

Preservación digital y cambio climático: experiencias de sustentabilidad medioambiental en archivos sonoros y audiovisuales*

Resumen

Los archivos sonoros y audiovisuales preservan grandes volúmenes de información digital para ser consultada y reutilizada, ahora y en el futuro. Esta tarea se funda en la preservación digital sustentable en la que intervienen factores económicos, sociales, culturales y medioambientales. De todos, el que se refiere al medioambiente tiene relevancia ante el cambio climático porque las tecnologías y procesos documentales empleados inciden en la generación de la huella de carbono y en la generación de desechos electrónicos. En este artículo, se exploran experiencias encaminadas a disminuir el impacto de la preservación digital en el medioambiente, a partir del estudio de caso de dos archivos que salvaguardan sendas colecciones radiofónicas y televisivas, disponen de la infraestructura y tecnología para la preservación analógica y digital, prácticamente han concluido la digitalización y cuentan con robustos y sofisticados *e*-archivos o sistemas de gestión y almacenamiento masivo digital. Se concluye que se han comenzado a instaurar prácticas para aminorar el consumo de energía y para manejar de forma responsable los residuos tecnológicos producidos por la tecnología obsoleta y los soportes inservibles. Estos son los primeros esfuerzos de una perspectiva de sustentabilidad medioambiental que, a partir de una revisión crítica de la preservación digital, deberán fortalecerse y diseminarse en los próximos años.

Palabras clave: preservación digital sonora; preservación digital audiovisual; cambio climático; *e*-archivos; preservación digital sustentable.

Cómo citar este artículo: Rodríguez, Perla (2025). Preservación digital y cambio climático: experiencias de sustentabilidad medioambiental en archivos sonoros y audiovisuales. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 48(1), e357383. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v48n1e357383>

Recibido: 2024-06-04/ **Aceptado:** 2024-12-02

Perla Olivia Rodríguez Reséndiz

Doctora en Ciencias de la Documentación por la Universidad Complutense de Madrid. Maestra en Ciencia Política y Licenciada en Ciencias de la Comunicación por la UNAM. Investigadora del Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información (IIBI) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) nivel II. perla@iibi.unam.mx <https://orcid.org/0000-0001-6517-8895>

* Este artículo recupera una parte de los resultados del proyecto de investigación “Cambio climático y preservación digital sonora: Principios para la construcción de archivos sustentables” que se lleva a cabo en el Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información (IIBI) de la Universidad Nacional Autónoma de México.



Digital Preservation and Climate Change: Environmental Sustainability Experiences in Sound and Audiovisual Archives

Sound and audiovisual archives preserve large volumes of digital information for present and future access and reuse. This task is based on sustainable digital preservation involving economic, social, cultural and environmental factors. The environmental factor becomes relevant in the context of climate change because the technologies and documentary processes used in this task have an impact on the generation of the carbon footprint and *e*-waste production. In view of this, this article explores experiences aimed at reducing the impact of digital preservation on the environment, based on the case study of two archives that safeguard radio and television collections, have the infrastructure and technology for analogue and digital preservation, have practically completed digitisation and have robust and sophisticated *e*-archives or digital mass storage and management systems. It is concluded that practices have begun to be put in place to reduce energy consumption and to properly manage the technological waste produced by obsolete technology and unserviceable carriers. These are the first efforts of an environmental sustainability perspective that, based on a critical review of digital preservation, should be reinforced and expanded in the coming years.

Keywords: Sound digital preservation; audiovisual digital preservation; climatic change; *e*-archives, sustainable digital preservation.

1. Introducción

La valoración de las grabaciones sonoras, audiovisuales y filmicas como una forma de patrimonio fundamentó la salvaguarda de este tipo de materiales (Unesco, 1980), y su acceso, para la generación de nuevos saberes y contenidos. Esto constituyó el principal argumento para poner en marcha iniciativas de preservación digital. Preservar el contenido, más que el soporte, fue el eje de la digitalización y de la creación de los sistemas de gestión y almacenamiento masivo digital, antecedentes de los *e*-archivos. La preservación digital se instauró de manera experimental, a finales del siglo pasado, como un método para gestionar y almacenar los contenidos derivados de la digitalización de soportes analógicos. Desde entonces ha sido un ámbito de conocimiento en desarrollo.

La adopción de los procesos documentales (acopio, documentación, conservación y acceso) aplicados a colecciones analógicas son insuficientes cuando se trata de grandes volúmenes de datos. En el ecosistema digital, a diferencia del analógico, el volumen de documentos crece de forma vertiginosa en una amplia diversidad de formatos digitales. Las colecciones no son más conjuntos de soportes analógicos, son volúmenes masivos de datos; es decir, información ordenada, almacenada digitalmente y manejada por medio de computadoras (Padilla et al., 2023).

Los archivos sonoros y audiovisuales que desde finales del siglo pasado emprendieron la digitalización de sus colecciones —que más adelante instalaron sistemas de gestión y almacenamiento masivo digital para gestionar los datos— en la actualidad tienen ante sí el desafío de preservar grandes volúmenes de información digital que pueda ser consultada y reutilizada ahora y en el futuro. Para alcanzar este cometido, se trazó una perspectiva sustentable para señalar la necesidad de dotar de recursos económicos de forma permanente, crear estructuras organizacionales estables con personal especializado y en constante actualización, disponer de infraestructura tecnológica que se actualice, así como disponer de un marco jurídico y de políticas públicas que afiancen esta misión. Se trata de crear “infraestructura viable, tanto social como técnica, para mantener los datos sin pérdidas [ni] degradaciones significativas a corto y largo plazo” (Bradley, 2007, p. 157). Para alcanzar tal cometido intervienen factores económicos, sociales, culturales y medioambientales.

La emergencia del cambio climático ha provocado que el medioambiente adquiriera relevancia. La tecnología y prácticas documentales que intervienen en la preservación digital inciden en el cambio climático debido a que generan gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural) y tierras raras (lantano, cerio, neomidio, etc) para la producción de tecnologías, por el constante uso de energía eléctrica utilizada durante todas las etapas de la preservación digital, el consumo de grandes volúmenes de agua para los sistemas de enfriamiento y la generación de basura tecnológica (Pendergrass et al., 2019; Murugesan y Gangadharan, 2012; Tadic 2016).

Autores como Tadic (2016), Kilbride y Middleton (2022), Wallaszkovits (2022), Kim et al. (2019), entre otros, formularon algunas de las primeras reflexiones encaminadas a revisar de qué forma los métodos, tecnologías y prácticas documentales afectan el medioambiente. No obstante estas aportaciones que señalan un tema de relevancia social porque el destino de la humanidad se encuentra en un punto crítico, se carece de estudios de caso que analicen cómo enfrentan los archivos el desafío de preservar contenidos digitales sonoros y audiovisuales en un contexto de cambio climático. Esta investigación, por tanto, pretende presentar una primera aproximación al respecto a partir de los estudios de caso de WGBH Media Library de Estados Unidos y el Netherlands Institute of Sound and Vision (NISV) de Países Bajos.

2. Método

El objetivo de este artículo fue explorar cuáles son las experiencias emergentes que se han comenzado a adoptar en la preservación digital sonora y audiovisual para intentar aminorar el impacto de esta actividad en el medioambiente. Para tal fin, se desarrolló una investigación cualitativa sustentada en el análisis de publicaciones científicas sobre preservación digital y en la elaboración de un cuestionario que respondieron dos archivos que preservan sendas colecciones de documentos radiofónicos y televisivos, disponen de la infraestructura y tecnología necesaria para desarrollar prácticas de preservación analógica y digital, prácticamente han concluido la digitalización de soportes analógicos y cuentan con robustos y sofisticados *e*-archivos, también llamados archivos digitales o sistemas de gestión y almacenamiento masivo digital. Su experiencia en torno a la preservación digital es considerada, entre otras, como una referencia en la salvaguarda de colecciones radiofónicas y televisivas a nivel internacional porque se han basado en la adopción de recomendaciones y lineamientos internacionales para garantizar la permanencia de la información de forma sustentable y a largo plazo.

Los archivos que participaron en esta investigación son el WGBH Media Library de Estados Unidos y el NISV de Países Bajos.

Para estudiar estos archivos se diseñó un cuestionario en inglés¹ en el que se formularon 18 preguntas organizadas en las siguientes secciones: datos de identificación del archivo, situación de la digitalización y acopio de documentos de origen digital, tratamiento de los soportes que han sido digitalizados y de la tecnología obsoleta, condiciones del almacenamiento de soportes analógico y digital, y procesos de verificación de la integridad de los datos. Las respuestas se tradujeron al español y se procesaron para obtener los resultados que se presentan a continuación.

2.1. Descripción de los estudios de caso

2.1.1 WGBH Media Library

WGBH Media Library es el archivo de radio y televisión pública de Boston que produce una tercera parte de los contenidos broadcast de la Public Broadcasting Service (PBS) de Estados Unidos. WGBH transmite radio desde 1951 y televisión desde 1955. Su archivo preserva aproximadamente 750 000 ítems de audio, video y películas; sin considerar los documentos de origen digital que se crean diariamente (Cariani e Ives, 2020, p. 102). El Open Vault es el sitio web a través del cual WGBH brinda acceso en línea. Además, proporciona un servicio de consulta *in situ* en las oficinas de Brighton, Massachusetts (GBH, s. f. párr. 2). El archivo recibe solicitudes de consulta interna y externa, así como para difusión. Entre otros usuarios, buscan información cineastas, periodistas, académicos y profesores. También reciben visitas al sitio web y hacen menciones en redes sociales.

Desde el 2013, la Biblioteca del Congreso y WGBH administran el Archivo Americano de Radiodifusión Pública (AAPB), fundado para preservar y hacer accesible la programación de radio y televisión pública históricamente significativa de Estados Unidos. La AAPB es un archivo digital con sitio web en <http://americanarchive.org> (comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024). En esta iniciativa

1 Comunicación escrita con Snoeren, Jasper. Netherlands Institute for Sound and Vision. Hillversum, 7 de marzo del 2024. Comunicación escrita con Higgins, Peter y Fraimow, Rebeca, GBH Archives, 7 de marzo del 2024.

WGBH es el organismo responsable de supervisar la finalización del proyecto de digitalización; el desarrollo del sitio web de la AAPB para proporcionar al público acceso a los más de 2,5 millones de registros de inventario y al mayor número posible de archivos digitales, siempre que los derechos y las relaciones con las emisoras lo permitan. La Biblioteca del Congreso incorporará los archivos a su Archivo Digital del Campus Packard y mantendrá la integridad del contenido digitalizado de la AAPB a perpetuidad. Las 40 000 horas de material digitalizado se podrán ver y escuchar *in situ* en WGBH y en la Biblioteca del Congreso. (Gevinson, s. f., párr. 13)

2.1.2 El Netherlands Institute of Sound and Vision

El NISV fue fundado en 1997 como resultado de la fusión del Central Public Broadcasting Archive (AVAC), el Broadcast Museum, el Film Archive del Government Information Service (RVD-FA) y de la Foundation for Film & Science (SFW) (de Boer, 2020). Desde entonces, su tarea es acopiar, conservar y dar acceso a la herencia sonora y audiovisual de los Países Bajos. Es la institución pública responsable de conservar las producciones de la Netherlands Public Broadcasting Organization (Nederlandse Publieke Omroep, NPO) y al mismo tiempo es el Instituto de Medios Históricos para la educación, la investigación académica y para el público en general. Conserva producciones de origen digital de la radio y la televisión, materiales digitalizados de fondos de film, audio y video; así como videojuegos, páginas web y otros materiales digitales. El NISV representa al sector de los medios de comunicación como nodo nacional en la Red de Patrimonio Digital (Netwerk Digitaal Erfgoed, NDE), creada por el Ministerio de Educación, Cultura y Ciencia. Gracias a esta colaboración se dispone de un sistema de servicios e instalaciones nacionales para mejorar la visibilidad, facilidad de uso y durabilidad del patrimonio digital. Junto con la Biblioteca Real (Koninklijke Bibliotheek, KB), el Archivo Nacional (Nationaal Archief, NA), la Agencia del Patrimonio Cultural (Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, RCE) y la Real Academia Neerlandesa de las Artes y las Ciencias (Koninklijke Nederlandse Academie voor Wetenschappen, KNAW), NISV es uno de los pioneros en el campo del patrimonio (de Boer, 2020, p. 12).

Las colecciones del NISV se agrupan en cuatro pilares: 1) noticias, información y actualidad; 2) cultura y entretenimiento; 3) producciones amateur y comerciales, y 4) panorama mediático. Estos a su vez se dividen en diferentes ámbitos y en total son 20 tipos de colecciones de producciones, documentos y objetos analógicos y digitales (de Boer, 2020, p. 17).

Se preservan todos los programas producidos por los medios neerlandeses. Estos no están sujetos a selección alguna (de Boer, 2020, p. 20). Es decir, se acopian las producciones grabadas o hechas por personas del país o de sus alrededores, o bien, grabados fuera pero que contribuyan a tener una visión de la sociedad e historia de los Países Bajos (de Boer, 2020, p. 21). Los métodos de selección contemporáneos toman en consideración no solo los intereses culturales e históricos a nivel nacional y de los depositantes, sino que también se considera el valor y el uso de las colecciones en la actualidad y su relevancia para el debate público y el desarrollo del conocimiento entre individuos y grupos (de Boer, 2020, p. 21).

3. Resultados

3.1 La conservación de soportes analógicos y el crecimiento continuo de datos

NISV y WGBH Media Library han digitalizado la mayor parte de los soportes analógicos que conservan en sus bóvedas. También preservan documentos de origen digital. El NISV resguarda dos millones de registros analógicos en diferentes soportes en sus bóvedas. Se preservan como resultado de la digitalización y de la incorporación de documentos de origen digital

18 petabytes (sin incluir *backups* o copias). La imagen en movimiento se preserva en formato MXF. El film se escanea en DPX con un archivo mezzanine. Asimismo, se utiliza el archivo MPEG-4 como un proxy para el uso del catálogo *on line* y a través de las diferentes plataformas. Para audio se utiliza el formato WAV de preservación y el MP3 se acepta para podcast y donaciones. El .TIFF se utiliza para fotos y documentos escaneados y es casi insignificante en comparación con el volumen de los archivos AV. (Comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024)

En WGBH se conservan 299 000 documentos analógicos en 28 diferentes soportes de audio, video y película. Para mayor detalle, en la [Tabla 1](#) se recopilan algunos. El volumen de datos obtenidos, como resultado de la digitalización, es de 1,6 PB, la mayoría de estos materiales fueron transferidos a MKV, formato Matroska, que permite almacenar archivos de audio y video grandes sin pérdidas, en FFV1 de 10 bits y .WAV PCM de 96 kHz. También se han ingestado una variedad de formatos de origen digital registrados en cintas digitales (comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024).

Tabla 1. Soportes analógicos conservados por WGBH

Audio	Video	Film
<ul style="list-style-type: none"> • Cintas carrete abierto de 1,2, ½ y ¼ de pulgada • Casete • Mini casete • LP 	<ul style="list-style-type: none"> • Videocintas de 1,2, ½ y ¾ de pulgada • 8mm • Betacam • Betacam SP • Betamax • Hi-8 • S-VHS • S-VHS-C • VHS • W-VHS 	<ul style="list-style-type: none"> • Película de 8, 16, 35 y 70 mm • Super 8 y 16 mm • Super 35 mm film

Fuente: tomado de Higgins y Fraimow (comunicación escrita 7 de marzo del 2024).

El incremento en el volumen de información digital es continuo. El NISV acopia diario toda la producción de la radio y la televisión pública neerlandesa. Además, recibe para su salvaguarda todas las grabaciones de las reuniones del Parlamento neerlandés, selecciona tanto videos publicados en la web como podcast y algunas donaciones de producciones de origen digital. El crecimiento anual de datos se estima entre 700 y 1000 petabytes (comunicación escrita con Snoren, 7 de marzo del 2024). Por su parte, WGBH desde hace una década recibe en promedio 150 TB cada año (comuni-

cación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024). En la [Tabla 2](#), se presenta el volumen de datos preservados, cuyo incremento es continuo.

Tabla 2. Incremento en el volumen de datos preservados

Nombre del archivo	Volumen de material digitalizado	Crecimiento	Soportes analógicos
NISV	18 petabytes (sin incluir copias de respaldo)	El crecimiento anual del archivo digital total oscila entre 700 y 1000 petabytes, tanto de materiales digitalizados como de origen digital.	Dos millones de soportes analógicos
WGBH Media Library	1,6 PB	150 TB/año en los últimos diez años y el tamaño de los datos que reciben anualmente aumenta cada año.	299 000 ítems

Fuente: elaboración propia con datos de Higgins y Fraimow (comunicación escrita 7 de marzo del 2024) y de Snoeren (comunicación escrita 7 de marzo del 2024).

3.2 Consumo de energía para las bóvedas analógicas y digitales

Para que los soportes analógicos puedan prolongar su vida útil, mantener su estabilidad física y química, así como aminorar su deterioro, deben contar con espacios de almacenamiento adecuados y condiciones estables de temperatura y humedad relativa (IASA, 2011). Es necesario “mantener baja la humedad y la temperatura (para retardar el deterioro químico), y evitar los cambios climáticos (para prevenir la condensación y minimizar la tensión mecánica, especialmente importante para las cintas y los discos de laca)” (IASA, 2015, p. 35). También las bóvedas digitales en las que se conservan los soportes de almacenamiento digital deben disponer de condiciones de temperatura y humedad que garanticen la permanencia de los datos.

NISV y WGBH disponen de la infraestructura necesaria y los depósitos o bóvedas para la conservación de los soportes analógicos y digitales. WGBH cuenta con las instalaciones para mantener la temperatura y la humedad.

Los equipos se encuentran en la bóveda y en la sala de máquinas. Los sistemas de aire acondicionado de la bóveda se encargan del enfriamiento y la circulación del aire. Las unidades para el tratamiento del aire del cuarto de máquinas se ocupan de la renovación del aire acondicionado, el control de la humedad y la climatización de la bóveda. Los equipos son redundantes en las dos zonas. Mantienen la temperatura y la humedad durante 24 horas, todo el año. Cada sistema funciona durante 12 horas y luego se alternan. También se dispone de un respaldo en caso de que ocurra algún problema y sea necesario apagar algún sistema. Los sistemas de enfriamiento son independientes, pero la refrigeración, la humidificación y la deshumidificación pueden complementar la capacidad del otro sistema. (Comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024).

Los depósitos en los que se conservan los soportes analógicos del NISV son visibles en el edificio del archivo ubicado en Hillversum, Países Bajos. Ocupan cuatro zonas que disponen de control de temperatura y humedad. La temperatura media en las bóvedas es de 12, 16, 18 o 19 °C; además, disponen de control de humedad. La mayor parte del material se almacena en las estanterías móviles, que pueden separarse y acercarse unas a otras, para aprovechar el espacio de almacenamiento. En los depósitos también se encuentra el robot de datos, que almacena el patrimonio digital (Beld & Geluid, s. f. párr. 5).

La conservación digital también requiere componentes informáticos fiables, como instalaciones de almacenamiento y una infraestructura técnica bien protegida [...] Los servidores en los que se guardan los archivos y los sistemas robotizados en los que se almacenan las cintas de datos se encuentran en salas de almacenamiento independientes y seguras, en las que se han tomado medidas especiales para garantizar la protección y la conservación permanente de los soportes digitales. (de Boer, 2020, p. 46)

La infraestructura tecnológica para mantener trabajando los sistemas de control de temperatura y humedad de las bóvedas analógicas y digitales requiere de energía

eléctrica de manera ininterrumpida todos los días del año. En los archivos estudiados no se dispone de la información del consumo de energía eléctrica. En el caso de WGBH “el consumo de la electricidad, incluidos los espacios ocupados por otras organizaciones se registran a través de dos medidores. Por lo tanto, no es posible medir el consumo de la bóveda” (comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024). El NISV tampoco dispone de información sobre el consumo de energía para mantener la temperatura y humedad en las bóvedas de soportes analógicos y digitales.

3.3 Protocolos de desecho ante la obsolescencia

Una vez que los documentos fueron digitalizados se deben conservar en las bóvedas creadas para tal fin porque

Los desarrollos tecnológicos futuros pueden permitir una mejor recuperación de la información de los soportes audiovisuales físicos. Del mismo modo, los resultados de nuevas investigaciones o metodologías pueden permitir a los usuarios identificar información secundaria adicional en los soportes originales [...] Por lo tanto, y siempre que sea posible, los soportes físicos originales y el equipo de reproducción adecuado deben conservarse después de la digitalización de sus contenidos. (IASA, 2020, p. 12)

Tanto en WGBH como en NISV se ha adoptado esta recomendación internacional. En el caso del archivo de Países Bajos, la mayor parte de los materiales se conservan,

Por si acaso las futuras tecnologías de digitalización son mejores que las actuales o por si hay un error en los archivos digitales. Pero si hay que desechar soportes analógicos, disponemos de un contrato con una empresa de gestión de residuos que se encarga de este tipo de materiales. Se destruyen siguiendo la normativa de los Países Bajos y la UE (Unión Europea), que incluye el reciclaje de materiales siempre que sea posible. (Comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024)

Solo hay una excepción: “Los soportes obsoletos y los soportes de calidad no profesional no se conservan en el archivo tras ser digitalizados. La versión digital se convierte entonces en el archivo maestro” (de Boer, 2020, p. 40). En WGBH

cuando los soportes obsoletos se eliminan, este proceso lo maneja una empresa de reciclaje de medios electrónicos. Antes se reciclaban los soportes magnéticos, pero esa empresa ya no puede vender los materiales a otros proveedores debido al elevado costo que implica la separación de las partes y a la falta de mercado para los materiales. En su lugar, los soportes analógicos obsoletos se eliminan en una incineradora de residuos a energía. (Comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024).

También los equipos que con el paso del tiempo se vuelven obsoletos se desechan con el proveedor que se hace cargo de los soportes en desuso. Rara vez se deshacen de los equipos multimedia, en ciertos casos se han donado a los proveedores que realizaron la digitalización.

Por su parte, NISV almacena los equipos obsoletos para contar con refacciones que ayuden a otros equipos en operación. Solo después de que todas las piezas de las máquinas se descomponen por completo se eliminan a través de instalaciones creadas para el tratamiento de basura electrónica.

3.4 Almacenamiento y verificación de la integridad de datos

Las recomendaciones internacionales de preservación digital señalan que los archivos deben disponer de tres copias del almacenamiento masivo digital ubicadas en lugares geográficos distintos y que los soportes de almacenamiento digital deben ser heterogéneos. Además, para garantizar la integridad de los datos se aconseja la verificación cíclica de la información digital, conocidos como *checksums* (The National Digital Stewardship Alliance [NSDA], 2024; IASA 2011).

El modelo de operación del archivo NISV se basa en el Open Archival Information System (OAIS); de tal forma que la ingesta, acceso, almacenamiento y gestión de datos (información) corresponden a la estructura organizativa de la institución.

Cuenta con tres copias de todos los materiales digitales. Una se encuentra almacenada en cintas en un robot en el edificio del archivo en Hillversum. Otra copia del almacenamiento digital formada por cintas que son manejadas con un robot se encuentra a unas cuerdas de distancia del Instituto. Y la tercera está en

otra ubicación del país, en una ubicación no revelada. (Comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024)

Los procesos de verificación de datos son cíclicos.

Se realizan comprobaciones de la integridad de los datos registrados en las cintas LTO, cada 5 a 7 años, cuando se cambia la tecnología. Y también se llevan a cabo procesos de *checksum* cuando se accede a un archivo o bien cuando se migra. Las comprobaciones de los datos no se llevan a cabo en las horas de mayor demanda de energía. Se realizan cuando el consumo baja. (Comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024).

En la política de seguridad de los datos originales se ha establecido un plan de contingencia con los procedimientos para limitar los daños a las colecciones analógicas y digitales en caso de emergencia o desastre natural. Los procedimientos de este plan se evalúan periódicamente.

En WGBH la gestión interna de las colecciones se desarrolla a través de la base de datos de File Maker y ponen a disposición de los usuarios copias digitales por medio del Avalon Media System. El acceso externo se realiza a través de OpenVault en la web del American Archive of Public Broadcasting.

Existen dos copias de almacenamiento digital de todo el material. Una copia en el servicio de almacenamiento AWS S3 y la otra en cintas LTO-8. Las cintas LTO-8 se graban de forma independiente (como parte de una biblioteca de cintas más grande) mediante unidades autónomas y se guardan sin conexión en una bóveda. Se utilizan secuencias de comandos personalizadas (*bash scripts*) para copiar datos entre S3 y la cinta mientras se verifican los MD5 (Message-Digest Algorithm 5). Además, se crea documentación técnica utilizando el conjunto de herramientas de Harvard File Information Toolset (FITS). (Comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024)

Las comprobaciones de la integridad se realizan solo durante la migración o descarga de materiales, aproximadamente cada tres años. No obstante, pretenden implementar comprobaciones de la integridad del material almacenado en S3 (Amazon Simple Storage Service) de manera más frecuente. Es probable que el material almacenado en cinta siga siendo revisado

cada 3 o 4 años. (comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024).

3.5 La IA y el procesamiento de datos

La acumulación progresiva de grandes volúmenes de datos en WGBH y en NISV posibilita la incorporación de herramientas de IA para agilizar los procesos documentales y gestionar su acceso. La preservación digital de colecciones sonoras y audiovisuales en los archivos estudiados se basa en la colaboración entre instituciones. Es decir, se trata de iniciativas nacionales en las que las tareas se llevan a cabo de acuerdo con la cooperación de diversas instituciones. El archivo de WGBH participa junto con la Library Congress en la preservación de los archivos de radio y televisión de Estados Unidos. Derivado de esta colaboración se puso en marcha el AAPB. A través de esta iniciativa se recibieron contenidos sonoros y audiovisuales de cien instituciones de Estados Unidos. Los materiales se encontraban en condiciones diversas de grabación y de catalogación y era necesario procesarlos e identificarlos para ser consultados. “Existen miles, sino millones, de secuencias, fotografías y pistas de audio” (Cariani e Ives, 2020, p. 103).

Por esta razón, se emprendieron proyectos para utilizar *machine learning* como una herramienta de IA, con el fin de identificar y recuperar contenidos de la radio y la televisión pública de Estados Unidos. De esta forma, mediante el uso de herramientas de procesamiento del lenguaje natural (NLP), se transcribieron a texto los materiales de audio (Cariani e Ives, 2020, p. 103) y se crearon metadatos para mejorar la descubribilidad.

Whisper se utiliza para generar transcripciones de audio a texto que se corrigen mediante una herramienta de colaboración colectiva llamada FixIt+. A través de subvenciones, también estamos explorando cómo se puede utilizar la IA para identificar escenas con texto para su uso en el proceso de catalogación. (Comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024)

En el NISV también se ha incorporado el uso de tecnologías para la generación automática de metadatos de contenidos sonoros y audiovisuales. Se emplea tecnología para la extracción automática de metadatos. NISV experimenta con el uso de tecnologías innovadoras,

como el reconocimiento de voz, de locutor y facial, con el que se pueden generar descripciones a nivel de segmento o de escena (codificadas en el tiempo). El reconocimiento de imágenes también se presta, por ejemplo, a la generación automática de imágenes de archivo o incluso al reconocimiento de acciones: identificación de visualizaciones de acciones muy específicas. Ejemplos de ello son la detección de nombres y lugares (entidades con nombre) en subtítulos o transcripciones de discursos, o la sugerencia de términos de tesoro (autoetiquetado o extracción de términos) a partir de subtítulos o guías digitalizadas de programas de radio y televisión. (de Boer, 2020, p. 31)

Las posibilidades de uso de la IA en el archivo incrementan el número de usuarios y en consecuencia el interés por consultar las colecciones; sin embargo, se carece de evidencia sobre el impacto que esta tiene en el medioambiente. Se intuye que sí pero no hay evidencia. En el NISV se arguye que “probablemente, pero no hay forma de medirlo” (comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024). Y en WGBH “De forma específica, sí, porque aumenta la demanda de los usuarios de computadoras individuales con herramientas de IA. Sin embargo, no tenemos una forma adecuada de medir esto” (comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024).

Los dos archivos estudiados conservan una copia de los materiales en cintas LTO *offline*, en lugar de utilizar otros dispositivos de almacenamiento, como los discos duros o la nube. La única energía utilizada para estas copias de seguridad es el sistema de climatización que mantiene toda la bóveda a una temperatura constante (comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024; comunicación escrita con Higgins y Fraimow, 7 de marzo del 2024).

En los estudios de caso analizados no se ha observado ningún fenómeno asociado al cambio climático, como por ejemplo inundaciones, incendios o incremento de la temperatura, entre otros, que afecten la estabilidad de las colecciones. El archivista Jasper Snoeren reflexiona respecto a propuestas que aminoren el impacto de la preservación digital en el cambio climático:

Personalmente, siento curiosidad por el futuro de las tecnologías de almacenamiento más respetuosas con el medioambiente, como el almacenamiento de ADN

o el almacenamiento óptico de datos en vidrio. Pero es probable que pasen años (o décadas) antes de que sea una opción viable y rentable para los archivos. (Comunicación escrita con Snoeren, 7 de marzo del 2024).

4. Conclusiones

Las tecnologías y las prácticas documentales utilizadas en la preservación digital, para salvaguardar de manera óptima los contenidos digitales y garantizar su acceso a largo plazo, tienen impacto en el medioambiente; por lo tanto, es necesario hacer una revisión crítica de los principios y normas que las guían para proponer una visión de sustentabilidad ambiental (Pendergrass et al., 2019).

Esta nueva perspectiva, encaminada a reducir el impacto de la preservación digital en el cambio climático, podría modificar algunos de los principios archivísticos. De acuerdo con esta investigación, se puede constatar que la conservación de colecciones analógicas y de origen digital, la gestión de grandes volúmenes de datos, la incorporación de herramientas de IA para agilizar las tareas documentales y potenciar la visibilidad del archivo, el almacenamiento masivo digital y la verificación constante de la integridad de los datos demandan el uso de energía eléctrica de manera ininterrumpida, lo que incide en la huella de carbono. También inciden la entrada en desuso de la tecnología obsoleta y los soportes inservibles, porque se han degradado y ya no pueden ser reproducidos; estos constituyen residuos electrónicos.

Con base en lo anterior, una acción para aminorar el uso de energía eléctrica es el uso de cintas LTO, soportes de almacenamiento digital *off line*, porque, aun cuando requieren de energía eléctrica, su consumo energético es menor. Otra corresponde a desechar, de acuerdo con la normatividad y los lineamientos para el tratamiento de basura tecnológica, los dispositivos obsoletos y soportes inservibles. Estas prácticas constituyen esfuerzos de sustentabilidad medioambiental que deberán fortalecerse y expandirse en todos los archivos en los próximos años.

Si hasta el siglo pasado la sustentabilidad se basó en la consecución de recursos económicos para digitalizar en el menor tiempo posible la mayor cantidad

de soportes y de crear *e*-archivos con adecuadas condiciones para preservar a largo plazo los contenidos digitales, en la actualidad y a futuro la preservación digital deberá basarse en principios de sustentabilidad medioambiental.

5. Referencias

1. Bradley, Kevin (2007). Defining Digital Sustainability. *Library Trends*, 56, 148-163.
2. Beld & Geluid (s. f.). Building. <https://www.beeldengeluid.nl/en/visit/whats-on/gebouw>
3. Cariani, Karen; Ives, David (2020). Using computational tools and experts to improve access to digital. En Perla Rodríguez (Ed.), *Inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales sonoros y audiovisuales* (pp. 101-115). Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información. https://ru.iibi.unam.mx/jspui/handle/IIBI_UNAM/93
4. de Boer, Tjeerd (2020). Collection Plan 2019. *Netherlands Institute for Sound and Vision. Hillversum*. <https://publications.beeldengeluid.nl/pub/1822>
5. GBH (s. f.). What matters to do. <https://www.wgbh.org/foundation/archives>
6. Gevinson, Alan (s. f.). A Brief History of the AAPB. *American Archive*. <https://americanarchive.org/about-the-american-archive/history/page2>
7. International Association of Sound and Audiovisual Archives (2011). *Directrices para la producción y preservación de objetos digitales de audio* (2.ª ed., traducción al español). IASA.
8. International Association of Sound and Audiovisual Archives (2015). *Manejo y almacenamiento de soportes de audio y de video* (versión traducida en español). IASA
9. International Association of Sound and Audiovisual Archives (2020). *La salvaguarda del patrimonio audiovisual: ética, principios y estrategia de preservación IASA-TC 03* (versión traducida en español). AEDOM.
10. Kilbride, William; Middleton, Sarah (2022). Preservación digital sustentable: Pasando de la teoría a la práctica. En Matteo Manfredi, Perla Rodríguez, Antonella Bongarzone (Coords.), *Cambio climático y preservación digital sonora y audiovisual* (pp. 46-53). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.
11. Kim, Julia; Fraimow, Rebecca; Titkemeyer, Erica (2019). Never best practices: Born-digital audiovisual

- preservation. *Code 4 Lib Journal*, (43). <https://journal.code4lib.org/articles/14244>
12. Murugesan, Sam; Gangadharan, G. R. (2012). *Harnessing green IT: principles and practices*. IEEE Computer Society.
 13. Padilla Thomas; Kettler Scates, Hannah; Varner, Stewart; Shorish, Yasmeen (2023). Vancouver Statement on Collections as Data. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8341570>
 14. Pendergrass, Keith; Sampson, Walker; Walsh, Tim; Alagna, Laura (2019). Toward Environmentally Sustainable Digital Preservation. *The American Archivist*, 82(1): 165-206. <https://doi.org/10.17723/0360-9081-82.1.165>
 15. Tadic, Linda (2016). The environmental impact of digital preservation. *Association of Moving Image Archivists Conference*. <http://www.amiaconference.net/wp->
 16. The National Digital Stewardship Alliance (2024). *Levels of digital preservation*. <https://ndsa.org/publications/levels-of-digital-preservation/>
 17. Unesco (1980). *Recomendación sobre la Salvaguardia y la Conservación de las Imágenes en Movimiento*. Unesco. <https://www.unesco.org/es/legal-affairs/recommendation-safeguarding-and-preservation-moving-images>
 18. Wallaszkovits, Nadja. (2022). Desarrollos recientes en ahorro de energía para el archivo audiovisual análogo que será digital. En Matteo Manfredi, Perla Rodríguez, Antonella Bongarzone (Coords.), *Cambio climático y preservación digital sonora y audiovisual* (pp. 29-45). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.