

Bienes Arqueológicos //

Sostenibilidad aplicada a los materiales auxiliares de técnicas de recuperación de bienes arqueológicos. Alternativas sostenibles para técnicas de extracción, traslado y embalaje.

El presente artículo se centra en divulgar la importancia de implementar y complementar el desarrollo sostenible con la conservación y restauración de bienes culturales. El concepto de ecodesarrollo es una vía emergente en investigación multidisciplinar y nace de la necesidad de combatir la emergencia climática entre todos los colectivos e individuos.

La investigación se centra en la posibilidad de idear alternativas sostenibles a los materiales auxiliares utilizados actualmente para las técnicas de recuperación de bienes arqueológicos, así como en su posterior embalaje y transporte, reduciendo o suprimiendo el uso de plásticos provenientes de energías no renovables.

Selene Fernández Sanlés. Titulada superior en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la especialidad de Bienes Arqueológicos por la ESCRBC. selesanles@gmail.com

Palabras Clave: Restauración, sostenibilidad, técnicas de recuperación, arqueología, plásticos.
Fecha de recepción: 11-X-2021 - **Fecha de aceptación:** 18-X-2021

INTRODUCCIÓN

El código deontológico de los profesionales de la conservación y restauración alienta cada vez con mayor afán la conservación preventiva. Es una filosofía que fundamentalmente comparte los mismos valores que la sostenibilidad ambiental, ya que ambas disciplinas actúan sobre el medio en que nos encontramos. La conservación preventiva debería ser también ambiental, puesto que algunos de los mayores agentes de deterioro son debidos a causas antrópicas, buen ejemplo de ello es la contaminación. De modo que la conservación y restauración no debe solo centrarse en métodos paliativos como regular los cambios bruscos de temperatura y humedad relativa, métodos de aislamiento, conservación curativa, sino también métodos de acción directa, a través de intervenciones más sostenibles. Este artículo resume un trabajo de investigación de fin de grado que pretende reducir la huella ambiental generada por esta profesión, centrándose en minimizar o eliminar el uso de plásticos en las técnicas de recuperación de bienes arqueológicos y su posterior traslado.

TÉCNICAS DE RECUPERACIÓN DE OBJETOS ARQUEOLÓGICOS

Los llamados "primeros auxilios" son todas aquellas acciones que lleva a cabo el restaurador a lo largo de una excavación en un yacimiento; dichas acciones deben realizarse *in situ* porque el propio objeto lo demanda para su adecuada conservación y estudio.

Previamente, se lleva a cabo la fase de estudio del suelo, de los objetos, de los agentes de deterioro y de sus variables. La excavación no solo puede romper las condiciones de preservación de los materiales (debido a que se rompe el equilibrio que había logrado con el medio), sino que además puede reactivar algunos agentes o mecanismos de deterioro que se encontraban pasivados en el subsuelo (o medio subacuático).



La primera de las acciones sostenibles se encuentra en esta fase exhaustiva de estudio. Sopesar las condiciones ambientales del sitio arqueológico según su localización geográfica es condición *sine qua non* para una estrategia ecológica. Esto se debe a que según el clima (mediterráneo, seco, tropical,

polar...) y las condiciones del sitio arqueológico (temperatura, humedad relativa, etc.), los materiales y las técnicas que se utilicen pueden distar mucho; y el *stock* de capital natural es diferente en cada zona geográfica. Por ende, la primera acción es adaptarse a las circunstancias del medio y a sus *stocks* (natural, humano y social) contemplando y valorando las ventajas y/o desventajas que pueda acarrear. Sobre todo, aprovechar las prestaciones u oportunidades que nos ofrecen las condiciones específicas del yacimiento arqueológico.

Las técnicas de recuperación de materiales arqueológicos más comúnmente utilizadas son las siguientes:

- El uso de consolidantes.
- Engasados con vendas y productos fijativos.
- Engasados con vendas de yeso.
- Camas rígidas o extracción en bloque.
- Filme de polietileno y cinta de refuerzo.
- Combinación de varios métodos de pre-consolidación y extracción.

Los productos o materiales **consolidantes** usados frecuentemente (Paraloid® B72, HMG®, APV, PEG®...) están contraindicados porque cambian el comportamiento hídrico y gaseoso de las piezas, son incompatibles, no son del todo reversibles, presentan una mayor toxicidad y, además, su componente básico son resinas sintéticas y/o cauchos.

En cuanto a los **embalajes**, los materiales auxiliares que se emplean hasta ahora son sobre todo plásticos: envases de polipropileno, envases de polietileno, bolsas de polietileno con cierre de seguridad, espuma, hojas y virutas de polietileno, tejidos de poliéster, tejido Mylar® y similares, guata de algodón o poliéster, Ethafoam® y hojas de polietileno con burbujas.

Se debe conocer con anticipación qué objetos precisan embalajes fijos (para aquellos que están destinados a permanecer en los depósitos) y, por otro lado, qué objetos requerirán embalajes provisionales (por necesidades de servicio, transporte, etc.); es importante en tanto que tendrán prioridad unas propiedades sobre otras (degradabilidad, compostabilidad, fácil reciclaje, vida útil longeva o que se puedan reutilizar). Esto quiere decir que, si el embalaje es provisional, se pueden usar materiales compostables o degradables que tengan unas propiedades fisicoquímicas aptas, pero si se trata de un objeto arqueológico que permanecerá un tiempo considerable en los depósitos de instituciones o museos, una alternativa más inerte son las bolsas de silicona. Todo esto lo veremos en los siguientes apartados.

A fin de cuentas, podemos apreciar que estamos añadiendo plástico por dentro y por fuera de la pieza u objeto arqueológico; consolidamos con resinas plásticas y envolvemos y almacenamos en contenedores de plástico. Esto resulta curioso en tanto que los objetos arqueológicos han sobrevivido cientos o miles de años en el planeta que habitamos, y el plástico solo se conoce desde el siglo XIX. En un periodo de tiempo relativamente corto ya hemos generado una dependencia absoluta de esta resina no renovable.

PRINCIPIOS BÁSICOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Sin entrar en detalle en la historia y la evolución del concepto de desarrollo sostenible, en el siguiente apartado se expone qué implica. Para ello, se ha hecho acopio de las ideas

principales que recogen varios estudios y las he unificado en este primer gráfico. Ideas cuyo discurso fundamental es el de una sociedad que garantice las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias. Se debe entender el desarrollo sostenible como una disciplina estructural e intergeneracional. [pág.100]

En primer lugar, integrar las tres R básicas del ecologismo y de un buen sistema de gestión de residuos sobre el cual se basa la economía circular.

En segundo lugar, pasar de una cultura social basada en el consumismo a una cultura social basada en el minimalismo, reducción del consumo.

Y en tercer, y último lugar, cabe resaltar la importancia de una extracción y asignación eficiente de los recursos, para ello se deben valorar los indicadores de la ecocapacidad, entendida como la capacidad de asimilación de los ecosistemas, y la tasa de renovación o regeneración. La capacidad de sustentación de los cuatro sistemas biológicos variará en función de sus dimensiones. Por lo tanto, esto pone de manifiesto que algunos países deberán tener mayor implicación y responsabilidades claramente diferenciadas para no aumentar la gran brecha de la pobreza.

Es complejo lograr una gran sostenibilidad en un país, ya que no se trata solo de reciclar, del plástico en los océanos, de los componentes tóxicos, de la contaminación, de la explotación de las tierras, de los métodos de la industria láctea, cárnica o pesquera; sino que ahonda en temas tan arduos como son la pobreza, la diferenciación de clases, la desigualdad, la crisis de los recursos no renovables, la regeneración del suelo, de los recursos renovables, el *stock* de capital natural, el capitalismo y el consumismo. El discurso de sostenibilidad mantiene unos principios tanto antropogénicos como biocéntricos. La sostenibilidad es estructural y debe verse como un enfoque interdisciplinario.

MOVIMIENTO GREEN CONSERVATION

Desde el punto de vista toxicológico, los conservadores y restauradores están expuestos a menudo a complejas mezclas de disolventes, biocidas y otras sustancias químicas que comportan serias consecuencias para la salud y el medio ambiente, además de que pueden inducir a la dispersión de químicos en el entorno. El movimiento *green conservation* nace de la voluntad inicial de reducir la toxicidad de los productos utilizados y, para ello, se han llevado a cabo y están en curso investigaciones científicas con nuevos sistemas, productos naturales, tecnologías eficientes...

Existen hasta la fecha, estudios de eco-compatibilidad para:

- **Limpiezas:** empleando agua de cantalupo, microemulsiones, bio-limpiezas con microorganismos, organismos invertebrados marinos, saponinas, líquidos iónicos, láser, geles, micelas y soluciones, ECO 83, Ecosorboil Antique® y etanol 70% y vapor e hidróxido de calcio (cal apagada sobre caliza) para limpieza de material pétreo...
- **Consolidaciones:** se presentan intervenciones con consolidantes con base de fosfato (HAP), nanotecnologías, bioconsolidación con microorganismos capaces de producir compuestos "consolidantes", desacidificación de documentos mediante nanotecnología...

¹ VOC: Siglas en inglés de *volatile organic compounds*, es decir, compuestos orgánicos volátiles.

² PLA: Siglas en inglés de *polylactic acid*, es decir, ácido poliláctico o poliláctico.

- **Biocidas:** con diferentes especies de microorganismos, solución 70:30 de etanol y agua...

Todos estos estudios están enfocados a reducir la toxicidad, fomentar la conciencia o brindar propuestas para el cambio. Sin embargo, en esta investigación las alternativas que más adelante se exponen no están dirigidas a reducir la toxicidad para el restaurador (aunque sí de forma indirecta) sino de aminorar el impacto sobre el medio, reduciendo el uso de plásticos. Equiparando en misma importancia la salud del restaurador y la salud del medio ambiente.

ACCIONES SOSTENIBLES

Para integrar la sostenibilidad en nuestro trabajo como conservadores y restauradores, lo primero y fundamental es incluir un plan de gestión, donde se concilien las siguientes acciones sostenibles (todas íntimamente relacionadas), junto con el proyecto de excavación o proyecto de intervención que se lleve a cabo. ² [pág.101]

Estas acciones consisten en:

- Tener un plan de gestión de residuos dentro del proyecto, para saber cómo y dónde se desechan todos y cada uno de los materiales que utilizemos, así como saber si son reutilizables o no. Para ello necesitamos tener ciertas nociones sobre el reciclaje y la naturaleza de los materiales.
- Conocimiento del *stock* de capital natural del país o zona geográfica donde nos encontremos y las condiciones ambientales del sitio, para poder usarlas a nuestro favor.
- Implementar la economía circular (modelo de producción y consumo) de los productos en la medida de lo posible; esto va muy relacionado con el primer punto.
- Enfoque interdisciplinario y estructural. Todos los profesionales deben colaborar, y promover la buena ejecución del plan de proyecto de restauración o excavación sostenible, se trata, por lo tanto, de una responsabilidad individual y también colectiva.

Presentadas estas primeras bases sobre cómo gestionar un proyecto de forma sostenible, seguidamente se describen algunas alternativas a los materiales auxiliares empleados en las técnicas de recuperación de objetos arqueológicos y en su embalaje.

En el caso de las técnicas de recuperación de objetos arqueológicos, son varias las alternativas que se han valorado.

SEGÚN LA TÉCNICA DE EXTRACCIÓN

- **Extracciones directas.** Son todas aquellas extracciones en el yacimiento que no requieren de una técnica específica.

Lo usual es que, al extraerlas, se depositen los objetos debidamente etiquetados en bolsas de polietileno con perforaciones.

Alternativas:

- Bolsas de silicona con cierre zip. Se pueden perforar, son reutilizables, inertes, transparentes, antiadherentes y la superficie no porosa ayuda a inhibir el crecimiento bacteriano. La silicona no es biodegradable, pero no

desprende tóxicos al medio ambiente en su descomposición (recordemos que los plásticos desprenden dioxinas). Y, una vez la vida útil de estas llegue a su fin, se deben llevar a un punto de reciclaje, donde se reincorporan a la cadena de producción (economía circular). La mayor desventaja es que supone un mayor coste inicial.

- Sobres de papel libre de ácido con reserva de pH ligeramente alcalina. Esta es una opción menos costosa y el papel es biodegradable, ya que proviene de uso de energías renovables. Aun así, su vida útil es reducida y no es aplicable a todos los objetos arqueológicos.

- Bolsas biodegradables de almidones. Son degradables en parámetros de descomposición concretos, pero no soportan mucho peso.

- Cajas de madera libre de VOC¹ junto con la tierra o suelo del mismo sustrato del yacimiento que va a hacer de amortiguador durante el transporte. Esta opción es idónea para el objeto arqueológico, en tanto que la tierra de excavación tiene unos parámetros concretos, y los objetos logran un equilibrio de enterramiento con estos parámetros (suelos ácidos, alcalinos, desérticos, árticos...) así se hace más gradual el acto traumático de cambio de ambiente y de condiciones para la pieza. Las cajas pueden ser también de cristal, que es inerte, pero su manejo requiere un extra de precaución; o bien de bioplásticos rígidos (la mayor parte de ellos elaborados con PLA,² que debe reciclarse en un punto verde). Algunos de los distribuidores de bioplásticos son Nature Plast[®], Gema Bio[®] o MD Bioplastics[®].

- **Técnicas de engasado.** Se utiliza para aportar una consolidación temporal a las piezas que no puedan ser extraídas sin que se ponga en riesgo su integridad. Se hace un engasado mediante sucesivas capas de vendas o elementos de refuerzo, junto con consolidantes o fijativos. ³ [pág.103]

Habitualmente se utilizan tiras de vendas hidrófilas, espátulas de madera y Paraloid[®] B72 al 20% en acetona o metacrilato de etilo al 10% o 20% en disolución orgánica.

Alternativas:

- Colas celulósicas como el Klucel[®] G.
- Engrudos de almidones o tilosas (usados en restauración de documento gráfico). Las ventajas de las colas celulósicas o del engrudo es que son completamente reversibles y solubles en agua. Esto supone que, si previamente lo hemos tenido en cuenta en el plan de gestión de residuos, se puede valorar si a la hora de remover el engasado, en el caso de que lleve uno, las gasas se pueden limpiar en sucesivos baños de agua, ya sean de algodón, yute o de bambú, para alargar su vida útil.
- Colas vegetales o parafinas ecológicas (de arroz o de soja). En el caso de las parafinas ecológicas (ceras vegetales), se debe valorar detenidamente su viabilidad en cada caso, ya que podrían taponar el poro del objeto arqueológico y sería extremadamente difícil de eliminar; en todo caso, dependerá de la pieza y de las circunstancias.

Se debe procurar que el adhesivo nunca esté en contacto directo con el objeto arqueológico, sino que se haga uso de un separador y hacer un entramado tipo sándwich. Posterior-

mente, trasladar la pieza al laboratorio de restauración para su estabilización y remover los restos de la excavación. Los separadores pueden ser:

- Papel japonés de diferentes gramajes.
- Tejidos de bambú y mallas de yute. Los tejidos de bambú son más resistentes que los de algodón; además, la producción de algodón está desgastando las tierras, mientras que el bambú tiene un crecimiento más rápido y su cultivo requiere menos agua y pesticidas que el algodón.
- Cinta adhesiva de pH neutro de papel.

• **Engasado con vendas de refuerzo rígidas.** Este proceso consiste, en primer lugar, en proteger la pieza y, en segundo lugar, en aportar rigidez al conjunto para poder extraer el objeto; normalmente, son objetos arqueológicos de mediano o gran tamaño.

Habitualmente se utiliza filme de polietileno, precintadoras convencionales y vendas de yeso.

Alternativas:

Para la protección de la pieza

- Filmes de silicona. Son reutilizables y fáciles de limpiar; el principal inconveniente es que, de momento, su aplicación solo está extendida para uso doméstico, por lo tanto, sus medidas son reducidas.
- Filmes biodegradables y/o compostables. Hechos a partir de bioplásticos, almidones, caña de azúcar, ácido poliláctico, etc.

Se envuelve la pieza con alguno de estos productos, como sistema de protección, y se sella, si es necesario, con cinta adhesiva de papel japonés de pH neutro.

Para dar rigidez al conjunto

El yeso es reciclable, pero no es inerte, ya que puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas; por ese motivo es tratado en vertederos específicos. Además, el yeso es un material muy duro, esto nos condiciona *a posteriori* en el taller, ya que dificulta su eliminación.

Alternativas:

- Barro cerámico o barro de modelar.
- Adobe, arcilla y el propio sustrato del yacimiento. Esta medida se puede realizar siempre que el sustrato del yacimiento permita hacer una masa consistente, propiedades que no nos encontramos en todos los suelos.

Tanto en el caso del barro cerámico como en el de la masa de adobe, la aplicación del método es similar a la tradicional con vendas de yeso. Se empapan las vendas hidrófilas en la mezcla y, después, para darle resistencia al conjunto, se le añade la mezcla de adobe previamente preparada generando una capa de unos milímetros de espesor; si esto no fuese suficiente, porque el objeto arqueológico tiene unas medidas y un peso elevados, se puede hacer un refuerzo con una malla de yute (proceso similar al de los bloques de sistemas constructivos de adobe).

Las ventajas que presentan la arcilla y el adobe, es que se pueden volver a utilizar (en el taller, humedeciendo la pasta con agua y tirando de las vendas, es más fácil de retirar que las vendas de yeso y recuperaríamos las vendas utilizadas), además la arcilla no solo no contamina, sino que actualmente se están llevando a cabo estudios que investigan las propiedades de la arcilla para remover los contaminantes del agua. El mayor contratiempo que presentan es el tiempo de secado, ya que es superior al del yeso.

- Papel maché. Es una masa consistente hecha a partir de papel y agua con la que incluso se han creado esculturas y estructuras. Esta medida podría funcionar si se aplica un grosor considerable, dependiendo del tamaño y el peso del objeto arqueológico.

En un plan de gestión de residuos, tanto si el método de extracción emplea un material u otro (yeso, arcilla, adobe, papel maché, etc.) se debe tener en cuenta su naturaleza y depositarlo, si es necesario, en vertederos específicos o puntos verdes de reciclaje, con el fin de favorecer la economía circular.

• **Extracción en bloque mediante molde.** Esta técnica consiste en excavar alrededor de la pieza hasta delimitarla totalmente. Se excava hasta donde el negativo lo permita, es decir, sin alterarlo ni romper sus paredes y así poder despegar con mayor facilidad el conjunto.

Habitualmente se emplea poliuretano expandido para esta técnica. Aún está en vías de investigación un material similar a una espuma que se expanda sin comprimir y sea ecológica. Algunas de las soluciones que aquí propongo provienen de nuevos sistemas constructivos o usados en el mundo del automóvil.

- Alguno de los sistemas que utilizan en construcción son: aislamientos de fibra de madera o de celulosa, que son ecológicos y no tóxicos, pero en ambos casos se necesita de un aplicador de soplado o proyectado. ⁴ [pág.104] y ⁵ [pág.105]

- Existen también en el mercado algunos poliuretanos a base de soja que reducen en gran medida la dependencia del petróleo, ya que tienen un alto porcentaje de contenido biológico y reduce de media unos 5,10 kg de CO₂ a la atmósfera respecto al poliuretano convencional. Uno de los productos es el Biobased® 1701 y otro es el Heatlook Soy® 200 Plus de Eco Spray Foam Insulation. ⁶ [pág.105]

PARA EL TRANSPORTE Y EMBALAJE DE LOS OBJETOS ARQUEOLÓGICOS

Es un área donde actualmente está más extendida la idea de sostenibilidad, enfocada en eliminar plásticos de los embalajes y, gracias a esto, encontramos varias opciones en el mercado. Hay que tener en cuenta que algunas de las medidas sostenibles de embalajes son biodegradables, por lo que pueden tener fecha de vencimiento, y esto sería contraindicado para un objeto arqueológico que esté destinado a permanecer en el depósito de un museo durante un largo periodo de tiempo. A razón de ello, se debe tener un plan donde se exponga qué va a ser de los objetos arqueológicos una vez sean extraídos del yacimiento.

Los embalajes utilizados habitualmente para el transporte de

los objetos arqueológicos desde el yacimiento al laboratorio son, en su mayoría, derivados de petróleo. Todos ellos generan tal cantidad de residuos que ningún sistema de gestión de residuos podría reducir su impacto; por eso, la única opción es aplicar las medidas sostenibles de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar), la economía circular y las alternativas ecológicas.

- En primer lugar, como alternativa a los chips de relleno de poliestireno expandido (poliespán), existen unos chips de relleno de origen vegetal que se fabrican con almidón a base de fécula de patata; este producto es biobasado, biodegradable y compostable, además de ser fácilmente soluble en agua. Algunas de las marcas que disponen de este producto son: EcoFlo® de GreenLight Packaging (UK), Storopack con el producto Pelaspan® Bio (España) y Oimo® (España) aún están desarrollando sus productos como el Oimo Foam®. ⁷ y ⁸ [pág.106]

- Como alternativa a las planchas de *foam* de polietileno expandido, se podría valorar la posibilidad de hacerlos con los mismos materiales que los anteriores, pero en planchas. Las necesidades serían las de dar con un producto biobasado, inerte con los objetos arqueológicos (que no desprenda VOC's), no contaminante en su proceso de fabricación y que su presentación sea en planchas amortiguadoras para poder mantener los objetos inmóviles.

Existe una emergente empresa que trabaja con hongos y elabora, entre otros muchos productos, envases a partir de la fundición del micelio del hongo; la empresa se denomina Ecovative Design® y cuenta con diferentes sedes. Este producto se elabora tan solo con cáñamo y micelio, es térmicamente aislante, resistente al agua, libre de VOC y libre de aldehídos. ⁹ - ¹¹ [pág.107]

- La empresa, GreenLight Packaging, dispone del producto GreenLight Bio® que, al tener una estructura con aire en el interior en forma reticulada, es idóneo para substituir el filme alveolar de polietileno que se utiliza para envolver las piezas. ¹² [pág.108]

- Como alternativa a los embalajes de filme de plástico, tenemos el filme de silicona o bien el filme biodegradable.

- En el caso de las cajas para el transporte, se pueden usar cajas de cartón o de madera de pH neutro y libre de VOC o bien contenedores de bioplástico, como los que se hacen a partir de caña de azúcar o PLA. En el porfolio de Nature Plast® tienen bioplásticos hechos incluso a partir de huesos de aceitunas, café, conchas de mar, combinación de plástico tradicional con bioplástico, etc. Y estos suelen ser inertes, ya que están pensados para la industria alimentaria. ¹³ [pág.108]

- Para continuar, existe en el mercado un nuevo material llamado Whitemorph®, cuyo uso podría ser bastante polivalente. Es un material que se presenta en perlas blancas (se trata de un polímero termoplástico) que son biodegradables (en condiciones específicas se degrada en unos 6 meses), reutilizables, moldeables y no tóxicas. Son unas perlas hechas a partir de polímeros que, si se funden en agua por encima del punto de fusión (depende de los productos, este en concreto tiene el punto de fusión en 65° C, pero los hay con un punto de fusión más

bajo), se transforman en una masa apta para moldear con las manos pero, una vez seca, tiene la apariencia de un plástico duro y rígido. Estas propiedades nos pueden ser útiles para proteger esquinas de objetos arqueológicos o bien como una protección semi-integral hecha a medida del objeto. ¹⁴ y ¹⁵ [pág.109]

- Por último, para substituir los tejidos de poliéster, o incluso reducir el uso del algodón (ya que su cultivo consume cantidades ingentes de agua, uso de pesticidas y sobre explotación del suelo), se pueden utilizar los tejidos de bambú o tejidos de yute. Bambaw® tiene unos paños reutilizables de fibra de bambú y algodón (90% y 10% respectivamente) que son suaves, resistentes, absorbentes, antibacterianos y reutilizables.

CONCLUSIÓN

De este proyecto de investigación, se recogen varios aspectos esenciales en forma de resumen en el presente artículo. El primero de los cuales es que la utilización de metodologías sostenibles en las técnicas de recuperación de objetos arqueológicos, el embalaje y transporte, es posible. Estas medidas sostenibles reducen el impacto ambiental, lo que conduce indirectamente a una reducción de contaminación; asimismo, ayudaría generar una mejor conservación preventiva (de yacimientos, de objetos arqueológicos y en las instalaciones) y, unos bajos niveles de agentes tóxicos y contaminación, darían como resultado una disminución de cambios bruscos en las oscilaciones de temperatura, lluvias menos ácidas y suelos más estables. ¹⁶ [pág.109] Respecto a la información recopilada, se han podido extraer alternativas ya existentes en el mercado que pueden substituir, sobre todo, a los materiales plásticos tal como planteaba el objetivo principal del trabajo. No obstante, sería adecuado comprobar las hipótesis y tesis propuestas mediante un análisis experimental junto con técnicas de laboratorio.

En segundo lugar, se concluye que, para que el proceso sea plenamente sostenible, se debe contemplar un plan de gestión de residuos, que incluya la idea de economía circular, a la vez que aprovechen las ventajas y haga un buen uso de los recursos que nos proporciona el medio en el que se encuentra el yacimiento. Esta idea ahonda más en que cada excavación sea individual y un *unicum*, hace que los procesos entren en sincronía entre profesionales y el medio ambiente, que se ha encargado de hacernos llegar los objetos a través de los cuales podemos comprender las vidas pasadas. Dada la velocidad a la que se mueven y consumen las sociedades actuales, en una década o dos tendremos tantos plásticos y/o microplásticos en el planeta que la vida de muchos seres vivos será extinta. En unos años no tendremos más espacios donde acumular la basura, la contaminación afectará a los suelos y no tiene sentido preservar unos objetos (arqueológicos o no) donde no se puede preservar su entorno. El desarrollo sostenible es estructural y, así se debe concebir, acoge una gran amplitud de ámbitos. Tanto a pequeña como a gran escala no hay forma de evadir la responsabilidad que tenemos y el papel que jugamos en términos de salud ambiental.

Invito a su vez a todos los profesionales conservadores-restauradores a generar presión y demanda para crear productos ecológicos y sostenibles específicos para la profesión, además de seguir evolucionando en la investigación de procesos y materiales sostenibles. Invito, asimismo, a realizar una investigación enfocada en la sostenibilidad en España, que tenga en consideración los *stocks* de capital natural, la ex-

tracción de recursos y el tiempo de regeneración a la hora de desarrollar nuevas tecnologías y procesos de conservación-restauración.

IMÁGENES

PORTADA Biopolímero MycoFlex[®] foam de características similares al foam tradicional, pero hecho a partir de hongos (Fotografía: Ecovative Design[®] en <<https://www.instagram.com/p/BSQyGmlg8aG/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

1 Esquema de los principios básicos del desarrollo sostenible (Imagen: S. Sanlés).

2 Acciones sostenibles aplicadas a la profesión de conservador-restaurador (Imagen: S. Sanlés).

3 Esquema de las ideas que se proponen para las técnicas de engasado y productos “consolidantes” (Imagen: S. Sanlés).

4 Aislamiento térmico de celulosa (Fotografía: EcoGreen-Home[®] en <<https://ecogreenhome.es/productos/celulosa/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

5 Aislamiento térmico con fibra de madera (Fotografía: EcoGreenHome[®] en <<https://ecogreenhome.es/productos/fibra-de-madera/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

6 Poliuretano a base de soja, Heatlok Soy[®] (Fotografía: Eco Spray Foam Insulation en <<https://www.flickr.com/photos/28671840@N07/2676584481/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

7 Material acolchado de chips de embalaje, Pelaspan[®]Bio (Fotografía: Storopack en <<https://www.storopack.es/productos/embalaje-protector-flexible/chips-de-embalaje-renaturer/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

8 Chips de embalaje de Palespan[®]Bio, vertidos en una maceta para la demostración de degradabilidad en agua y compostabilidad en tierra (Fotografía: S. Sanlés).

9 MycoFlex[™] foam hecho a partir de hongos (Fotografía: Ecovative Design[®] en <<https://www.instagram.com/p/BuE0lopHZN6/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

10 Estructuras de embalaje hechas de cáñamo y micelio de hongos, Mushroom[®] Packaging (Fotografía: Ecovative Design[®] en <<https://mushroompackaging.com/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

11 Macroestructura de proceso de fundición del micelio (Fotografía: Ecovative Design[®] en <<https://ecovatedesign.com/ourfoundry/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

12 Quilted Film Configurations, film de estructura alveolar (Fotografía: Greenlight Packaging[®] en <<https://greenlightpackaging.com/products/film-range/>>) [Consulta: 9 octubre 2021].

13 Cartera de materiales plásticos en el porfolio de Nature-Plast[®] (Fotografía: Nature Plast[®] L'expert en bioplastiques en <<http://natureplast.eu/es/>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

14 Biopolímero termoplástico reutilizable que se presenta en

pequeñas perlititas, en este caso de color blancas, Whitemorph[®] (Fotografía: Thermoworx[®] en <<https://thermoworx.com/products/whitemorph%E2%84%A2>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

15 Biopolímero termoplástico moldeable con las manos una vez se ha fundido (en el punto de fusión marcado en cada producto por el fabricante); cuando se seca se vuelve rígido y duro como un plástico corriente, y se puede volver a reutilizar, Whitemorph[®] (Fotografía: Thermoworx[®] en <<https://thermoworx.com/products/whitemorph%E2%84%A2>> [Consulta: 9 octubre 2021]).

16 Esquema que relaciona el impacto ambiental y la conservación preventiva de los objetos arqueológicos (Imagen: S. Sanlés).

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS ELECTRÓNICOS

ALONSO DE LA SIERRA, J.; LÓPEZ DE LA ORDEN, M.D.; ZAMBRANO, L.C. *Protocolo de entrega de materiales arqueológicos depositados en el Museo de Cádiz*. [En línea] <https://wp.ufpel.edu.br/ppcs/files/2015/09/MCA_protocolo_de_entrega_de_materiales_arqueologicos_como_deposi_2-1.pdf> [Consulta: 29 abril 2020].

ÁRIDOS RECICLADOS-RCD. “El yeso y sus derivados: un problema en los residuos de construcción y demolición”. *Áridos Recicladados-RCD* [blog], 31 de enero de 2020. <<http://aridosrecicladadosrerd.es/blog/el-yeso-y-sus-derivados-un-problema-en-los-residuos-de-construccion-y-demolicion/>> [Consulta: 8 mayo 2021].

BALLIANA, E. [et al]. “Assessing the value of green conservation for cultural heritage: positive and critical aspects of already available methodologies”. *International Journal of Conservation Science*. Vol. 7 (2016), nº 1, p. 185-202. ISSN 2067-533X. Disponible en línea en: <http://ijcs.ro/volume_7.html#SpecialIssue> [Consulta: 31 marzo 2021].

BAMIGO. *Bambú el tejido del futuro. Todo lo que necesitas saber sobre el bambú*. [En línea] <https://bamigo.com/media/wysiwyg/PDF/ES_Bambu_el_tejido_del_futuro.pdf> [Consulta: 10 mayo 2021].

BEJARANO ÁVILA, J.A. *Desarrollo sostenible: un enfoque económico con una extensión al sector agropecuario*. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, 1998. (Colección Documentos Serie Competitividad (IICA); 4). Disponible en línea en: <<http://repositorio.iica.int/handle/11324/7263>> [Consulta: 19 enero 2021].

CARRASCOSA MOLINER, B.; ANGEL PERRIS, A.; FLORS UREÑA, E. “La extracción y consolidación de materiales arqueológicos in-situ. Yacimientos de Torre la Sal y Costamar, Cabanes (Castellón)”. *Arché. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV* (2010), nº 4 y 5, p. 367-394. Disponible en línea en: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30167/2010_04-05_053_060.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consulta: 22 enero 2021].

CEREZO, A; FLORES GUTIÉRREZ, M.; LÓPEZ-BRIONES, C. *La ecología en conservación y restauración de bienes culturales: un reto multidisciplinar*. 2018, AJIUM [Poster], II Congreso Interdisciplinar de Jóvenes Investigadores. Facultad de Bellas Artes, Universidad de Murcia. Disponible en línea en: <https://www.researchgate.net/publication/328578517_LA_ECLOGIA_EN_CONSERVACION_Y_RESTAURACION_DE_BIENES_CULTURALES_UN_RETO_MULTIDISCIPLINAR> [Consulta: 20 marzo 2021].

CEREZO, A; FLORES, M.; GARCIA, A. *Propuestas comunes para introducir la eco-sostenibilidad en el taller de conservación y restauración de bienes culturales*. IV Jornadas doctorales. Universidad de Murcia. Escuela Internacional de Doctorado, 2018. [Poster] Disponible en línea en: <<https://www.researchgate.net/publication/326096611>> [Consulta: 20 marzo 2021].

ECOVATIVE DESIGN. *Mushroom® packaging data sheet*. [En línea] <<https://static1.squarespace.com/static/5c33b1a3c3c16a25b5b770db/t/5f482137b13d073650434cf7/1598562616715/Mushroom%C2%AE+Packaging+Data+Sheet+2020-webside.pdf>> [Consulta: 10 mayo 2021].

GARCÍA-ALONSO, L.; SÁMANO CHONG, M. "La transferencia de tecnología tradicional como alternativa para la conservación sostenible". *Revista CR. Conservación y Restauración*. (2016), nº 10, p. 62. Disponible en línea en: <<https://ilamdocs.org/documento/3620/>> [Consulta: 3 abril 2021].

GIORGI, R. [et al.]. "Nanotechnologies for Conservation of Cultural Heritage: Paper and Canvas Deacidification". *Langmuir*. Vol. 18 (2002), nº 21, p. 8198-8203. DOI 10.1021/la025964d. Disponible en línea en: <<https://pubs.acs.org/action/doSearch?SeriesKey=langd5&AllField=Nanotechnologies+for+Conservation+of+Cultural+Heritage%3A+paper+and+canvas+deacidification>> [Consulta: 3 abril 2021].

GIORGI, R. [et al.]. "New Methodologies for the Conservation of cultural Heritage: Micellar Solutions, Microemulsions and Hydroxide Nanoparticles". *Accounts of Chemical Research*. Vol. 43 (2010), nº 6, p. 695-704. Disponible en línea en: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ar900193h>> [Consulta: 3 abril 2021].

GRUP TÈCNIC CONSERVADORS RESTAURADORS. *Vers una conservació-restauració sostenible: reptes i projectes*. Associació professional dels conservadors- restauradors de béns culturals de Catalunya. XII Reunió tècnica de Conservació i Restauració. MNAC Museu Nacional d'Art de Catalunya, Barcelona. Mayo de 2010.

ICROM. *Conservación preventiva*. [En línea]. <<https://www.icrom.org/es/section/preventive-conservation>> [Consulta: 29 enero 2021].

MACCHIA, A.; LUVIDI, L.; PRESTILEO, F.; LA RUSSA F. M.; RUFFOLO, S.A. "Green Conservation of Cultural Heritage. International Workshop". *International Journal of Conservation Science*. Vol. 7 (2016), nº 1.

MARÍN ORTEGA, S. *Unitat 1.1. Introducció a la arqueologia: prospecció, excavació i conservació. Ciències auxiliars de la arqueologia*. Apuntes de la asignatura "Tècniques de Recuperació de Materials Arqueològics". Barcelona: ESCRBC, 2019.

MARÍN ORTEGA, S. *Unitat 2. El medi arqueològic: causes i efectes de degradació dels materials*. Apuntes de la asignatura "Tècniques de Recuperació de Materials Arqueològics". Barcelona: ESCRBC, 2019.

MARÍN ORTEGA, S. *Unitat 3. Conservació-restauració a l'excavació: tècniques d'extracció, transport, emmagatzematge i conservació preventiva*. Apuntes de la asignatura "Tècniques de Recuperació de Materials Arqueològics". Barcelona: ESCRBC, 2019.

MARÍN ORTEGA, S. *Unitat 6. Conservació i restauració d'estructures in situ. Tècniques i materials emprats*. Apuntes de la asignatura "Tècniques de Recuperació de Materials Arqueològics". Barcelona: ESCRBC, 2019.

MARTÍN PALMERO, F.G. *Desarrollo sostenible: concepto, evolución, modelos y sistemas de medición. Aplicación empírica a la unión europea y Galicia*. Director: Fernando González Laxe. Tesis doctoral inédita. Santiago de Compostela: Universidad de Galicia, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, 2002.

MATEU I GIRAL, J. "La Teoría del Desarrollo sostenible y el objeto de la Educación Ambiental". *Revista interuniversitaria de formación del profesorado: RIFOP*. (1995) nº 23, p. 53-64. Disponible en línea en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=117866>> [Consulta: 22 enero 2021].

MATEU I GIRAL, J. "La Teoría del Desarrollo sostenible y el objeto de la Educación Ambiental". *Revista interuniversitaria de formación del profesorado: RIFOP*. (1995) nº 23, p. 53-64. Disponible en línea en: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=117866>> [Consulta: 22 enero 2021].

MOLINER, C; LASTRAS PÉREZ, M. "Tratamientos de extracción in situ de materiales óseos mayas". En: LAPORTE, J.P.; ARROYO, B.; MEJÍA, H. (eds.) *XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala*. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología, 2008, p. 830-841. Disponible en línea en: <<http://www.asociaciontikal.com/simposio-22-ano-2008/062-begona-y-montserrat-08-doc/>> [Consulta: 13 enero 2021].

MUSEO DE LA EVOLUCIÓN HUMANA. *De la excavación al laboratorio*. Apuntes del curso "De la excavación al laboratorio". Burgos: Museo de la Evolución Humana, 2010.

NOCCA, F. "The role of cultural Heritage in Sustainable Development: Multidimensional Indicators as Decision-Making Tool". *Sustainability*. Vol. 9 (2017), nº 10, p. 1-28; DOI: 10.3390/su9101882.

PALLA, F; [et al.]. "Cold- active molecules for a sustainable preservation and restoration of historical. Artistic manufacts". *International Journal of Conservation Science*. Vol. 7 (2016), nº 1, p. 239-246.

PLASTIC POLLUTION COALLITION. *Open your eyes*. [En línea]. <<https://www.plasticpollutioncoalition.org/#>> [Consulta: 12 mayo 2021].

PORTO TENREIRO, Y. *Medidas urgentes de conservación en intervenciones arqueológicas*. Santiago de Compostela: Laboratorio de Arqueoloxia e Formas Culturais, IIT, USC Universidade de Santiago de Compostela, 2000.

SOTELSEK, D. "Crecimiento y desarrollo sostenible: una visión crítica". *Quórum, Revista de Pensamiento Iberoamericano*. Vol. 1. (2001), p. 115-131. Disponible en línea en: <<https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/7661>> [Consulta: 4 mayo 2020].

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. *Estudian propiedades de la arcilla para remover los contaminantes del agua*. [En línea]. <<https://unlp.edu.ar/investigacion/estudian-propiedades-de-la-arcilla-para-remover-contaminantes-del-agua-16346>> [Consulta: 8 mayo 2021].

VÁZQUEZ, F; BAIGORRIA DI SCALA, J. "De la excavación al laboratorio: recaudos para la conservación del material cerámico". *Comechingonia Virtual. Revista Electrónica de Arqueología*. Vol. 3 (2009), nº 1, p. 24-32. Disponible en línea en: <<http://hdl.handle.net/11086/5104>> [Consulta: 3 mayo 2021].