

# Nuevas herramientas para control ambiental en depósitos documentales: el uso de Sistemas de Información Geográfica en la Colección Patrimonial A. Wormald Cruz y el Archivo Histórico Vicente Dagnino

**Mónica Moreno Falcón**

**Resumen:** Inmerso en un plan de gestión de riesgos integral para acervos documentales se plantea el estudio vinculado al control ambiental efectuado en la Colección Patrimonial Alfredo Wormald Cruz [CPWC] y el Archivo Histórico Vicente Dagnino [AHVD]. Se discute acerca de las directrices ambientales aconsejadas para depósitos documentales y gracias al empleo de Sistemas de Información Geográfica [SIG] se perfila una metodología de trabajo capaz de cuantificar integralmente diferentes agentes de deterioro implicados en el proceso de alteración de colecciones y fondos. Los resultados así obtenidos, expresados mediante un índice de alterabilidad, permiten identificar puntos -espaciales y de uso- de mayor riesgo para la conservación de materiales documentales resguardados en depósito.

**Palabras clave:** sistemas de Información Geográfica (SIG), depósitos documentales, control ambiental, alterabilidad, análisis multicriterio, gestión de riesgos

## New tools for environmental control in documentary repositories: the use of Geographic Information Systems in the Heritage Collection A. Wormald Cruz and the Vicente Dagnino Historical Archive

**Abstract:** Immersed in a comprehensive risk management plan for documentary collections, the study related to the environmental control in the Alfredo Wormald Cruz Patrimonial Collection [CPWC] and the Vicente Dagnino Historical Archive [AHVD] is presented. It is discussed the possibilities offered by multivariate analysis in the diagnosis and the use of Geographic Information Systems [SIG] as a work methodology capable of quantifying integrally different agents of deterioration involved in the process of degradation of collections. The results obtained, expressed through an alterability index, allow identifying points - spatial and temporal - of greater risk for the conservation of documentary materials kept in deposits.

**Keyword:** geographic Information Systems (GIS), documentary deposits, environmental control, alterability, multicriteria analysis, risk management

## Novas ferramentas de controlo ambiental em repositórios documentais: o uso de Sistemas de Informação Geográfica na coleção patrimonial A. Wormald Cruz e o Arquivo Histórico Vicente Dagnino

**Resumo:** Imerso num plano de gestão de riscos integral para acervos documentais, apresenta-se o estudo relacionado com o controlo ambiental de um clima desértico na Coleção Patrimonial Alfredo Wormald Cruz [CPWC] e no Arquivo Histórico Vicente Dagnino [AHVD]. Discute-se sobre as possibilidades oferecidas pela análise multivariada no diagnóstico de bens. Graças ao emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é delineada uma metodologia de trabalho capaz de quantificar integralmente os diferentes agentes de deterioração envolvidos no processo de degradação de coleções e fundos. Os resultados assim obtidos, expressos através de um índice de alterabilidade, permitem identificar pontos - espaciais e temporais - de maior risco para a conservação de materiais documentais protegidos em depósito.

**Palavras-chave:** sistemas de Informação Geográfica (SIG), depósitos documentais, controlo ambiental, análises multivariadas, alterabilidade

## Introducción

La Colección Patrimonial Alfredo Wormald Cruz [CPWC] y el Archivo Histórico Vicente Dagnino [AHVD] son las instituciones dependientes de la Universidad de Tarapacá [UTA] encargadas de reunir, conservar, valorizar, investigar y difundir el patrimonio documental producido y/o custodiado en la región de Arica y Parinacota (Chile). A pesar de ser dos instituciones independientes, ambas comparten una característica en común, su ubicación en un mismo edificio de hormigón armado de nueva construcción en una zona de clima desértico costero.

Sus fondos y colecciones cuentan con más de 16000 ejemplares de libros, prensa, revistas, folletos, fotografías y material de archivo. Respecto a las materialidades de los documentos albergados en depósito se trata de un acervo documental muy variado pero que –en su mayoría– comparte la característica común de haber sido manufacturado en momentos relativamente recientes (s. XIX y XX). Por desgracia, los materiales pertenecientes a la era industrial (así como los tecnológicos) son mucho menos estables que los materiales más antiguos. La fragilidad de los mismos (causa directa del empleo de pasta mecánica con fibras muy cortas, de la alta presencia de lignina y el encolado en tina con aprestos ácidos como el alumbre) (Muñoz Viñas, 2010:58-65) obliga a diseñar un plan de conservación preventiva que permita asegurar su conservación.

En este contexto, el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se plantea como una herramienta muy útil en la obtención, gestión, análisis, representación y salida de datos ambientales espacialmente referenciados. Debemos entender la aplicación de los SIG no solo como visores de cartografía, o como bases de datos espaciales, sino como herramientas de análisis de datos que, trabajando de manera conjunta con varias capas, permiten resolver problemas complejos (Olaya, 2014:15-23).

Si bien y en parte debido a la reducción de los costos asociados a estas infraestructuras su uso se ha generalizado en otras disciplinas desde los años 60 (Bernabé y López, 2012: 31) su incorporación al campo de la conservación no ha sido posible hasta fechas más tardías, siendo uno de los ejemplos más tempranos la Carta de Riesgo elaborada por el Instituto Centrale per il restauro en 1992 (Baldi, 1992). Actualmente son muchos los proyectos que, planteados desde el enfoque de la gestión de riesgos, incluyen el uso de SIG (Indirli & Sotero, 2010; Fernández, 2011; Paolini et al., 2012; Ortíz et al, 2013).

Este artículo parte de una breve revisión de las directrices ambientales existentes para colecciones documentales y presenta los resultados obtenidos de la aplicación de SIG como herramienta de registro y control ambiental en los depósitos documentales de la CPWC y el AHVD.

## Directrices ambientales en conservación preventiva

Temperatura (Tª) y Humedad Relativa (HR) han sido considerados agentes de deterioro por excelencia desde el nacimiento de la conservación preventiva. Plenderleith en "Conservation of Antiquity Works" (1956) ya planteaba las problemáticas derivadas de colecciones sometidas a Tª y HR incorrectas. Paralelamente, alcanzar ambientes ideales y estables de 21°C y 50% HR (Thompson, 1978: 66-67) era uno de los objetivos primordiales de las instituciones culturales, y de los planes de conservación preventiva aplicados desde mediados del siglo XX (García, 2013: 85-95).

En el año 1981, Lafontaine, investigador perteneciente al Instituto Canadiense de Conservación (ICC) planteaba por primera vez rangos más amplios, con oscilaciones de 20-25°C de Tª y 38-55% HR y optaba por alcanzar "condiciones mínimas aceptables" en lugar de "rangos ideales" en depósitos patrimoniales (García, 2013: 91). Posteriormente, en 1994, el Laboratorio de Conservación Analítica del Smithsonian con la publicación de "Work of Smithsonian Scientists Revises Guidelines for Climate Control in Museums and Archives" reforzaba estas afirmaciones, planteando que según los estudios realizados, la mayoría de los objetos resguardados habitualmente en museos toleraba fluctuaciones de entre un 10°C y un 15% de HR (Smithsonian, 1994). Para el caso de bibliotecas y archivos la Library of Congress y más concretamente los estudios realizados por Chandru J. Shahani (1995) cuestionaban la validez de los ensayos de envejecimiento acelerado sobre materiales celulósicos y planteaban la resistencia que la gran mayoría de los documentos en papel presentaban a las fluctuaciones ambientales.

Con el cambio de década, el *Handbook of the American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE), comenzó a ser el texto considerado de referencia por muchas instituciones patrimoniales. En el capítulo destinado a colecciones custodiadas en bibliotecas y museos podemos ver que las recomendaciones son rangos mensuales que oscilen entre 15-25°C de Tª y 45-55% de HR, poniendo un especial énfasis en la importancia de minimizar las fluctuaciones ambientales en periodos cortos de tiempo. Respecto a bibliotecas y archivos el texto de Willaim K. Wilson *Environmental Guidelines for the Storage of Paper Records* (1995) con rangos de 18-21°C y 45-50% de HR y fluctuaciones diarias de 3%HR y 2°C como rangos aceptables, ha marcado las directrices seguidas por muchas instituciones (Morris, 2007).

Debido al carácter general de estas directrices, no presentan especificaciones acerca de las condiciones especiales para climas cálidos, como el de la ciudad donde se ubican las colecciones objeto de estudio. En este aspecto, las recomendaciones elaboradas por el Heritage Collections Council de Australia (2002:16-17) suponen un aporte muy interesante. Para climas cálidos y secos plantean rangos ambientales que oscilen entre los 22-28°C de Tª y el 40-60% de HR en registros diarios.

Este breve recorrido bibliográfico permite revisar los cambios introducidos en las últimas décadas en las propuestas de control ambiental en depósitos. Al menos a nivel teórico, podemos observar que se presentan parámetros cada vez más flexibles mientras que la búsqueda de “rangos ideales” es substituida paulatinamente por la de “rangos aceptables”. De esta forma las directrices ambientales en conservación dejan de ser normas para convertirse en recomendaciones que, emitidas por instituciones vinculadas con la conservación, permiten enfrentar de manera global las necesidades de una colección o museo. Su finalidad no es tanto marcar rangos ideales sino definir prioridades y tratar de mejorar la situación específica de un contexto (García, 2014).

A nivel práctico, los objetivos de las propuestas de conservación ambiental también han cambiado adaptándose a las necesidades de las distintas colecciones, las características climáticas locales, las condiciones de uso y las posibilidades reales de cada institución. Un ejemplo de ello puede ser el desarrollado por el Plan Nacional de Conservación Preventiva del Instituto del Patrimonio Cultural Español (IPCE) que parte de 3 objetivos esenciales: conocer la materialidad de los bienes, el medio ambiente en que se ubican y las condiciones de uso-organizativas que pueden influir en la modificación de las condiciones ambientales (Pastor Arenas, 2013:130-131).

Ya no se trata de evaluar solo la peligrosidad del ambiente, sino de interrelacionar esta con la vulnerabilidad del bien objeto de estudio y definir el factor de riesgo al que está sometido. En este aspecto, la recogida de datos y el proceso de análisis previo a la toma de decisiones por parte del conservador, ha adquirido una importancia cada vez mayor, justificando la introducción de herramientas de análisis como la estadística o los SIG a las tradicionales gráficas termohigrométricas.

### **Línea de trabajo y objetivos iniciales:**

La experiencia de control ambiental planteada en la CPWC y AHVD se enmarca dentro de los objetivos más amplios de un plan de preservación fundamentado en la gestión integral de riesgos y en el concepto de alterabilidad de colecciones documentales ubicadas en climas desérticos costeros. El grado de alterabilidad definido como la susceptibilidad o cualidad de un material de degradarse (Real Academia Española, 2014) es sumamente distinto al concepto de deterioro. La alterabilidad no solo hace referencia al estado de conservación en que se encuentra el material en el momento en que se realiza la diagnosis, también implica el estudio de las características compositivas del mismo, la identificación de los agentes de deterioro que influyen en el proceso de alteración y la formulación de hipótesis respecto al comportamiento futuro. Pensar en el grado de alterabilidad de las colecciones obliga a valorar los distintos agentes de deterioro como un entretrejo imposible de separar e

introduce de lleno en las transformaciones asociadas a los procesos de degradación.

El objetivo principal es efectuar un estudio ambiental que, partiendo del concepto de alterabilidad, valore algunas de las condiciones ambientales, la fragilidad de las distintas materialidades custodiadas en depósito y los usos a los que están sometidas.

De manera específica este objetivo principal puede desglosarse en 4 objetivos secundarios:

1. Registrar y graficar las condiciones ambientales de los depósitos de colecciones
2. Identificar y espacializar la vulnerabilidad de las materialidades custodiadas en depósito
3. Identificar las condiciones de uso y acceso a los materiales.
4. Determinar aquellos factores que favorecen la alterabilidad de colecciones y localizar focos especialmente sensibles a la alteración.

### **Metodología**

Para la toma sistemática de datos ambientales se partió de un registro anual de T y HR en distintos puntos del interior del depósito mediante el empleo de termohigrómetros datalogger del tipo KG100 USB (con una exactitud +/- 1°C y +/-4%). Se registraron rangos cada 30 min y se obtuvieron medias, máximas y mínimas diarias, mensuales y anuales, así como fluctuaciones diarias, mensuales y anuales en diferentes puntos del depósito. Los puntos de ubicación de los termohigrómetros incluyeron una distribución homogénea en ambos depósitos así como zonas consideradas problemáticas tales como las cristalerías de las salas. Se definieron siete puntos de registro, cinco de ellos ubicados en el depósito de la CPWC y dos en el depósito del AHVD. Para la evaluación de la idoneidad de los datos ambientales registrados se emplearon los estándares generados para climas cálidos por el Heritage Collections Council de Australia (2002).

Los datos obtenidos fueron volcados a un software de tipo SIG (ArcGIS®) mediante la creación de un evento en relación a las coordenadas de la toma de datos. Posteriormente, se procedió a la interpolación de los datos discretos (puntos) y a la creación de un ráster, es decir, una imagen compuesta por una matriz de celdas o píxeles cargadas de información y organizadas en cuadrículas (Olaya, 2014:86-91) que registrase la termodinámica de los espacios.

Para la identificación de la vulnerabilidad de los documentos, la materialidad de los mismos fue considerada una variable más a la hora de establecer el grado de alterabilidad. Las diferentes materialidades fueron clasificadas según el grado de alteración que se esperaba sufrirían ante los parámetros de Tº y HR registrados. Se usaron rangos aceptados a nivel internacional para

clasificar las colecciones en muy sensibles, sensibles y poco sensibles a fluctuaciones ambientales (Michalski, 2009 b). Tras la identificación de las distintas zonas de sensibilidad, estas fueron digitalizadas mediante la creación de un archivo vectorial poligonal SIG (\*shape). En la tabla asociada a dicho archivo se incluyó la información relativa a la materialidad y sensibilidad de cada uno de los polígonos generados. Por último el archivo fue rasterizado convirtiéndose así los polígonos en una matriz de píxeles con información (Olaya, 2014:311-314).

El registro de los diferentes usos y del grado de interacción entre usuarios, trabajadores y documentos fue considerado una variable influyente en el control ambiental de colecciones. La diferenciación de espacios determina el riesgo de sufrir modificaciones incontroladas no solo de los rangos lumínicos, sino también la estabilidad ambiental esperable a largo plazo, constituyendo un factor de riesgo.

Se procedió a la zonificación de la biblioteca y archivo identificándose tres usos distintos: zona de consulta, zona de trabajo y depósito de colecciones. Posteriormente se les asignó el correspondiente índice de agresividad. Mediante la creación de un archivo vectorial (\*shape) fueron digitalizados para su posterior gestión en SIG. En la tabla asociada a dicho archivo se incluyó la información relativa al uso de cada uno de los polígonos generados. Por último el archivo fue también rasterizado.

Para obtener el índice de alterabilidad de las colecciones, se procedió a la interrelación matemática de todas las variables señaladas mediante la asignación de porcentajes de influencia y la ejecución de álgebra de mapas en SIG. El álgebra de mapas se entiende como *"el conjunto de técnicas y procedimientos que, operando sobre una o varias capas en formato raster, nos permite obtener información derivada, generalmente en forma de nuevas capas de datos"* (Olaya 2014: 337-360). Para ello, se reclasificaron los mapas generados sustituyendo los valores iniciales del ráster por otros estandarizados (Olaya, 2014: 341-349). La reclasificación de valores es una operación habitual en modelización espacial y se emplea siempre que se quiere asignar valores en análisis multicriterio. Debemos entender que estos análisis parten del estudio de los distintos parámetros que influyen en el desarrollo de un fenómeno para poder estudiarlo y tomar decisiones por medio de la observación de los resultados obtenidos (Olaya, 2014: 556-557).

Se trabajó en relación a un índice de agresividad, asignando un puntaje más elevado a los rangos más riesgosos y un puntaje más bajo a los rangos más adecuados para la preservación de colecciones. Por último la asignación a cada variable de un porcentaje de influencia o peso, permitió interrelacionarlos matemáticamente mediante una herramienta de cálculo de mapas, obteniendo como resultado mapas de riesgo que identifican zonas propensas a la alterabilidad de colecciones.

Al mapa de Tª se le asignó un porcentaje de influencia del 50% y fue reclasificado con valores de:

- (1) Rangos de Tª óptimos (inferiores a 25°C)
- (2) Rangos de Tª elevados (25°C-28°C)
- (3) Rangos de Tª inadmisibles (superiores 28°C)

Los límites de rango de temperatura definidos como óptimos (hasta 25°C) fueron establecidos según las directrices pautadas por la ASHRAE, los límites de rango de temperatura definidos como elevados (25-28°C) fueron establecidos según las directrices pautadas por el Heritage Collections Council de Australia y los límites de rango de temperatura definidos como inadmisibles (superiores a 28°C) son aquellos que según el Heritage Collections Council de Australia superan los rangos aceptables para climas cálidos.

En este caso de estudio todos los rangos de Tª registrados, si bien presentaban fluctuaciones de hasta 1,5°C, se encontraban en la franja de 25-28°C y recibían un puntaje en el índice de agresividad de 2. Con la finalidad de registrar pequeñas variaciones locales se realizó un segundo mapa de Tª en el que estos puntajes fueron modificados. Se asignó un puntaje de 1 a rangos de 25°C; de 2 a las zonas que registraban 25,5°C; y de 3 a las zonas con medias de 26°C.

Al mapa de materialidades se le asignó un porcentaje de influencia del 30% y fue reclasificado con valores de:

- (1) Poco sensibles
- (2) Sensibles
- (3) Muy sensibles

Siguiendo las pautas marcadas por Michalski (2009) los acervos documentales de ambos depósitos fueron divididos en tres grandes apartados según el grado de sensibilidad a altas Tª. El papel de trapo, otros textiles y tintas de impresión fueron clasificadas como poco sensibles; el papel acidificado o de baja calidad técnica fue clasificado como sensible; y el papel prensa fue clasificado como muy sensible.

Al mapa de usos de espacio se le asignó un porcentaje de influencia del 20% y fue reclasificado con valores de:

- (1) Depósito
- (2) Zona de trabajo
- (3) Zona de consulta.

Los usos más agresivos se hicieron corresponder con los espacios destinados a zona de consulta ya que no solo requerían de parámetros lumínicos más altos, sino que también dificultaban mantener pautas ambientales estables a largo plazo. A las zonas internas de trabajo se les dio un índice de agresividad medio, ya que se supone que la manipulación de las colecciones era efectuada por profesionales cualificados que conocían las pautas de conservación preventiva a seguir. Por último a las zonas de depósito se les consignó un índice de riesgo bajo.

La expresión de álgebra de mapas empleada fue: [Reclasificación del tipo de material]\*0,30+ [Reclasificación del uso del espacio]\*0,20+ [Reclasificación del tipo de temperatura]\*0,50 [ecuación 1].

Puesto que se realizaron dos mapas de Tª con puntajes diferentes se obtuvieron también dos mapas de índice de riesgos también diferentes, uno normalizado según estándares internacionales y otro que si bien no estaba normalizado presentaba un mayor grado de detalle en las variaciones ambientales registradas en depósito.

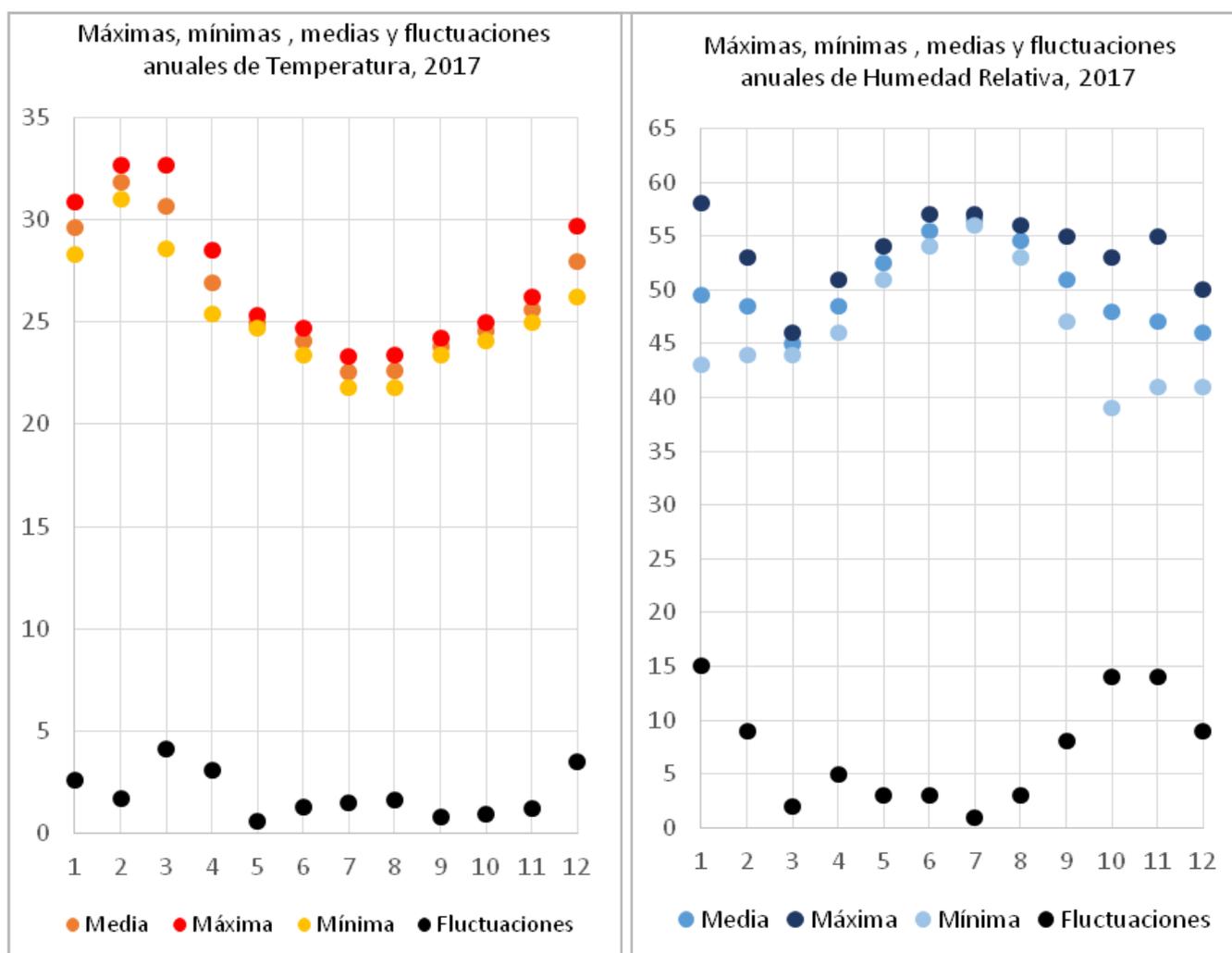
### Resultados

Si observamos los datos registrados podemos ver que la media ambiental de los depósitos es de 26°C de Tª y un 49% de HR. Respecto a la Tª, las fluctuaciones anuales son inferiores a 12°C, presentando máximas de 32,8°C y mínimas de 21°C, así como fluctuaciones mensuales inferiores a los 4°C. Respecto a la HR, las fluctuaciones

anuales son del 24%, registrándose máximas del 63% y mínimas del 39%, así como fluctuaciones mensuales inferiores al 15% .

Generando un gráfico de dispersión con los datos termohigrométricos recogidos, podemos observar más fácilmente la dinámica de la Tª y la HR a lo largo del año. Los picos de más altas Tª se localizan entre diciembre y marzo, registrando máximas de 32,7°C. Estas fechas coinciden además con las fluctuaciones máximas mensuales de HR registradas [figura 1] problematizando la conservación de los materiales custodiados en depósito en estas fechas.

Si revisamos los datos registrados en relación a los estándares propuestos para climas cálidos y secos por el Heritage Collections Council de Australia (2002: 16-17) observaremos que los rangos de HR se encuentran dentro de aquellos definidos como óptimos, mientras que los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril registran rangos de Tª superiores a los establecidos como aceptables. Respecto a las fluctuaciones de HR y T también



**Figura 1.-** Gráfico de dispersión de Tª y HR según máximas, mínimas, medias y fluctuaciones registradas en depósito. Obsérvese que las fluctuaciones mensuales en ningún mes superan los 5°C de T ni el 15% de HR (Elaborado por Moreno, M. 2018).

son consideradas aceptables dentro de las directrices ambientales seguidas [tabla 1 y 2, figura 1]. Según los datos registrados, podemos observar que, las altas temperaturas alcanzadas en depósito suponen un riesgo para la conservación a largo plazo de los materiales custodiados, mientras que la HR y las fluctuaciones registradas estarían dentro de los límites aceptados como admisibles por las directrices internacionales seguidas y, en primera instancia, no supondrían un riesgo para la conservación de los ejemplares. Este es el motivo por el cual se optó por trabajar en SIG con capas de Tª y no con fluctuaciones de Tª ni HR. El ámbito de este estudio no es plantear unas variables y pesos adaptables a las circunstancias de otros depósitos si no interrelacionar entre si aquellos factores de alteración identificados como riesgosos en los depósitos objeto de estudio y generar mapas de alterabilidad.

Para la cuantificación de la Tª como agente de alteración y su uso en la ecuación de álgebra de mapas se optó por graficar medias anuales que permitían observar mejor zonas especialmente problemáticas. Los cambios registrados en las fluctuaciones eran bastante similares en todos los puntos del depósito, así como los picos de temperaturas máximas y mínimas, pero la cantidad de horas de altas temperaturas, reflejada en la media,

resultaba muy útil para mostrar las zonas más afectadas por el principal problema ambiental registrado en el depósito, las altas Tª.

Georreferenciar y espacializar los datos recogidos en un SIG permite observar mucho más fácilmente la existencia de variaciones de hasta casi 3°C en las medias mensuales según la zona del depósito en que nos ubiquemos, así como la identificación de los meses que presentan temperaturas más altas [figura 2]. Revisar los mapas ambientales generados, permite observar que los espacios más cálidos se corresponden con las zonas cercanas a los ventanales, mientras que en el depósito de la derecha perteneciente al AHVD se observan rangos un poco más bajos. Esta disminución de Tª está estrechamente ligada a la instalación de un sistema de control ambiental pasivo que incluía el uso de ventiladores y el mantenimiento de espacios oscuros. El depósito más amplio, ubicado a la izquierda de la imagen y perteneciente a la CPWC carecía de este sistema de control pasivo y presenta medias anuales un poco más elevadas. En todo caso, a pesar de reducir temperaturas, el sistema de control ambiental pasivo habilitado en el depósito del AHVD, no resultaba suficiente para minimizar el aumento de Tª en las zonas próximas a los ventanales. Si comparamos estos datos

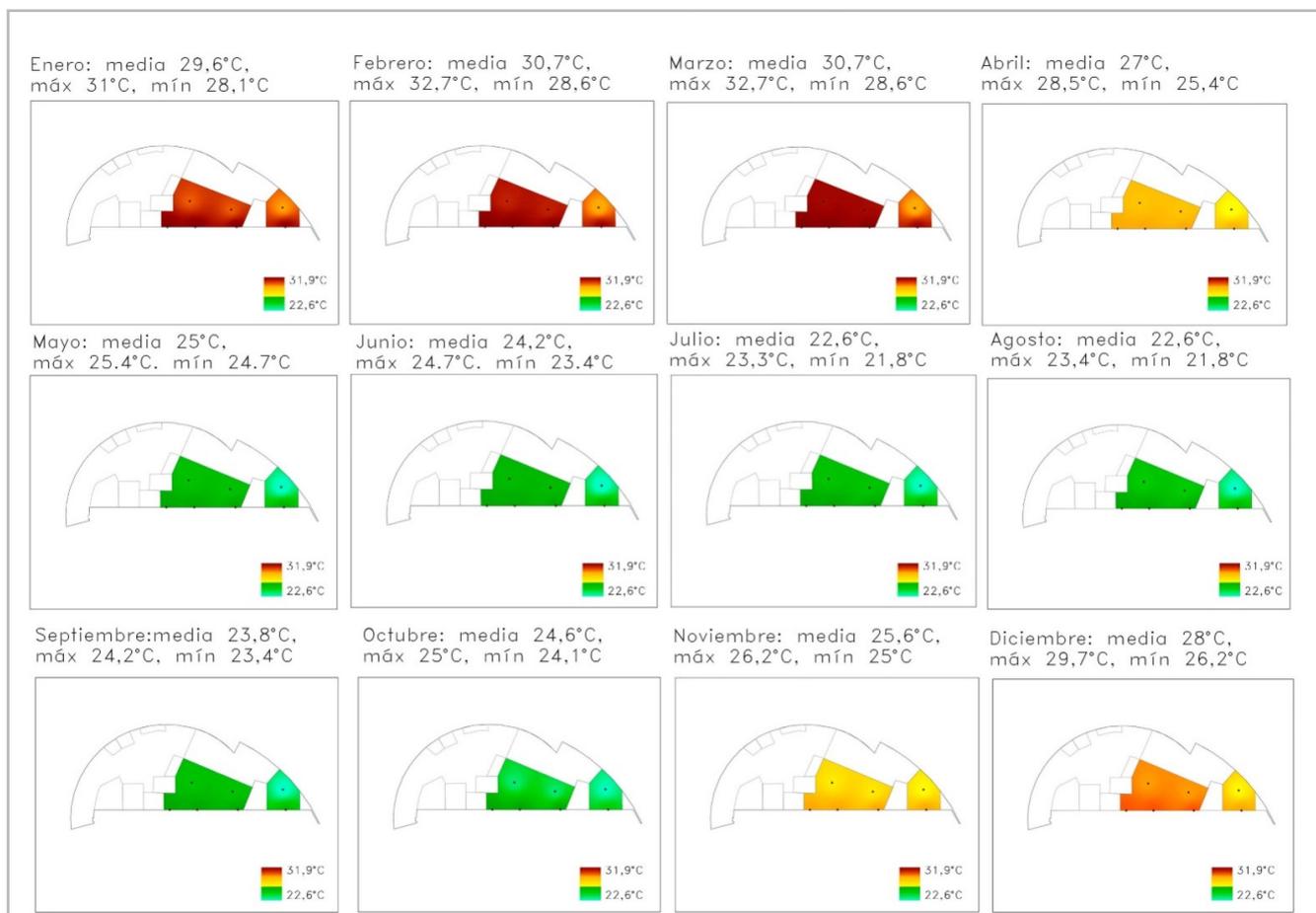
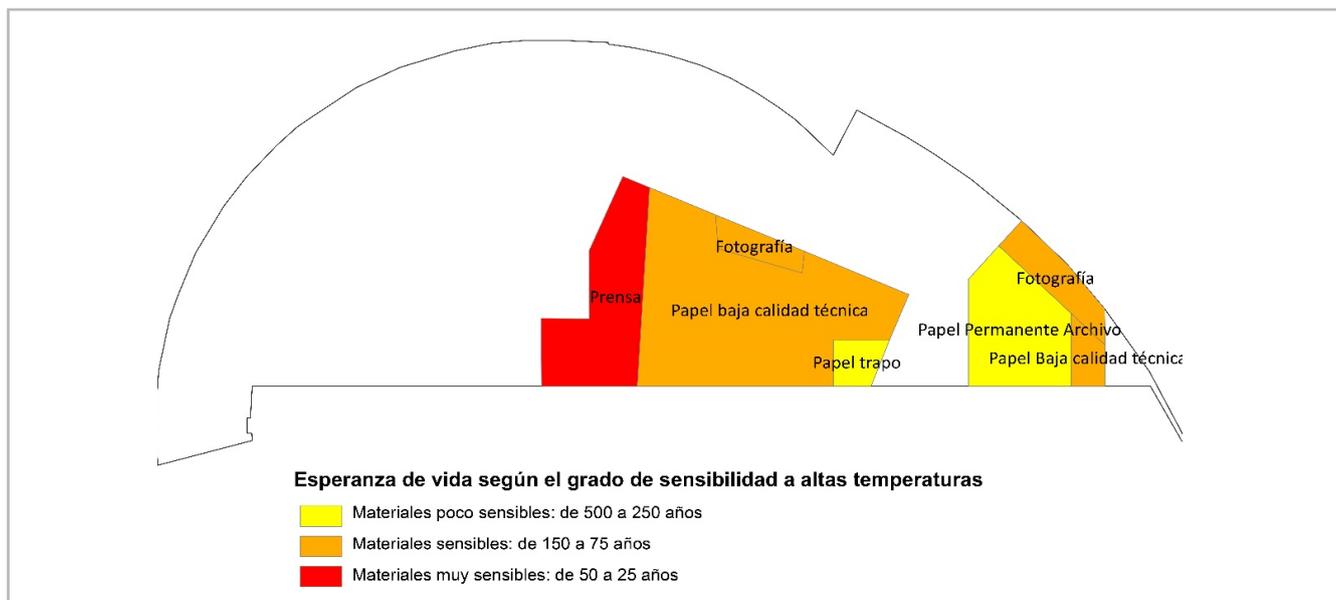


Figura 2.- Interpolación en ArcGis® de las medias de temperatura registradas en ambos depósitos durante el año 2017. (Elaborado por Moreno, M. 2017).



**Figura 3.-** Geolocalización de las distintas materialidades existentes en depósito y clasificación según grado de sensibilidad a altas temperaturas presentado por Michalski (2009) (Elaborado por Moreno, M. 2017).

con las directrices tomadas como referencia (Heritage Collections Council, 2002) observaremos que continúan presentando T demasiado altas en los meses de verano y no aconsejadas en depósitos patrimoniales.

Respecto a la materialidad de los acervos documentales, el papel puede definirse “como el material resultante del proceso de separación de fibras en una suspensión acuosa, así como de la posterior formación de una hoja” (Daniels, 2007:32). La fibra es por tanto el componente principal, tratándose muchas veces de un material vegetal con alta proporción de celulósica (Muñoz Viñas, 2010:70). Oxidación e hidrólisis ácida son los fenómenos responsables de gran parte de los procesos de alteración que afectan a colecciones documentales en soporte papel y tienen lugar de manera “lenta pero inexorable en todas las bibliotecas del mundo”, esta es la causa por la que los anglosajones llaman al proceso de alteración del papel “slow fire” (Muñoz Viñas, 2010:98-99).

Las altas temperaturas registradas en depósito, aumentan la velocidad de cualquier reacción química ya que las moléculas que alcanzan y superan la energía de activación correspondiente a la reacción aumenta. Este hecho viene determinado por la ecuación de Arrhenius (San Andrés Moya & De la Viña Ferrer, 2004:111) e implica la aceleración de los procesos de oxidación e hidrólisis ácida, suponiendo un mayor grado de alterabilidad para aquellos bienes sometidos a altas temperaturas, como es el caso de los documentos custodiados en estos depósitos. Pero no todos los papeles son igual de sensibles al deterioro, la proporción de lignina, la presencia de encolados ácidos o de elementos sustentados tales como las tintas metaloácidas determinan en gran medida el desarrollo de estos fenómenos y condicionan el grado de alterabilidad del papel (Muñoz Viñas, 2010:87).

Siguiendo esta línea argumental, y partiendo de las pautas definidas en la metodología se detectaron en ambas colecciones distintos tipos de materialidades según su grado de sensibilidad a las altas T°. La gran mayoría de libros que componen el fondo antiguo y el papel permanente de archivo (aprox. 30% del acervo) fueron identificados como materiales poco sensibles. El papel de pasta madera de baja calidad técnica y muy propenso al deterioro químico, era el material que componía la gran mayoría de los papeles fabricados después de 1850 así como los soportes fotograficos en blanco y negro (aprox. 50% del acervo) y fue identificado como material sensible. La sección de prensa de la hemeroteca, compuesta por papel de pasta de madera de muy baja calidad y alta proporción de lignina (20% del acervo) fue clasificado como muy sensible.

En las condiciones actuales del depósito y según las tablas aportadas por el Instituto Canadiense de Conservación (ICC) la esperanza de vida —antes de comenzar su deterioro— para los materiales de sensibilidad baja serían de 500 a 250 años pero disminuiría de 150 a 75 para los materiales de sensibilidad media y de 25 a 50 para los de sensibilidad alta [figura 3] (Michalski, 2009).

Si bien los informes emitidos por los conservadores suelen contener información relativa a la materialidad de las distintas colecciones en papel, reconvertir esta información en datos geolocalizados permite responder a la pregunta “dónde” y recuperar el componente espacial de esta información. A su vez, el mapa obtenido al relacionar la sensibilidad de las distintas materialidades y su distribución dentro de depósito permite visualizar y analizar fácilmente la realidad de colecciones y fondos, así como interrelacionar a posteriori esta variable con los registros ambientales, definiendo zonas del depósito más vulnerables a la alteración.

En este caso en concreto, el depósito más amplio perteneciente a la CPWC, en el que se ubican la hemeroteca y la colección de libros de los siglos XIX y principios del XX (ubicado en la imagen a la izquierda), en similares condiciones de  $T^{\circ}$  y HR presentaría un grado de alterabilidad mayor que el del AHVD, debido en parte a la mayor sensibilidad de los materiales que custodia [figura 3]. Si a esto le sumamos las más altas temperaturas registradas en este depósito podemos ir perfilando dos grados de alterabilidad bien diferenciados entre los acervos de ambas instituciones.

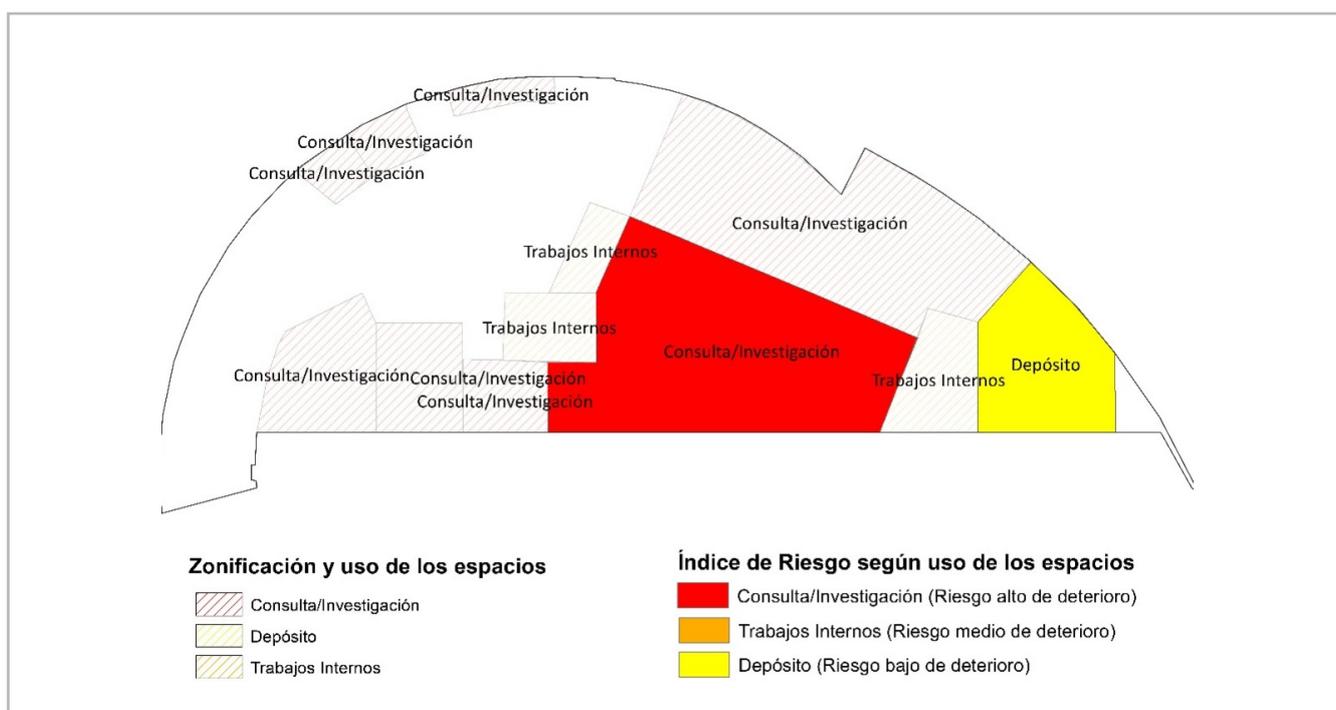
Otra variable a considerar dentro del proyecto de control ambiental planteado fue el uso que se estaba asignando a los espacios. Si bien somos conscientes de que un acceso abierto a los depósitos no tiene que convertirse necesariamente en un agente de alteración en sí mismo, sí que debe ser considerado un factor de riesgo que dificulta la estabilidad de parámetros ambientales a largo plazo. Este es el motivo, por el cual este factor ha comenzado a ser valorado en los planes de control ambiental (Pastor Arenas, 2013:131) Según este criterio los espacios fueron clasificados como zonas de consulta y/o investigación, zonas internas y/o de trabajo y depósitos de colecciones. La presencia de personas en las zonas clasificadas como zonas de consulta aumentaba la posibilidad de que ocurran situaciones de riesgo tales como vertido de líquidos, aperturas de ventanas..., disminuyendo la resiliencia de las zonas de custodia. Si observamos el mapa generado, veremos que a pesar de su denominación como zona de depósito, uno de los espacios destinados a albergar colecciones estaba siendo usado como zona de consulta, aumentando considerablemente el índice de riesgo en la conservación

de los documentos [figura 4]. Si revisamos los mapas generados con anterioridad, veremos que se trata del depósito que, presentando rangos de  $T^{\circ}$  más elevados albergaba las materialidades más sensibles a procesos de deterioro por alta  $T^{\circ}$ .

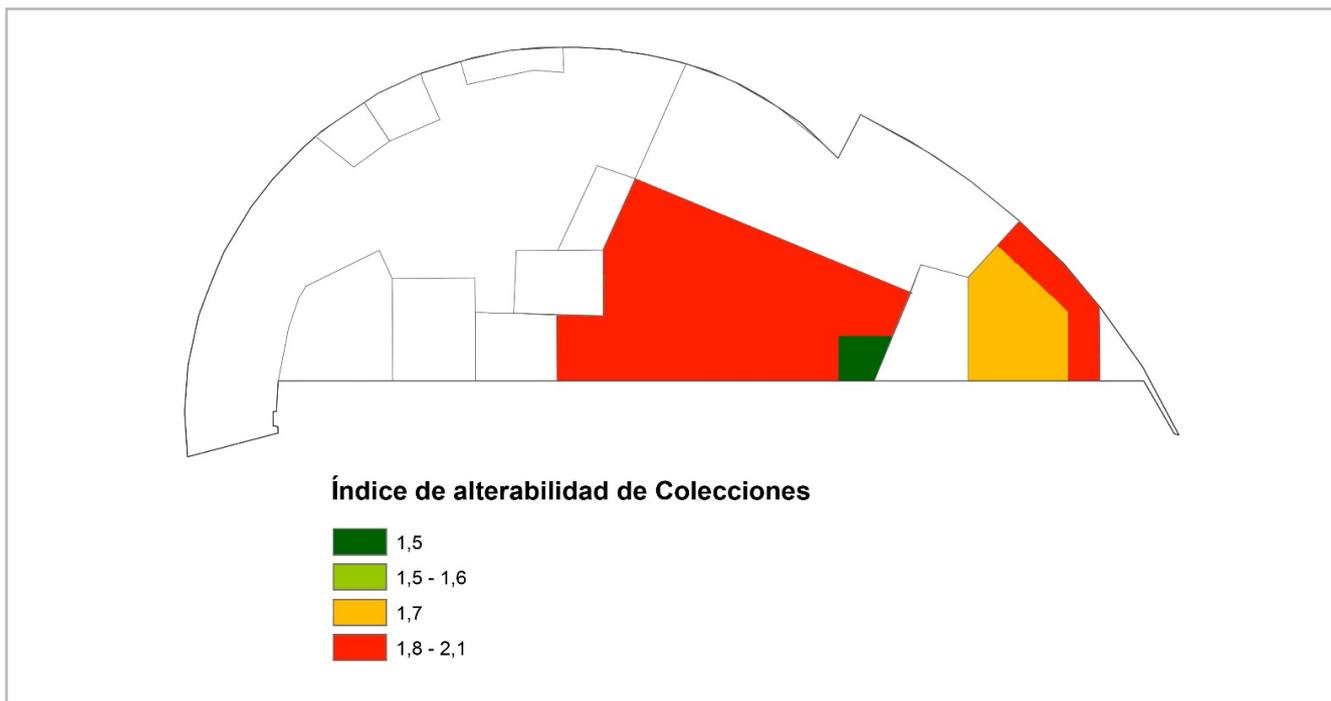
Una vez analizada cada una de las variables por separado, todas fueron interrelacionadas matemáticamente mediante la ejecución de una expresión de álgebra en la calculadora de mapas del SIG [ecuación 1]. Tal y como se describe en la metodología, con la finalidad de poder visualizar diferentes problemáticas, se asignaron diferentes puntajes al índice de agresividad de la  $T^{\circ}$  registradas. De esta forma, uno de los mapas de riesgos obtenidos [figura 5] muestra las zonas más propensas a sufrir alteración en relación no solo a las altas  $T^{\circ}$  registradas, sino también a la materialidad y los usos dados a los espacios según los parámetros ambientales aconsejados por las directrices ambientales; mientras que el otro es capaz de hacer una distinción más detallada e identificar los puntos más problemáticos dentro de los depósitos [figura 6].

Los resultados obtenidos permiten definir el grado de riesgo al que están sometidas las colecciones, identificar microzonas de mayor y menor riesgo dentro de los depósitos y definir en relación a estas el plan de conservación preventiva aplicado por la institución.

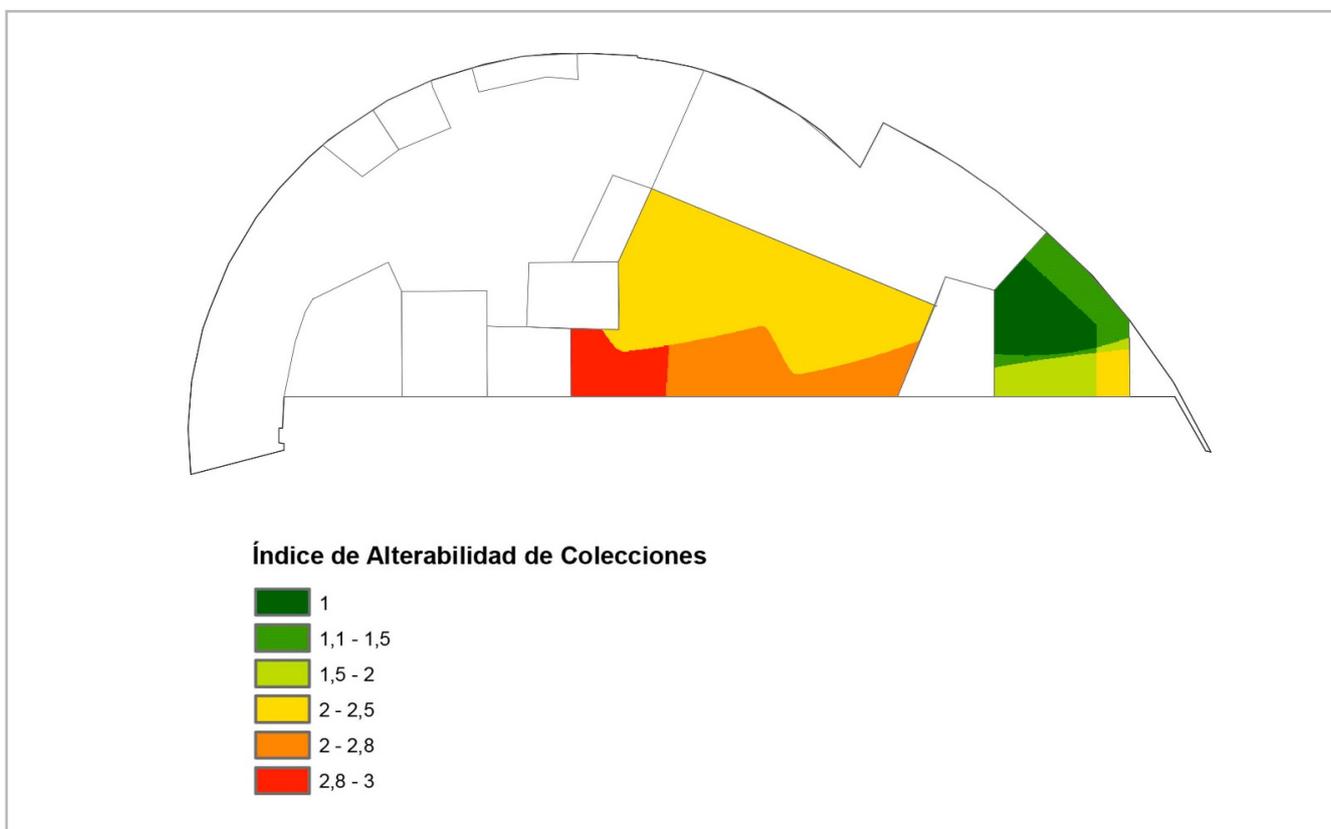
Puesto que las tres variables tenidas en cuenta han sido reclasificadas asignándoles un puntaje del 1 al 3, el índice de alterabilidad obtenido oscilará entre 1 para las zonas seguras y por lo tanto menos propensas al deterioro y 3 para las zonas más riesgosas [figura 5 y 6].



**Figura 4.-** Zonificación del uso asignado a los distintos espacios de ambas Instituciones y determinación del índice de riesgo de los depósitos según el uso (Elaborado por Moreno, M. 2017).



**Figura 5.** Índice de alterabilidad de colecciones en relación a los condicionantes ambientales considerados (altas temperaturas, materialidad de colecciones y uso de espacios) y los puntajes de ponderación descritos en la metodología. (Elaborado por Moreno, M. 2017).



**Figura 6.** Índice de alterabilidad de colecciones en relación a los condicionantes ambientales considerados (altas temperaturas, materialidad de colecciones y uso de espacios) con modificaciones en la ponderación asignada a los rangos de Tª (En este caso las zonas que registran 25°C fueron reclasificadas con un valor 1, las zonas que registran 25.5°C con un valor 2 y las zonas con 26°C un valor 3. Nótese como al modificar los puntajes asignados a cada rango de temperatura pueden identificarse puntos más cálidos y propensos a la alteración en los depósitos (Elaborado por Moreno, M. 2017).

## Conclusiones

El planteamiento de directrices ambientales que propongan “rangos aceptables” mucho más flexibles y alcanzables que los tradicionales “rangos ideales” facilita el desarrollo de políticas de actuación y mejoras en depósitos de instituciones culturales.

En el contexto actual, la conservación preventiva abarca campos de actuación cada vez más amplios, resignificando el concepto de control ambiental, e incluyendo en este variables vinculadas al contexto político, social e institucional, así como a la materialidad de un bien patrimonial. De esta forma, el funcionamiento ambiental al interior de un depósito es entendido como un proceso muy complejo que requiere ser esquematizado para ser entendido. Entender mejor el fenómeno de alterabilidad de colecciones, permite pronosticar situaciones futuras y facilitar la toma de decisiones por parte del conservador para minimizar los procesos de deterioro.

En este aspecto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se convierten en herramientas útiles en la compilación, análisis y divulgación de datos ambientales en interiores así como en la creación de mapas temáticos de análisis. Su uso ofrece además una solución muy didáctica para el posterior análisis de los datos almacenados. Metodológicamente, el uso de SIG permite recuperar el componente geoespacial de las distintas variables implicadas en los procesos de alterabilidad de colecciones y trabajar con las tres características esenciales de este tipo de datos: posición, atributos y relaciones espaciales (Aranoff, 1989) conformando un modelo más completo de los procesos alteración llevados a cabo en depósitos patrimoniales.

La posibilidad que ofrecen los SIG para graficar durante la diagnosis condiciones óptimas y puntos –bien sea espaciales o temporales- de mayor riesgo resulta de gran utilidad para la toma de decisiones y el diseño de un plan de conservación acorde a las distintas situaciones existentes dentro de una institución.

Si además de georreferenciar la información podemos reclasificar los rangos de peligrosidad o alterabilidad según parámetros estandarizados, las ventajas del uso de SIG aumentan exponencialmente. La capacidad de análisis integral de todas las capas generadas, mediante ecuaciones de álgebra de mapas, abre la posibilidad de plantear un control ambiental que valore la influencia de distintos agentes de deterioro, los cambios estacionales y las interrelaciones entre usuarios, trabajadores y colecciones.

Mostrar el índice de agresividad de los diferentes microambientes localizados dentro de los depósitos de la CPWC y el AHVD en relación a las tres variables consideradas agentes de alteración (altas temperaturas, materialidad de los documentos y usos de los espacios) reduce de manera sustancial el peso otorgado tradicionalmente en estudios de control ambiental a las variables de  $T^{\circ}$  y HR permitiendo

visibilizar y cuantificar la importancia de incluir estudios vinculados a la caracterización de materialidades así como políticas de uso de los espacios dentro de las propuestas de control ambiental.

En este caso en concreto las zonas con un índice de agresividad mayor se corresponden con los espacios destinados a la CPWC que presentan  $T^{\circ}$  más elevadas, usos más agresivos y materialidades más sensibles a estas problemáticas. Identificar estos puntos permite priorizar la intervención en determinadas zonas. Según los modelos obtenidos, especial atención requiere el depósito de la CPWC debido no solo al calor emitido por las cristaleras de los grandes ventanales sino también al uso de los espacios y la fragilidad del material prensa ubicado junto a las cristaleras [figuras 5 y 6]. Un plan de conservación adaptado, debería incluir la reubicación de estas materialidades en otras zonas menos calurosas del depósito, además de sellar los ventanales, tratando de reducir la cantidad de horas de altas  $T^{\circ}$  y revisar las condiciones de acceso y manipulación de los originales.

Es importante recordar que la metodología propuesta ha sido diseñada especialmente para depósitos que si bien presentan problemas de altas  $T^{\circ}$ , muestran rangos estables de HR y escasas fluctuaciones de  $T^{\circ}$  y HR. Para poder aplicar el modelo propuesto a depósitos con factores de alteración distintos, sería necesario partir de la diagnosis de esos espacios y redistribuir el peso asignado a cada variable involucrada en el proceso de alteración. Una de las principales ventajas del uso de SIG en toma de datos y análisis es la posibilidad de combinar tantas variables como sea necesario. De esta forma, podría trabajarse con mapas que reflejasen fluctuaciones ambientales, humedades relativas altas... Un ejemplo de variable especialmente interesante a considerar sería la identificación del grado de ventilación y la renovación del aire en depósitos culturales (Camuffo et al, 2001; Valentín. 2006: 2). Registrar y cuantificar su influencia en el desarrollo de hongos en colecciones en las que es difícil mantener HR inferiores al 65% puede resultar una herramienta muy interesante de control ambiental para muchas instituciones. Respecto a la normalización de los pesos asignados a cada variable ponderada en el SIG, interesante resulta también la propuesta de Pilar Ortiz (2014) para definir unos pesos estandarizados asociados a cada una de las variables involucradas en los procesos de alteración de bienes patrimoniales edificados, abriendo la posibilidad de interrelacionar los mapas de alterabilidad generados por distintas instituciones.

Por último, cabe señalar que, si bien normar y reclasificar la información recogida según estándares internacionales es útil para cuantificar el grado de riesgo al que están sometidas las colecciones, trae como consecuencia la invisibilización de pequeños cambios y modificaciones dentro de un mismo depósito que pueden ser muy interesantes para el análisis de un caso específico. En este aspecto, consideramos esencial trabajar con distintos puntajes y generar diversos mapas que partiendo de unos

mismos datos permitan dar respuesta a las diferentes preguntas que plantea cada caso de estudio.

### Bibliografía:

ARONOFF, S., (1989), *Geographic Information System: A management Perspective*. WDL Publications. Ottawa.

BALDI, P., (1992) "La carta de Riesgo del Patrimonio Cultural." *Cuadernos IIP*:8-14. [http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/documentacion\\_migracion/Cuaderno/1233748419374\\_ph2pio\\_baldi.pdf](http://www.iaph.es/export/sites/default/galerias/documentacion_migracion/Cuaderno/1233748419374_ph2pio_baldi.pdf) [consulta: 13/03/2018]

BERNABÉ, M.A., Y LÓPEZ, C.M, (2012) *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)*, Madrid, UPM-Press: Serie Científica.

CAMUFFO, D., et al. (2001) "Environmental monitoring in four European museums" *Atmospheric Environment* 35 (1) S127-S140.

CHANDRU J. SHAHANI (1995) "Accelerated Aging of Paper: Can it really foretell the Permanence of Paper", *Preservation Research and Testing Series N0 9503*, Library of Congress. <https://www.loc.gov/preservation/resources/rt/AcceleratedAging.pdf> [consulta: 14/03/2018]

DANIELS, V., (2007) "Paper" *Conservation Science: Heritage Materials*, 32–55.

FERNANDEZ CACHO, S., (2011) "Aplicación de las Tecnologías de la Información Geográfica a la gestión del Patrimonio Cultural" *revista pH* 77:94-100.

GARCÍA, I. M., (2013) *La conservación preventiva de bienes culturales*, Madrid: Alianza Forma.

GARCÍA, I. M., (2014) "Historia de la Conservación Preventiva. Parte II". *Ge-conservación*, 6:5-18. <http://ge-iic.com/ojs/index.php/revista/article/view/237/pdf> [consulta: 04/04/2017]

INDIRLI, M.& SOTERO APABLAZA, M., (2010) "Protección del Patrimonio en Valparaíso (Chile): Proyecto Mar Vasto" *ingeniería de construcción* 25(1): 21-62. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732010000100002&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732010000100002&script=sci_arttext) [consulta: 13/03/2018]

HERITAGE COLLECTIONS COUNCIL (2002) "Guidelines for environmental control in Cultural Institutions" [https://aiccm.org.au/sites/default/files/docs/CAN\\_resources2014/enviro\\_1.pdf](https://aiccm.org.au/sites/default/files/docs/CAN_resources2014/enviro_1.pdf) [consulta: 14/03/2018]

IFLA-UNESCO (2001) *Directrices IFLA/UNESCO para el desarrollo del servicio de bibliotecas públicas*. <http://portal.unesco.org/ci/fr/files/6927/1042016211124654s.pdf/124654s.pdf> [consulta: 16/04/2017]

MICHALSKI, S. (2009)"Humedad relativa Incorrecta en ICC" en *Diez Agentes de deterioro*. <http://www.cncr.cl/611/w3-article-56500.html> [consulta: 20/04/2017]

MICHALSKI, S. (2009)"Temperatura Incorrecta en ICC" en *Diez Agentes de deterioro*. <http://www.cncr.cl/611/w3-article-56500.html> [consulta: 20/04/2017]

MORRIS, P., (2007) "Interpreting Published Environmental Guidelines for Preservation in Libraries" *Libraries and the Academy* 7(1):111-122

MUÑOZ VIÑAS, S. (2010) *La restauración del papel*, Madrid: Tecnos.

OLAYA, V (2014) *Sistemas de Información Geográfica*, <http://volaya.github.io/libro-sig/> [consulta: 13/03/2018]

ORTIZ, P, ANTUNEZ, V., MARTÍN, J., ORTIZ, R.,AUXIALIADORA VAZQUEZ M & GALAN, E., (2014) "Model Approach to environmental risk analysis for the main monuments in a historical city" *Journal of Cultural Heritage*15 (4), 432-440 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207413001635> [consulta: 14/03/2018]

PAOLINI, A. et al. (2012) *Risk management at heritage sites: a case study of the petra world heritage site*. UNESCO.

PASTOR ARENAS, M.J., (2013) "El seguimiento y análisis de las condiciones ambientales en el Plan de Conservación Preventiva" *Patrimonio Cultural de España* 7:129-143 <http://www.mecd.gob.es/planes-nacionales/dam/jcr:26a66336-4e0c-4adc-b4d8-f2a89dde4998/conservacion-preventiva-revision-de-una-disciplina.pdf> [consulta: 15/03/2018]

PAVLOGEORGATOS (2003) "Environmental parameters in museums" *Building and Environment* 38(12);1457-1462 <https://0-www.sciencedirect-com.athenea.upo.es/science/article/pii/S0360132303001136> [consulta: 14/03/2018]

PLENDERLEITH, H. (1956) *The Conservation of Antiquities and Works of Art*, Londres: Oxford University Press.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2014) *Diccionario de la lengua española* (23.aed.). <http://dle.rae.es/?w=diccionario> [consulta: 06/04/2017]

SMITHSONIAN (1994) *Work of Smithsonian Scientists Revises Guidelines for Climate Control in Museums and Archives*. <http://cool.conservation-us.org/byorg/abbey/an/an18/an18-4/an18-405.html> [consulta: 04/04/2017]

THOMPSON, G. (1986) *The museum environment*, Butterworths, Londres.

VALENTÍN, N. (2006) *Biodeterioro de los materiales de Archivos y Museos. Conservación y prevención*. <http://www.aacidcf.org.co/documentos/MI%2018.283%20Valentin,%20Nieves.%20Biodeterioro.pdf> [consulta: 20/05/2017]

WILLIAM K.W. (1995) *Environmental Guidelines for the Storage of Paper Records* Bethesda, MD: Niso Press.

**Mónica Moreno Falcón**[monica\\_moreno\\_@hotmail.com](mailto:monica_moreno_@hotmail.com)

Universidad de Tarapacá (UTA), Arica (Chile)

Mónica Moreno Falcón, estudió conservación en la Escuela de Conservación-Restauración de Bienes Culturales de Madrid (E.S.C.R.B.C.M), se licenció en Historia en la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) y cursó un magister en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección en la Universidad de Extremadura (UNEX). Orientando su perfil profesional al estudio de temáticas vinculadas con la conservación preventiva y la gestión de riesgos en colecciones patrimoniales, ha colaborado en la codirección de proyectos de cooperación internacionales en Perú, Chile y España. Actualmente se desempeña como encargada de la Colección Patrimonial Alfredo Wormald Cruz (CPWC) perteneciente a la Universidad de Tarapacá (UTA), en Arica (Chile).

**Artículo enviado el 29/06/2017****Artículo aceptado el 01/06/2018**