

# ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO BIO-AMBIENTAL DE DOS ARCHIVOS EN LA CIUDAD DE LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

María de la Paz Diulio<sup>1-a</sup>, Paola Lavín<sup>2-b</sup>, Analía Gómez<sup>3-a</sup>, Patricia Guiamet<sup>3-b y c</sup>

a. Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LAyHS) Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU)  
Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Calle 47 n° 162 CP 1900 – La Plata. Tel +54-221-4236587 al 90 interno 255. e-mail: [layhs@fau.edu.ar](mailto:layhs@fau.edu.ar)

b. Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA). Universidad Nacional de La Plata (UNLP).  
CCT La Plata-CONICET, CC 16, Suc. 4, (1900) La Plata, Argentina, e-mail: [pguiamet@inifta.unlp.edu.ar](mailto:pguiamet@inifta.unlp.edu.ar)

c. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata

**RESUMEN:** El trabajo presenta el comportamiento higrotérmico de invierno y de la calidad microbiológica del aire de dos archivos en la ciudad de La Plata. Mediciones realizadas en simultáneo con microadquisidores de datos Hobo dentro de las salas y en el exterior. Los edificios poseen distinta resolución constructiva y relación con el entorno. La medición registró temperatura (T), humedad relativa (HR) e iluminación (I) entre los días 9 y 27 de junio de 2011 período en el cual la T exterior promedió 12,79°C y la HR 75,52%. Los datos obtenidos se midieron con los parámetros de condición de tolerancia para la conservación del papel propuestos por Bell y Faye. Los resultados obtenidos muestran que en el período auditado el primer edificio se mantuvo el 94% del tiempo dentro del rango apropiado mientras que el segundo, aparentemente en condiciones adversas, los valores descienden solo al 86%. Estos resultados se corresponden con los recuentos microbianos obtenidos a partir de los análisis microbiológicos del aire.

**Palabras clave:** conservación preventiva, archivo, auditoría medioambiental, calidad del aire, análisis microbiológico, iluminación.

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de La Plata se encuentra a 35° de latitud sur y 57° longitud oeste a 12 m sobre el nivel del mar. Se ubica en la región bioambiental IIIb de IRAM quien la define como zona templada cálida. Los veranos son relativamente calurosos con temperaturas medias que oscilan los 20°C a 26°C y máximas de 30°C. Los inviernos son fríos con medias de 8° a 12°C y mínimas que se acercan a los 0°C. La subzona b indica que su amplitud térmica es menor a 14°, es decir, es la subzona húmeda (IRAM, 2002).

La propuesta de investigación del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LAyHS) pretende involucrar a la arquitectura como factor moderador de las condiciones ambientales interiores. Por otra parte, en los momentos de escasez de recursos, la inversión eficaz se convierte en una herramienta indispensable. La conservación preventiva busca adelantarse al deterioro teniendo siempre en cuenta la optimización de los recursos disponibles. Si estos recursos son mensurados en la etapa inicial de proyecto, se economizan esfuerzos en la ejecución y luego desde el día cero de uso del edificio. A través de una serie de intervenciones similares realizadas (Gómez, A., Czajkowski, J.1999; Gómez, A.; 2000; Domínguez, M. C., Gómez, A., 2002; Gómez, A., 2009) se pretende conocer el comportamiento de cada formato de edificio en nuestro clima para comenzar a desarrollar pautas de diseño que cumplan con las condiciones tanto de conservación como de ahorro energético y acondicionamiento pasivo.

Para la correcta conservación del papel deben permanecer dentro del rango adecuado la temperatura, la humedad relativa y la iluminación. Bell y Faye proponen un temperatura óptima de entre 15° y 20° C con tolerancia hasta 22° C y un valor de HR entre 55% y 65% óptimo con tolerancia de 45% hasta 65% (Bell, L; Faye, 1980). Godfrey Thompson recomienda una iluminación de 100 lux en estanterías (Thompson, G. 1986).

En cuanto a T la mejor conservación se dará cuando menor sea la temperatura, sin embargo, dado que el material debe ser manipulado por personas cuya temperatura de confort es superior, y considerando que los cambios de temperatura generarán condensaciones indeseadas (Tacón Clavaín, 2008) es preferible mantener los documentos en un rango compatible con los usuarios con la mayor estabilidad como sea posible.

La respuesta del papel a la humedad relativa se expresa de tres maneras. En primer lugar, produciendo cambios físicos, es decir, modificando su tamaño y forma. Durante un aumento en la HR del 10% el papel industrial sufre una expansión de 0.3% a través y 0.05% en el sentido de sus fibras. Para el papel artesanal, cuyas fibras no siguen una misma dirección, el papel se expande uniformemente, promediando los valores anteriores. En segundo lugar generando cambios químicos como reacciones de decoloración o debilitamiento de las fibras que se expresan en cambios de color y manchas. Y por último cambios biológicos, ya que al aumentar la cantidad de agua en el aire se crea un medio húmedo y protegido para el florecimiento de mohos (Thomson, G. 1998).

La humedad es uno de los factores más importantes para el desarrollo microbiano, ya que determina el agua disponible para la germinación de esporas y su crecimiento. Un parámetro estrechamente ligado a la humedad es la actividad del agua ( $A_w$ ). La mayoría de los microorganismos puede crecer en un rango de  $A_w$  de 0,6-0,98. Las bacterias requieren un  $A_w$  mayor a 0,95 para su desarrollo, mientras que los hongos desarrollan en un rango de 0,70-0,85 (Valentín, 2003).

---

<sup>1</sup> Becaria CIC

<sup>2</sup> Becaria CONICET

<sup>3</sup> Investigadora CONICET

El papel y las tintas, como cualquier material sensible, son afectados por cualquier tipo de luz. El daño es causado por la radiación ultravioleta (UV) emitida de toda fuente de luz blanca, siendo la luz solar la más peligrosa. El deterioro depende de la intensidad de la luz, de la distancia de la fuente al objeto, y del tiempo de exposición (Thompson, G. 1986).

De acuerdo con (Filippín et al., 2007) el uso apropiado del lugar por parte de los usuarios, en este caso, el personal que permanece durante la jornada de trabajo, en cuanto a ventilación o búsqueda del confort a través de calefacción, juega un rol importante en el comportamiento térmico del ambiente interior. El consumo de alimentos en el lugar creará condiciones adecuadas para la existencia de factores biológicos que pondrán en riesgo las colecciones.

Es objetivo del trabajo identificar qué porcentaje de toda la muestra permanece en un estado apropiado para su conservación en cuanto a T, HR, e iluminación. Asimismo, cotejando con el análisis microbiológico realizado, asociar una condición higrotérmica dada para los microorganismos encontrados.

Partimos de la hipótesis que por sus condiciones de borde y exposición y el uso y ocupación que poseen, el Archivo Histórico y Fotográfico del Museo de La Plata tiene un comportamiento higrotérmico más satisfactorio que el Archivo de Investigación Histórica y Cartográfica de la Dirección de Geodesia.

## DESCRIPCIÓN DE LOS ESPACIOS

El primero de los ambientes es el Archivo Histórico y Fotográfico del Museo de La Plata (Museo) ubicado en el Paseo del Bosque. Es un recinto de 18,80 m<sup>2</sup> y 5,40 m de altura ubicado en el primer piso del museo. No posee aberturas al exterior y la puerta de acceso es de 2 hojas de madera y vidrio de 5,10 m<sup>2</sup>. Tiene 2 rejillas de ventilación de 0.10m x 0.40m, una superior y otra inferior que permiten el paso de aire al hall cubierto. Los muros son de ladrillo común con un espesor de 30cm. No se observan signos de humedad en las paredes. El piso es de madera. La sala no está climatizada.

Este espacio es de consulta para investigadores los días lunes y miércoles de 13:30 a 18:00. El resto de los días tiene la ocupación ocasional de dos investigadores. Cuenta con 3 computadoras de escritorio y un scanner. Estas personas están bien formadas en cuanto a conservación y no utilizan estufas eléctricas ni consumen ningún tipo de alimento en el recinto.



Imagen 1: Planta, vista exterior e interior del Archivo Histórico y Fotográfico del Museo de La Plata.

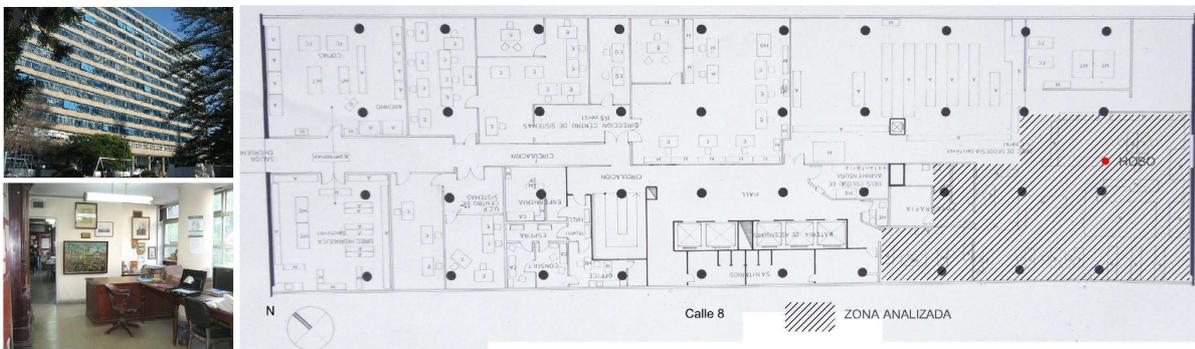


Imagen 2: Vista exterior, interior y planta. Archivo del Dto de Investigación Histórica y Cartográfica de la Dir de Geodesia.

El segundo espacio a auditar se denomina Archivo del Departamento de Investigación Histórica y Cartográfica de la Dirección de Geodesia (Geodesia). Ubicado en el 2º nivel del Ministerio de Infraestructura, Av. 7 entre las calles 58 y 59, cuenta con una superficie total de 222 m<sup>2</sup> que se distribuyen en 23 m<sup>2</sup> para atención al público, 44 m<sup>2</sup> para escritorios de trabajo, y 150 m<sup>2</sup> para archivo propiamente dicho. La altura al cielorraso es de 2,70 m. Es un edificio inaugurado en 1961 con estructura de hormigón armado, cerramiento de ladrillo cerámico de 1m de altura y luego paños de aberturas de aluminio

hasta la losa que suman 40 m<sup>2</sup>. La orientación de las aberturas exteriores es sur oeste y se muestran poco herméticas. La tabiquería interior es de mampostería y placas de yeso como revestimiento de estructura metálica liviana. A partir del 3º nivel la fachada cuenta con protección exterior de parasoles metálicos.

La ocupación está dada por 6 personas de lunes a viernes en el horario de 8:00 a 15:00. Utilizan 4 computadoras de escritorio, una impresora láser y una fotocopidora. Se consumen alimentos en el sector de trabajo. La calefacción es central por conductos de aire y se enciende ocasionalmente una estufa eléctrica. No hay evidencia de humedad en la envolvente.

## METODOLOGÍA

### *Análisis Morfológico*

Se analizan las características de la envolvente de acuerdo al volumen de los espacios. Se utilizan los indicadores propuestos por J. L. Mascaró desarrolladas en Czajkowski, J., Gómez, A., (2004)

ARCHIVO	PERÍM. (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	RELACIÓN VIDRIADO / OPACO	FACTOR COMPASIDAD área habitable / área envolvente	FACTOR FORMA área envolvente / volumen	FACTOR EXPOSICIÓN área expuesta / área envolvente
<b>Museo</b>	17.4	18.80	101.52	0.057	16.6%	1.30	0.143
<b>Geodesia</b>	72	222	600	0.259	53%	1.07	0.153

Tabla 1: Características de los edificios según su forma y relación con el entorno.

### *Análisis Higrotérmico y lumínico*

Luego de realizar el relevamiento físico de los sitios y de conocer sus movimientos funcionales se coordinó con los responsables la colocación de los sensores. El proceso de mediciones se realizó entre los días 9 y 27 de junio de 2011, se colocaron microadquisidores de datos HOBO U12-012 que registraron datos de temperatura, humedad relativa e intensidad de iluminación cada 30 minutos. Al mismo tiempo se registraron datos exteriores con un Hobo U23-001 en resguardo meteorológico. Se intentó encontrar el lugar más cercano que represente la situación real a la que se somete la envolvente. En el primero de los casos dicha estación meteorológica se colocó a 780 m y en el segundo a 1000 m. Se consideran 912 registros de cada sensor que fueron analizados con una planilla de cálculo.

### *Contaminación microbiana ambiental*

Para los estudios microbiológicos se colocaron placas de Petri abiertas a 2 m del piso durante 30 minutos. Las mismas contenían diferentes medios de cultivo para bacterias, para mohos y levaduras. Las placas para obtener desarrollo bacteriano se incubaron a 28 °C durante 72 h, las de hongos y levaduras se incubaron a 28 °C durante 7 días. Una vez incubadas las placas, se determinó el número de microorganismos por m<sup>3</sup> de aire (mo/m<sup>3</sup>), teniendo en cuenta la ecuación descrita por Omeliansky (Bogomolova y Kirtsideli, 2009).

## RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados se comparan con el parámetro propuesto por Bell y Faye (Bell, L; Faye, B., 1980) para países subtropicales, que indican que para su correcta conservación el papel debe permanecer entre 15 y 20 °C y 55 y 65% de HR como condición óptima, y un espectro de tolerancia de 15° a 22 °C y 45 y 65% de HR. Otra característica esperable en un ambiente de guarda es la estabilidad en los valores ya que cualquier oscilación desencadena los cambios físicos, químicos y biológicos expresados.

En el gráfico 1 se muestran con una franja horizontal grisada los valores esperables. El sector vertical rayado muestra los días no laborables.

En la tabla 2 se muestra el análisis de datos obtenidos. El desvío estándar nos dará noción de la dispersión de los registros, una desviación mínima resultará de un ambiente con mayor estabilidad. Los valores máximo y mínimo nos darán los valores absolutos y la amplitud. Por último los registros dentro del rango se miden tanto para T y HR individualmente como para los datos que cumplen ambas condiciones en simultáneo, que son los que realmente definatorios. En los resultados encontramos promedios similares y valores máximos y mínimos casi idénticos en ambos recintos. La dispersión es menor en el Museo lo que nos indica mayor estabilidad y la cantidad de momentos en los que el aire en contacto con los objetos se encuentra dentro de la condición ideal son más en éste espacio, 93.86% mientras que en Geodesia éstos registros son del 85,75%.

Los valores de iluminación recomendados (Thompson, G., 1980) son de hasta 100 lux para estanterías, con este límite se calcula el porcentaje de registros que cumplen con los valores admisibles. En Geodesia la suma de iluminación tanto natural como artificial no supera en ningún momento el valor máximo mientras que en el Museo, que sólo cuenta con iluminación artificial, el 11% del período se registraron entre 100 y 138 lux. Debido al factor de deterioro que es acumulativo que genera la incidencia de luz sobre el papel, se realiza una sumatoria de cantidad de lux recibida, ya que aun con valores inferiores, el archivo de Geodesia recibe luz aún en momentos de no ocupación. Los resultados de la sumatoria son más elevados en el local iluminado artificialmente sólo en momentos de ocupación: el Museo con 22433,9 lux y Geodesia con 16637,9 lux.

En el Archivo del Museo, tanto la concentración fúngica como la bacteriana fueron bajas y oscilaron entre 60 y 200 mo/m<sup>3</sup>, según la escala de Omeliansky para evaluar el grado de contaminación del aire se considera ambiente no contaminado. En el Archivo de Geodesia las concentraciones fúngica y bacteriana oscilaron entre 640 y 2720 mo/m<sup>3</sup>. Se considera que el ambiente esta altamente contaminado.

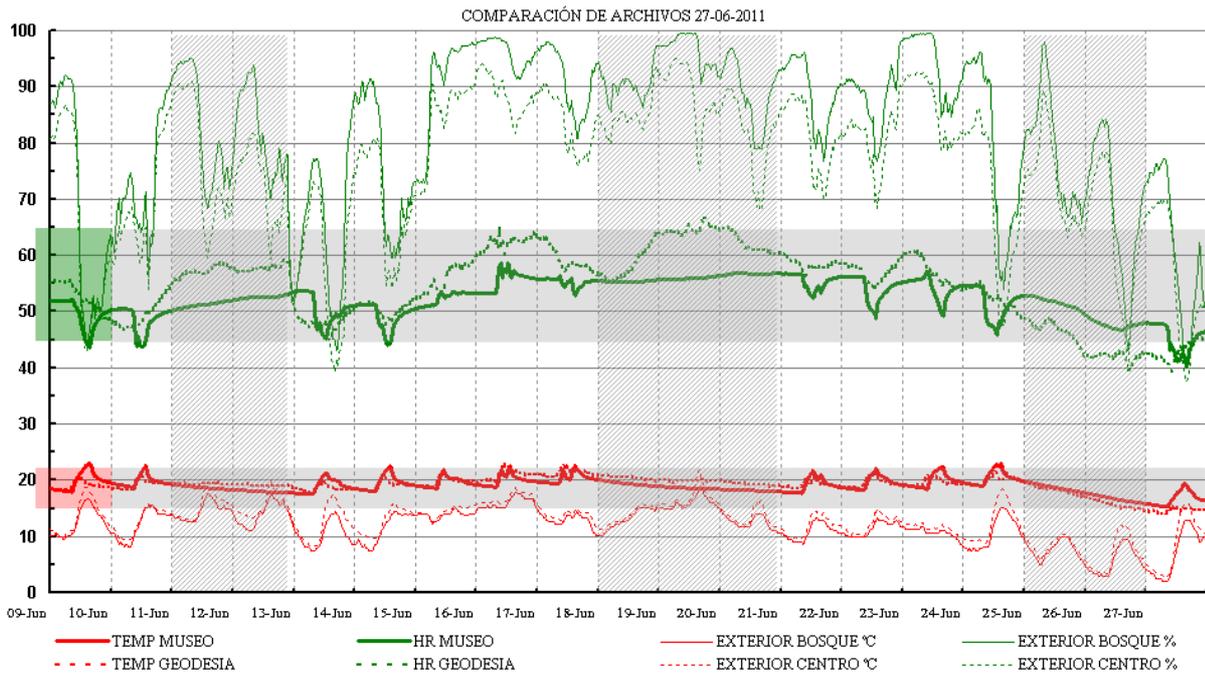


Gráfico 1: Resultados de mediciones de T y HR

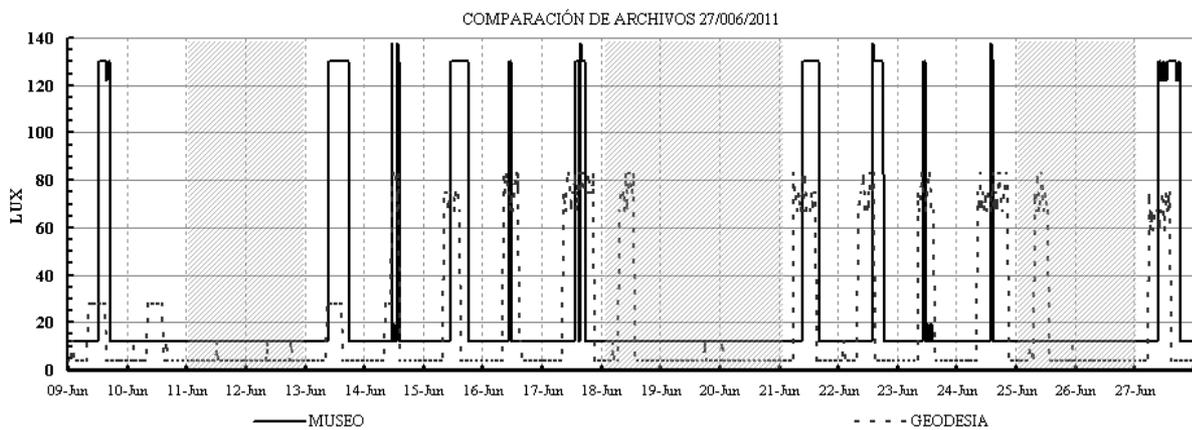


Gráfico 2: Resultados de mediciones de intensidad de iluminación

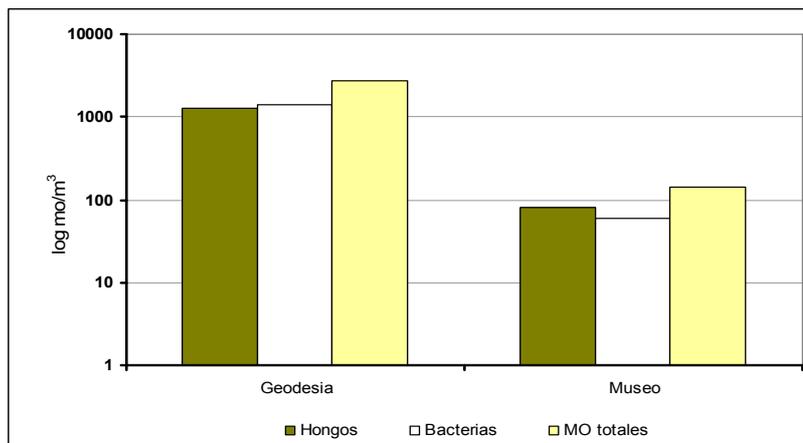


Gráfico 3: Recuento de microorganismos en ambos archivos.

## CONCLUSIONES

De acuerdo al relevamiento realizado el Archivo del Museo tiene mejor respuesta como espacio de guarda. Su ubicación dentro del edificio envolvente le otorga mayor estabilidad higrotérmica y lo protege de la luz del sol. El uso que le dan sus ocupantes influye de manera positiva en el estado del acervo en cuanto a la limpieza y al no uso de calefacción. Se observa en el gráfico 4 que algunos registros caen dentro de la zona de desecación. Por no ser posible bajar aún más la temperatura, sería recomendable aplicar rutinas de ventilación a través de la puerta de acceso para permitir el intercambio con el aire del pasillo y de esta manera nivelar el contenido de agua en el aire.

Se propone reducir la iluminación general mientras se complementa con iluminación individual para cada puesto de trabajo. De esta manera no será difícil alcanzar valores de iluminación que no afecten al papel. Esto puede realizarse mediante el reemplazo de lámparas por otras de menor intensidad.

	Archivo Histórico y Fotográfico del MUSEO de La Plata			Archivo de Investigación Histórica y Cartográfica de la Dirección de GEODESIA		
	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (HR%)	ILUMINACIÓN (LUX)	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (HR%)	ILUMINACIÓN (LUX)
<b>DESV. ESTÁNDAR</b>	1.40	3.57	-	1.76	6.513	-
<b>PROMEDIO</b>	19.06	52.24	24.60	19.03	54.413	18.24
<b>VALOR MÁXIMO</b>	22.94	58.68	138.00	22.75	66.53	82.80
<b>VALOR MÍNIMO</b>	15.25	40.29	11.80	14.00	39.62	3.90
<b>AMPLITUD</b>	7.70	18.39	126.20	8.75	26.91	78.90
<b>CUMPLEN CONDICIÓN</b>	97%	96%	89.25%	93%	88%	100%
<b>CUMPLEN AMBAS CONDICIONES</b>	<b>93.86%</b>			<b>85.75%</b>		

Tabla 2: Resumen de los resultados

El Archivo de Geodesia, con mayor ocupación y superficie expuesta vidriada nos muestra resultados que si bien no son los ideales, se acercan más de lo previsto. La menor resistencia térmica de la envolvente y la falta de hermeticidad de las aberturas ayuda a disipar la carga térmica que otorgan la calefacción central y las estufas. Esta es una ventaja con la que sólo se puede contar durante los meses fríos, por lo que se realizará una medición similar durante el verano.

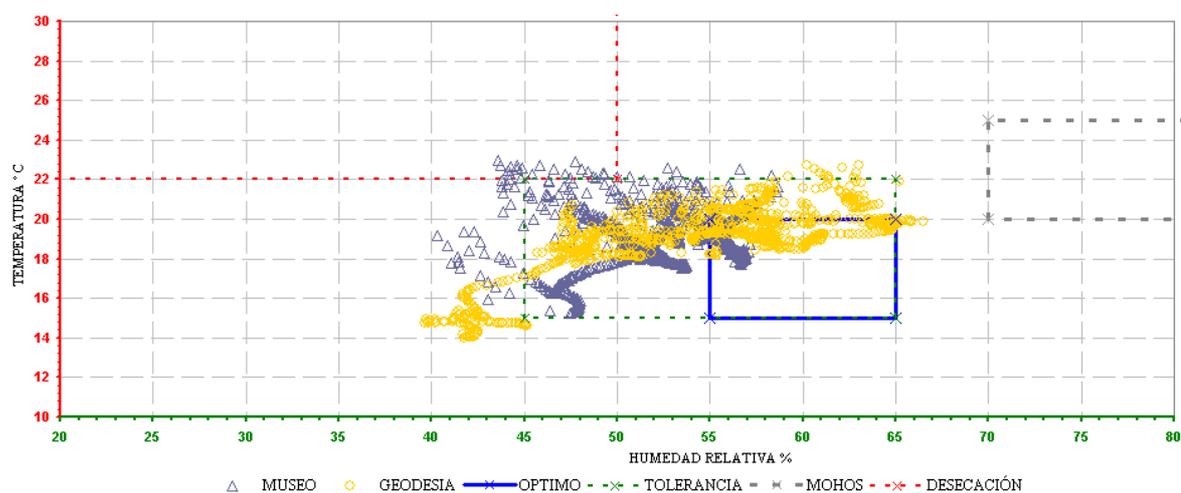


Gráfico 4: Climograma de Bell y Faye aplicado a los casos de estudio.

Los valores de las mediciones de HR ambiente obtenidas explicarían los recuentos microbianos obtenidos en los muestreos ambientales de ambos archivos. Estos recuentos fueron más altos para hongos que para bacterias en el caso del Museo. En el caso de Geodesia sucedió lo contrario. A su vez, en Geodesia se halló la mayor carga microbiana total del aire, lo cual radica en que la HR promedio fue más elevada. Estas variaciones podrían estar relacionadas a las diferencias de emplazamiento que presentan estos archivos y a las condiciones de mantenimiento existentes en cada uno. El Museo se encuentra en una zona

arbolada, lejana del centro y con escasa contaminación, mientras que el Archivo de Geodesia está ubicado en una zona céntrica de la ciudad de La Plata, de gran polución próximo a calles transitadas por una gran cantidad de vehículos.

*Aspergillus* resultó el género fúngico que predominó en el aire del archivo de Geodesia (60%) en tanto que *Penicillium* predominó en el aire del Museo (100%). Otros géneros comúnmente aislados fueron *Scopulariopsis sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.* y *Cladosporium sp.*

Con relación a las bacterias ambientales (cocos y bacilos) se observó un predominio de las Gram positivas (Museo: 100%, Geodesia: 90%). Entre los géneros aislados se encuentran *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Bacillus sp.*, y *Streptomyces sp.* y *Serratia sp.*, *Serratia marcescens* y *Enterobacter agglomerans* (Gram negativas).

## REFERENCIAS

- Bogomolova, E.V., Kirtsideli, I. (2009), Airborne fungi in four stations of the St. Petersburg underground railway system, *International Biodeterioration & Biodegradation* 63:156–160.
- Czajkowski, J., Gómez, A. (2004) Diseño Bioclimático y Economía Energética Edilicia. Colección Cátedra. Publicación de la Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina. Pp. 141 - 147.
- Domínguez, M.C.; Gómez, A. (2002) Estrategias de valoración patrimonial y bioclimática en edificios culturales. Caso testigo en museos. VI Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico e Edificación.
- Filippín, C., Flores Larsen S., y Flores L. (2007) Comportamiento energético de verano de una vivienda másica y una liviana en la región central de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11: 0.5 pp. 17-23.
- Gómez, A. (2004) Desarrollo de nomograma bioambiental para la Provincia de Buenos Aires, aplicado a la conservación de documentos de interés cultural. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 8 (1): 35-39.
- Domínguez, M.C.; Gómez, A. (2002) Estrategias de valoración patrimonial y bioclimática en edificios culturales. Caso testigo en museos. VI Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico e Edificación.
- Filippín, C., Flores Larsen S., y Flores L. (2007) Comportamiento energético de verano de una vivienda másica y una liviana en la región central de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 11: 0.5 pp. 17-23.
- Gómez, A. (2000) Condiciones Ambientales en Museos. En *Actas IV Congreso ARQUISUR*. La Plata. Argentina.
- Gómez, A. (2009) Una aproximación al diseño ambientalmente consciente en espacios de guarda. Estudio de casos. *Actas do I Seminário de Investigação em Museologia dos Países de Língua Portuguesa e Espanhola*. Porto. Portugal.
- Gómez, A.; Czajkowski, J. (1999). Condiciones ambientales en museos. *Anais del V Encontro de Conforto no Ambiente Construido*.
- Valentín, N. (2003). Microbial contamination and insect infestation in organic materials, *Coalition* Vol. 1, No. 6, pp. 2-3.

## ABSTRACT

This paper shows the hygrothermal behavior in winter and the microbiological quality of the air of two archives in La Plata. Measurements were made simultaneously by HOBO dataloggers inside the rooms and in the outside. The buildings have different construction and relationship with the environment. The measurement registered temperature (T) relative humidity (RH) and illumination (I) between June 9<sup>th</sup> and 27<sup>th</sup>, period in which external temperature averaged 12,79°C and the RH 75,52%. The obtained data was compared with tolerance condition parameters for paper conservation proposed by Bell and Faye. The results obtained shows that in the audited period the first building kept 94% of the time in the appropriate range while the second, apparently in adverse conditions, its values descend only to the 86%. This results are consistent with microbial count obtained from the microbiological analysis of air.

**Keywords:** preventive conservation, archive, environmental audit, air quality, microbiological analysis, lighting.