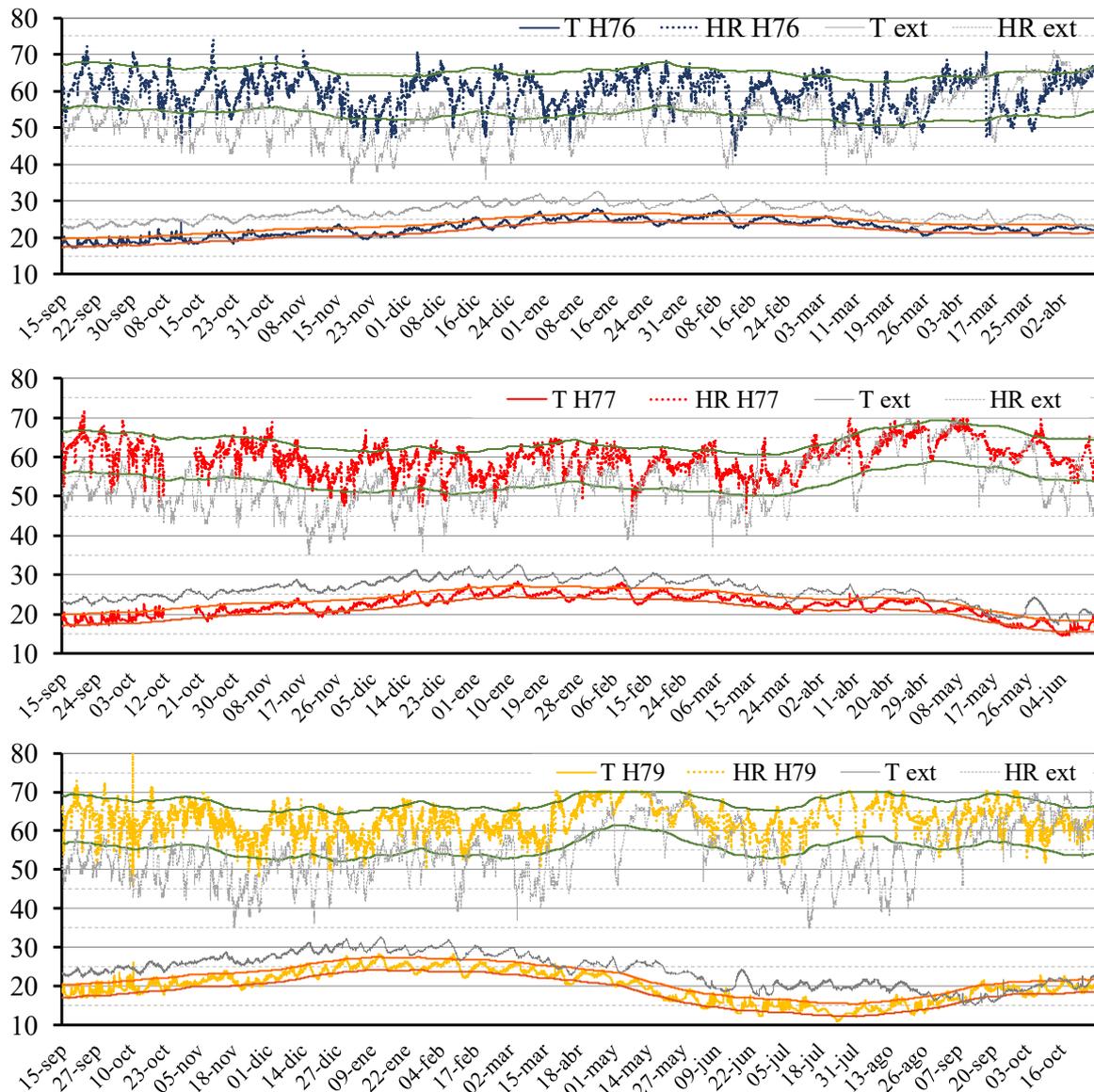
La fórmula (1) desarrolla el método de cálculo de IME para cada sensor ubicado en la sala, donde N1 a n4 es la cantidad de puntos en cada cuadrante y  $n_{tot}$  es el total de días analizados. N1 y n3 tienen un peso

de 1 y -1 respectivamente, y n2 y n4 tienen un peso de 0,5. El IME es útil para comparar condiciones micro climáticas en distintos puntos de una misma sala y la influencia de la ubicación, como información adicional para reorganizar la ubicación de una colección.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Rango climático de referencia

La Figura 3 muestra para cada termo higrómetro colocado cuál es el intervalo de seguridad que el protocolo indica para evitar deterioro químico, biológico y físico o mecánico, y la referencia del clima exterior.



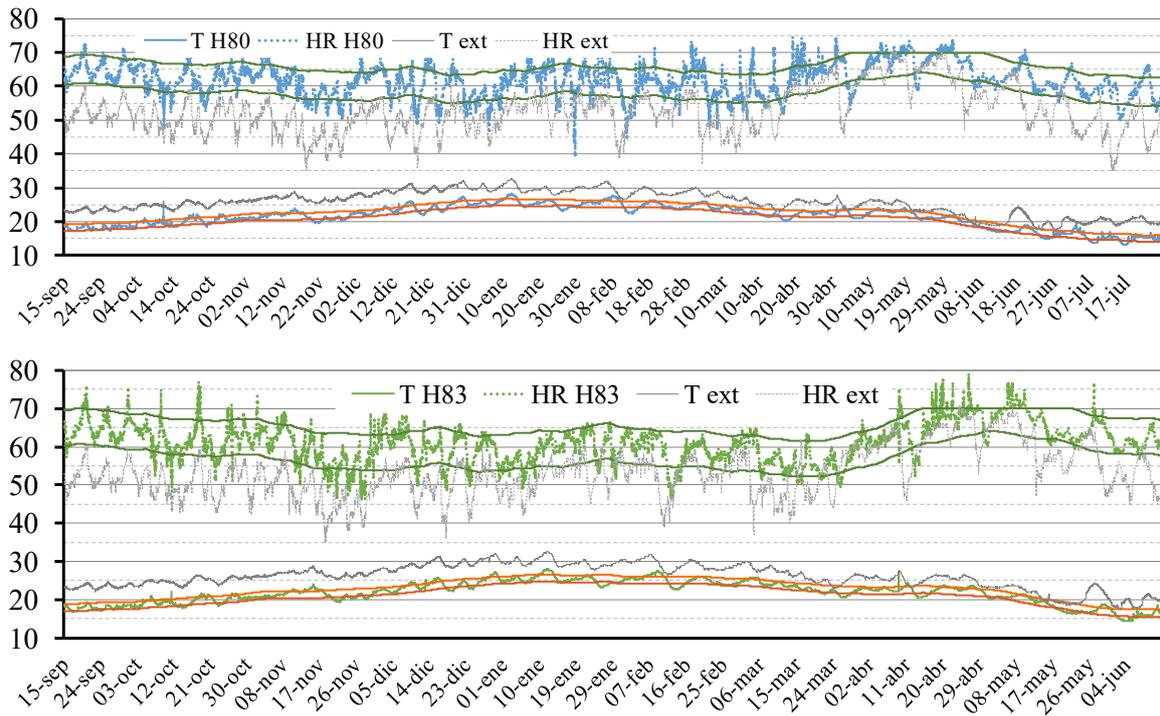
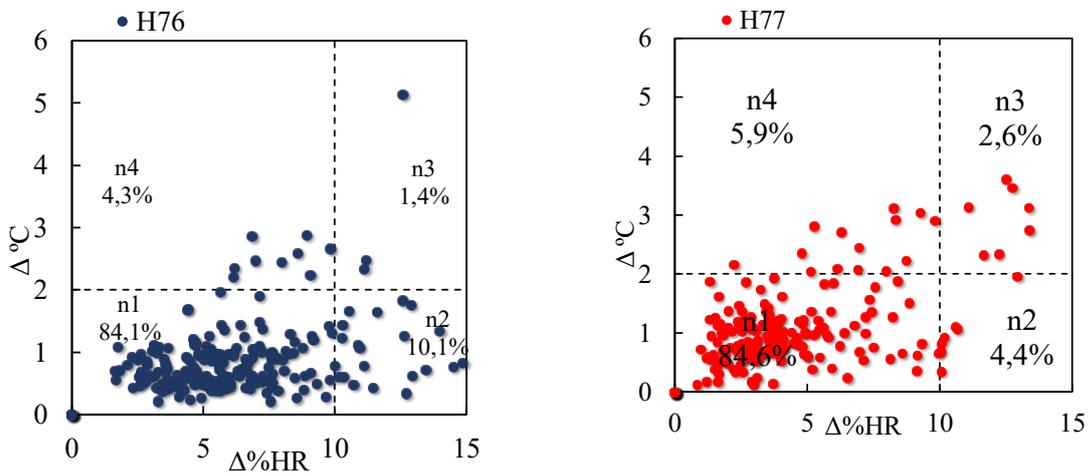


Figura 3: T y HR hallada en la sala en el período monitorizado

### 3.2 Evaluación de la sala según su oscilación climática

Se practica la metodología propuesta sobre cinco termo higrómetros ubicados en distintos espacios de una misma sala con el fin de determinar la ubicación más adecuada para la conservación (Figura 4).



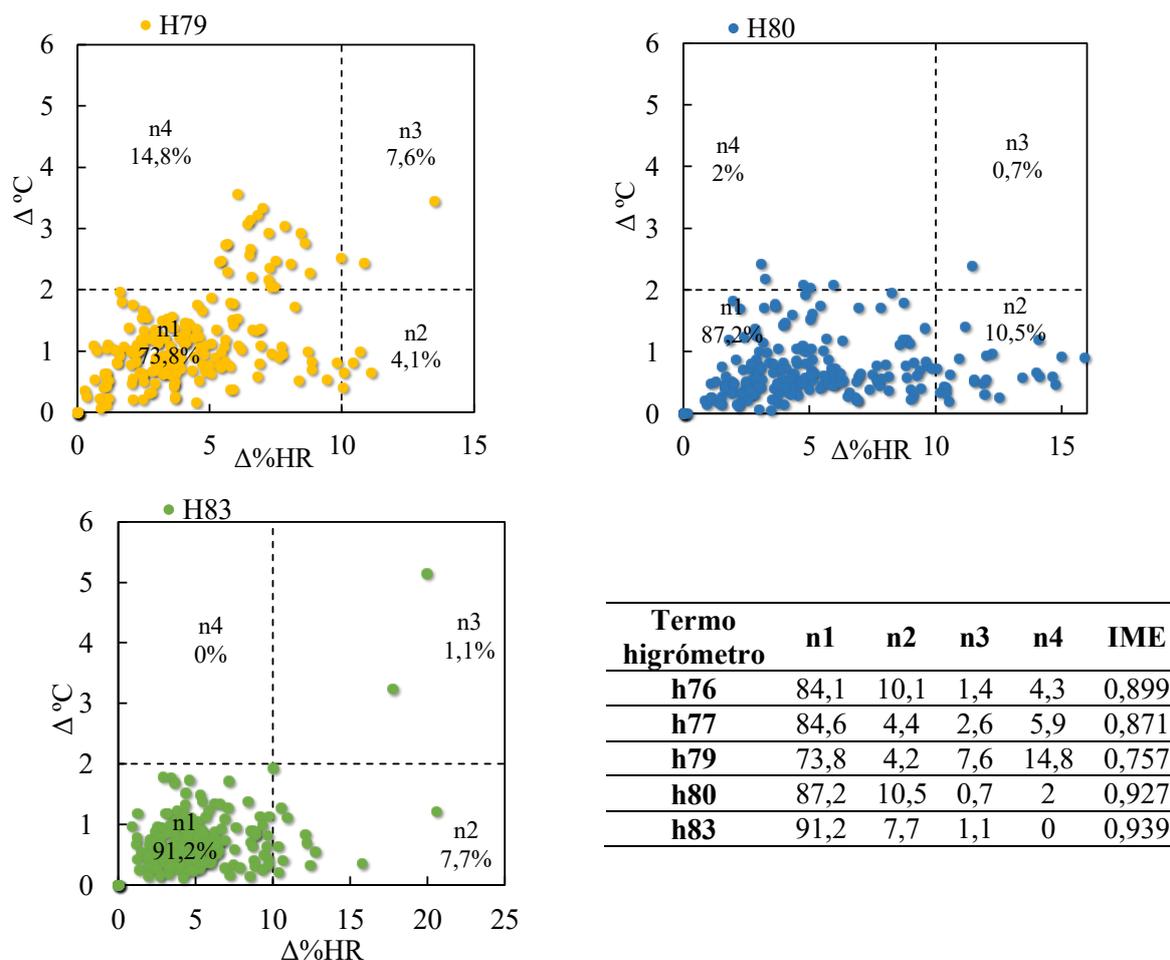


Figura 4: Esquemas de oscilación diaria de T y HR y tabla resumen.

#### 4. CONCLUSIONES

En la evaluación de un depósito de biblioteca en La Plata, Argentina, se utilizan dos estrategias: la primera establece el rango climático de seguridad porque contempla el clima histórico de esta colección; y la segunda asiste la detección de la zona de la sala más adecuada para conservación, dato relevante para decidir la ubicación de la colección según este criterio. Conocer las condiciones higrotérmicas de la sala es útil para replicarlas en caso de traslado o reubicación; y verificar que no sufren periodos prolongados en entornos de T o RH incorrectas, situación que favorecería el desarrollo de agentes microbiológicos, aceleración de reacciones químicas o daño mecánico.

El termo higrómetro h83 registra los datos más favorables, a pesar de estar en el perímetro de la sala, hacia el muro orientado al noreste. Le sigue el h80, ubicado en el pasillo más estrecho y estanco. El h76 se ubica en el centro de la sala, pero en el pasillo principal, y el valor IME obtenido es intermedio.

Los desempeños más bajos los tienen los h77 y h79 que se encuentran en el perímetro, en la cara orientada al suroeste, que la más afectada por el frío en invierno y por el calor en verano.

La superposición del clima exterior con las curvas de cada termo higrómetro da cuenta del escaso retraso térmico que ejerce la envolvente, como consecuencia de su baja inercia. La HR exterior es inferior a la interior continuamente, y esto representa una oportunidad para reducir la HR interior mediante estrategias de ventilación, que en ocasiones supera el límite de 70% recomendado para evitar el daño biológico.

La metodología utilizada ha resultado adecuada para realizar una evaluación comparativa de la monitorización de una sala, además es sencilla de implementar en edificios naturalmente ventilados, donde no siempre se satisfacen los objetivos climáticos estrechos recomendados.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. de la P. Diulio, P. Mercader-Moyano, A. Gómez, The influence of the envelope in the preventive conservation of books and paper records. Case study: Libraries and archives in La Plata, Argentina, *Energy Build.* 183 (2019) 727–738. doi:S0378778818321674.
- [2] S. Michalski, Guidelines for humidity and temperature in canadian archives, Canadian Conservation Institute, Ottawa, 2000.
- [3] G. Thomson, *El Museo y su entorno*, Akal, Tres Cantos (Madrid), 1978.
- [4] T. Padfield, P.K. Larsen, M. Ryhl-Svendsen, L.A. Jensen, Conservation physics: Low energy museum storage, 2013. <http://www.conservationphysics.org/storage/low-energy-museum-storage.php>.
- [5] M. Henry, The heritage building envelope as a passive and active climate moderator: opportunities and issues in reducing dependency on air-conditioning, in: *The Getty Conservation Institute*, Tenerife Spain, 2007.
- [6] British Standards Institution, No Title, BSI, London, 2012.
- [7] UNI, 10829. Condizioni ambientali di conservazione, misurazione ed analisi., Norma Italiana. Milano: Ente Nazionale di Unificazione. CTI - Comitato Termotecnico Italiano., Milano, 1999.
- [8] Comité Europeo de Normalización, 15757:2011 Conservación del patrimonio cultural. Especificaciones de temperatura y humedad relativa para limitar los daños mecánicos causados por el clima a los materiales orgánicos higroscópicos., (2010).
- [9] ASHRAE, Chapter 23. Museums, galleries, archives, and libraries. *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, in: 2011 ASHRAE Handb. HVAC Appl. (SI Ed., ASHRAE, Atlanta, 2011: pp. 23.1–23.22.
- [10] H.E. Silva, F.M.A. Henriques, Preventive conservation of historic buildings in temperate climates. The importance of a risk-based analysis on the decision-making process, *Energy Build.* 107 (2015) 26–36. doi:10.1016/j.enbuild.2015.07.067.
- [11] R. Kramer, J. van Schijndel, H. Schellen, Dynamic setpoint control for museum indoor climate conditioning integrating collection and comfort requirements: Development and energy impact for Europe, *Build. Environ.* 118 (2017) 14–31. doi:10.1016/j.buildenv.2017.03.028.
- [12] I. Pigliautile, V. Lucia, N. Makaremi, A. Laura, L.F. Cabeza, F. Cotana, On an innovative approach for microclimate enhancement and retrofit of historic buildings and artworks preservation by means of innovative thin envelope materials, *J. Cult. Herit.* 36 (2019) 222–231. doi:10.1016/j.culher.2018.04.017.
- [13] S. Ferrarese, D. Bertoni, V. Dentis, L. Gena, M. Leone, M. Rinaudo, Microclimatic analysis in the Museum of Physics, University of Turin, Italy: A case-study, *Eur. Phys. J. Plus.* 133 (2018). doi:10.1140/epjp/i2018-12367-4.
- [14] M. de la P. Diulio, A.F. Gómez, Definición de parámetros higrotérmicos locales para conservación preventiva en edificios culturales, in: *Acta del I Encuentro Nac. sobre Ciudad. Arquít. y Construcción Sustentable*, La Plata, 2016: pp. 341–350.
- [15] S.P. Corgnati, M. Filippi, Assessment of thermo-hygrometric quality in museums: Method and in-field application to the “Duccio di Buoninsegna” exhibition at Santa Maria della Scala (Siena, Italy), *J. Cult. Herit.* 11 (2010) 345–349. doi:10.1016/j.culher.2009.05.003.