



ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MATERIALES ÓSEOS SOMETIDOS A TRATAMIENTOS EN HÚMEDO

Viabilidades y limitaciones del uso de barreras temporales

Trabajo final de máster presentado por:

Clara García García

Dirigido por:

Begoña Carrascosa Molina

José Manuel Simón Cortés



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
MÁSTER EN CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE BIENES
CULTURALES

Trabajo Final de Máster, Valencia 2019

ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO
MECÁNICO DE MATERIALES ÓSEOS
SOMETIDOS A TRATAMIENTOS EN
HÚMEDO

Viabilidades y limitaciones del uso de barreras
temporales

Presentado por: Clara García García.

Dirigido por: Dra. Begoña Carrascosa Molina

Codirigido por: Dr. José Manuel Simón Cortés



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Conservación
y Restauración
de Bienes
Culturales
Máster
Universitario
UPV



AGRADECIMIENTOS:

Mostrar mi agradecimiento a mis tutores: Dra. Begoña Carrascosa y Dr. José Manuel Simón por la confianza depositada en mí para llevar a cabo este Trabajo Final de Máster. También dar las gracias a las dos Instituciones que han cedido y prestado los fragmentos: el Museo Arqueológico De Liria y el Museo De Prehistoria De València para realizar los tratamientos en material original.

También agradecer a todo aquellos que han colaborado desinteresadamente en este proyecto como la Dra. M^a Luisa Martínez Bazán en la ayuda brindada en el IRP en el departamento de Colorimetría. La Dra. Sofía Vicente Palomino y Dra M^a Teresa Moltó Orts por la disponibilidad y la ayuda en el departamento de Fotográfica.

A mis padres, por la confianza que siempre me han brindado, por sus recomendaciones en los momentos críticos y por todo el esfuerzo que han invertido para que pudiera disfrutar de una formación académica en el ámbito que me apasiona. Sin olvidar a dos amigos que siempre han estado ahí con soluciones, ayuda y consejos durante la investigación, gracias Cynthia y J. Andrés por todo, ya que sin todos vosotros este trabajo no hubiera sido posible.

RESUMEN:

Los restos óseos arqueológicos se caracterizan por ser materiales muy sensibles a la restauración con tratamientos de limpieza en húmedo. Sus propiedades mecánicas se pueden ver alteradas con mucha facilidad, ya que se trata de un material con una alta higroscopicidad y anisotropía causando una degradación acelerada. Por ello, surge la necesidad de llevar a cabo este Trabajo Final de Máster, para encontrar unas posibles soluciones.

En esta investigación se recoge el proceso experimental que se ha llevado a cabo para comprobar si es posible realizar tratamientos húmedos, mediante el uso de barrera protectora temporal y semitemporal. Para realizar estas barreras se utilizaron dos productos comerciales: el Paraloid B-72® y el Ciclododecano®. Se efectuó una investigación previa, tanto de las características de los productos como del método de empleo, así como una revisión de los antecedentes de uso de estos productos como barrera temporal en otras áreas de la conservación y restauración. Posteriormente se efectuó un barrido general sobre los tratamientos en húmedos más comunes y se eligieron aquellos que se iban a emplear. Para ello las muestras debían de poseer patologías específicas, incrustaciones terrosas y calcáreas, donde se emplearían los tratamientos seleccionados. Todas estas probetas se registraron tanto previamente al proceso experimental como posteriormente. Tras conocer los datos de los resultados e interpretarlos se obtuvieron unas conclusiones de cómo afectaban estos tratamientos en húmedo sobre la pieza al utilizar una barrera temporal ya que se intentaba minimizar el grado de alteración en los materiales óseos.

Palabras Claves: Hueso, Paraloid B-72®, Ciclododecano®, Barreras temporales y tratamientos de limpieza.

RESUM:

Les restes d'ossos arqueològics és caracteritzen per ser un material molt sensible a la restauració, ja que, al aplicar-li els tractaments de neteja que necessita la humitat. Les seues propietats mecàniques es poden veure alterades amb molta facilitat, ja que es tracta d'un material amb una alta higroscopicitat i anisotropia causant una degradació accelerada. Per això, naix la necessitat de realitzar aquest Treball Final de Màster per trobar una possible solució.

En aquesta investigació es reuneix el procés experimental que s'ha portat a terme per a comprovar si es possible realitzar el tractament en banyat amb l'ús de barreres protectores temporals i semitemporals. Per realitzar aquestes barreres protectores s'utilitzaren dos productes comercials: el Paraloid B-72® i el Ciclododecano. Es realitza una investigació prèvia tant de les característiques dels productes com del mètode d'ús i una revisió dels antecedents de l'ús d'aquests productes com barrera temporal en altres àrees de la conservació i restauració.

Posteriorment es va efectuar una barreja general dels tractaments en humit més comuns i s'elegirà els que s'anaven a utilitzar. Les mostres havien de presentar patologies específiques, com són les incrustacions terroses i calcàries on s'aplicarien els processos experimentals com posteriorment. Aquests registres es realitzaren per extraure uns resultats i així dur a terme una comparativa de les dades abans i després del procés experimental. Una vegada conegudes les dades dels resultats i interpretar-les s'obtenien unes conclusions de com interactuen amb els tractaments en humit sobre les peces si s'utilitza una barrera temporal per intentar minimitzar el grau d'alteracions als materials ossos.

Paraules Clau: Os, Paraloid B-72®, Ciclododecano®, Barreres temporals i tractaments de neteja.

ABSTRACT:

The archaeological bones are characterized by materials that are very sensitive to restoration with wet cleaning treatments. Its mechanical properties can be altered very easily, since it is a material with a high hygroscopicity and anisotropy causing accelerated degradation. Therefore, the need arises to carry out this Final Master's Project to find a possible solution.

This research includes the experimental process that has been carried out to check whether it is possible to perform wet treatments, with the use of temporary and semitemporal protective barriers. To make these protective barriers, two commercial products were used: the Paraloid B-72® and the Cyclododecane. A preliminary investigation was carried with both, the characteristics of the product and the employment method.

Also, a background revision of these same products acting as a temporary barrier in other areas of conservation and restoration. Subsequently, a general sweep was carried out on the most common wet treatments and those that were to be used were chosen. For this, the samples had to have specific pathologies, earthy and calcareous incrustations where the selected treatments would be used. All these specimens were recorded both prior to the experimental process and later. These records are made to extract results, thus making a comparison of the data before and after the experimental process. After knowing the data of the results and interpreting them, some conclusions were obtained of how these wet treatments affected the piece if a temporary barrier was used to try to minimize the degree of alteration in the bone materials.

KEYWORDS: Bones, Paraloid B-72®, Cyclododecane®, Temporary barriers and cleaning treatments.

ÍNDICE

I PARTE:

1. INTRODUCCIÓN	
1.1 MATERIALES ÓSEO	
1.1.1 <i>Histología del hueso</i>	13
1.1.2 <i>Degradación de los materiales óseos</i>	15
1.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN.	
1.2.1 <i>Patología en materiales óseos</i>	16
1.2.2 <i>Procesos de restauración</i>	18
1.3 JUSTIFICACIÓN EXPERIMENTAL	
1.3.1 <i>Antecedentes: principales usos de los productos elegidos en el área de la restauración</i>	20
2. OBJETIVOS.....	25
3. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO.....	26

II PARTE: Proceso Experimental

4. PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS	
4.1 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS	
4.1.1 <i>Origen de las muestras</i>	27
4.1.2 <i>Preparación del muestreo para el proceso experimental</i>	29
4.2 DESCRIPCIÓN Y REFERENCIA DEL INSTRUMENTAL	
4.2.1 <i>Análisis colorimétrico</i>	32
4.2.2 <i>Balanza de precisión</i>	33
4.2.3 <i>Microscopía óptica y análisis de la imagen</i>	33

4.3 EJECUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	34
5. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN.	
5.1 ANÁLISIS COLORIMÉTRICOS.....	37
5.2 BALANZA DE PRECISIÓN.....	41
5.3 REGISTRO FOTOGRÁFICOS CON LA LUPA LEICA.....	45
6. DISCURSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
7. CONCLUSIONES	60
7. BIBLIOGRAFÍA.....	62
- ANEXOS.....	64

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, los restos óseos han sido de gran importancia en diferentes áreas como la medicina, la antropología, la arqueología, la historia y para los especialistas en conservación y restauración; formándose así grupos multidisciplinares con los que crear diversos campos de investigación para conocer, verificar, justificar y finalmente explicar la evolución histórica de los seres vivos.

No obstante, antes de empezar, se plantea la primera gran cuestión: ¿Qué se entiende por restos óseos? No solo se pueden considerar restos óseos los que pertenecen a los humanos, sino también a los restos fáunicos y los huesos manufacturados, ya que todos poseen estructuras internas similares, por lo que sufren los mismos procesos de deterioro provocando patologías similares.

Se prosigue sugiriendo la siguiente cuestión: ¿Qué información se puede extraer de los restos óseos? Cuando se descubren enterramientos en las excavaciones arqueológicas se confirma y se trabaja información de diferente índole y de gran importancia como, por ejemplo, en el área de la antropología física, que permiten obtener información sobre, la edad, el sexo, alimentación, la causa de la defunción del individuo, así como de la comunidad (como enfermedades o epidemias, deformaciones); además, permite la realización de estudios antropométricos para catalogar con mayor facilidad los restos.¹

En el área de historia también son de gran importancia. En ocasiones los restos óseos han sufrido algún tipo de rito de enterramiento, acompañados de algunos elementos cerámicos, escultóricos y orfebrería, dando así más información sobre el desarrollo de diferentes técnicas de manufacturación, conocimientos de los materiales, ritos místicos o de culto, gustos, modas, además de la importancia de la posición de enterramiento del individuo, ya que en algunas culturas posee una connotación de carácter religioso. Finalmente, hay que destacar el área del especialista en conservación/restauración dentro del equipo arqueológico, ya que éstos permiten prevenir y realizar una correcta extracción de los hallazgos para garantizar la estabilización de las piezas hasta que se intervengan en el laboratorio.²

Este trabajo surge por las características propias del hueso, ya que su estructura interna dificulta e impide el uso de tratamientos en húmedo para la eliminación de diferentes patologías que suelen presentar en superficie. Estos tratamientos agilizarían las restauraciones y sería una posibilidad de abaratar costes. Para poder llevar a cabo estos tratamientos, lo que se pretende con este trabajo final de máster es realizar una comparativa entre dos productos comerciales cuya función sea crear una barrera temporal que aislé el material óseo. En una primera parte se explicará toda la cuestión teórica, tanto del material óseo como de los productos, en la segunda parte se recopilarán tanto la pruebas como los resultados que serán reflexionados para extraer unas conclusiones que garanticen su viabilidad

¹ ORTEGA PALMA, A Y CERVANTES MARTINEZ, J (2008) "Restos Óseos humanos: patrimonio no valorado" extraído del Antropología. Boletín Oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Nueva Época Núm. 83-84, pág. 116 [Consultado el 26/12/2017]

[<https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/articulo%3A13835>]

² MARTÍN CASTELLANO, E y POZO CANALES, J (2016). " Consolidación de materiales óseos fósil: estudio de penetración de consolidantes" de la revista *Ph 07 investigación*. Nº:7, pág. 25-51 [consultado el 27/12/2017]

[<http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/4072/4038#.WnGpQajibIU>]

1.1 MATERIALES ÓSEOS

1.1.1 Histología del hueso.

El sistema esquelético está formado por huesos y tejido que se encarga de unirlos entre sí. Se ocupa de realizar las siguientes funciones: metabólica (almacena reserva de iones cálcicos y fosfáticos junto con las proteínas), protectora (de los tejidos blandos y la médula ósea) y por último mecánica (encargada de soportar el cuerpo)³

El hueso es un tejido conjuntivo mineralizado, vascularizado y dinámico que va cambiando a lo largo de la vida del individuo. Está formado a partir de laminillas de matriz osteoides calcificada. La disposición de estas laminillas establece la diferencia entre las distintas partes que encontramos en los huesos: cortical (compacto) y trabecular (esponjoso).⁴

Las laminillas están formadas por células osteonas, agrupándose principalmente en la parte cortical. Se alinean en disposición concéntrica donde se encuentran los osteocitos, formando así diferentes conductos llamados Havers.^{5 6} Estos componentes se comunican tanto con el periostio como con el endostio (revestimientos externos e interno respectivamente).

En cuanto a la parte trabecular del hueso, las células osteonas se agrupan formando otra disposición estructural diferente a la de la parte cortical. La estructura trabecular se presenta con una forma discoidal, construida con laminillas acomodadas paralelamente entre sí, formando una red de cavidades areolares donde se sitúa la médula ósea (la encontramos en los huesos de tipo largo y en la columna vertebral)⁷⁸⁹

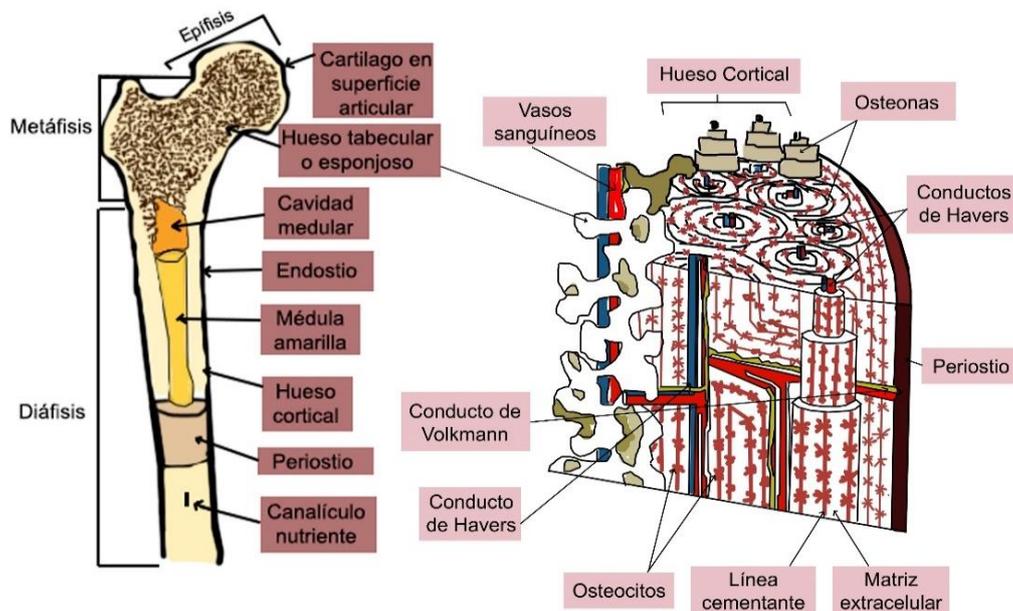


Fig. 1 Macroestructura básica de un hueso largo

³ LARA SÁEZ, I. (2015) Evaluación biológica de nuevos recubrimientos osteoinductores sintetizados vía sol-gel para aplicación en implantología dental, Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia 2015 p. 9 [consultado el 15/10/2017] [<https://riunet.upv.es/handle/10251/51463>]

⁴ Ídem,

⁵ Ídem,

⁶ GODEFROIT, P.; LEDUC, T. *La conservation des ossements fossiles: le cas des Iguanodons de Bernissart*. En CeROArt. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art. 2008. p. 3 [consulta el 15/10/2017] [(URL) [hppt:// journals.openedition.org](http://journals.openedition.org)]

⁷ Davies JE (2007). *Bone bonding at natural and biomaterial surfaces*. Biomaterials 2007. 28

⁸ Ídem.

⁹ FERNANDEZ- TRESGUERRES HERNANDEZ GIL I, ALOBERA GRACIA MA, CANTO PINGARRÓN M, DEL BLANCO JEREZ L. *Bases fisiológicas de la regeneración óseas I: histología y fisiología del tejido óseo*. Med oral patol cir bucal internet 2006; 11:47-51 Issn- 1698-6946 [consultado el 15/10/2017] [<http://www.medicinaoral.com/medoralfree01/v11i1/medoralv11i1p47e.pdf>]

⁹ OLSZTA MJ, CHENG X, JEE SS, et al *Bon structure and formation: a new perspective*. Mater Sci Eng R Rep 2007; 58/77-116 [consultado el 15/10/2017] [<http://msg.mbi.ufl.edu/journalclub-f07/22oct2007.pdf>]

Los huesos contienen hasta un 70% de su peso por componentes minerales (calcio, fósforo, colágeno), entre 10 y 20% de agua y el resto son lípidos y polisacáridos. Hay que destacar de nuevo el colágeno que se concentra en mayor porcentaje en la matriz orgánica extracelular, la cual se encarga de dotar de flexibilidad y resistencia a la presión, torsión y tensión.¹⁰ La composición de los restos puede variar dependiendo de la dieta del ser vivo y de su estilo de vida, ya que varios componentes se pueden sustituir por otros, como por ejemplo el magnesio por el calcio.

En el esqueleto humano encontramos diferentes tipologías de hueso:

- **Los huesos largos:** se caracterizan por ser tubulares y poseen diáfisis y epífisis¹¹. Son huesos compactos en la zona de la diáfisis y huesos esponjosos en el interior de las epífisis, como por ejemplo el húmero.
- **Los huesos cortos:** se caracterizan por su forma irregular, teniendo las mismas partes que los huesos largos, pero en tamaño reducido. Por ejemplo este tipo de hueso es el carpo.
- **Los huesos planos:** se caracterizan por ser delgados. Están compuesto por dos placas paralelas entre sí, formadas por un tejido compacto que le proporciona cierta dureza y protege la parte interior, donde se ubica el hueso esponjoso. Como por ejemplo los huesos del cráneo.
- **Los huesos irregulares:** se caracterizan por su forma poco común y con una peculiaridad apta para su función, como por ejemplo las vértebras y algunos huesos faciales.
- **Los huesos sesamoideos:** se encuentran unidos a los tendones protegiéndolos así del uso y del posible desgarro, como por ejemplo la rótula.

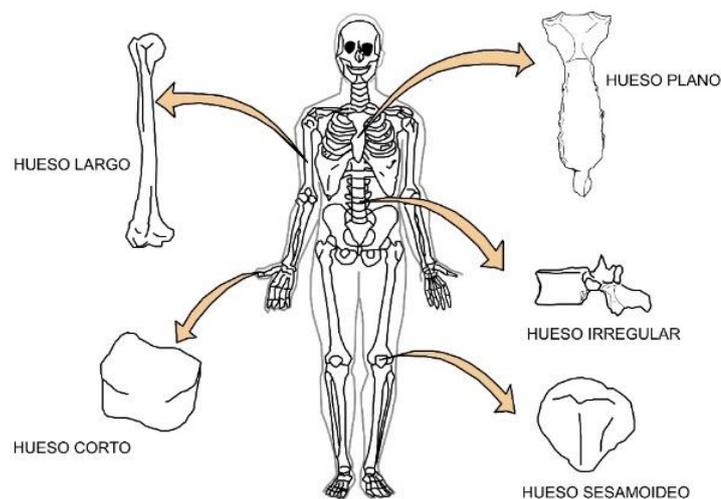


Fig.2 Tipología oses del esqueleto humano

¹⁰ MERELO GINEL, A (2017) *Intervención de piezas fósiles del museo de ciencias naturales de Valencia: embalaje y exposición*. Trabajo Final de Máster en la Universidad Politécnica de Valencia P.3 [<https://riunet.upv.es/handle/10251/86076>] [consultado el 17/10/2017]

¹¹ Definición según la R.A.E [<http://dle.rae.es/?id=FwRC69y>]

- **DIÁFISIS:** 1 f. Anat; Cuerpo o parte media de los huesos largos, que en los individuos que no han terminado su crecimiento está separado de las epífisis por sendos cartílagos.
- **EPÍFISIS:** 2f. Anat; Cada uno de los extremos de los huesos largos, separados del cuerpo de estos durante los años de crecimiento por una zona cartilaginosa, cuya osificación progresiva produce el crecimiento del hueso en longitud.

1.1.2 Degradación de los materiales óseos

En cuanto a los procesos de degradación de este material dependerán de diversos factores previos a su hallazgo, los cuales harán que sea posible su correcta conservación. Estos procesos se dividirán en tres fases¹².

- **Primera fase:** Empieza a desarrollarse durante la vida del ser vivo, ya que durante este tiempo se pueden alterar por diferentes factores como son: la alimentación, enfermedades sufridas, variedad de la especie y edad.

- **Segunda fase:** comienza con la muerte del ser vivo. El principal agente que acrecienta este proceso es de carácter biológico, ya que la descomposición afecta en primer lugar a los tejidos blandos, epidermis, dermis y órganos internos. Esto provoca un gran estrés biológico que puede llegar a afectar a la resistencia mecánica y física de los huesos. Una de las patologías más evidentes en este proceso es la degradación enzimática, la cual se ocupa de realizar una disgregación y destrucción de la fracción mineral provocando así espacios en la disposición de las laminillas, induciendo a un debilitamiento. Una vez ha terminado el proceso de putrefacción, se llega a una estabilidad, aunque dependiendo de las características del sustrato donde estén depositados, afectará o no a su integridad.

Según las condiciones ambientales y el tipo de sustrato, pueden desarrollarse unos deterioros u otros. Uno de los principales factores que condiciona estos procesos es el pH del sustrato. A continuación, se exponen unos ejemplos de lo que ocurre cuando el material óseo está enterrado:

- Suelos **alcalinos y secos**: son aptos para la buena conservación de los restos.

- Suelos **húmedos pero alcalinos**: ayudan a obstaculizar la entrada de oxígeno en el sustrato, por lo que se ralentiza el proceso de oxidación. Si posee una elevada humedad relativa acelera el proceso de mineralización, conservando así su morfología y sus características físicas de la especie, pero perdiendo sus características óseas transformándose en restos fósiles.

- Cuando el terreno se encuentra **húmedo**, por presencia de aguas subterráneas, aumentan las posibilidades de que aparezcan ataques de microorganismos. Éstos debilitan, modifican e incluso llegan a destruir la fracción mineral de la cual se nutren.

- Cuando el hueso está muy debilitado por el ataque enzimático provocando una gran pérdida de fracción mineral, y se encuentra, además, depositado en un **sustrato húmedo**, pueden aflorar fluorescencias o sales de naturaleza mecánica que ayudan a acelerar el proceso de mineralización. Este proceso, el cual rellena los espacios de fracción mineral con sales se cristalizan convirtiéndose en parte del hueso, transformándose así en un fósil.

En esta fase también le pueden causar estrés dos propiedades intrínsecas del propio material, como son la anisotropía y la higroscopicidad. Estas propiedades junto a grandes variaciones de humedad y temperatura ayudan a que los restos óseos sufran modificaciones físicas de dilatación y contracción, o que se hinchen o mermen por la absorción de agua, causando fracturas, fisuras y

¹² BOUZAS ABAD A. LABORDE MARQUEZE. A. *La degradación del hueso* pag, 271 [Consultado 27-11-2017][<https:// Dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/75927.pdf>]

grietas. Es decir, pierden parte mineral, lo que se traduce en un debilitamiento interno y un cambio morfológico que acaba afectando a su lectura.

• **Tercera fase:** Empieza a desarrollarse cuando son hallados los restos óseos durante la excavación arqueológica. Previamente a la exhumación, el terreno se somete a fuertes variaciones debidas a la presión provocada por los movimientos de la tierra, causando estrés y variaciones en la presión que ejerce ésta sobre las piezas. Estas primeras variaciones favorecen la entrada de otros factores extrínsecos, como son la temperatura, humedad, contaminantes atmosféricos y contaminantes lumínicos, provocando la aparición de diferentes patologías que se tratarán en el siguiente punto.¹³

1.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN.

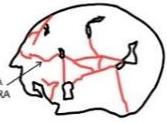
1.2.1 Patologías en materiales óseos

El proceso de degradación del material óseo tiene su comienzo cuando el ser vivo muere, llegando a una estabilidad si los agentes que le envuelven son aptos para su conservación. Esta estabilidad se rompe bruscamente cuando es hallado en una excavación arqueológica. Usando una correcta metodología de extracción, con su respectiva actuación de emergencia, estos daños se pueden reducir. Las patologías habituales que presentan los restos óseos se muestran en la siguiente tabla:

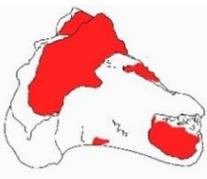
Tabla. 1 Patologías en materiales óseos

Patología	Temporalidad	Causa	Descripción	Ejemplos
Deformaciones	Durante el enterramiento	Alteración de las propiedades mecánicas anisotropía e higroscopicidad	Cambios de direccionalidad de las laminillas y se curva con calor o humedad. Afectando así a la morfología de la pieza.	 <p>PRESIÓN EXTERNA</p>
	Durante el desenterramiento	Alteración por las presiones ejercidas en el suelo con los primeros trabajos de excavación	Presiones que modifican la morfología.	
Manchas	Durante el enterramiento	Condición del material original, su porosidad	Aparece con mucha facilidad, por su condición porosa y su color claro, por lo que se puede teñir tanto por contacto con elementos metálicos como por un sustrato rico en hierro	 <p>DEGRADACIÓN DEL COLOR</p>

¹³ J. M. CRONYN. The elements of Archaeological Conservation. Contributions on marine material by W.S. robinson AAG. 275-282

Quebradizos	Durante el enterramiento	Causado por las presiones del suelo y la descomposición	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas • Fisuras • Fractura • Erosión 	 <p>ROTURA FRACTURA</p>
	Durante el desenterramiento	Causado por presiones del suelo durante el desenterramiento y una mala manipulación	<ul style="list-style-type: none"> • Grietas • Fisuras • Fractura • Erosión 	

Descomposición	Durante el enterramiento	El proceso de putrefacción se realiza con reacciones químicas y encimáticas en presencia de agua	<p>Estos procesos químicos pueden afectar por exceso de acidez la parte inorgánica de los huesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debilitamiento • Disgregaciones • Descohesión • Pulverulencias • Fluorescencia 	 <p>ZONA DEBILITADA DESREGACIÓN</p>
	Durante el desenterramiento	Causa por su debilitamiento interno junto con una manipulación poco cuidadosa	<p>Al someterlo a variaciones y vibraciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disgregación • Pérdida de material original 	

Concreciones	Durante el enterramiento	Por el contacto directos con diferentes sustratos	<p>Los diferentes sustratos se adhieren a la superficie rellenando espacios estructurales Estas concreciones pueden ser débiles, si están en suspensión, o fuertes. Pueden ser de origen terroso o calcáreo</p>	 <p>concreción calcárea</p>
--------------	--------------------------	---	--	--

El trabajo se centrará en las concreciones que, como se ha podido observar en la tabla anterior de patologías, pueden ser costras tanto de origen calcáreo como terroso.

- ❖ **Las Concreciones Terrosas:** Esta patología se caracteriza por la acumulación de “finas laminillas” de suciedad o sustratos que rodean al resto. Habitualmente los ritos de enterramientos favorecen a que aparezcan estas costras, ya que los materiales óseos suelen encontrarse en el suelo. Su dureza dependerá de los ciclos de humectación y secado, como por la composición a través de las coladas arcillosas que van carbonatando, por lo que definirá su compactación de las

“laminillas”, su dureza.¹⁴ El tratamiento de intervención más común suele realizarse través de una limpieza mecánica con ayuda de vibroincisores, multi-herramienta digital de alta velocidad (Dremel®), el uso de cubetas de ultrasonidos, entre otros. Este tipo de tratamientos se caracterizan por no ser reversible por lo que es de vital importancia que el restaurador que los ejecute posea una gran destreza, ya que una mala intervención podría causar daños irreparables. Este tipo de tratamientos se debe realizar gradualmente y con mucha delicadeza para no afectar al original.¹⁵

- ❖ **Concreciones calcáreas:** Los materiales óseos contienen una gran cantidad de carbonato diagenéticos (relación de Carbono/Fósforo)¹⁶. Durante el periodo del enterramiento estos niveles de C/F pueden variar, ya que se pueden disolver o incrementar por las características del medio donde se depositaron. Los anhídridos carbónicos pueden encontrarse en el aire, agua o suelo, reaccionando con el hidrato de calcio del hueso, ganando así volumen y provocando tensiones internas causando un debilitamiento interno¹⁷. Se trata de una patología muy difícil de tratar, debido a que la composición química de la patología que posee gran similitud con el material donde se desarrolla. Esto no significa que no se pueda paralizar o minimizar el daño. Esta patología altera considerablemente la morfología de la pieza pudiendo ocultar algún dato relevante sobre el individuo o causa de la muerte. Por otro lado, incrementa el peso del hueso y su lectura. Lo más habitual, es eliminar de manera manual con herramientas mecánicas, incluso a veces, si la concreción presenta una dureza extrema, se puede añadir una limpieza química con el fin de reblandecerlas y eliminarlas con disolventes. Antiguamente se sometían a baños en soluciones ácidas usando ácido acético al 5%, con su neutralización correspondiente mediante lavados con agua, y un secado con alcohol y acetona. Estos tratamientos se dejaron de utilizar, ya que debilitaba y desintegraba el hueso, afectando así a su salvaguarda.¹⁸ En este trabajo lo que se pretende es buscar una vía alternativa en los tratamientos químicos de manera localizada y controlada para obtener los resultados deseados.

1.2.2 Proceso de intervención

Como ya se ha hecho referencia en puntos anteriores sobre el estado de conservación y su importancia, los factores que influyen e interactúan con el material estudiado serán los que marquen la metodología de actuación y de extracción en un primer momento. Cuando el hallazgo se descubre, se realiza un primer examen visual con el fin de identificar el estado de conservación y así poder plantear el proceso de intervención desde su exhumación hasta el proceso final de restauración llevado a cabo en el laboratorio.

Después de que se haya realizado este primer examen visual de las piezas y estudiado sus características, comienza el proceso de restauración a través de una primera limpieza, la cual se caracteriza por ser selectiva con la suciedad a eliminar y gradual para no causar un alto estrés a la pieza. En un primer contacto se debe

¹⁴MAS BARBERÀ, X. (2010) Conservación y Restauración de Materiales Pétreos. Diagnóstico y tratamientos. València, Universidad Politècnica de València. ISBN: 978-84-8363-583-4. Pág. 76-77 [consultado: 05/09/2018]

¹⁵ROSAS GONZALEZ, A; FORTEA PÉREZLL, J; DE LA RASILLA VIVES,M; FERNÁNDEZ COLÓN, P; HIDALGO GONZÁLEZ, A; LACASA MARQUINAL, MARTINEZ-MAZAL, C; GARCÍA TABERNEROL, A; BASTIRL, M. (2005). *Criterios Restos neandertales de la Cueva de El Sidrón: una restauración al servicio de la investigación paleontológica en PH* Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, nº 53, abril 2005, p. 70-73 [Consultado:18/03/2018]

¹⁶ GUITIERREZ, M; MARTINEZ,G; NIELSEN-MARSH,C (2001) “Alteraciones diagenética y preservación diferencial de los conjuntos óseos de la localidad arqueológica Paso Otero” <[https://www.google.es/search?q=GUITIERREZ%2C+M%3B+MARTINEZ%2CG%3B+NIELSEN-MARSH%2CC\(2001\)+Alteraciones+diagenética+y+preservación+diferencial+de+los+conjuntos+oseos+de+la+localidad+arqueológica+Paso+Otero%2C\(ver+Guti%C3%A9rez%2C+1998\).+\(Estudios+Geo%2F.%2C+56%3A+291-299+\(2001&aqs=chrome..69i57..963j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.es/search?q=GUITIERREZ%2C+M%3B+MARTINEZ%2CG%3B+NIELSEN-MARSH%2CC(2001)+Alteraciones+diagenética+y+preservación+diferencial+de+los+conjuntos+oseos+de+la+localidad+arqueológica+Paso+Otero%2C(ver+Guti%C3%A9rez%2C+1998).+(Estudios+Geo%2F.%2C+56%3A+291-299+(2001&oq=GUITIERREZ%2C+M%3B+MARTINEZ%2CG%3B+NIELSEN-MARSH%2CC(2001)+Alteraciones+diagenética+y+preservación+diferencial+de+los+conjuntos+oseos+de+la+localidad+arqueológica+Paso+Otero%2C(ver+Guti%C3%A9rez%2C+1998).+(Estudios+Geo%2F.%2C+56%3A+291-299+(2001&aqs=chrome..69i57..963j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8) > [Consultado:17/05/2018]

¹⁷ LACAYO TOMAS E. (2002) “Factores de alteración in situ: Conservación preventiva del material arqueológico” En XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2001 (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y B. Arroyo), pp.454- 456. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. Numeri del capítulo 37, paginas on esta la información [consultado el 27/04/2017] < <http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/01/37.01-Lacayo-en-PDF.pdf>>

¹⁸ Pasies Oviedo, T. *La conservación de materiales óseos: antiguos tratamientos y nuevas alternativas de intervención*. Museo de Prehistoria de Valencia, Congreso La Ciencia y el Arte IV y Deporte Ciencias experimentales y conservación del patrimonio, Pág. 299 [Consulta: 17/05/2018 <<file:///C:/Users/Alba%20Colomina/Searches/Downloads/14472.pdf>>

eliminar la suciedad superficial a través de la utilización de herramientas como brochas, cepillos de cerda, bisturí y escarpelo, actuando con sumo cuidado para no incidir sobre la superficie original.

Una vez eliminada la suciedad superficial, se aprecia mejor la superficie del hueso dejándose ver así patologías con unas concreciones de dureza más elevada. Este tipo de patologías es mejor trabajarlas individual y mecánicamente si el hueso te lo permite, mediante el uso de herramientas eléctricas como vibroincisores, multiherramienta digital de alta velocidad (Dremel®) y el uso de cubetas de ultrasonidos. Su uso debe estar marcado por la precaución, ya que pueden causar daños irreversibles en las piezas por su alta agresividad, debilitando el hueso y pudiéndolo fisurar, agrietar e incluso fragmentar.

Las propiedades intrínsecas del material óseo dificultan los tratamientos en húmedo, reduciendo así el abanico de posibilidades. Por ejemplo, las concreciones calcáreas poseen una alta insolubilidad en agua, por lo que se deben aplicar tratamientos fisicoquímicos con el uso de reactivos capaces de debilitar su estructura física a través de reacciones químicas que hacen posible que lo insoluble pase a ser soluble, facilitando su eliminación de manera localizada e independiente. A la hora de escoger un tratamiento se deben tener en cuenta unas premisas como son: el producto, la metodología de aplicación, porcentaje de concentración, tiempo de contacto y una correcta neutralización. Este último paso es de vital importancia para la conservación de la pieza, ya que podría llegar a destruirla a causa de que el reactivo continúe actuando sin diferenciar la incrustación calcárea de la fracción calcárea del propio hueso, causando un debilitamiento y disgregación interna.

A continuación, se presentan los aditivos que se van a tener en cuenta para realizar el siguiente proceso experimental en el que se basa el trabajo:

- **TENSOACTIVOS:**

Los tensoactivos¹⁹ se caracterizan por su poder detergente, de carácter no iónico con un pH que vira a la acidez. Los productos comerciales más utilizados para la eliminación de costras terrosas son los siguientes: Teepol®, Tween 20® y New Des®. Estos productos se encargan de solubilizar estas costras convirtiéndolas en capas arcillosas, permitiendo la utilización de instrumental mecánico para su eliminación completa.

En cuanto a su metodología de uso, hay que recalcar que se pueden sumergir en baños de agua desmineralizada, con un porcentaje que puede oscilar entre el 1 y el 3%, consiguiendo así una limpieza como tensoactivo. Pero si se eleva el porcentaje hasta un 10% se consigue que la limpieza se realice por agentes detergentes, produciendo así residuos que se deben someter a posteriores lavados hasta eliminar todos los restos del detergente.

También se puede aplicar el tensoactivo a través de un vaporizador, regulando las distintas presiones hasta reblandecer y retirar las costras terrosas.

- **AGENTES QUELANTES:**

Este tipo de productos se caracterizan por la capacidad de captar los iones metálicos. Su uso más común se realiza a través de empacos o inmersiones. Los agentes quelantes más utilizados en el mundo de la restauración son los derivados de ácido etilendiaminotetraacético, ácido cítrico junto al amonio cítrico tribásico. Se suelen emplear con una proporción del 1 al 2 % en agua destilada. Posteriormente se debe neutralizar con agua el mismo tiempo que ha estado actuando el ácido en superficie.

La segunda familia de productos procede de unas sales, di- y tetra-sódica. Su principal diferencia reside en el pH en soluciones acuosas. En el caso de la di-

¹⁹ Pasies Oviedo, T. (2015) Conservación y restauración de cerámica arqueológica: Los procesos de limpieza de cerámicas arqueológicas: teoría y práctica aplicada a las decoraciones ibéricas. Impartido en la Universidad Politécnica de Valencia. Apuntes curso De formación permanente

sódica su pH posee una acidez más elevada que las sales tetra-sódicas. Para la eliminación de incrustaciones calcáreas se recomienda el uso de EDTA NA4 (etilendiamina tetraacético tetrasódico) por su pH más básico, actúa de manera más estable y sus reacciones son controladas, ya que actúa acorde a la solubilidad del carbonato formando quelatos con el calcio de la costra. Se aconseja no superar un porcentaje del 5% y una duración de contacto de 30 a 45 minutos. Para la eliminación de costras debemos conocer que EDTA Na4 es mucho más estable y sus reacciones son más controladas, además de que también se puede mezclar con tensoactivos, por ejemplo: EDTA tetra-sódica al 5% en Tween 20 al 2-5%, hidróxido sódico 2-5% en agua desmineralizada²⁰

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA EXPERIMENTAL

Habitualmente se recurren a limpiezas mecánicas para tratar las incrustaciones en los restos óseos. Estos tratamientos pueden causar el debilitamiento hasta afectar a su integridad, por lo que se pretende encontrar un nuevo tratamiento de limpieza en húmedo.

La limpieza húmeda posee una eficacia muy interesante en cuanto a la solubilidad de costras tanto terrosas como calcáreas. Dependiendo de su origen se usará un tratamiento u otro. La problemática surge con la incompatibilidad de los métodos húmedos con el material base.

Por un lado, las costras terrosas se pueden tratar aportando humedad a través de empacos o baños, usando como medio el agua junto con un tensoactivo. Este tratamiento posee un alto grado de agresividad, ya que la estructura se modifica a causa de la absorción de agua, distorsionando así las laminillas estructurales de su composición, tanto en su orientación como en su volumen.

En el otro caso, las incrustaciones calcáreas presentan otra problemática añadida, la semejanza en la solubilidad con la fracción mineral del hueso. Se pretende recurrir al uso de agentes quelantes para convertirlas en solubles. Este tipo de tratamiento se debe aplicar con mucho cuidado y precaución ya que puede afectar a su integridad y resistencia. Después de esta reflexión se plantea una cuestión: ¿Cómo se pueden minimizar los daños al emplear este tipo de tratamiento sobre materiales óseos?

Lo que se pretende con este Trabajo Final De Máster es poder garantizar la salvaguarda de estos bienes al someterlos a diferentes tratamientos en húmedo para minimizar o eliminar diferentes patologías, facilitando y reduciendo los tiempos de manipulación. Para ello se utilizarán dos productos comerciales, la función de los cuales consiste en crear una capa protectora impermeable que permita aplicar un tratamiento al tiempo que evita que el agua o el medio escogido no penetre de ninguna forma en el hueso. Con ello, se amplía el abanico de posibilidades para la aplicación de tratamientos en húmedo sobre huesos, sin interferir química ni físicamente en sus propiedades intrínsecas.

Los productos comerciales que se van a usar en este proceso experimental son de diferente origen. Primero se hablará del Ciclododecano® y posteriormente del Paraloid B72®, explicando su origen, ficha técnica y los antecedentes de su uso en el mundo de la restauración de bienes culturales.

²⁰ (Cremonesi, 2004: 87-90)

- Producto comercial: **CICLODODECANO**

En el siglo XX en Alemania se desarrollan unos estudios pioneros donde se investigó con gran profundidad la familia de los hidrocarburos. Esta investigación la llevaron a cabo el restaurador Hans Michael Hangleiter, junto con dos doctores químicos, Elisabeth Jägers y Erthard Jägers. El objetivo de la investigación se basó en la búsqueda de un material que fuera reversible y con la función de consolidar y proteger temporalmente en algunos procesos de intervención.

Entre estos productos destaca el Ciclododecano. Este pertenece a la rama de los hidrocarburos cíclico saturado alcano, formados por carbono e hidrogeno. Su forma estructural está organizada como un armazón de carbono al que se le unen a través de enlaces simples los átomos de hidrogeno²¹

FICHA TÉCNICA

El Ciclododecano es una molécula orgánica compleja, su fórmula empírica: C₁₂ H₂₄. Es un hidrocarburo cíclico, es decir, su cadena de átomos se organiza en forma de un anillo cerrándose por los extremos. Se caracteriza por su estabilidad dentro de su familia debido a su elevada presión de vapor, 0.073 h Pa (20°C). La particularidad más importante de este producto es su capacidad de sublimar a temperatura ambiente, pasando de estado sólido a gas. También decir que se trata de una sustancia apolar e hidropelente, por lo que permite realizar tratamientos acuosos en materiales con una alta higroscopicidad y anisotropía. También sirve para aislar, como desmoldeante y consolidante de superficies descohesionadas y polvorientas. Este producto se puede aplicar sobre todos los materiales (piedra, papel, madera, tela, pinturas al fresco, pinturas, dorados)^{22 23}

Tabla.2 Características físico-químicas del Ciclododecano®

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:	
FÓRMULA	C ₁₂ H ₂₄
PUNTO DE FUSIÓN	58°-61°
PUNTO DE EBULLICIÓN	247°
PESO ESPECIFICO	0.82 Kg/dm ³
SOLUBILIDAD	Disolventes apolares
INSOLUBLE	Sustancias polares

- Producto comercial: **PARALOID B72®**

El Paraloid™ B72 se trata de un copolímero de etilo y acrilato de metilo a (70:30) creado por Röhm & Haas. A mediados del siglo XX ya se utilizaba esta resina en el campo de la restauración como capa de protección en piezas metálicas.

Durante la década de los 70, el producto sufrió cambios, tanto a nivel morfológico (suavizando la forma del grano) como a nivel de composición (variando las proporciones de un 68:32 a 70:30 de metacrilato de etilo y de acrilato de metilo respectivamente). Estos cambios provocaron un aumento del índice de refracción y cambios en la solubilidad.

Actualmente es soluble en diferentes disolventes como: ésteres, éteres y cetonas, aunque también se disuelve en hidrocarburos aromáticos y clorurados²⁴.

²¹ Ficha técnica del Ciclododecano consultado en la pagina web química Disponible en

[http://www.quimica.es/enciclopedia/Hidrocarburo_alif%C3%A1tico.html] (última consulta 12/07/2018)

²² *Catálogo general* de CTS del 2014 pág 50.[https://www.ctseurope.com/es/pdf/Catalogo_2014.pdf] (última consulta 12/07/2018)

²³ Consulta de la pagina PubChem, base de datos de química abierta, Ficha técnica del Ciclododecano

[<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/cyclododecane#section=Top>] (última consulta 12/07/2018)

²⁴ Roche, A (1986) Paraloid B 72 Rohm and Haas. *Conservation restoration*, p. 37

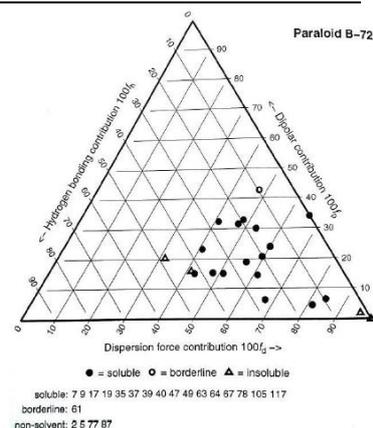
FICHA TÉCNICA

Este producto se caracteriza por las siguientes propiedades: gran durabilidad, resistencia al agua, alcoholes, álcalis y ácidos, gran dureza, resistencia, flexibilidad y crea una película transparente. Todas estas características dependen del disolvente orgánico que se elija para su disolución. También hay que destacar su reversibilidad, ya que si se usa el mismo disolvente que en su disolución se puede regenerar el producto y retirándolo parcialmente ya que siempre quedarán residuos sobre el original.²⁵

Tabla. 3 Características físico-químicas del Paraloid B72®

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS TRIANGULO DE SOLUBILIDAD

RESINA BASE	Homopolímero de isobutimetacrilato
FORMA FISICA	Pellets solidos incoloro
DENSIDAD, 25°C lb/gal	9.6
PARAMETRO DE SOLUBILIDAD	9.3
Tg (oc)	40
ULTIMA PUREZA EN PELICULA KHM	De 10 a 11
ESTABILIDAD	Estable mientras no supere los 260°C
INDICE DE REFRACCION	3 de 1.49
COMPOSICION QUIMICA	Copolímero EMA



1.3.1 Antecedentes: principales usos de los productos elegidos, en el área de la restauración.

Para entender mejor el por qué se ha decidido realizar este trabajo experimental y el por qué se han seleccionado estos productos, se deben recopilar en este apartado todos los estudios que se han llevado a cabo. El Ciclododecano junto con el Paraloid B72 se han empleado en muchas investigaciones para comprobar su metodología de uso para obtener su máxima eficacia. Estos productos poseen unas cualidades muy interesantes para la realización de capas temporales, ya que poseen una alta reversibilidad y carácter apolar que ayuda a repeler el agua, pudiendo emplear sistemas acuosos.

A continuación, se expondrán algunas de las investigaciones en el mundo de la conservación y restauración que se han llevado a cabo, comprobando así la compatibilidad y la ejecución de tratamientos que se han realizado gracias al uso de barreras temporales.

²⁵ Flores López, L (2016) Estudio del comportamiento de adhesivos sintéticos y de sus propiedades físico-químicas aplicados sobre soportes lúgneo, p.46

El uso del Ciclododecano y Paraloid B-72 en la conservación y restauración de obra gráfica

Los primeros artículos que se encuentran sobre el tema se extrajeron de la revista "Journal The American Institute For Conservation"²⁶, en este artículo, fechado en el 1999, se exponían los siguientes resultados y conclusiones a las que llegaron sobre el uso del Ciclododecano sobre obra gráfica.

- La aplicación de producto era relativamente simple
- Baja toxicidad
- Compatibilidad con muchos disolventes
- Fácil eliminación del producto

En esta área se encuentran más ejemplos. El siguiente estudio es posterior, realizado por el catedrático Salvador Muñoz. Estas investigaciones buscaban la posibilidad de usar el

Ciclododecano junto a una capa de Paraloid B72 como fijativo provisional para garantizar la estabilidad de tintas solubles durante su intervención a través de baños.

El uso del Ciclododecano en la Conservación y Restauración de pintura mural:

En este campo las primeras investigaciones que se encuentra son del año 2010²⁷, cumpliendo las funciones de consolidante en pintura mural. La obra que se trató con esta metodología se encontraba afectada por un ataque de sales solubles que se desarrollaron por la presencia de humedad, perdiendo así la pintura y dejando solo los restos de dibujo preparatorio. Se usó el Ciclododecano en las zonas con grietas a modo de consolidante como barrera temporal, para poder inyectar el mortero y que no se filtrara por otros lugares no deseados.

El último trabajo que se ha llevado a cabo en esta área se presentó en el 2016 como Trabajo Final De Máster en la Universidad Politécnica De Valencia. Su finalidad consistía en que a través del uso del Ciclododecano se realizaran arranques de pintura mural en seco. El método fue el siguiente: la capa pictórica al seco se aísla a través de una capa de Ciclododecano y posteriormente con la técnica del strappo se va realizando el arranque, garantizando un buen estado de conservación de la pintura. Una vez arrancado se deben eliminar las telas y colas que se han empleado para el arranque de las pinturas. Lo que se buscaba en este tipo de intervención era la salvaguarda de las pinturas en seco durante este proceso. La pintura al seco se caracteriza por una gran solubilidad en agua, por lo que la función del Ciclododecano es aislar y repeler el disolvente durante este proceso al eliminar la tela de los arranques.²⁸

²⁶ AAVV, Cyclododecane: technical note on some uses in paper and objects conservation, Revista Jaic 1999, tomo 38, Número 2, Artículo 4 pp.162 a 175. [Consultado el 17/4/2018]

²⁷ HANS M. H. (2009) "Il ciclododecano nel restauro dei manufatti artistici" en el *Congreso Bergamo*, 15 septiembre 2009 a cura del Cesmar7. Il prato.

²⁸ LÓPEZ TORRES, M. (2016) *Uso del Ciclododecano en procesos de arranques de pintura mural al seco*. Trabajo Final de Máster. Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Facultad de Bellas Artes Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. [Consulta: 10/10/2017] [<https://riunet.upv.es/handle/10251/74406>]

El uso del Ciclododecano en la conservación y restauración de la pintura de caballete

En cuanto a la investigación realizada por M^a José Jereño en el año 2011 en el ámbito de la pintura caballete,²⁹ se estudió el uso del Ciclododecano para mejorar y garantizar un desclavado de una pintura sobre lienzo con mayor seguridad. Por otro lado, se aplicó este producto para comprobar su comportamiento sobre diferentes tratamientos para extraer una conclusión: se debe tener en cuenta el calor que se aplica a la obra, ya que favorece a la sublimación del producto antes de hora, pudiendo perjudicar al desclavado de la obra por no cumplir las premisas con las que se seleccionó.

El uso del Ciclododecano en la conservación y restauración de escultura

En esta área se ha usado para realizar el desmoldeado de moldes. Esta investigación se llevó a cabo por diferentes investigadores (MAS-BARBERÀ.X, KRÖNER.S, MARTÍNEZ BAZÁN.M, GRAFIÀ SALES. J. VTE, Y OROZCO MESANA,J.) relacionados con la Universidad Politécnica de Valencia. Su fin era encontrar un separador temporal que sellara los poros de los elementos pétreos que se iban a copiar a través de moldes para no alterar la superficie original. Se eligió este producto por su característica de sublimar y así disminuir los residuos que se quedan en la capa original. La solución que mejor funcionó fue una solución al 80% disuelto con xileno³⁰

El uso del Ciclododecano en la conservación y restauración en arqueología

Se ha usado el Ciclododecano como barrera temporal para poder desalar piezas cerámicas³¹ que contenían tintas solubles al agua, obteniendo resultados similares a los del campo de la restauración de papel. Dependiendo del método de aplicación que se aplicó, se obtuvo como resultado una decoloración de la tinta por su gran solubilidad a consecuencia de la sublimación parcial del material, ya que la porosidad de la cerámica no se vio alterada.

²⁹ JAREÑO CÍA, M.J.(2011) *El empleo del ciclododecano, como protección en el proceso de desclavado de la obra*. Tesina de Master. Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Valencia Facultad de Bellas Artes. Universidad Politécnica de València. [Consulta: 10/10/2017] [<https://riunet.upv.es/handle/10251/13185>]

³⁰ MAS-BARBERÀ.X, KRÖNER.S, MARTÍNEZ BAZÁN.M, GRAFIÀ SALES. J. VTE, Y OROZCO MESANA,J. *Cualidades y empleo del ciclododecano durante el proceso de moldeado de fragmentos y originales de soporte pétreo. Casos prácticos*. Revista RG.2014. [Consulta: 4/3/2017] [https://www.researchgate.net/profile/Stephan_Kroener/publication/266844559_Estudio_del_ciclododecano_como_separador_temporal_en_el_proceso_de_moldeado_de_materiales_petros_macroporosos/links/543cf5bb0cf20af5cfbf8e20/Estudio-del-ciclododecano-como-separador-temporal-en-el-proceso-de-moldeado-de-materiales-petros-macroporosos.pdf]

³¹ MUROS, V; HIRX, J. *The use of cyclododecane as a temporary barrier for water-sensitive ink on archaeological ceramics during desalination*

Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269661904_The_Use_of_Cyclododecane_as_a_Temporary_Barrier_for_Water-Sensitive_Ink_on_Archaeological_Ceramics_During_Desalination]

[Última consulta: 2016/2/20]

2. OBJETIVOS

El objetivo principal que se plantea en este Trabajo Final de Máster consiste en comparar y evaluar la efectividad del uso de dos consolidantes, los cuales actúan como barrera temporal a la hora de realizar tratamientos húmedos en el ámbito de la restauración, aplicándolos a materiales óseos arqueológicos.

Para poder desarrollarlos se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Profundizar en el estudio de los tratamientos en húmedo
- Identificar las patologías en los materiales óseos.
- Estudiar si las barreras interactúan correctamente con los materiales óseos, como es la sublimación y los tiempos de contacto de los empacos, así como con las propiedades cromáticas y físicas de éstos.
- Garantizar el uso del Ciclododecano como medio de protección para la eliminación de diversas patologías a través de empacos húmedos, tanto con agua como con soluciones ácidas, en este tipo de material.

3. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

Para realizar este trabajo se dividió en dos fases claramente diferenciadas: La fase teórica y la fase experimental.

• LA FASE TEÓRICA

Esta primera fase se basó en la consulta, recopilación e indagación de fuentes documentales tanto bibliográfica como en línea para conocer tanto el material óseo como los dos productos comerciales que se han seleccionado para realizar la parte experimental de la investigación. Estas fuentes bibliográficas son: tesis doctorales, trabajos de fin de máster, trabajos de fin de grados, artículos de revistas, seminarios, monografías

- Recopilación sobre los materiales óseos: características, composición, proceso de deterioro, tratamientos de restauración.
- Vaciado documental sobre los productos comerciales, Ciclododecano® y Paraloid B72®: composición, tipos de aplicación y antecedentes de uso en otros campos.

• LA FASE EXPERIMENTAL

Esta segunda fase se desarrolló gracias a los conocimientos adquiridos por la primera fase teórica, aunque el vaciado documental continuó con el estudio de los diferentes trabajos experimentales, para marcar y conocer diferentes metodologías de trabajo.

- Lo primero que se realizó fue la selección de las probetas donde se ejecutaron los diversos ensayos. Para ello se seleccionaron fragmentos de huesos arqueológicos que presentaban costras terrosas y costras calcáreas.
- A continuación, se estudiaron y registraron las probetas. Se realizaron pruebas colorimétricas, se comprobó el diámetro de las cavidades del hueso esponjoso, se hicieron pesadas y se realizó un estudio microscópico de la superficie. Este proceso de recopilación de datos se realizó antes y después del ensayo experimental. Sin olvidar que habrá probetas con barrera y sin barrera, observando con mayor claridad los cambios y la efectividad de la barrera temporal.
- Se debe optimizar el procedimiento de elaboración y aplicación de los materiales a testar, además de los tratamientos en húmedo que se van a aplicar para eliminar las patologías deseadas.

II PARTE

4. PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

4.1. PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS

4.1.1 Origen de las muestras

Para empezar, decir que todo el muestrario son huesos arqueológicos de seres humanos. Las muestras han sido facilitadas por la Doctora Begoña Carrascosa, tutora de este Trabajo Final de Máster. La inmensa mayoría de los fragmentos proceden del Museo Arqueológico de Liria, los cuales se seleccionaron de un depósito que dicho museo le cedió a la Doctora para impartir su asignatura de máster en restauración de restos óseos. Además, para completar los grupos se solicitaron dos fragmentos al Museo de Prehistoria de València.

La clasificación de todos los fragmentos que se ha dividido, para una mejor visualización de cada grupo seleccionando así un color diferente para cada grupo. Mostrando así en las siguientes tablas la designación de cada grupo con su número de probetas, sus siglas con sus correspondientes números de inventario original y procedencia.

GRUPO 1: Muestras de hueso limpio. Pertenecen al Museo Arqueológico de Liria en su totalidad.

Nombre de la probeta (para este experimental)	Número Arqueológico
Prob 0 em sb-1	SCOO2
Prob 0 em sb-2	SCOO2
Prob 0 em sb-3	SCOO2
Prob 0 em sb-4	SCOO2
Prob 0 em ccd-5	SCOO2
Prob 0 em ccd-6	SCOO2
Prob 0 em ccd-7	SCOO2
Prob 0 em ccd- 8	SCOO2
Prob 0 em pb72- 9	SCOO2
Prob 0 em pb72-10	SCOO2
Prob 0 em pb72-11	SCOO2
Prob 0 em pb72-12	SCOO2

GRUPO 2: Muestras de hueso limpio. Pertenecen al Museo Arqueológico de Liria en su totalidad.

Nombre de la probeta (para este experimental)	Número Arqueológico
Prob 0 em AC sb-1	SCOO2
Prob 0 em AC sb-2	SCOO2
Prob 0 em AC ccd-3	SCOO2
Prob 0 em AC ccd-4	SCOO2
Prob 0 em AC Pb72-5	SCOO2
Prob 0 em AC Pb72-6	SCOO2

GRUPO 3: Muestras con incrustaciones terrosas. Pertenecen al Museo Arqueológico de Llíria en su totalidad.

Nombre de la probeta (para este experimental)	Número Arqueológico
Prob 1 em sb-1	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em sb-2	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em sb-3	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em sb-4	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em ccd-5	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em ccd-6	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em ccd-7	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em ccd- 8	E.S Sang 2010 Fossar 1002
Prob 1 em pb72- 9	SN/88 sond B UE 1001
Prob 1 em pb72-10	SN/88 sond B UE 1001
Prob 1 em pb72-11	SN/88 sond B UE 1001
Prob 1 em pb72-12	SN/88 sond B UE 1001

GRUPO 4: Probetas con Incrustaciones calcáreas. Diferente procedencia.

Nombre de la probeta (para este experimental)	Número Arqueológico	Procedencia
Prob 2 em sb-1	Sn/88 sond 4B UE 1003	Museo Arqueológico de Llíria
Prob 2 em sb-2	Sn/88 sond 4B UE 1003	Museo Arqueológico de Llíria
Prob 2 em ccd-3	Molí mató – mm:71-	Museo Arqueológico de Valencia
Prob 2 em ccd-4	Moli mató -mm 696-	Museo Arqueológico de Valencia
Prob 2 em pb72-5	Espacio del pabellón exterior nº8 fase E-I-9	Museo Arqueológico de Llíria
Prob 2 em pb 72-6	Espacio del pabellón exterior nº8 fase E-I-9	Museo Arqueológico de Llíria

4.1.2 Preparación del muestreo para la experimentación

Tras la presentación en el punto anterior de la procedencia, propiedad y organización de los grupos experimentales, estos grupos poseerán un número de huesos determinado para comprobar y garantizar que se puedan extraer unas conclusiones coherentes para cada tratamiento. En el diagrama se puede observar la disposición por grupos de cada fragmento.

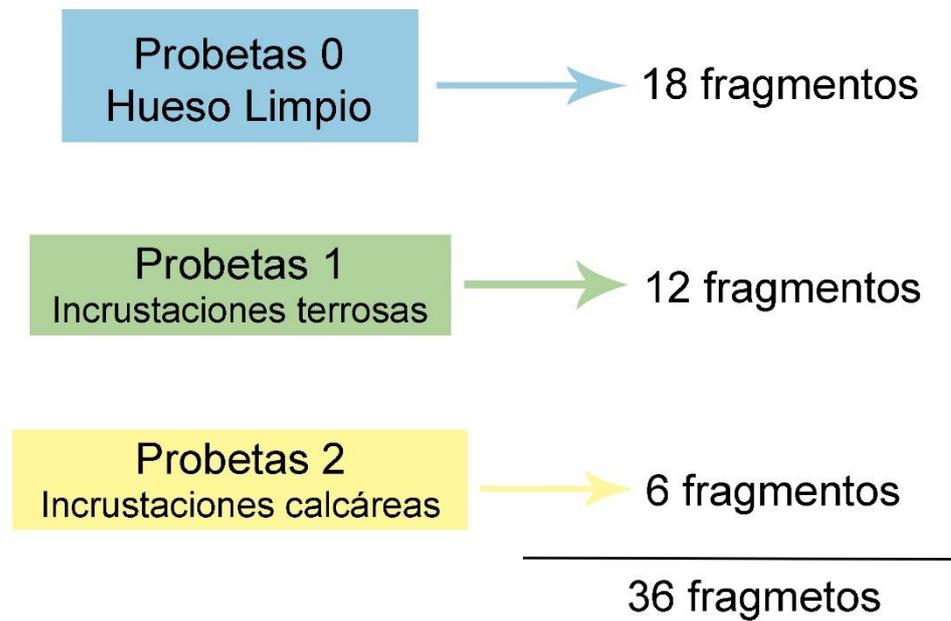


Fig.4: Diagrama 1

A continuación, se presenta el primer grupo de fragmentos, denominado "Probetas 0". Para ello se han seleccionado 18 piezas de hueso limpio. Posteriormente se aplicarán tratamientos en húmedos mediante empacos con tensoactivo y empacos con ácido cítrico. Como se ha explicado con anterioridad, estos procedimientos provocan un alto estrés a las piezas, dejando de testigos a este grupo para poder ver qué ocurre al aplicar estos tratamientos sin barrera protectora ni tener las patologías adecuadas para aplicación de estos tratamientos.

Hacer referenciar de la subdivisión en tres grupos: el primer grupo (prob 0 sb-), no se aplicó ningún tipo de barrera temporal, segundo grupo (prob 0 ccd-) se les aplicaron Ciclododecano®, y al último grupo (prob 0 pb72-), se empleó Paraloid B72®.

A continuación, se presenta una tabla donde se refleja la disposición de los fragmentos y cuáles serán establecidos para los diferentes procesos experimentales. La disposición de las fotografías de cada fragmento se presenta siguiendo el orden de la tabla del grupo 2 y 2.1 planteadas en el punto antes.

Tabla 4. Distribución de los fragmentos Prob 0

Probeta 0 (Hueso limpio)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Nombre
Sin Barrera de protección temporal	Empaco con tensoactivo New dess/h20	3%	15'	Prob 0 em sb-1
			30'	Prob 0 em sb-2
		5%	15'	Prob 0 em sb-3
			30'	Prob em sb- 4
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con tensoactivo New dess/h20	3%	15'	Prob 0 em CCD-5
			30'	Prob 0 em CCD-6
		5%	15'	Prob 0 em CCD-7
			30'	Prob 0 em CCD-8
Con barrera de protección temporal: Paraloid B72	Empaco con tensoactivo New dess/h20	3%	15'	Prob 0 em Pb72- 9
			30'	Prob 0 em Pb72- 10
		5%	15'	Prob 0 em Pb72- 11
			30'	Prob 0 em Pb72- 12

Tabla.5. Distribución de los fragmentos Prob 0 em ácido

Probeta 0 (Huesos limpios)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Nombre
Sin Barrera de protección temporal	Empaco con ácido cítrico / H2o	5%	15'	Prob 2 em sb-1
			30'	Prob 2 em sb-2
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con ácido cítrico / H2o	5%	15'	Prob 2 em CCD-3
			30'	Prob 2 em CCD-4
Con barrera de protección temporal: Paraloid B72	Empaco con ácido cítrico / H2o	5%	15'	Prob 2 em Pb72- 5
			30'	Prob 2 em Pb72- 6

El segundo grupo de huesos arqueológicos, corresponden al grupo "Probeta 1"

Estos fragmentos de huesos arqueológicos presentan incrustaciones terrosas, se acumulan en la parte del hueso cortical formando así una capa más compacta y visible. También se aprecian depósitos en el hueso trabecular, pero estos poseen menor dureza y espesor. Para ello el grupo se divide en tres grupos, Prob 1 Em SB; Prob 1 Em Ccd-; Prob 1 Em Pb72-, los cuales corresponden al tipo de barrera protectora temporal que se le ha asignado. Dentro de ellos se volverán a subdividir en el porcentaje del tratamiento y tiempo correspondiente

Los tratamientos en húmedos que se aplicaron son empacos de New Dess® al 3% y al 10% en agua destilada, durante dos periodos de tiempo, 15 y 30 minutos. En el siguiente esquema se observa su disposición.

Tabla.6 Distribución de los fragmentos Prob 1 em new dess®.

Probeta 1 (Incrustaciones terrosas)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Nombre
Sin Barrera de protección temporal	Empaco con tensoactivo New dess/h20	3%	15'	Prob 1 em sb-1
			30'	Prob 1 em sb-2
		5%	15'	Prob 1 em sb- 3
			30'	Prob 1 em sb- 4
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con tensoactivo New dess/h20	3%	15'	Prob 1 em CCD-5
			30'	Prob 1 em CCD-6
		5%	15'	Prob 1 em CCD-7
			30'	Prob 1 em CCD-8
Con barrera de protección temporal: Paraloid B72	Empaco con tensoactivo New dess/h20	3%	15'	Prob 1 em Pb72- 9
			30'	Prob 1 em Pb72- 10
		5%	15'	Prob 1 em Pb72- 11
			30'	Prob 1 em Pb72- 12

El cuarto grupo corresponde a los huesos arqueológicos que presentan concreciones calcáreas. Como se ha realizado con los anteriores grupos, estos fragmentos se subdividen en tres grupos correspondiendo al tipo de barrera temporal que se les ha aplicado (Prob 2 Em Sb-; Prob 2 Em Ccd; Prob 2 Em Pb72). La segunda subdivisión se trata del tiempo de actuación que se aplicó en el tratamiento, cómo se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla.7 Distribución de las probetas 2, tratamiento de empacos de ácido.

Probeta 2 (Incrustaciones Calcáreas)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Nombre
Sin Barrera de protección temporal	Empaco con ácido cítrico / H2o	5%	15'	Prob 2 em sb-1
			30'	Prob 2 em sb-2
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con ácido cítrico / H2o	5%	15'	Prob 2 em CCD-3
			30'	Prob 2 em CCD-4
Con barrera de protección temporal: Paraloid B72	Empaco con ácido cítrico / H2o	5%	15'	Prob 2 em Pb72- 5
			30'	Prob 2 em Pb72- 6

4.2 DESCRIPCIÓN Y REFERENCIA DEL INSTRUMENTAL

4.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS:

En este apartado se identificarán los métodos de análisis no destructivos que se han empleado para analizar y conocer con más profundidad a las piezas. Estos ensayos se han realizado tanto previamente como posteriormente al proceso experimental. A continuación, se presentan dichos ensayos:

1. Realización del registro colorimétrico de los fragmentos.
2. Registro de las pesadas de los fragmentos durante todo el proceso experimental.
3. Registro de la temperatura/humedad del lugar donde se realiza todo el proceso experimental.
4. Registro del tamaño del diámetro del hueso trabecular, a través de la utilización del microscopio óptico.

4.2.1 Anàlisis Colorimétrico

El primer método de análisis que se realizó fue un registro colorimétrico de todos los fragmentos. Este tipo de examen no destructivo no causa ningún tipo de alteración a las probetas.

La colorimetría forma parte del estudio de la óptica, esta se ocupa de medir el color de una superficie. Para comprender como funciona la colorimetría, se van a referenciar dos conceptos básicos para entender mejor su función.

El primer concepto, la trivarianza visual, radica en la propiedad de la visión cromática con la mezcla de tres colores, pudiendo igualar visualmente así cualquier color excepto un puro. Con esta técnica se consigue medir el color a través de la captura de las ondas que desprende la reflectancia de la luz en la superficie, convirtiéndolos en tres coordenadas (CIEY XY, CIEL*a*b y CIEL C*h*) que se corresponden a un punto específico del espacio cromático, pudiendo así registrar un color concreto y transformarlo en una referencia numérica. Estos datos se pueden registrar y archivar, para usarlos como referencia en un futuro, reflejando como estaba la superficie cuando se tomaron las muestras iniciales, como han ido envejeciendo, y ayudando a valorar los cambios que sufre la superficie durante los procesos de intervención.

Para realizar este análisis se siguió la siguiente metodología:

Debido a la naturaleza del material estudiado (restos óseos) se seleccionaron las zonas para los disparos en el periostio del hueso. Estas zonas del hueso poseen las características que se acercan más a las características deseadas para llevar a cabo dicho examen. Los factores más importantes que deben presentar las muestras son la planitud y la homogeneidad. La mayoría de los fragmentos presentan estas características, pero hay algunos que posee mayor rugosidad, por lo que se intentaron seleccionar las zonas más planas posibles. El espectro colorímetro portátil que se uso fue Minolta CM-2600d ®. El barrido se realizó por contacto directo por lo que la selección de los puntos es de gran importancia. Se debe realizar en la misma área, durante todo el proceso experimental. Para ello se localizaron las áreas a través de plantillas de acetato marcando la zona seleccionada y rasgos más característicos de los fragmentos para así mejorar su localización antes y después del experimental. Para mejorar el contacto con la superficie a registrar se utiliza una máscara de referencia CM-A147

³²(para Ø 3 mm) en la condición 5. Se realizan tres veces los disparos en diferentes puntos de la misma área acotada.

Cuando se terminó de realizar el barrido, se volcaron los datos para posteriormente interpretarlos y extraer los resultados para su comprobar del antes y el después del proceso experimental viendo así que producto es el más efectivo y acorde con los objetivos que persigue esta investigación. ^{33 34}



Fig.3 .Registro colorímetro



Fig.4 .Registro colorímetro

4.2.2 Balanza de precisión



Fig.5 Balanza de precisión

El segundo análisis que se ha llevado a cabo ha sido la pesada de los fragmentos con una balanza de precisión.³⁵ Este tipo de análisis es básico en cualquier proceso experimental, ya que se trata de un método rápido y económico con él que se puede extraer información importante de las piezas. Para ello se han realizado mediante la balanza de precisión de la marca Scont-pro 2000p® con una precisión de 0.1 g del aula-taller de la asignatura de restauración de bienes arqueológicos.

³² Manual de instrucciones del aparato web[https://www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual/color/pdf/cm-2600d-2500d_instruction_spa.pdf] [consultado el día 24/5/2018]

³³³³ Técnica de análisis para el estudio de soportes ligneos en retablos de la isla de Tenerife. Propuesta metodológica para su aplicación en el campo de la conservación y restauración" Autora: Olvidia soto Martin,, año:2010 (pag,18) Consulta: 8/5/2018

³⁴ Lastras Pérez, M. (2007). Investigación y análisis de las masillas de relleno para la reintegración de lagunas cerámicas arqueológicas pag. 169-170 [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/11224

³⁵ (MAS BARBERÀ, Xavier. 2006).

4.2.3 Microscopia óptica y análisis de imagen



Fig.6 Microscopio estereoscópico

La microscopia óptica se trata de un método de análisis no destructivo. Se basa en la capacidad de acercar al ojo humano, focalizando e incluso pudiendo hacer un registro de detalle o peculiaridad de la pieza con unos aumentos considerables.³⁶

El último ensayo no destructivo que se ha llevado a cabo se utilizó una lupa binocular Leica® con luz transmitida. Se utilizó para observar de forma general las muestras y así conocer mejor su estabilidad interna y la magnitud de las patologías.

Luego se registraron unas áreas de la parte del hueso trabecular para estudiar y comparar el tamaño de los orificios trabeculares antes y después de la investigación experimental. Si la muestra lo permitía, se registraban las zonas más porosas localizadas en la parte del periostio. Esto permite comprobar la eficacia de las barreras temporales y poder demostrar su garantía posteriormente.

Las microfotografías se realizaron con un microscopio estereoscópico modelo MZ APO de la marca Leica, con aumentos de 8x hasta 80x e iluminación por fibra óptica bilateral.

Se realizaron registros fotográficos digitales de las probetas con aumentos de 10x, 16x, 25x, 40x, 50x, 63x y 80x con variaciones en los tiempos de exposición, pudiendo observar las probetas antes y después de someterlas a los ensayos.

4.3 METODOLOGÍA DEL PROCESO EXPERIMENTAL

La metodología que se empleó en el proceso experimental se divide en cuatro puntos: la preparación del muestrario, la aplicación de las barreras temporales, la ejecución del tratamiento en húmedo y por último la eliminación de las barreras temporales.

1. La preparación del muestrario:

Este punto ya se ha desarrollado con anterioridad, por lo que ya se conocen los grupos y subgrupos de las probetas, junto con los tratamientos y barreras que se les aplicarán. Su función es identificar y clasificar todas las probetas que se van a requerir para es el proceso experimental.

2. Aplicación de las barreras temporal

Se han aplicado dos tipos de barreras protectores: La primera barrera que se ha aplicado fue Paraloid B72® disuelto en acetona al 10%, se decidió esta opción ya que la película quedaba en superficie y tenía cierto espesor que dificultaba su penetración. La

³⁶ GÓMEZ, M.L., 2008. *La Restauració : Examen Científico Aplicado a La Conservación De Obras De Arte*, 186

capa de protección se ha aplicado con pincel por la superficie que se deseaba proteger para que no estuviera en contacto con el empaco aislando el hueso de la máxima humedad que sea posible.

La segunda barrera protectora se ha realizado con Ciclododecano®, para aplicar esta solución se optó usar en spray, ya que era la opción más compatible con este tipo de material y el tiempo de sublimación era suficiente para aplicar los tratamientos. La proyección del producto fue a una distancia de 3-4 mm sobre las probetas, insistiendo en las zonas donde el producto no había formado el velo característico. En las zonas donde se iban aplicar los tratamientos o se localizaban las patologías a tratar se hacían reservas antes de aplicar el Ciclododecano®.



Fig.7 Capa de protección temporal Ciclododecano® Fig.8 Capa de protección temporal de Paraloid B72®

3. Ejecución de los tratamientos

Este paso se divide en dos tratamientos diferentes con sus respectivos grupos de probetas señalizados previamente.

El primer tratamiento que se va a testar, son los empacos con tensoactivo, en este caso se seleccionó New Dess® a dos proporciones. Se utilizó arbocel BWW40r como soporte del empaco. Las proporciones fueron 4.5 g de Arbocel BWW40® con 11 ml de New Dess® para conseguir la humedad apropiada para reblandecer una capa de suciedad. Una vez obtenido el empaco se coloca sobre el área deseada y que se había reservado para aplicar previamente la capa de protección.

Se colocó el empaco en el lugar indicado de cada hueso y se envolvió el fragmento en film para ralentizar la evaporación y favorecer su penetración. El tiempo de contacto fue de 15' a 30'. Una vez pasado el tiempo de contacto se retira el empaco, se realiza la limpieza con los medios necesarios (cepillados, utilización de sondas, bisturís y escarpelo, hisopos) y agua destilada para retirar los residuos originados por el tensoactivos.

El segundo tratamiento que se realizó sobre las probetas que presentan concreciones calcáreas consistían en empacos con ácido cítrico usando como soporte Arbocel BWW40®. Las proporciones fueron 10 gramos de arbocel BWW40® 18 ml de ácido cítrico al 5%. Una vez aplicado se envolvió la pieza en film para ralentizar su evaporación y mejor penetración. Tiempo de contacto 15' o 30'. Una vez



Fig.9 Limpieza



Fig.10 Limpieza



Fig.11 Limpieza

pasado el tiempo de contacto se retira el empaco, se realiza la limpieza con los medios pertinentes (cepillados, utilización de sondas, bisturís y escarpelo, hisopos) y se neutraliza la zona con agua destilada a través de empacos de algodón el doble de tiempo que el empaco de ácido y dejando en film. Los empacos de agua se cambiaron al ver transcurrido la mitad del tiempo para favorecer así la neutralización.

4. Eliminación de las barreras protectoras temporales.

La primera barrera que se elimino fue creada con el producto comercial: Paraloid B72® se ha utilizado el mismo disolvente para regenerados y poder retirar de manera mecánica. Se ha sometido a baños de acetona y un cepillado por la parte cortical y con hisopo por la parte trabecular. Aun así, se han hecho registros fotográficos con luz ultravioleta y observaciones con la lupa binocular después del proceso experimental para confirmar la reversibilidad del producto.

Luego se han eliminado las barreras creadas con Ciclododecano®. La característica de este producto es la sublimación a temperatura ambiente. Se hicieron pruebas previas para ver cuánto tiempo tardaba en sublimar el producto, dando un resultado de 16 días hasta la sublimación completa. Por ello, se optó por la acción de aplicar calor controlado con una pistola de calor (secador) para aumentar progresivamente la temperatura de la cámara de gases hasta alcanzar unas temperaturas máximas de 27° C. Elevando la temperatura en cuestión de 2 horas/ 2 horas y media el Ciclododecano® aceleraba su proceso de sublimación hasta



Fig. 12 Baños de acetona para eliminar la capa barrera

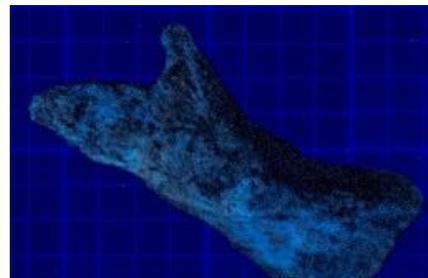


Fig. 13 Fotografías luz ultravioleta

5. RESULTADOS

En este apartado se registran y se plasman los resultados de los exámenes no destructivos que se han llevado a cabo durante todo el proceso experimental de este trabajo.

5.1 COLORIMETRIA

En este punto se recogen las tablas y gráficas donde se plasman los cambios cromáticos que han sufrido las probetas durante el proceso experimental.

- PROB 0 EM :

Todos los colores se han modificado el cambio más notable ha sido **Nº disparo 6** seguido del **Nº disparo 9**, en tercer lugar el **nº de disparo 1** y el **disparo 4** son los últimos fragmentos que más cambios evidentes.

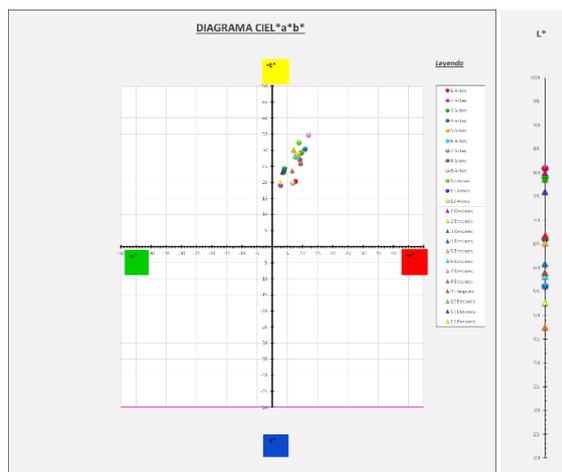
Nº disparo 6 → Este fragmento se aplicó Ciclododecano como barrera y se sometió a un tratamiento de limpieza, empaco de New Dess 3% durante 30 minutos. Se obtiene el peor resultado en cuanto a la diferencia del antes y después ($\Delta E_{ab}=17,987$). En cuanto al croma ni la saturación se han modificado.

Nº disparo 9 → El segundo fragmento que se ha registrado más cambio en la diferencia del antes y después ($\Delta E_{ab}=15,10$). Ha este fragmento se aplicó una capa de Paraloid B72 y una limpieza de New Dess al 3 % durante 15 minuto. En cuanto al croma no ha variado aunque los registros son diferentes no lo suficientes para cambiar el rango, Tiene un tono naranja amarillo y un croma débil.

Nº de disparo 1 → Este fragmento no presenta barrera alguna y un tratamiento corto de New dess® al 3% durante 15,'se registra una diferencia es de $\Delta E_{ab}=6,98$. En cuanto su croma varia de débil a medio y afecta al tono modificando su color de naranja amarillento a naranja amarillo. Consiguiendo un aumento de la saturación.

Nº De disparo 4--> Este fragmento no presenta barrera alguna y un tratamiento de mayor tiempo que el anterior de New Dess® al 10% durante 30' registrando una diferencia es de $\Delta E_{ab}=6,58$. Su croma no se registra modificaciones antes y después, medio y un tono modificando su color de naranja amarillento. Los cambios no son muy significativos, ya que el tono continúa en el rango del amarillo sin variar, lo que significa que los huesos no se han saturado de forma exagerada.

Por lo que se puede decir que estos fragmentos limpios no han sufrido gran cambio cromático. Concluyendo que el tratamiento en húmedo no alteran el croma ni el tono de las piezas.



Gráfica 1. Prob 0 em

Tabla.8 Diferencias de los parámetros L* a* y b*

Nº disparos	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
1	0,7	1,58	6,76	6,9773921
4	4,75	-1,46	-4,31	6,5780088
2	-1,07	-0,09	0,91	1,4075155
3	-0,41	-0,11	-1,04	1,1232987
5	17,866	-2,083	-0,087	17,987229
6	2,49	-2,27	-7,523	8,2430898
7	-7,93	-0,633	-1,11	8,0322904
8	2,263	-0,413	3,516	4,2016656
9	14,537	-0,084	4,087	15,100828
10	-3,797	1,403	-2,236	4,6244258
11	1,03	0,657	1,067	1,6220475
12	-0,596	-0,003	0,594	0,8414636

Tabla.9 Nomenclatura del croma v el tono

Nom	C*(a)	Nom	C*(d)	Nom	hº (a)	Nom	hº (d)	Nom
1	21,79	Débil	28,68	Medio	69,35	naranja amarillento	71,17	naranja amarillo
2	19,36	Débil	20,25	Débil	82,08	amarillo anaranjado	82,69	amarillo anaranjado
3	24,76	Débil	23,72	Débil	80,71	amarillo anaranjado	80,60	amarillo anaranjado
4	32,25	Medio	27,69	Medio	70,49	naranja amarillento	70,33	naranja amarillento
5	27,65	Medio	30,95	Medio	74,356	naranja amarillo	76,823	naranja amarillo
6	29,77	Medio	29,093	Medio	71,56	naranja amarillo	75,41	naranja amarillo
7	37,3	Medio	29,176	Medio	71,093	naranja amarillo	70,543	naranja amarillento
8	30,32	Medio	27,613	Medio	71,316	naranja amarillo	70,543	naranja amarillento
9	20,883	Débil	24,773	Débil	71,146	naranja amarillo	74,343	naranja amarillo
10	33,02	Medio	31,273	Medio	75,23	naranja amarillo	71,683	naranja amarillo
11	23,18	Débil	23,76	Débil	81,326	amarillo anaranjado	81,523	amarillo anaranjado
12	29,963	Medio	31,17	Medio	73,746	naranja amarillo	73,146	naranja amarillo

- PROB 0 EM AC

A rasgos generales los resultados han variado a menor escala que los fragmentos sometido a tratamientos con tensocivos. Estos fragmentos estaban limpios sin ninguna patología. Se registran variaciones mayores en la diferencia del antes y después: **Nº disparos 2** con $\Delta E_{ab}=9,31$, seguido por **el nº de disparo 1** $\Delta E_{ab}=5,27$ seguido del **nº de disparo 3** $\Delta E_{ab}=5,17$ El mejor resultado se registra en **nº de disparo 5** $\Delta E_{ab}=0,83$
1708

Nº disparos 2 --> Este fragmento no se aplicó ningún tipo de barrera protectora. Se aplicó un tratamiento a base de empacos de New Dess a 5% durante 30 minutos. La diferencia que se registra en el antes y después del tratamiento $\Delta E_{ab}=9,31$. En cuanto al croma se mantiene dentro de su rango medio pero se registra una pequeña disminución en los valores. En cuanto el tono también se mantiene dentro de su rango de naranja-amarillo.

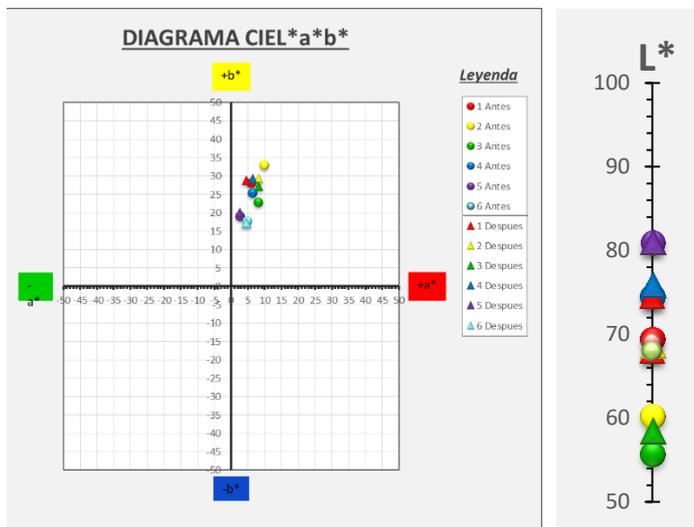
Nº disparo 1 --> Este fragmento no se aplicó ningún tipo de barrera, Se aplicó un tratamiento a base de empacos con New Dess a 5% durante 15 minutos. La diferencia

que se registra en el antes y después del tratamiento $\Delta E_{ab}=5,27$. En cuanto al cromatismo se mantiene dentro de su rango medio pero se registra un incremento en los valores. El tono cambia de naranja-amarillo a Amarillo anaranjado, perdiendo saturación.

Nº Disparo 3--> Se aplicó Clícidodecano como barrera temporal, para un tratamiento a base de un empaco de ácido cítrico a 5% durante 15 minutos registrando una diferencia en el antes y después de $E_{ab}= 5,17$. El cromatismo ha aumentado de débil a medio pero sin afectar al tono que se mantiene en naranja amarillo.

Al contrario el mejor resultado se ha encontrado en la **disparo Nº 5** con una desviación de $\Delta E_{ab}=0,83$. El cromatismo tampoco se ha visto alterado manteniéndose en el rango de débil, aunque se han registrado unas pequeñas variaciones aumentando los valores en el antes y después, En cuanto al tono es el registro que menos ha variado, quedándose en el tono de amarillo anaranjado.

En general este tipo de tratamiento no afecta gravemente el color de las piezas, aunque como se aprecian modificaciones en sus valores. Este tipo de tratamiento ha impactado a menos escala de desgaste que el anterior tratamiento teniendo en cuenta que los dos grupos son hueso limpio las variaciones han sido menores.



Gráfica 2. Prob 0 em AC

Tabla.10 Nomeclatura del cromatismo y el tono

Nom	C*(a)	Nom	C*(d)	Nom	hº (a)	Nom	hº (d)	Nom
1	28,74	Medio	29,09	Medio	78,01	naranja- amarillo	81,04	Amarillo anaranjado
2	34,52	Medio	30,43	Medio	73,56	naranja- amarillo	74,38	naranja- amarillo
3	24,26	Débil	28,48	Medio	70,79	naranja amarillento	73,42	naranja amarillento
4	26,24	Medio	29,89	Medio	76,27	naranja- amarillo	77,68	naranja- amarillo
5	19,36	Débil	20,17	Debil	82,08	Amarillo anaranjado	82,53	Amarillo anaranjado
6	18,42	Debil	17,80	Debil	74,77	naranja- amarillo	75,36	naranja- amarillo

Tabla.11 Diferencias de los parámetros L* a* y b*

Nºdisparos	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
2	8,34	-1,59	-3,81	9,305901
1	5,03	-1,45	0,63	5,272599
3	2,75	0,15	4,38	5,173915
4	1,43	0,15	3,71	3,978882
6	1,14	-0,32	-0,55	1,305565
5	0,01	-0,03	0,83	0,830602

- **PROB 1 EM**

Todos las probetas presenta un cambio cromático, él que más ha cambiado ha sido **Nº disparo 10** seguido del **Nº disparo 4** en tercer lugar el **Nº de disparo 2** y el **Nº disparo 1** son los últimos fragmentos que más cambios evidentes.

Nº disparo 10 → A este fragmento se aplicó una barrera de Paraloid B72® para un posterior tratamiento con empacos de New Dess al 3% durante 30 minutos. Este fragmento registra la diferencia más significativa ($\Delta E_{ab}^* = 27,62$.) En cuanto al croma no ha cambiado pertenece al parámetro de los amarillos con una intensidad media pero cuanto al tono ha cambiado de naranja - amarillo a naranja amarillento disminuciones así la saturación.

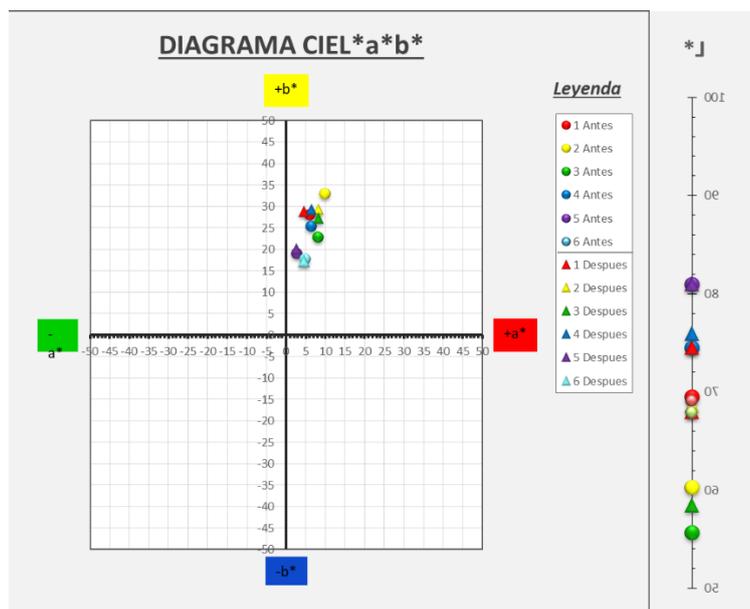
Nº disparo 4 → Este fragmento no presenta en superficie ninguna barrera y en concreto, este fragmento se sometió a una limpieza por empacos de New Dess al 10 % durante 15 minutos. Esta pieza ha sufrido una diferencia de $\Delta E_{ab}^* = 20,47$. La variación que registra el parte del croma no es lo suficientemente notable para cambiar de nomenclatura en cuanto al tono tampoco ha variado.

Nº de disparo 2 → No presenta en superficie ninguna barrera y en concreto este fragmento se sometió a una limpieza por empacos de New Dess al 1 3% durante 30 minutos. Esta pieza ha sufrido una diferencia de $\Delta E_{ab}^* = 17,20$. La variación que registra el apartado del croma no es lo suficientemente notable para cambiar de nomenclatura en cuanto al tono ha variado de naranja amarillento a naranja – amarillo.

Nº disparo 1 → No presenta ninguna barrera protectora, se sometió a una limpieza por empacos de New Dess al 1 3% durante 15 minutos. Esta pieza ha sufrido una diferencia de $\Delta E_{ab}^* = 14,06$ La variación que registra el partido del croma no es lo suficientemente notable para cambiar de rango. El tono ha variado de naranja amarillento a naranja-amarillo

Los cambios no son muy significantes, ya que los cambios en el tono continúan dentro del rango del amarillo sin variar a otros tonos, lo que significa que los huesos no se han saturado. Aunque se tratan de probetas de hueso que presentan en superficie una serie de costras terrosas no varía mucho el tono ya que la patología era en cierta manera del mismo tono y los registros se tomaron en zona medianamente limpias. De todas maneras ni el tono ni el croma se ha visto modificado exageradamente.

Las variaciones más discretas se registran en los fragmentos que se les aplicó la barrera de protección temporal.



Gráfica 3. Prob 1 em

Tabla.12 Nomenclatura del cromata y el tono

Nom	C*(a)	Nom	C*(d)	Nom	hº (a)	Nom	hº (d)	Nom
1	28,74	Medio	29,09	Medio	78,01	ranja- amari	81,04	Amarillo anaranjad
2	34,52	Medio	30,43	Medio	73,56	ranja- amari	74,38	naranja- amarillo
3	24,26	Débil	28,48	Medio	70,79	anja amarille	73,42	naranja amarillento
4	26,24	Medio	29,89	Medio	76,27	ranja- amari	77,68	naranja- amarillo
5	19,36	Débil	20,17	Debil	82,08	arillo anaran	82,53	Amarillo anaranjad
6	18,42	Debil	17,80	Debil	74,77	ranja- amari	75,36	naranja- amarillo

Tabla.13 Diferencias de los parámetros L* a* y b*

Nºdisparos	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
2	8,34	-1,59	-3,81	9,305901
1	5,03	-1,45	0,63	5,272599
3	2,75	0,15	4,38	5,173915
4	1,43	0,15	3,71	3,978882
6	1,14	-0,32	-0,55	1,305565
5	0,01	-0,03	0,83	0,830602

- PROB 2 EM AC

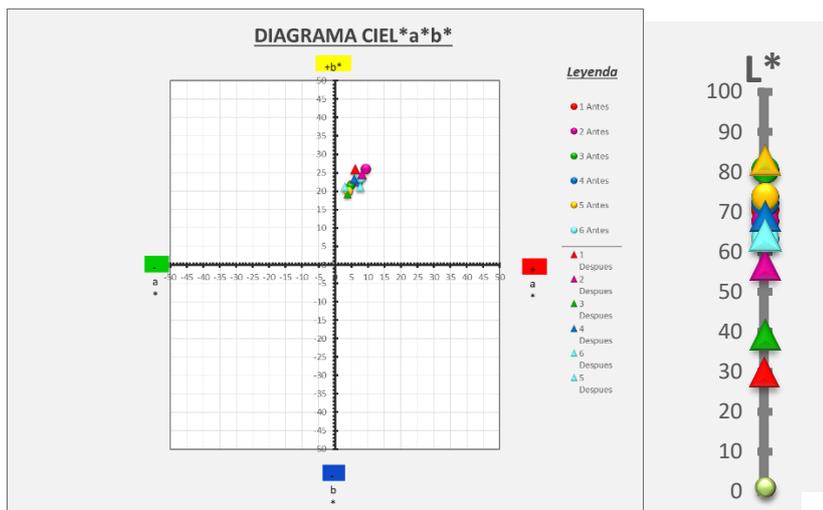
Los resultados han variado a menor escala que los fragmentos sometidos a tratamientos con tensoactivos, pero más que el grupo de huesos limpios con el mismo tratamiento. Estos fragmentos presentan incrustaciones calcáreas en superficie. Los fragmentos que se registran con mayor diferencia en el antes y después son los siguientes: **Nº disparos 3** con una diferencia de $\Delta E_{ab}=41,76$, seguido por el **Nº de disparo 1** $\Delta E_{ab}=41,19$ seguido del **Nº de disparo 2** $\Delta E_{ab}=11,51$. El mejor resultado se registra en **Nº de disparo 6** $\Delta E_{ab}=2,52$.

Nº Disparo 3 → Se aplicó Ciclododecano como barrera temporal, con un tratamiento a base de un empaco de ácido cítrico a 5% durante 15 minutos se registra una diferencia en el antes y después de $E_{ab}=41,76$, el registro más elevado. El cromata se ha mantenido en el rango de débil y el tono tampoco se ha visto alterado dando un resultado de naranja amarillo.

Nº disparo 1 → Este fragmento no se aplicó ninguna barrera, aplicando un tratamiento a base de empacos con ácido cítrico a 5% durante 15 minutos. La diferencia que se registra en el antes y después del tratamiento $\Delta E_{ab}=41,19$. En cuanto al cromata vira de débil a medio sin afectar a tono que se mantiene en el rango naranja amarillo.

Nº disparos 2 → Este fragmento tampoco se le aplicó ningún tipo de barrera, Se aplicó un tratamiento a base de empacos con ácido cítrico a 5% durante 30 minutos. La diferencia que se registra en el antes y después del tratamiento $\Delta E_{ab}=11,51$. En cuanto al cromata se mantiene dentro de su rango medio pero se registra una pequeña disminución en los valores. En cuanto el tono también se mantiene dentro de su rango de naranja-amarillento.

Nº de disparo 6 → Este fragmento se aplicó una barrera a base de Paraloid B72, trato con empaco de ácido cítrico al 5% durante 30 minutos. Se ha registrado la diferencia más pequeña antes y después del proceso experimental en $\Delta E_{ab}=2,52$. En cuanto el cromata no ha variado quedándose en el rango de débil y pero si variando en el tono perdiendo saturación pasando de naranja-amarillo a naranja amarillento



Gráfica 4. Prob 2 em AC

Tabla. 14 Nomeclatura del crom a v el tono

C*(a)	Nom	C*(d)	Nom	hº (a)	Nom	hº (d)	Nom
22,49	Débil	26,59	Medio	77,4	ranja-Amari	76,8	Naranja-amarillo
27,64	Medio	25,85	Medio	70,59	ranja amarille	71,475	Naranja-amarillo
21,95	Débil	19,55	Débil	77,86	ranja-Amari	78,56	Naranja-amarillo
23,66	Débil	24,01	Débil	73,17	ranja- Amar	76,13	Naranja-amarillo
20,375	Débil	17,73	Débil	78,755	ranja- Amar	80,44	Amarillo Anaranjado
24,845	Débil	22,45	Débil	71,7	ranja - Amar	69,93	Naranja Amarillento

Tabla. 15 Nomeclatura del crom a v el tono

Nºdisparos	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE_{ab}^*
1	-40,99	1,16	3,93	41,19
2	-11,36	-0,985	-1,55	11,51
3	-41,69	-0,75	-2,3	41,76
4	-3,56	-1,08	0,66	3,78
5	8,75	-0,985	-2,505	9,15
6	-0,39	-0,195	-2,48	2,52

5.2 BÁSCULA DE PRECISIÓN

En este apartado se recogen las pesadas de los fragmentos durante todo el proceso experimental, con el fin de observar y comprobar cómo afectaN en su peso, los tratamientos en húmedo que se han sometido. A continuación, se presenta los cuatro grupos de probetas que se han seleccionado con sus respectivos tratamientos y tipo de barrera que se han aplicado.

- **Prob 0 Em:** Estas probetas no presentan patologías a tratar, por lo que el empaco está directamente sobre la superficie del hueso. Se presentan los subgrupos según el tipo de la barrera temporal que se han aplicado en cada grupo:
 - **Sin Barrera:** En estos fragmentos que no se aplicó ninguna barrera de protección, por lo que han variado 3 de 4 han aumentado su peso, lo que se traduce en una absorción de humedad.
 - Los fragmentos que **han aumentado 0.1 gramos** en sus pesos son: *Prob 0 em SB-1, Prob 0 em SB-2, Prob em SB-3*, correspondiendo

a los siguientes tiempos y proporciones correspondientemente: al 3% en 15 min y 30 min; al 5% en 15 minutos.

- En cuanto el fragmento *Prob 0 em SB-4* **no ha sufrido modificaciones** con un tratamiento de 5% durante 30'
- Ciclododecano®: Han mantenido el peso 2 de 4 fragmentos.
 - Las probetas *Prob 0 em CCD-5* y *Prob 0 em CCD-7*, estuvieron en contacto 15 minutos con las dos proporciones de tensoactivo (3 y 5) y **no han sufrido modificaciones** en su peso.
 - En cuanto a las probetas que **han disminuido** su peso en 0.1 gramos, corresponden a las siguientes probetas: *Prob 0 em CCD-6* y *Prob 0 em CCD-8*, el tiempo de contacto fue de 30' con las dos proporciones de solución del tensoactivo. La pérdida del peso se registra **tras la sublimación** del Ciclododecano.
- Paraloid B72®:
 - Los fragmentos que **han mantenido su peso** fueron los siguientes *Prob 0 em Pb72- 11* y *Prob 0 em Pb72-12*, los correspondientes al porcentaje más alto de tensoactivo, respondiendo correctamente a los dos tiempos de exposición.
 - Los dos fragmentos que su peso ha sufrido variaciones, en los dos casos **su peso ha disminuido** proporcionalmente al tiempo de exposición, ya que la *Prob 0 em Pb72-9* ha estado expuesta 15 minutos y ha disminuido en 0.1 gramo y en la *Prob 0 em Pb72-10* se expuso durante 30 minutos y su peso disminuyó en 0.2 gramos su peso.

Tabla. 16 Grupo Prob 0 Em . registro de las

Nº	Peso Inicial	Protección	Con empacos	Sin Empaco	Sin Protección	Peso Final	Diferencia del antes y después
Prob 0 sb-1	1.6	X	2.1	1.8-1.9	X	1.7	+0.1
Prob 0 sb-2	3.8	X	4.2	3.9	X	3.8-3.9	+0.05
Prob 0 sb-3	3.2	X	3.6	3.3	X	3.2-3.3	+0.05
Prob 0 sb-4	1.6	X	1.8-1.9	1.7	X	1.6	-
Prob 0 ccd-5	2	2	2.6	2.3	2	2	-
Prob 0 ccd-6	0.6	0.6	1.2	0.7	0.6	0.5	-0.1
Prob 0 ccd-7	2.2	2.3	2.7	2.3	2.2	2.2	-
Prob 0 ccd-8	3.8	3.8	4.5	4	3.7	3.7	-0.1
Prob 0 Pb72-9	1.6	1.7	2	1.7	1.6-1.7	1.5	+0.1
Prob 0 Pb72-10	2.6	2.7	3.1	2.8	2.8-2.9	2.3-2.4	-0.25
Prob 0 Pb72-11	1.6	1.5	1.9	1.5	1.5	1.6	-
Prob 0 Pb72-12	1.3-1.4	1.6	2	1.7	1.7	1.4	-

- **Prob 0 Em AC**: En estas probetas solo se aplicaron los empacos con una solución del 5 % de ácido cítrico a dos tiempos (15 minutos y 30 minutos).
- Sin Barrera:
 - Los dos fragmentos han aumentado su peso, la *Prob 0 em AC SB-1* ha **aumentado su peso en 0.8** gramos con una exposición de 15

minutos del empaco y 30 minutos de la neutralización correspondiente a este tratamiento. El aumento se registra después de la neutralización.

- La *Prob 0 em AC SB-2* **ha aumentado** 0.1 gramo con una exposición de 30 minutos y una neutralización de 1 hora. Durante el tiempo que se dejaba la pieza reposar para su secado a temperatura ambiente se registra un descenso del peso, aun así, ha aumentado de su peso original.
- Ciclododecano®: En los dos casos las probetas que se han protegido con CCD **han aumentado** su peso.
 - En el caso de *Prob 0 em AC CCD-3* su peso ha aumentado 0.1 gramos con un tiempo de exposición de 15 minutos
 - *Prob 0 em AC CCD-4* sufrió un aumento de peso de 0.3 gramos con una exposición de 30 minutos.
 - Se entiende que los fragmentos han aumentado su peso por la absorción de humedad, sufrido un aumento tras la neutralización, correspondiente al tiempo de contacto ya que mayor tiempo mayor aumento de peso.
- Paraloid B72®: También los dos fragmentos **han aumentado** de peso.
 - La pieza *Prob 0 AC Pb72-5* ha sufrido un aumento de de 1 gramos con una exposición de 15 min y una neutralización de 30 min.
 - En cuanto a la *Prob 0 em AC Pb72-6* su aumento es más paulatino, solo de 0.2 gramos.

Tabla. 17 Grupo Prob 0 Em, AC registro de las pesadas.

Nº	Peso inicial	Protección	Con empaco	Sin empaco	Hueso limpio	Después de la neutralización	Sin protección	Peso en seco	Diferencia del antes y después
Prob 0 sb-1	4.5	X	5.5	5	5	4.4	X	5.3	+0.8
Prob 0 sb-2	1.3	X	2.1	1.3	1.3	1.7	X	1.6	+0.3
Prb 0 CCD-3	1.1	1.4	2.3	1.4	1.4	1.5	1.2	1.2	+0.1
Prob 0 CCD-4	3.7	3.9	4.7	4	4	4.3	4	4	0.3
Prob 0 PB72-5	6.1	6.7	7.5	6.6	6.6	7.3	7.2	7.1	+1
Prob 0 PB72-6	0.5	0.7	1	0.6	0.6	0.7	0.8	0.7	+0.2

- **Prob 1 Em (tensoactivo)**: Estas probetas presentaban en superficie incrustaciones calcáreas, para ellos se utilizaron empacos con tensoactivo a dos proporciones al 3% y 5% de New Dess, exponiéndolos a dos tiempos a 15 min o 30 min.
 - Sin Barrera: Todas las probetas han sufrido un aumento de su peso.
 - En la *Prob 1 em SB-1* ha **aumentado 1.1 gramos**.
 - En la *Prob 1 Em SB-2* ha **aumentado 0.9 gramos**, dando mayor aumento en el tratamiento de menor tiempo de contacto.
 - En cuanto a las probetas que se emplearon alto un porcentaje de New Dess®, La primera *Prob 1 Em SB-3* **aumento 0.8 gramos**
 - La *Prob 1 Em SB-4* ha sufrido un **aumento mayor de 1.4 gramos**.
 - Ciclododecano: El peso ha disminuido después de la limpieza.
 - La *Prob 1 Em CCD-5* **ha reducido** el peso en **0.8 gramos**.

- La *Prob 1 Em CCD- 6* si disminución del peso es más escasa pero el tamaño del fragmento y de la patología también es mucho más reducido, **su pérdida es de 0.1 gramos.**
 - La *Prob 1 Em CCD-7* ocurre algo similar, **pierde 0.1** gramos a
 - La *Prob 1 Em CCD-8* se **ha perdido 0.05 gramos**
- .
- Paraloid B72: Estas probetas han sufrido una reducción de su peso, observándose en los tres primeros casos una pérdida bastante importante.
 - En la *Prob 1 Em Pb72-9* se **produce la pérdida** en la eliminación de la protección.
 - La *Prob 1 Em Pb72-10* **ha sufrido una pérdida de 0.1 g.** en su peso durante la eliminación de la barrera de protección.
 - La *Prob 1 Em Pb72-11* **sufre una pérdida de 0.1** gramos en su peso.
 - El último fragmento **no sufre variaciones** en su peso.

Tabla. 17 Grupo Prob 1 Em, registro de las pesadas.

Nº	Peso inicial	Con protección	Con empaco	Sin empaco	Sin protección	Peso en húmedo	Peso en seco	Diferencia del antes y después
Prob 1 sb-1	7.5	X	12.4	8.7	X	8.9	8.6	+1.4
Prob 1 sb-2	10.9	X	18	13.1.13.2	X	12.7	11.8	+0.9
Prob 1 sb-3	7.1	X	9.5	8.1	X	8.2/8.3	7.9	+0.8
Prob 1 sb-4	19.8	X	26.3	22.8	X	22.6	21.3	+1.5
Prob 1 ccd-5	15.9	16.3	21.2	16.7	15.1	14.7	15.10	-0.8
Prob 0 ccd-6	2.4	2.6	3.7	2.6-2.7	2.3	2.1	2.3	-0.1
Prob 1 ccd-7	1.5	1.6	2.3	1.6	1.4	1.4	1.4	-0.1
Prob 1 ccd-8	2.2	2.4	3.3	2.6	2.1	2.3	2.1-2.2	-0.05
Prob 1 Pb72-9	5.3	5.4	7	5.5	5.3	5.2	5	-0.3
Prob 1 Pb72-10	3	3.1	4	3	3.3-3.4	2.9	2.9	-0.1
Prob 1 Pb72-11	2.7	2.8	3.4	2.8	2.7-2.8	2.6-2.7	2.6	-0.1
Prob 1 Pb72-12	5.2	5.2	6.5-6.6	5.5	5.7	5.4	5.2	-

- **Prob 2 em AC:** Estos fragmentos presentan incrustaciones calcáreas. Para eliminarlas se aplicaron empacos de ácido cítrico al 5 % durante dos tiempos.
- Sin Barrera:
 - En la primera *Prob 2 em AC SB-1* **ha disminuido su peso en 0.1 gramo**, lo que corresponde a una pérdida de material.
 - En cuanto a la *Prob 2 em AC SB-2* **ha sufrido un aumento de 0.4 gramos** por una absorción de humedad. Aunque en el fragmento se registra una pérdida de agua una vez transcurrido el periodo tiempo de secado, perdiendo peso, pero aun así se registra un aumento en su peso.
- Ciclododecano:
 - La *Prob 2 em AC CCD-3* **ha sufrido una pérdida** considerable ya que la costra extraída es con diferencia la más sustancial. Su peso definitivo se registra tras la eliminación de la capa de protección. Perdiendo **19.6 gramos.**
 - En la *Prob 2 em AC CCD-4* ha sido un tratamiento excesivo. Tras el tiempo de contacto la superficie del hueso se ha reblandecido, dejando huella e incisiones en la superficie cuando se eliminaron ciertas costras.

Este fragmento **ha aumentado su peso en 3.3 gramos** indicando cierta retención de humedad.

- **Paraloid B72®:** En el caso de estas dos probetas el resultado es el mismo, han absorbido humedad.
 - Caso más excesivo es la *Prob 2 em AC Pb72-5* la cual **ha aumentado 1.2 gramos.**
 - En el caso de *Prob 2 em AC Pb72-6* fue menor la absorción de humedad, pero también recalcar que el tamaño del empaque era más reducido en proporción de la probeta anterior

Tabla. 18 Grupo Prob 2 Em, registro de las pesadas.

Nº	Peso inicial	Con protección	Con empaque	Sin empaque	Hueso limpio	Después de la neutralización	Sin protección	Peso en seco	Diferencia entre el antes y después
Prob 2 sb-1	5.1	X	5.7	5.1	5.1	5.1	X	5.0	-0.1
Prob 2 sb-2	5.4	X	6.3	5.7	5.7	6.6	X	5.8	+0.4
Prob 2 CCD-3	145.1	147.7	157.3	151.4	129.1	137.8	125.5	125.5	-19.6
Prob2 CCD-4	461.3	465.3	474.8	469	468.6	479.8	466.5	464.6	+3.3
Prob 2 PB72-5	20.4	200.4	21.1	2.5	2.5	22.9	21.6	21.6	+1.2
Prob 2 PB72-6	30.1	30.1	30.8	30.2	30.2	30.9	30.7	30.7	+0.6

5.3 REGISTRO FOTOGRÁFICOS CON LA LUPA LEICA.

En el análisis que se ha realizado con la lupa Leica ® se puede observar cómo se ha modificado o deteriorado los puntos elegidos en los huesos como referencia para así poder comparar el antes y después del proceso experimental. A continuación, se reflejarán unas tablas donde se recogen los datos sobre la dimensión de los puntos elegidos en cada fragmento.

• **Prob 0 em:**

- **Sin Barrera:**
 - La *Prob 0 em SB-1* se aplicó un tratamiento de menor tiempo de contacto y las observaciones nos indican que la cavidad del hueso trabecular **se ha ampliado**, lo que se traduce en la pérdida de fracción calcárea.
 - La *Prob 0 em SB-2* ha sufrido una **disminución** del diámetro, por lo que ha absorbido humedad en su estructura laminar.
 - El tercer fragmento no ha sufrido ningún cambio.
- El cuarto fragmento *Prob 0 em SB-4* **ha aumentado** su cavidad, a **0.007 mm**

➤ Ciclododecano®:

- La *Prob 0 em CCD-5* **ha disminuido en 0.026 mm** su diámetro, lo que se traduce en una absorción de humedad.
- *Prob 0 em CCD-6* **se ha reducido en 0.036 mm** absorción de humedad causado por la alteración de las laminillas.
- En la *Prob 0 em CCD-7* también **ha disminuido** menos que en los dos casos anteriores, pero aun así ha perdido **0.012 mm**.
- La *Prob 0 em CCD-8* **ha disminuido** en de manera más brusca a 0.094 mm

➤ Paraloid B72®:

- La *Prob 0 em Pb72-9* **ha disminuido en 0.132 mm**, lo que traduce como una reducción del diámetro de la concavidad, por lo que se puede decir que ha absorbido bastante humedad durante la limpieza.
- La *Prob 0 em Pb72-10* **ha disminuido su diámetro en 0.149 mm**, por lo que indica que también ha absorbido humedad.
- La *Prob 0 em Pb72-11*, al contrario que las demás **ha aumentado en 0.536 mm**, por lo que se aprecia una pérdida de fracción calcárea.
- La *Prob 0 em Pb72-12* **ha disminuido** su diámetro en 0.086 mm

Tabla. 19 Grupo Prob 0 Em, registro de las cavidades del hueso trabecular

NOMBRE	ANTES	DESPUÉS	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
Prob 0 Em SB-1	0.219 mm	0.565 mm	0.346 mm	Ha aumentado su diámetro del punto elegido en 0.346 mm más.
Prob 0 Em SB-2	0.102 mm	0.101 mm	0.001 mm	Ha disminuido su diámetro en 0.001
Prob 0 Em SB-3	0.554 mm	0.554 mm	-	No ha sufrido modificaciones
Prob 0 Em SB-4	0.311 mm	0.318 mm	0.007 mm	Ha aumentado 0.007 mm de diámetro.
Prob 0 Em CCD-5	0.183 mm	0.157 mm	0.026 mm	Ha disminuido su diámetro en 0.026mm.
Prob 0 Em CCD-6	0.276mm	0.237 mm	0.039 mm..	Ha disminuido su diámetro en 0.039 mm.
Prob 0 Em CCD-7	0.589 mm	0.577 mm	0.012 mm.	Ha disminuido su diámetro en 0.012 mm.
Prob 0 Em CCD-8	0.552 mm	0.458 mm	0.094 mm.	Ha disminuido su diámetro 0.094 m
Prob 0 Em PB72-9	0.430 mm	0.298 mm	0.132 mm.	Ha disminuido su diámetro en 0.132 mm.
Prob0 Em PB72-10	0.306 mm	0.157mm	0.149 mm	Ha disminuido su diámetro en 0.149 mm.
Prob0 Em PB72-11	0.451 mm	0.987 mm	0.536mm	Ha aumentado su diámetro en 0.536 mm
Prob0 Em PB72-12	0.350 mm	0.264 mm	0.086 mm	Ha disminuido su diámetro en 0.086

- Prob 0 em AC:

Tabla. 20 Grupo Prob 0 Em AC, registro de las cavidades del hueso trabecular

NOMBRE	ANTES	DESPUÉS	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
Prob0 Em AC SB-1	0.398 mm	0.402 mm	0.007	Ha aumentado su diámetro en 0.007mm
Prob0 Em AC SB-2	0.402 mm	0.466 mm	0.064	Ha aumentado su diámetro en 0.064mm
Prob0 Em AC CCD-3	0.325	0.348 mm	0.023	Ha aumentado su diámetro en 0.013mm
Prob0 Em AC CCD-4	0.438 mm	0.451 mm	0.013	Ha aumentado su diámetro en 0.013mm
Prob0 Em AC PB72-5	0.336 mm	0.341 mm	0.074	Ha aumentado su diámetro en 0.074mm
Prob0 Em AC PB72-6	0.365 mm	0.323 mm	0.042	Ha aumentado su diámetro en 0.042mm

• **Prob 1 em (tensoactivo):**

➤ Sin Barrera:

- El fragmento *Prob 1 Em SB-1* como la *Prob 1 Em SB-3* y *Prob Em SB-4* **han reducido** su diámetro, el caso más extremo es la última probeta nombrada, en su caso se ha reducido 0.416 mm, esta probeta fue la que más tiempo estuvo en contacto con las piezas. Esta reducción se traduce como una absorción de humedad, por lo que las laminillas internas se han hinchado por dicha absorción y deformación.
- En cuanto a la *Prob 1 Em SB-2* es el único caso que el diámetro **ha aumentado**, lo que se traduce en una pérdida de fracción ósea.

➤ Ciclododecano: En cuanto a los resultados de estas probetas es parecido a los anteriores, pero con algunas diferencias, como es la reducción de la pérdida o aumento de las probetas.

- En el caso de las *Prob Em CCD-5* y *-6* **reducen el diámetro** de concavidad que se registró, lo que es igual a una absorción y retención de humedad.
- En cuanto a la *Prob Em CCD-7* la toma del diámetro de antes y después nos indica que **ha sufrido un aumento de 0.017 mm**, lo que indica que se ha perdido fracción calcárea.
- Por último, en la *Prob Em CCD-8* **no se ha registrado modificación** alguna.

➤ Paraloid B72:

- La *Prob 1 Em Pb72-9* **ha disminuido** el diámetro de la cavidad en **0.021 mm**, lo que se traduce en absorción de humedad.
- En la *Prob 1 Em Pb72-10* ha sufrido una **disminución en 0.036 mm** por lo que se traduce una absorción mayor, esta probeta sufrió un tiempo mayor de contacto del empaco con la superficie.

- En *Prob 1 Em Pb72-11* también se registra a **una disminución** mucho más acentuada de **0.478 mm**, lo que se traduce en una mayor absorción.
- En la última, *Prob 1 Em Pb72-12* la reacción es contraria de los casos anteriores, ya que **se ha registrado un aumento**, muy sutil de **0.008 mm**, lo que indica que han perdido fracción calcárea.

Tabla. 21 Grupo Prob 1 Em, registro de las cavidades del hueso trabecular

NOMBRE	ANTES	DESPUÉS	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
Prob1Em SB-1	0.663 mm	0.336 mm	-0.327	Ha disminuido su diámetro en 0.327 mm.
Prob1Em SB-2	0.477 mm	0.491 mm	+0.014	Ha aumentado su diámetro en 0.014mm.
Prob1Em SB-3	0.296mm	0.286 mm	-0.01	Ha disminuido su diámetro en 0.01 mm
Prob1Em SB-4	0.621mm	0.205 mm	-0.416	Ha disminuido su diámetro en 0.416
Prob1Em CCD-5	3.598 mm	3.511 mm	-0.087	Ha disminuido su diámetro en 0.087
Prob1Em CCD-6	0.110 mm	0.122 mm	-0.012	Ha disminuido su diámetro en 0.012
Prob1Em CCD-7	0.117 mm	0.134 mm	+0.017	Ha aumentado su diámetro en 0.017 mm
Prob1Em CCD-8	0.311 mm	0.311 mm	-	No ha sufrido modificaciones
Prob1Em PB72-9	0.326 mm	0.305 mm	-0.021	Ha disminuido su diámetro en 0.021 mm.
Prob1Em PB72-10	0.494 mm	0.458 mm	-0.036	Ha disminuido su diámetro en 0.036 mm
Prob1Em PB72-11	1.153 mm	0.675 mm	-0.478	Ha disminuido su diámetro en 0.478 mm
Prob1Em PB72-12	1.136 mm	1.144 mm	+0.008	Ha aumentado su diámetro en 0.008 mm

- **Prob 2 em AC**

- Sin Barrera: En los dos casos se han registrado una disminución del diámetro de las concavidades.
 - La *Prob 2 Em AC SB-1* registra **disminución** del diámetro en **0.348 mm** Lo que se traduce en una modificación de estructura de las laminillas de su estructura interna, por la absorción de humedad a la que ha estado expuesta.

- La *Prob 2 em AC SB-4* ha sufrido una **reducción** del diámetro de la cavidad en **0.192 mm**.
- Ciclododecano®:
 - La *Prob 2 Em AC CCD-3* ha sufrido una **disminución de 0.001 mm** en la concavidad que se registró.
 - En cuanto a la *Prob 2 Em AC CCD-4* se registra **un aumento de su diámetro lo en 0.056 mm**, lo que se traduce en la desintegración de la fracción calcárea.
- Paraloid B72®:
 - En la *Prob 2 Em AC Pb72-6* **se ha reducido el diámetro** de la cavidad **en 0.853mm**. Es el registro más elevado que se ha registrado en estas probetas, lo que se traduce en un aumento de la absorción, hinchando así las laminillas estructurales de la fracción calcárea.

Tabla. 22 Grupo Prob 2 Em AC registro de las cavidades del hueso trabecular

NOMBRE	ANTES	DESPUÉS	DIFERENCIA	OBSERVACIONES
Prob 2 em ac sb-1	0.523 mm	0.175mm	-0.348	Ha disminuido su diámetro 0.348 mm.
Prob 2 em ac sb- 2	0.535 mm	0.343 mm	-0.192	Ha disminuido su diámetro 0.192 mm
Prob 2 em ac CCD-3	0.590 mm	0.589 mm	-0.001	Ha disminuido su diámetro 0.001 mm
Prob 2 em ac CCD-4	0.965 mm	1.023 mm	0.058	Ha aumentado su diámetro 0.058 mm.
Prob 2 em ac PB72-5	0.981 mm	0.850	0.131	Ha disminuido su diámetro 0.131 mm.
Prob 2 em ac PB72-6	2337 mm	1.484 mm	-0.853	Ha disminuido su diámetro 0.853 mm.

6. DISCURSION DE LOS RESULTADOS

En este último apartado se reflexiona sobre los resultados que se han extraído en el apartado anterior. El objetivo principal de este trabajo es la viabilidad y eficacia del uso de barrera protectora y que estas sean temporales, para poder así aplicar tratamientos en húmedo sobre materiales óseos. En cada examen no destructivo se han extraído unos resultados midiendo así las variaciones que han sufrido en diferentes parámetros, indicando así los cambios físicos que han padecido los fragmento. Los parámetros que se han medido son: el peso, el cambio estructural del interior (hueso trabecular) y el cambio de color o saturación.

En el primer punto se va a reflexionar sobre dicha viabilidad, es el cambio físico de los grupos de las probetas y que tratamientos han dado mejor resultados y posible causa de lo sucedido. El primer factor que se va a razonar son las pesadas de los fragmentos.

En el primer grupo que corresponde a las siglas Prob 0 Em se utilizaron empacos de New Dess® al 3 y 10% en dos tiempos de contacto. Los fragmentos se han dividido en subgrupos dependiendo del tipo de barrera que se ha utilizado. Todas las probetas han variado su peso. Lo que se traduce en un estrés físico de la estructura interna, a continuación, se valora la efectividad de la barrera, y las consecuencias de la manipulación de estas

➤ Sin Barrera:

- El mejor resultado es la *Prob 0 Em SB-4* que correspondía al tratamiento de empaco de new des al 10% durante 30', ya que no ha sufrido modificación en su peso.
- *Prob 0 Em Sb1* tratamiento New Dess® al 3% durante 15' → ha aumentado 0.1 gramo.
- *Prob 0 Em Sb-2* tratamiento de New Dess ® al 3% durante 30' → ha aumentado 0.1 gramo.
- La *Prob 0 Em Sb-3* tratamiento de New Dess® al 10% durante 30' → ha aumentado 0.1 gramo.

Se te tiene que recalcar que estas piezas son de una dimensión pequeña, y de hueso limpio por lo que los empacos no son muy grandes. Estos huesos están limpios, es decir, no tiene patología a tratar, por lo que la retención del tensoactivo en la patología es menor ya que el empaco se coloca en el periostio del hueso.

➤ Ciclododecano®:

- *Las Prob 0 em CCD-5 y Prob 0 em CCD-7*, estuvieron en contacto 15 minutos con las dos proporciones de tensoactivo → No se registran cambios.
- *Las Prob 0 em CCD- 6 y Prob 0 em CCD-8*, el tiempo de contacto fue de 30' a las dos proporciones respectivamente → disminución del peso en 0.1 gramo cada una.

En estas probetas se aprecia una buena efectividad en los tratamientos de corta duración con esta barrera. En los casos que han sido sometidos a un tratamiento más prolongado dan peor

resultado ya que el peso varia en 0.1 gramos, siendo registrada la pérdida del peso cuando la capa de Ciclododecano® ya ha sublimado.

➤ Paraloid B72®:

- La Prob 0 em Pb72-9 con un empaco de 3% durante 15' → ha aumentado 0.1 gramo.
- La Prob 0 em Pb72-10 con un empaco de 3% durante 30' → Ha aumentado 0.2 gramos.
- Las Prob 0 em Pb72- 11 y Prob 0 em Pb72-12 con un empaco a 10% durante 15' y 30' → han mantenido su peso

Hay que tener en cuenta que estos fragmentos tienen una manipulación más agresiva ya que la barrera temporal se debe eliminar con baños de acetona. Por una parte, tiene ciertos beneficios ya que la acetona ayuda a la evaporación de humedad extrayéndola del hueso. A pesar de esto tiene un inconveniente, ya que se debe de ejercer cierta fricción para retira de superficie. En cuanto a estas probetas han reaccionado mejor al tratamiento más agresivo ya que no se registran variaciones, en cambio en las probetas con el tensoactivo más bajo, se aprecia cierta penetración del medio ya que el hueso ha retenido humedad, reflejándose en un aumento de peso.

El segundo grupo de huesos son los correspondientes a las siglas *Prob 2 Em AC* a la que se les aplicaron empacos de ácido cítrico al 5% con dos tiempos de con tacto de 15 minutos y 30 minutos. Posteriormente a la limpieza se neutralizó con empacos de agua destilada durante el doble de tiempo que los empacos con la solución. A continuación, se muestran los resultados para facilitar la comprensión de las reflexiones a las que se han llegado y de cómo han respondido las barreras.

➤ Sin Barrera:

- La Prob 0 Em AC Sb-1 con un empaco de ácido cítrico al 5% durante 15'y neutralización de 30' → ha aumentad 0.8 gramos.
- La Prob 0 Em AC Sb-2 con un empaco de ácido cítrico al 5% durante 30' y una neutralización de 1 hora → ha aumentado 0.1 gramo.

En este caso el peor resultado lo da la probeta que ha estado menos tiempo de contacto con los empacos. En el segundo caso el peso ha disminuido durante el tiempo de secado, pero aun así se ha registrado una variación. Estos huesos son huesos limpios como los anteriores.

➤ Ciclododecano®:

- La Prob 0 em AC CCD-3 con un empaco al 5% durante 15' y una neutralización de 30' → ha aumentado 0.1 gramo.
- La Prob 0 em AC CCD-4 con un empaco al 5% durante 30' y una neutralización de 1 h → aumento de peso de 0.3 gramos

Se entiende que los fragmentos han aumentado de peso por la absorción de humedad. Sufrió un aumento tras la

neutralización, correspondiente al tiempo de contacto ya que a mayor tiempo mayor aumento de peso. La barrera ha cumplido su cometido en la Prob 0 Em AC CCD-3 ya que su incremento, comparado con el caso sin barrera, se ha reducido considerablemente. En el segundo caso ha incrementado la absorción en dos puntos que se registra después de la neutralización.

➤ Paraloid B72®:

- La pieza *Prob 0 AC Pb72-5* con el tratamiento de empaco al 5% de ácido cítrico durante 15' y su respectiva neutralización de 30' → aumenta 1 gramo.
- *La Prob 0 em AC Pb72-6* con el tratamiento de empaco al 5% de ácido cítrico durante 15' y su respectiva neutralización de 30' → ha aumentado 0.2 gramos.

La barrera de Paraloid B72® da mejores resultados en las piezas donde estuvo el empaco más tiempo en contacto, la primera probeta da el peor resultado de toda esta parte I experimental ya que su incremento es demasiado elevado.

En el tercer grupo que concierne a las siglas *Prob 1 Em* empacos de New Dess® al 3 y 10% en dos tiempos de contacto. Los fragmentos se han dividido en subgrupos clasificados por el tipo de barrera que se les aplicó. Todas las probetas han variado su peso. Estos fragmentos presentan sobre las superficies incrustaciones terrosas. El resultado lógico es una pérdida de peso ya que se elimina incrustación calcárea. Si el peso se incrementa significa que ha absorbido humedad y se su pérdida es paulatina es causa de la pérdida de la capa terrosa y la absorción de humedad. Causando un estrés físico de la estructura interna.

➤ Sin Barrera:

- La *Prob 1 em SB-1* empaco de New Dess® al 3% durante 15' → ha aumentado 1.1 gramos.
- La *Prob 1 Em SB-2* empaco de New Dess® al 3% durante 30' → ha aumentado 0.9 gramos,
- La *Prob 1 Em SB-3* empaco de New Dess® al 10% durante 15' → aumento 0.8 gramos
- La *Prob 1 Em SB-4* empaco de New Dess® al 10% durante 30' → ha aumento de 1.4 gramos.

Estas probetas han sufrido un incremento de su peso, aunque se hayan eliminado incrustaciones terrosas. Por ellos se puede decir que las laminillas y el sistema interno ha absorbido humedad aumentando así su peso. Los peores resultados se registran en la Prob1 Em Sb-4 con un incremento de 1.4 gramos. Esto indica que en este caso las concreciones retienen la humedad y que por capilaridad afectan al hueso

➤ Ciclododecano®

- La Prob 1 em CCD-5 empaco de New Dess® al 3% durante 15' → ha reducido en 0.8 gramos.
- La Prob 1 Em CCD-6 empaco de New Dess® al 3% durante 30' → ha reducido 0.1 gramo.
- La Prob 1 Em CCD-7 empaco de New Dess® al 10% durante 15' → ha reducido 0.1 gramo.
- La Prob 1 Em CCD-8 empaco de New Dess® al 10% durante 30' → ha perdido 0.05 gramos.

Estos resultados son bastante aceptables debido a que todas las probetas han reducido su peso teniendo en cuenta que han sido limpiadas, por lo que es el comportamiento lógico al eliminar una incrustación terrosa. La barrera de Ciclododecano® cumple su función ya que en todos los casos disminuye el peso. Por lo que la barrera aísla de la humedad y reduce la capilaridad, concentrándose toda la humedad en la costra reblandeciéndola así, sin afectar al hueso directamente. El peor resultado corresponde a la última probeta, teniendo en cuenta que el tratamiento más agresivo no da unos malos resultados.

➤ Paraloid B72®:

- La Prob 1 em Pb72-9 empaco de New Dess® al 3% durante 15' → pérdida de 0.1 g
- La Prob 1 Em Pb72-10 empaco de New Dess® al 3% durante 30' →. Pérdida de 0.1 g
- La Prob 1 Em Pb72-11 empaco de New Dess® al 10% durante 15' →.sufre una pérdida de 0.1 gramo
- La Prob 1 Em Pb72-12 empaco de New Dess® al 10% durante 30' → No se registran modificaciones.

Los fragmentos a los que se les han aplicado Paraloid B72 se han registrado pérdidas en el peso después del tratamiento, pero mucho más reducidos que el anterior. Por lo que se llega a la conclusión de que absorbe más humedad que los casos anteriores. En la última probeta no se registran modificaciones en su peso indicando que ha absorbido humedad debida que la costra se ha eliminado.

El cuarto grupo se denomina Prob 2 Em AC, estas probetas presentan en superficie incrustaciones calcáreas por la parte del periostio del hueso. Para realizar la limpieza se aplicaron empacos de ácido cítrico al 5% en dos tiempos de contacto de 15 minutos y 30 minutos, con su correspondiente neutralización con empacos de agua destilada el doble de tiempo. A continuación, se muestra los resultados y a las conclusiones que se han llegado.

➤ . Sin Barrera:

- *La Prob 2 em AC SB-1* con empaco de 5% de ácido cítrico durante 15' y una neutralización de 30' → ha disminuido su peso en 0.1 gramo

- *La Prob 2 em AC SB-2* con empaco de 5% de ácido cítrico durante 30' y una neutralización de 1 hora → ha sufrido un aumento de 0.4 gramos.

El primer fragmento ha disminuido su peso en 0.1 gramo siendo este resultado bastante positivo. Aunque se debe de comparar en el examen que se presenta en el punto posterior a este. En cuanto a la segunda probeta decir que su peso se ha incrementado en 0.4 gramos, por lo que se aprecia que es un tratamiento bastante agresivo para este tipo de material.

➤ Ciclododecano®:

- *La Prob 2 em AC CCD-3* con empaco de 5% de ácido cítrico durante 15' y una neutralización de 30' → ha sufrido una pérdida considerable 19.6 gramos.
- *La Prob 2 em AC CCD-4* con empaco de 5% de ácido cítrico durante 30' y una neutralización de 1h → fragmento ha aumentado su peso en 3.3 gramos.

Estos resultados son muy dispares entre sí, pero se debe explicar que ha ocurrido en cada fragmento. La Prob 2 em AC CCD-3 tuvo una buena respuesta al tratamiento, ya que se registra una disminución del peso, disminución muy elevada a causa del grosor de la costra que se eliminó. La barrera de Ciclododecano, por lo tanto, ha cumplido su función. En cuanto a la Prob 2 em AC CCD-4 no se obtuvieron los resultados esperados, ya que el tratamiento fue muy agresivo causando un reblandecimiento de la superficie. También se registró un aumento de su peso en 3.3 gramos. Las dos probetas tenían unas patologías de gran tamaño, por lo que se requirió un empaco de las dimensiones apropiadas. La barrera no fue suficiente dando así unos malos resultados.

➤ Paraloid B72®:

- *La Prob 2 em AC Pb72-5* con empaco de 5% de ácido cítrico durante 15' y una neutralización de 30' → ha aumentado 1.2 gramos.
- *La Prob 2 em AC Pb72-6* con empaco de 5% de ácido cítrico durante 30' y una neutralización de 1 hora → un aumento de 0.6 gramos.

En este caso con la barrera de Paraloid B72® se han obtenido los peores resultados ya que en los dos casos han aumentado su peso considerablemente, dejando demostrado que la barrera temporal no cumple su propósito. Como en el caso de las Prob 0 em AC Pb72 el peor resultado se registra en la primera de ellas, pero también se advierte que la retención de humedad es mayor por la absorción de la patología que por la capilaridad que llega al hueso. En el segundo caso pasa igual, el aumento es más paulatino.

El segundo concepto sobre el que se ha reflexionado ha sido el visionado con la lupa Leica de puntos concretos de las concavidades del hueso, antes y después. Para ver que barrera va mejor o peor para cada tratamiento.

El primer grupo que se va a analizar y reflexionar es el correspondiente a las siglas Prob 0 Em

➤ Sin Barrera:

- La Prob 0 em SB-1 empaco de New Dess® a 3% durante 15' → ha sufrido una ampliado del diámetro en 0.346 mm.
- La Prob 0 em SB-2 empaco de New Dess® a 3% durante 30' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.001 g
- La Prob 0 em SB-3 empaco de New Dess® a 10% durante 15' → no se registra ningún cambio.
- La Prob 0 em SB- empaco de New Dess® a 10% durante 30' → ha sufrido una ampliado del diámetro en 0.07 mm

En estas probetas la cavidad del hueso no sufre grandes variaciones ya que su manipulación es inferior a los dos otros subgrupos. Solo se registran en la prob 0 em Sb-1 un aumento de la densidad de la cavidad, debido a la pérdida de fracción calcárea. En cuanto a las Prob 0 em Sb-2 y 4 han sufrido una reducción de la cavidad transformándose esto en un aumento de la fracción calcárea cerrando así el diámetro, esto está causado por una absorción de humedad durante el tratamiento. Pero esta reducción es de mínima importancia. En cuanto al tercer fragmento no ha sufrido variaciones.

➤ Ciclododecano®:

- La Prob 0 em CCD-5 empaco de New Dess® a 3% durante 15' → ha sufrido una reducción del diámetro en 0.026 mm
- La Prob 0 em CCD-6 empaco de New Dess® a 3% durante 30' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.036 mm
- La Prob 0 em CCD-7 empaco de New Dess® a 10% durante 15' → ha disminuido en 0.012 mm.
- La Prob 0 em CCD-8 empaco de New Dess® a 10% durante 30' → ha sufrido una ha disminuido en 0.094 mm.

La capa de protección ha resultado medianamente efectiva, aunque ha sufrido variaciones los fragmento a menor escala que los dos otros subgrupos. En todas las probetas se registra una disminución del diámetro, aunque la reducción más latente es el último fragmento, que ha disminuido su diámetro más que los anteriores.

➤ Paraloid B72®:

- La Prob 0 em Pb72-9 empaco de New Dess® a 3% durante 15' → ha sufrido una reducción del diámetro en 0.132 mm
- La Prob 0 em Pb72-10 empaco de New Dess® a 3% durante 30' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.149 mm
- La Prob 0 em Pb72-11 empaco de New Dess® a 10% durante 15' → ha aumentado en 0.536 mm.
- La Prob 0 em Pb72-12 empaco de New Dess® a 10% durante 30' → ha sufrido una ha disminuido en 0.086 mm.

La barrera de Paraloid B72® no presenta buenos resultados, ya que la reducción del diámetro es bastante importante, lo que indica cierta absorción de humedad, a excepción de la Prob 0 em

Pb72-12 que se registra una baja reducción. En cambio, en la Prob 0 em Pb72-11 se registra un aumento de 0.536 mm producido por una absorción de humedad.

El segundo grupo del que se va a analizar y reflexionar es el correspondiente a las siglas Prob 0 Em AC:

➤ Sin Barrera:

- Prob 0 em AC SB-1 con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 15' con una neutralización de 30' → Ha aumentado su diámetro en 0.007 mm
- La Prob 0 em AC SB-2 con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 30' con una neutralización de 1 hora → Ha aumentado su diámetro en 0.007 mm

Estas probetas han sufrido un aumento del diámetro de las cavidades, por lo que se traduce en la destrucción de la fracción calcárea.

➤ Ciclododecano®:

- La Prob 0 Em AC CCD-5
- La Prob 0 Em AC CCD-6 Tratamiento de ácido cítrico al 5% durante 30' y una neutralización de 1 hora → ha aumentado el diámetro de la cavidad en 0.013 mm.

Estas probetas han reaccionado mejor por lo menos el tratamiento largo y por lo tanto más agresivo el diámetro ha aumentado, pero mucho menos que en los dos otros grupos, por lo que los resultados son bastante positivos.

➤ Paraloid B72®:

- La Prob 0 em AC Pb72-5 con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 15' con una neutralización de 30' → Ha aumentado de diámetro de la cavidad que se registró en 0.074 mm
- La Prob 0 em AC Pb72-6 con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 30' con una neutralización de 1 hora → ha aumentado el diámetro de la cavidad que se ha registrado en 0.042 mm.

La barrera de Paraloid han aumentado las dos probetas de manera paulatina, lo que significa que han absorbido humedad, provocando cambios en la estructura interna. También es una barrera que deja muchos residuos en superficie que con ayuda de la lupa se aprecia con facilidad.

El tercer grupo que se va a analizar es el perteneciente a las siglas Prob 1 Em, este grupo reúne 12 fragmentos que se subdividen en tres grupos.

➤ Sin Barrera:

- La Prob 1 em SB-1 empaco de New Dess® a 3% durante 15' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.327 mm.
- La Prob 1 em SB-2 empaco de New Dess® a 3% durante 30' → ha sufrido un aumento del diámetro en 0.014 mm

- La Prob 1 em SB-3 empaco de New Dess® a 10% durante 15' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.01 mm
- La Prob 1 em SB-4 empaco de New Dess® a 10% durante 30' → ha sufrido una reducción del diámetro en 0.416 mm.

Los tratamientos han dando varios resultados pero la variación n ha sido muy agresiva excepto en la Prob 1 em Sb-4 que ha sufrido una disminución más drástica, ya que ha perdiendo 0.416 mm. Lo que se traduce en una absorción de humedad y un estrés estructural de las laminillas. En cuanto a la Prob 1 em SB-2 ha aumentado su diámetro lo que se traduce en una pérdida de fracción calcárea.

➤ Ciclododecano®:

- La Prob 1 em CCD-5 empaco de New Dess® a 3% durante 15' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.087 mm.
- La Prob 1 em CCD-6 empaco de New Dess® a 3% durante 30' → ha sufrido ha aumentado del diámetro en 0.012 mm
- La Prob 1 em CCD-7 empaco de New Dess® a 10% durante 15' → ha sufrido una aumentado su diámetro en 0.017 mm.
- La Prob 1 em CCD-8 empaco de New Dess® a 10% durante 30' → No ha sufrido modificaciones en su peso.

Los resultados con el uso de esta barrera temporal dan mejor resultados ya que la variación es mucho más reducida quede sin barra. En la Prob 1 em CCD-5 y La Prob 1 em CCD-7 se registran una disminución del diámetro de 0.087 mm y 0.017 mm, esto se traduce en una absorción de agua, esta variación es la más drástica de todas las probetas. En cuanto a las Prob 1 em CCD-6 se aumenta el diámetro de 0.012 mm con pérdida de la fracción calcaría. La última probeta *Prob Em CCD-8* no se registra modificaciones lo que es muy positivo ya que es el tratamiento más agresivo.

➤ Paraloid B72®:

- La Prob 1 em Pb72-9tratamiento de empaco de New Dess® a 3% durante 15' → ha sufrido una disminución del diámetro en 0.021mm.
- La Prob 1 em Pb72-10 tratamiento de empaco de New Dess® a 3% durante 30' → ha sufrido ha disminución del diámetro en 0.036 mm
- La Prob 1 em Pb72-11 tratamiento de empaco de New Dess® a 10% durante 15' → ha sufrido una disminución su diámetro en 0.478 mm.
- La Prob 1 em Pb72-12 tratamiento de empaco de New Dess® a 10% durante 30' → Ha aumentado su diámetro en 0.008 mm

Los resultados de las medidas de los diámetros de las cavidades son muy diferentes entre ellos, las Prob 1 em Pb72-9, Pb72-10, Pb72-11 han disminuido su diámetro respectivamente, 0.021mm, 0.036 mm, 0.478 mm. Ha absorbido humedad causando un estrés en la estructura interna, la subida más externa es la probeta con mayor proporción de 10% durante 15'. En la Prob Pb72-12 durante más tiempo el diámetro se aumentado, pero lo que se ha perdido fracción calcárea.

Probetas con peores resultados llegando a la conclusión su efectividad es más mala que la barrera anterior.

El ultimo es grupo corresponde a las siglas Prob 2 Em AC.

➤ Sin Barrera:

- La *Prob 2 Em AC SB-1* con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 15' con una neutralización de 30' → Se registra una disminución del diámetro en 0.348 mm.
- La *Prob 0 em AC Sb-2* con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 30' con una neutralización de 1 hora → ha sufrido una reducción del diámetro 0.192 mm

En los dos casos se han registrado una disminución del diámetro de las concavidades

➤ Ciclododecano®:

- La *Prob 2 Em AC CCD-3* con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 15' con una neutralización de 30' → ha sufrido una disminución de 0.001 mm.
- En cuanto a la *Prob 2 Em AC CCD-4* con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 30' con una neutralización de 1 hora → se registra un aumento de su diámetro lo en 0.056 mm

La Barrera de Ciclododecano® funciona correctamente, aunque hayan sufrido modificaciones son extremadamente bajas teniendo en cuenta que la probeta que peores resultados da es la correspondiente a la que ha sufrido un tratamiento más extremo y no llega al 0.1 mm aumento.

➤ Paraloid B72®:

- En la *Prob 2 Em AC Pb72-6* con tratamiento de 5% de ácido cítrico al 30' con una neutralización de 1 hora → se ha reducido el diámetro de la cavidad en 0.853mm.

Por lo que la barrera de Paraloid B72® no responde adecuadamente a su función de reducir la absorción y retención de humedad. Es el registro más elevado que se ha registrado en estas probetas. Lo que se traduce en un aumento de la absorción, hinchando así las laminillas estructurales de la fracción calcárea.

En cuanto a la colorimetría hacer una pequeña referencia general, ya que los cambios sufridos no han sido lo suficientemente grandes para alarmarse y no se ha visto gravemente afectado por el tipo de tratamiento. Aunque los registros que más han variado son los fragmentos que no presenta ninguna barrera temporal de protección. Aunque los fragmentos que presentaban barrera, se veían alterado a menor escala, los fragmentos que se aplicaba el tratamiento con menor concentración de tensoactivos por lo general se registran más cambios. Pero todos los cambios cromáticos, son insuficientes para cambiar de rango drásticamente ya que todos pertenecen al campo del amarillo sufriendo variaciones en su saturación y croma.

7. CONCLUSIONES

En general, las conclusiones que se han extraído sobre la efectividad y reversibilidad de las diferentes barreras protectora, se plantean en los tres siguientes párrafos.

Los fragmentos a los que no se les han aplicado ninguna barrera protectora, con los mismos tratamientos, se han registrado variaciones más significativas en todos los exámenes no destructivos que se han realizado. Su peso ha variado por la absorción de humedad, afectando así a su estructura interna formada por laminillas estructurales. También la alta higroscopicidad afecta al hueso trabéculas y al diámetro de las cavidades, causando un debilitamiento y alto estrés en la pieza. A nivel colorimétrico, los datos de diferencia del antes y después son los más acentuados aunque no alarmantes. Los resultados eran los esperados, por la propia naturaleza del material

En cuanto a las probetas que se emplearon dos productos comerciales diferentes han dado mejores resultados en algunos de los exámenes no destructivos, pero se continuará esta reflexión analizando cada producto independientemente.

Las probetas que se ha empleado el Ciclododecano® se han obtenido los mejores resultados en comparación con los dos otros grupos. En cuanto a la impermeabilización de las piezas, se ha registrado una variación del peso aceptable en los casos de los huesos limpios siendo mínima y en cuanto a los fragmentos que se ha eliminado las patologías el peso ha variado correspondientemente a las dimensiones de la patología. Garantizando así una cierta protección de la húmeda. En cuanto a la reversibilidad es total por su peculiar característica de sublimar. Tarda bastante días en sublimar por lo que el tiempo de trabajabilidad es extenso.

Por último las probetas que se les ha aplicado Paraloid b72® su efectividad fue relativa, ya que el hueso con patologías se registra una pérdida de peso pero más reducido. También recalcar que la efectividad es mayor en los fragmentos con patología de terrosas que en incrustaciones calcáreas, dando mejores resultado en control de peso y la comparativa de las cavidades de hueso trabecular, observándose un debilitamiento por el estrés causado por el tratamiento. En cuanto a la reversibilidad, en la observación con la lupa Leica se han observado restos del producto en las cavidades del hueso trabecular. También recalcar que las probetas se manipulan más pudiendo este factor afectar a su integridad.

Aunque los resultados del Cicloddecano® sean positivos como barreras protectoras en las limpiezas en húmedo, se deben tener en consideración unas premisas. Como se ha demostrado en el proceso experimental en los huesos que presentan incrustaciones calcáreas se aconseja que la costra sea lo suficientemente gruesa para asegurarse que el tratamiento no sea demasiado agresivo a nivel de proporciones y tiempo. Por lo que se aconseja usar empacos de ácido cítrico al 5% o inferior durante 15 minutos como máximo con este tipo de protección. Su poder de protección en largos periodos de tiempo con ácido y su correspondiente neutralización es demasiado excesivo alterando la superficie de contacto, reblandeciéndola. En cuanto a las incrustaciones terrosas, se obtuvieron mejores resultados. Aunque se aconseja que los tratamientos de menos poco tiempo de contacto

del empaco se tenga precaución porque la humectación y la absorción de agua es superior a los empacos que estuvieron más tiempo dejando de lado las proporciones en cuanto este aspecto

También se debe de referenciar que antes de tomar la opción de aplicar una capa de protección, se debe de apreciar el grado de consolidación e integridad del fragmento. Si la cohesión es aceptable se recomienda el uso de Ciclododecano® ya que su reversibilidad es apta, y las modificaciones que sufren los fragmentos son muy reducidas, sin afectar a la integridad de la pieza ni a su composición.

8. BIBLIOGRAFÍA.

[RECURSOS ELECTRONICOS]

- ORTEGA PALMA, A Y CERVANTES MARTINEZ, J (2008) “Restos Óseos humanos: patrimonio no valorado” extraído del Antropología. Boletín Oficial del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Nueva Época Núm. 83-84, pág. 116 [Consultado el 26/12/2018] [<https://mediateca.inah.gob.mx/repositorio/islandora/object/articulo%3A13835>]
- MARTÍN CASTELLANO, E y POZO CANALES, J (2016).” Consolidación de materiales óseos fósil: estudio de penetración de consolidantes” de la revista *Ph 07 investigación*. N°:7, pág. 25-51 [consultado el 27/12/2018] [<http://www.iaph.es/revistaph/index.php/revistaph/article/view/4072/4038#.WnGpQajblU>]
- GODEFROIT, P.; LEDUC, T. “*La conservation des ossements fossiles: le cas des Iguanodons de Bernissart*”. En *CeROArt*. Conservation, exposition, Restauration d'Objets d'Art. 2008. p. 3 [consulta el 15/10/2017] [(URL) [hppt:// journals.openedition.org](http://journals.openedition.org)]
- OLSZTA MJ, CHENG X, JEE SS, “*Et al Bon structure and formation: a new perspective*”. *Mater Sci Eng R Rep* 2007; 58/77-116 [consultado el 15/10/2018] (Available online at www.sciencedirect.com Elsevier materials science and engineering .. MSR-343; NO OF PAGES 40) [<http://msg.mbi.ufl.edu/journalclub-f07/22oct2007.pdf>]
- ROSAS GONZALEZ, A; FORTEA PÉREZLL, J; DE LA RASILLA VIVES, M; FERNÁNDEZ COLÓN, P; HIDALGO GONZÁLEZ, A; LACASA MARQUINAL, MARTINEZ-MAZAL, C; GARCÍA TABERNEROL, A; BASTIRL, M. (2005). “*Criterios Restos neandertales de la Cueva de El Sidrón: una restauración al servicio de la investigación paleontológica*” en PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, nº 53, abril 2005, p. 70-73 [Consultado:18/03/2018]
- PASIES OVIEDO, T. “*La conservación de materiales óseos: antiguos tratamientos y nuevas alternativas de intervención*”. Museo de Prehistoria de Valencia, Congreso La Ciencia y el Arte IV y Deporte Ciencias experimentales y conservación del patrimonio, Pag. 299 [Consulta: 17/05/2018] [<file:///C:/Users/Alba%20Colomina/Searches/Downloads/14472.pdf>]
- CARRASCOSA MOLINER, B Y LINARES SORIANO M^aA. “*Idoneidad de los actuales estucos tradicionales empleados en la reintegración volumétrica de materiales óseos.*” Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València.
- MAS-BARBERÀ,X; KRÖNER, S; MARTÍNEZ BAZÁN,M; GRAFIÁ SALES, J. VTE Y OROZCO MESANA, J. “*Estudio del ciclododecano como separador temporal en el proceso de moldeado de materiales pétreos macroporosos*” Artículo de Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València Y Instituto de Tecnología de Materiales

- CARRASCOSA MOLINER,B; ANGEL PERIS,A Y FLORS URENA, “La extracción de materiales arqueológicos *in situ*. yacimientos de torre la sal y costa mar, Cabanes (CASTELLÓN)” Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universidad Politécnica de Valencia
- MUROS, V (April 2004) “*The Use of Cyclododecane as a Temporary Barrier for Water-Sensitive Ink on Archaeological Ceramics During Desalination*” Article in Journal of the American Institute for Conservation
- MARTÍN CASTELLANO, E.; POZO CANALES, J. (2016) “*Consolidación de material óseo fósil: estudio de penetración de consolidantes*”, ph investigación [en línea], n.º 7, diciembre de 2016, pp. 25-51
<<http://www.iaph.es/phinvestigacion/index.php/phinvestigacion/articulo/view/152>>
- BOUZAS ABAD A. y LABORDE MARQUEZE. A. “*La degradación del hueso*” pag, 271 [Consultado 27-11-2018]
[\[https://Dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/75927.pdf\]](https://Dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/75927.pdf)
- BAGAN PEREZ, R. “*Artículo de materiales y técnicas de la restauración: El Ciclododecano y sus aplicaciones en conservación-restauración.*” Diplomada en conservación y restauración de pintura por la esrbcc
- GUITIERREZ, M; MARTINEZ,G; NIELSEN-MARSH,C (2001) “*Alteraciones diagenética y preservación diferencial de los conjuntos oseos de la localidad arqueológica*”(Paso Otero)” [[https://www.google.es/search?q=GUITIERREZ%2C+M%3B+MARTINEZ%2C+G%3B+NIELSEN-MARSH%2C\(2001\)+Alteraciones+diagenetica+y+preservacion+diferencial+de+los+conjuntos+oseos+de+la+localidad+arqueologica+Paso+Otero%2C\(ver+Gutierrez%2C+1998\).+\(Estudios+Geofisicos+56%3A+291-299+\(2001\)&aq=chrome..69i57.963j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.es/search?q=GUITIERREZ%2C+M%3B+MARTINEZ%2C+G%3B+NIELSEN-MARSH%2C(2001)+Alteraciones+diagenetica+y+preservacion+diferencial+de+los+conjuntos+oseos+de+la+localidad+arqueologica+Paso+Otero%2C(ver+Gutierrez%2C+1998).+(Estudios+Geofisicos+56%3A+291-299+(2001)&aq=chrome..69i57.963j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)] [Consultado:17/05/2018]
- “Manual de instrucciones del aparato Colorímetro Konic minolta” [https://www.konicaminolta.com/instruments/download/instruction_manual/color/pdf/cm-2600d-2500d_instruction_spa.pdf] [consultado el día 24/5/2018]
- GUTIÉRREZ, M; MARTÍNEZ G; Y NIELSEN-MARSH C. (2001) “*Alteración diagenética y preservación diferencial de los conjuntos óseos de la localidad arqueológica Paso Otero (Provincia de Buenos Aires, Argentina)*” *Estudios Geo.*, 56: 291-299(2001) [[https://www.google.com/search?q=Estudios+Geo%2F.%2C+56%3A+291-299+\(2001\)+ALTERACION+DIAGENETICA+y+PRESERVACION+DIFERENCIAL+DE+LOS+CONJUNTOS+OSEOS+DE+LA+LOCALID](https://www.google.com/search?q=Estudios+Geo%2F.%2C+56%3A+291-299+(2001)+ALTERACION+DIAGENETICA+y+PRESERVACION+DIFERENCIAL+DE+LOS+CONJUNTOS+OSEOS+DE+LA+LOCALID)

[AD+ARQUEOLOGICA+PASO+OTERO+\(PROVINCIA+DE+BUENOS+AIRESES%2C+ARGENTINA\)+M.+Guti%C3%A9rez+%2C+G.+Mart%C3%ADnez+**+y+C.+Nielsen-Marsh+***&aq=Estudios+Geo%2F.%2C+56%3A+291-299+\(2001\)+ALTERACION+DIAGENETICA+y+PRESERVACION+DIFERENCIAL+DE+LOS+CONJUNTOS+OSEOS+DE+LA+LOCALIDAD+ARQUEOLOGICA+PASO+OTERO+\(PROVINCIA+DE+BUENOS+AIRESES%2C+ARGENTINA\)+M.+Guti%C3%A9rez+%2C+G.+Mart%C3%ADnez+**+y+C.+Nielsen-Marsh+***&aq=chrome..69i57.1039i0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#\]](#)

- ROSAS GONZÁLEZ, A; LACASA MARQUINAI, E; MARTÍNEZ-MAZAI, C; GARCÍA TABERNEIRO, A; BASTIRI, M; FORTEA PÉREZ, J; DE LA RASILLA VIVES, M; FERNÁNDEZ COLÓN, P; HIDALGO, A (2005). “*Criterios. Restos neandertales de la Cueva de El Sidrón: una restauración al servicio de la investigación paleontológica*”, Revista: PH Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, nº 53, abril 2005, p. 70-73.
- ORTEGA PALMA, A; CERVANTES MARTÍNEZ, J (2008). “*Restos óseos humanos: patrimonio no valorado.*” Revista Antropología. Boletín oficial del Instituto Nacional de antropología e historia por el Instituto Nacional de antropología e historia, Campeche. México. 2008 jul- dic nº 83-84 pag 116-122 issn 0188-462x
- VALENZUELA JIMÉNEZ, G; PIJOAN A. y MANSILLA, J . “*Alteraciones culturales en los restos esqueléticos localizados en el curso de las primeras excavaciones en Xochicalco, Morelos*”, Dirección de Antropología Física, INAH
- PASÍES OVIEDO, T (2014) *Los trabajos de conservación-restauración en el laboratorio del Museo de Prehistoria de Valencia: problemática de las antiguas intervenciones* revista: Restauradora del Museo de Prehistoria de Valencia ph investigacion 03 ph investigación [en línea], n.º 3, diciembre de 2014, pp. 1-19

[TESIS DOCTORALES]

- LARA SÁEZ, I. (2015) *Evaluación biológica de nuevos recubrimientos osteoinductores sintetizados vía sol-gel para aplicación en implantología dental*, Tesis doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia 2015 p. 9 [consultado el 15/10/2018] [<https://riunet.upv.es/handle/10251/51463>]
- DAVID, H. (2008). *Contribución a la conservación del arte rupestre prehistórico*. Tesis doctoral, Valencia. Universidad Politécnica De Valencia
- PASTOR VALLS, M^aT. (2016) *Pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. criterios y metodología de actuación*. Trabajo final de máster en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica de Valencia. València [Consultado en 07/02/2019] [<http://hdl.handle.net/10251/34784>]
- Lastras Pérez, M. (2007). Investigación y análisis de las masillas de relleno para la reintegración de lagunas cerámicas arqueológicas pag. 169-170 [Tesis doctoral no publicada]. Universitat Politècnica de València. doi:10.4995/Thesis/10251/11224

[LIBROS]

- DAVIES JE (2007). *Bone bonding at natural and biomaterial surfaces*. *Biomaterials* 2007. 28 [<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961207005856?via%3Dihub>]
- FERNANDEZ- TRESGUERRES HERNANDEZ GIL I, ALOBERA GRACIA MA, CANTO PINGARRÓN M, DEL BLANCO JEREZ L. *Bases fisiológicas de la regeneración óseas I: histología y fisiología del tejido óseo*. *Med oral patol cir bucal internet* 2006; 11:47-51 Issn- 1698-6946 [consultado el 15/10/2018] [<http://www.medicinaoral.com/medoralfree01/v11i1/medoralv11i1p47e.pdf>]
- MAS BARBERÀ, X. (2010) *Conservación y Restauración de Materiales Pétreos. Diagnóstico y tratamientos*. València, Universidad Politécnica de València. ISBN: 978-84-8363-583-4. Pág, 76-77 [consultado: 05/09/2018]
- GÓMEZ, M.L., 2008. *La Restauración: Examen Científico Aplicado a La Conservación De Obras De Arte*, 186
- J. M. CRONYN. *The elements of Archaeological Conservation. Contributions on marine material* by W.S robinson ISBN 0-415-01206-6 PAAG. 275-282
- GARCÍA FORTES,S *Conservación y restauración de bienes arqueológicos*.ISBN:978-84-975637-6-9
- HORIE V. *Materials for conservation. Organic consolidants Adhesives and coating*. ISBN-13: 978-0-75-066905-4

[TRABAJOS FINALES DE MASTER]

- MERELO GINEL, A (2017) *Intervencion de piezas fósiles del museo de ciencias naturales de Valencia: embalaje y exposición*. Trabajo final de master en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica de Valencia, Pag.3 [<https://riunet.upv.es/handle/10251/86076>] [consultado el 17/10/2018]
- Soto Martin, O. (2010) *Técnica de análisis para el estudio de soportes lígneos en retablos de la isla de Tenerife. Propuesta metodológica para su aplicación en el campo de la conservación y restauración*. Trabajo final de máster en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica de Valencia, València pag,18. [Consulta: 8/5/2018] [<http://hdl.handle.net/10251/12672>]
- Lopez Torres, M. (2015) *Usos del Ciclododecano en proceso de arranque de pintura mural al seco*. Trabajo final de máster en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica de Valencia, València [Consultado en 15/04/2019] [<http://hdl.handle.net/10251/74406>]
- Pastor Valls, M^aT. (2016) *Pictóricas no protegidas en pintura contemporánea. criterios y metodología de actuación*. Trabajo final de máster en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica de Valencia. València [Consultado en 07/02/2019] [<http://hdl.handle.net/10251/34784>]
- FLORES LÓPEZ , L (2016). *Estudio del comportamiento de adhesivos sintéticos y de las propiedades fisicoquímicas aplicados en diferentes casos sobre soporte lígneo*, Trabajo final de máster en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica De València. València [Consultado en 10/03/2019] [<http://hdl.handle.net/10251/74341>]

- Martínez Riera, T. (2014). *Estudio del comportamiento físico-mecánico en masillas de relleno y sellado para la reintegración formal en material fósil*. Trabajo final de máster en conservación y restauración de bienes culturales en Universidad Politécnica De València. València [Consultado en 12/03/2019] <http://hdl.handle.net/10251/52268>
- Ríos Ruiz, H (2015). *La conservación y restauración aplicadas al estudio antropológico sobre restos óseos no fosilizados* Trabajo final de máster en conservación y restauración de bien culturales en Universidad Politécnica De València, València [Consultado en 15/01/2019] <http://hdl.handle.net/10251/75027>
- Gonzalez Portillo, A (2013) *Comparativa de morteros de acabado para su uso en restauración: morteros tradicional y predosificado industrial*. Trabajo de final de master en conservación y restauración de bienes culturales, en Universidad Politécnica De València, València [Consultado en 13/03/2019] <http://hdl.handle.net/10251/43468>
- Jareño Cia, M^aJ. (2008) *El empleo del Ciclododecano como protección en el proceso de desclavado de la obra*, Trabajo de final de máster en conservación y restauración de bienes culturales, en Universidad Politécnica De València, València [Consultado en 12/03/2019] <http://hdl.handle.net/10251/13185>

[SIMPOSIO]

- LACAYO TOMAS E. (2002) *“Factores de alteración in situ: Conservación preventiva del material arqueológico”* En XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2001 (editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y B. Arroyo), pp.454- 456. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala. Número del capítulo 37, [consultado el 27/04/2018] <<http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/01/37.01-Lacayo-en-PDF.pdf>>
- Pases Oviedo, T. *La conservación de materiales óseos: antiguos tratamientos y nuevas alternativas de intervención*. Museo de Prehistoria de Valencia, Congreso La Ciencia y el Arte IV y Deporte Ciencias experimentales y conservación del patrimonio, Pag. 299 [Consulta: 17/05/2018] <<file:///C:/Users/Alba%20Colomina/Searches/Downloads/14472.pdf>>

[CURSOS]

- Pases Oviedo, T. (2015) *Conservación y restauración de cerámica arqueológicas: Los procesos de limpieza de cerámicas arqueológicas: teoría y práctica aplicada a las decoraciones ibéricas. Impartido en la Universidad Politécnica de Valencia*. Apuntes curso De formación permanente

[Consultas a la R.A.E]

Definición según la R.A.E <http://dle.rae.es/?id=FwRC69y>



ANEXOS

- **TABLAS DEL REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LOS DIFERENTES GRUPOS DE PROBETA. ANVERSO Y REVERSO DE LOS FRAGMENTOS.**

- **Registro fotográfico antes del proceso experimental.**

Tabla 22. Grupo.1 Prob 0 em



Prob 0 SB-1



Prob 0 SB-2



Prob 0 SB-3



Prob 0 SN-4



Prob 0 CCD-5



Prob 0 CCD-6



Prob 0 CCD- 7



Prob 0 CCD-8



Prob 0 Pb72- 9



Prob 0 Pb72-10



Prob 0 pb72-11



Prob 0 pb72-12

Tabla. 23 Grupo. 3 Prob 1 em



Prob 1 Em SB-1



Prob 1 Em SB-2



Prob 1 Em SB-3



Prob 1 Em SB-4



Prob 1 Em CCD-5



Prob 1 Em CCD-6



Prob 1 Em CCD-7



Prob 1 Em CCD-8



Prob 1 Em Pb72-9



Prob 1 Em Pb72-10



Prob 1 Em Pb72-11



Prob 1 Em Pb72-12

- *Tabla. 24 Grupo 3 Prob 2 em*



Prob 2 Em SB-1



Prob 2 Em SB-2



Prob 2 Em CCD-3



Prob 2 Em CCD-4



Prob 2 Em Pb72-5



Prob 2 Em Pb72-6

- Registro fotográfico antes del proceso experimental.

Tabla 25. Grupo.1 Prob 0 em



Prob 0 em SB-1



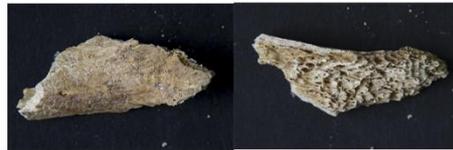
Prob 0 em SB-2



Prob 0 em SB-3



Prob 0 em SB-4



Prob 0 em CCD-5



Prob 0 em CCD-6



Prob 0 em CCD-7



Prob 0 em CCD-8



Prob 0 em PB72-10



Prob 0 em PB72-10



Prob 0 em PB72-11



Prob 0 em PB72-12

Tabla 26. Grupo.1 Prob 1 em



Prob 0 em SB-1



Prob 0 em SB-2



Prob 0 em SB-3



Prob 0 em SB-4



Prob 0 em CCD-5



Prob 0 em CCD-6



Prob 0 em CCD-7



Prob 0 em CCD-8



Prob 0 em PB72-10



Prob 0 em PB72-10



Prob 0 em PB72-11



Prob 0 em PB72-12

Tabla 27. Grupo.2 Prob 2 em AC



Prob 2 em SB-1

Prob 2 em SB-2



Prob 2 em CCD-3

Prob 2 em CCD-4



Prob 2 em PB72-5

Prob 2 em PB72-6

-

-

• **TABLAS DEL TRATAMIENTO CON REGISTRO FOTOGRAFICO.**

- *Tabla 29*

PROBETA "0" (Huesos limpios)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Imagen
Sin barrera de protección temporal	Empaco con tensoactivo New dess/H2O	Al 3%	15'	
			30'	
		Al 5%	15'	
			30'	
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con tensoactivo New dess/H2O	Al 3%	15'	
			30'	
		Al 5%	15'	
			30'	
Con barrera de protección semitemporal: Paraloid B722	Empaco con tensoactivo New dess/H2O	Al 3%	15'	
			30'	
		Al 5%	15'	
			30'	

- *Tabla. 30*

PROBETA "1" (Incrustaciones terrósas)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Imagen
Sin barrera de protección temporal	Empaco con tensoactivo New dess/H2O	Al 3%	15'	
			30'	
		Al 5%	15'	
			30'	
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con tensoactivo New dess/H2O	Al 3%	15'	
			30'	
		Al 5%	15'	
			30'	
Con barrera de protección semitemporal: Paraloid B722	Empaco con tensoactivo New dess/H2O	Al 3%	15'	
			30'	
		Al 5%	15'	
			30'	

- Tabla. 31

PROBETA "2" (Incrustaciones calcárea)				
Tipo de protección	Tratamiento	Proporciones	Tiempo	Imagen
Sin barrera de protección temporal	Empaco con ácido cítrico	Al 5%	15'	
			30'	
Con barrera de protección temporal: Ciclododecano	Empaco con ácido cítrico	Al 5%	15'	
			30'	
Con barrera de protección semitemporal: Paraloid B722	Empaco con ácido cítrico	Al 5%	15'	
			30'	

• REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROCESO EXPERIMENTAL



PROB 1 EM CCD-5



PROB 1 EM CCD-6



PROB 1 EM CCD-7

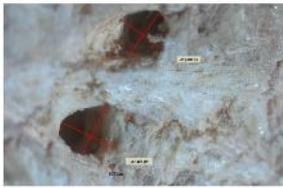


PROB 1 EM CCD-8



PROCESO EXPERIMENTAL





- FICHAS TÉCNICAS

○ CICLODODECANO³⁷

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

Fórmula:	C ₁₂ H ₂₄
Punto de fusión:	58-61°C
Punto de ebullición:	243°C
Peso específico:	0,83 kg/dm ³
Solubilidad:	Disolventes apolares (white spirit, esencia de petróleo ...). Insoluble en agua, alcoholes y otros disolventes mediamente polares.

DESCRIPCIÓN

El CICLODODECANO es un hidrocarburo cíclico, saturado, químicamente estable, de consistencia cerosa. La propiedad de sublimar (o bien de pasar, en condiciones ambientales, del estado sólido directamente al gaseoso), puede ser utilizada para efectuar protecciones temporales.

Una superficie tratada con CICLODODECANO se convierte en hidrorrepelente, como cuando se trata con cera microcristalina. Además el CICLODODECANO puede ser usado como aislante y destacante para moldes y, en el sector arqueológico, para fijar momentáneamente un objeto de la superficie decohexa y polvorienta. La capacidad adhesiva del CICLODODECANO es escasa y no se puede utilizar para encolados, si no en aquellas situaciones (por ejemplo, veladuras), donde sea suficiente una adhesión mínima.

La película del CICLODODECANO no es elástica, y si se aplica sobre materiales sujetos a movimientos puede agrietarse y separarse.

El CICLODODECANO se comercializa sea en spray que en forma sólida

VENTAJAS

La característica de sublimar hace posible la ejecución de algunas operaciones actualmente efectuadas con resinas y otros materiales reversibles. En este caso no es necesario efectuar la intervención final de eliminación, dado que el CICLODODECANO desaparece por sí solo.

APLICACIONES

El CICLODODECANO sólido puede ser disuelto en disolventes apolares, como los hidrocarburos alifáticos o aromáticos (disolvente aconsejado, esencia de petróleo o White spirit), y después aplicado a pincel.

Con el spray es posible pulverizar la superficie de manera uniforme, posicionándose a una distancia de 6-10 cm. Se obtiene una película elástica, sin brillo, altamente hidrorrepelente. Esta película no ofrece una elevada resistencia a los disolventes mediamente polares (alcoholes, cetonas), que lo pueden atravesar, sin solubilizarlo.

En el caso de que se quiera obtener un efecto de consolidación temporal (reagregación superficial), se deberá proceder de la siguiente manera: primero se bañará la superficie con un disolvente apolar como el White Spirit, y entonces se pulverizarán varias manos sobre la superficie bañada, a una distancia de 3-4 cm., para hacer penetrar el CICLODODECANO en la porosidad.

ELIMINACIÓN

El CICLODODECANO sublima en tiempos variables dependiendo de la modalidad de aplicación y de la cantidad de producto depositado, además de los parámetros ambientales (temperatura y ventilación).

Protecciones ligeras, efectuadas pulverizando a una distancia de 10 cm., desaparecen en un día. Una capa de 1 mm., necesitará 2-3 días a 20°C.

En el caso de que se haya efectuado una consolidación, y que haya habido una penetración en los poros, los tiempos pueden llegar también a 30 días o más.

En el caso de que se quiera eliminar rápidamente el CICLODODECANO efectuar lavados con White Spirit ó acelerar el proceso de sublimación soplando aire caliente con un secador de pelo.

CONFECCIONES

El CICLODODECANO SPRAY está disponible en conf. de 400 ml

El CICLODODECANO SOLIDO está disponible en conf. De 1 kg.

EJEMPLOS APLICATIVOS

Los ejemplos abajo indicados se refieren al uso del spray. En el caso de que la aplicación se haga en zonas bien definidas (como la protección de tintas), se puede proceder pulverizando antes sobre un film polidéster el CICLODODECANO, y una vez seco aplicarlo sobre las partes no tratadas con una espátula caliente.

PAPEL – en el caso de que se quiera proceder a un tratamiento con medios acuosos en una obra donde se encuentren tintas sensibles, actualmente se procede fijando el escrito con Paraloid B72 u otras resinas similares. Efectuada la protección se procede con el tratamiento acuoso, y una vez seca la obra se elimina el fijativo.

Esta última operación puede comportar riesgos de parcial eliminación de la misma tinta. El CICLODODECANO permite, gracias a su hidrorrepelencia proteger las tintas de los tratamientos acuosos, y en la fase de eliminación no comporta ningún riesgo, dado que se va por sí sólo, sublimando.

ARQUEOLOGIA – En el sector arqueológico puede resultar particularmente útil, en el momento de la excavación, para fijar in situ un objeto en la superficie decohexa y polvorienta. El objeto podrá después ser transportado sin riesgos de separaciones en laboratorio, donde, una vez sublimado el CICLODODECANO, se procederá a una consolidación con las técnicas tradicionales.

MOLDES - Superficies muy porosas se protegen con una espesa película de CICLODODECANO, para reducir los riesgos de penetración.

PINTURAS SOBRE TELA – Aislamientos de la parte trasera de una pintura para impedir el paso, a través de los craquelados, de parte del barniz solubilizado con soluciones de alcohol o hidroalcohólicas.

Fecha de emisión: 20/10/2009

³⁷ Catalogo de CTS España, [<https://shop-espana.ctseurope.com/documentacioncts/fichastecnicasweb2018/3.1disolventes2016/ciclododecanoesp.pdf>]

○ PARALOID B72®³⁸



PARALOID B-72

PRODUCTO PARA LA CONSOLIDACIÓN DE MADERA Y PIEDRA

INTRODUCCIÓN

El PARALOID B-72, es una resina acrílica (metilacrilato-etilmetacrilato) sólida, suministrada en pequeñas bolas que, oportunamente disuelta en apropiados disolventes puede ser empleada como consolidante además que para usos tradicionales como adhesivo o fijativo.

La solubilidad del PARALOID B-72 es posible con varios tipos de disolventes:

- Cetonas (acetona, metiletilcetona)
- Esteres y éteres (etilo acetato, butil acetato y cellosolve acetato, dowanol PM, etc)
- Hidrocarburos aromáticos (tolueno, xileno, y mezclas como el disolvente nitro)
- Hidrocarburos clorurados (cloruro de metileno, cloretene)

Es insoluble en agua y muy poco en alcohol etílico e hidrocarburos alifáticos.

Los disolventes aconsejados, por su baja toxicidad, son acetona (que es muy volátil), butil acetato, en caso de que se requiera un bajo nivel aromático se aconseja dowanol PM.

PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La solución se prepara normalmente con una concentración entre el 2% al 10% de PARALOID B-72 en disolvente (2/10 de PARALOID B-72 y 98/90 de disolvente) por medio de un agitador mecánico. El disolvente se pone primero en el recipiente y mientras se agita este se va echando la resina hasta obtener una perfecta disolución. Un ligero aumento de la temperatura (hasta 50/60°, compatible con el punto de ebullición del disolvente), favorece la solubilización.

APLICACIÓN

La aplicación de la solución de PARALOID B-72 sobre los objetos a consolidar puede hacerse con los sistemas normales usados para el barniz como aerógrafos o pinceles.

Los mejores resultados se obtienen por inmersión lenta del objeto a consolidar en la solución. De ese modo el consolidante es absorbido por capilaridad del soporte poroso penetrando también en las partes más internas, consolidando el objeto de manera completa y uniforme.

Para eliminar resina en superficie se aconseja siempre dar disolvente puro después de la aplicación, antes del secado. Esto reducirá el riesgo de formación de película y de efecto brillante.

FINALIDAD DEL TRATAMIENTO

El tratamiento de consolidación así como se explica obtiene diversas funciones, las más importantes son:

- reducción del número de micro porosidad (diámetro inferior a 0,1 mm) y reducción del volumen de la porosidad más grande (diámetro superior a 10 mm), convirtiendo al objeto más compacto y menos frágil.
- evita la transformación del carbonato de calcio (duro y compacto) a sulfato de calcio (frágil y polvoriento), por acción del anhídrido sulfuroso presente en el aire.
- reduce la absorción de agua sea en superficie que en profundidad por quedar inalterable, en término de color, opacidad, el aspecto del objeto tratado.

NOTA: PARALOID B-72 confiere hidrorrepelencia sólo temporalmente, siendo oportuno continuar después de la consolidación con un tratamiento de siloxanos (SILO 111) o utilizar una resina acril-silicónica (ACRISIL 201 O.N.).

³⁸ Catálogo de CTS España [<https://shop-espana.ctseurope.com/documentacioncts/fichastecnicasweb2018/1.1.1resinaacrilica2016/paraloid-b-72esp.pdf>]

○ **ACETONA**³⁹PRODUCTO: **ACETONA**REFERENCIA DS: **PQB-05/10/3**
FECHA REVISIÓN: **28/10/2005****ESPECIFICACIONES:**

Parámetro	Unidades	Valor	Método ERTISA	Correspondencia
Pureza	% peso	99.6 mín.	Cálculo	--
Color escala Pt/Co	º Hazen	10 máx.	4701	ASTM D-1209
Agua	% peso	0.3 máx.	4706	ASTM D-1364
Densidad a 15.5 º C	g/ml	0.797 ± 0.001	4702	ASTM D-1298
Residuos evaporación	mg/L	50 máx.	4711	ASTM D-1353
Acidez (como Ácido Acético)	ppm	20 máx.	4704	ASTM D-1613
Rango de Destilación	º C		4717	ASTM D-1078
- Punto Inicial		55.8 mín.		
- Punto Final		56.6 máx.		
Benceno	ppm	50 máx.	4714	GLC
Oxido de Mesitilo	ppm	50 máx.	4714	GLC
Cumeno	ppm	50 máx.	4714	GLC
Diacetona alcohol	ppm	250 máx.	4714	GLC
Apariencia		Líquido claro sin mat. susp.	Visual	

○ **ACIDO CITRICO**⁴⁰**ÁCIDO CÍTRICO – AMONIO CITRATO TRIBÁSICO**

El **Ácido Cítrico** es un ácido tricarboxílico, que disuelto en agua tiene un pH 2.5. Está contenido en el zumo de limón del orden del 6%. Es soluble también en alcoholes y Acetato de Etilo. Por si solo el **Ácido Cítrico** no tiene un elevado poder **complejante**, pero con la ayuda de bases se obtienen ciertas sales (citratos), que son utilizadas por su mejor eficacia. Precisamente para la eliminación de las sales de hierro de piedras de carbonato, se utiliza una solución acuosa de su sal **Amonio Citrato Tribásico**, que tiene un pH ligeramente alcalino, entre 7 y 8.

Junto con el Citrato de Sodio, el Amonio Citrato está contenido en la **Saliva Sintética CTS**.

El **Ácido Cítrico** y el **Amonio Citrato** se utilizan para la limpieza de obras policromadas, en particular para la eliminación de repintados o de materiales proteicos. En estas aplicaciones, a veces existe la acción del quelante con la de un tensioactivo de pH neutro como puede ser el *Tween 20*. Estas mezclas pueden espesarse con *Klucel G* o *Carbopol*, o también agregarse al gel **Nevek**.

³⁹ Catálogo de CTS España [https://shop-espana.ctseurope.com/documentacioncts/fichastecnicasweb2018/3.1disolventes2016/acetonaesp.pdf]

⁴⁰ Catálogo de CTS España

Índice de tablas

- *Tabla. 1* Patologías en materiales óseos p.16 *Gráficos de dentro de la tabla son realizados por la autora Clara García*
- *Tabla.2* Características fisio-químicas del Ciclododecano® P.17 realizados por la autora Clara García
- *Tabla. 3* Características físico-químicas del Paraloid B72® P.19 realizados por la autora Clara García
- *Tabla 4.* Distribución de los fragmentos Prob 0. pag.30. *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.5.* Distribución de los fragmentos Prob 0 em ácido pag 30. *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.6* Distribución de los fragmentos Prob em new dess ®. Pag.31 *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.7* Distribución de las probetas 2, tratamiento de empacos de ácido. Pag 31. *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla 8* Nomenclatura del croma y el tono *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.10* Nomenclatura del croma y el tono *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.11* Diferencias de los parámetros L* a* y b* p.41 Realizado por la autora Clara García
- *Tabla.12* Nomenclatura del croma y el tono p. 41 *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.13* Diferencias de los parámetros L* a* y b* p.41 *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.14* Nomenclatura del croma y el tono41 *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla.15* Nomenclatura del croma y el tono 42 *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla. 16* Grupo Prob 0 Em , registro de las p 43 pesadas *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla. 17* Grupo Prob 0 Em, AC registro de las pesadas. *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla. 18* Grupo Prob 1 Em, registro de las pesadas. P45 *Realizado por la autora Clara García*
-
- *Tabla. 19* Grupo Prob 0 Em, registro de las cavidades del hueso trabecular p. 47 *Realizado por la autora Clara García*
-
- *Tabla. 20* Grupo Prob 0 Em AC, registro de las cavidades del hueso trabecular. *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla. 21* Grupo Prob 1 Em, registro de las cavidades del hueso trabecular p.50. *Realizado por la autora Clara García*
- *Tabla. 22* Grupo Prob 2 Em AC registro de las cavidades del hueso trabecular p 51. *Realizado por la autora Clara García*

Índice de Imágenes.

- *Fig. 1* Macroestructura básica de un hueso largo, pag 13, autoría: Clara García
- *Fig.2* Tipología oses del esqueleto humano p.14. autoría: Clara García

- *Fig. 3* Diagrama 1 pag. 29, autoría: Clara García
- *Fig.4* .Registro colorímetro pag.33. autoría: Clara García

- *Fig.5* .Registro colorímetro pag 33, . autoría: Clara García
- *Fig.6* Balanza de precisión pag 33 autoría: Clara García

- *Fig.7* Microscopio estereoscópico pag 34 autoría: Clara García
- *Fig.8* Capa de protección temporal ciclododecano, autoría: Clara García

- *Fig.9* Capa de protección temporal de Praloid B72, autoría: Clara García

- *Fig 10* Limpieza pag 35, autoría: Clara García

- *Fig 11* Limpieza pag 35, autoría: Clara García

- *Fig.12* Limpieza pag 35 , autoría: Clara García

- *Fig.14* Baños de acetona, autoría: Clara García

- *Fig.15* Fotografías luz ultravioleta, autoría: Clara García

Índice de Imágenes.

- *Gráfica 1.* Prob 0 em, autoría: Clara García

- *Gráfica 2.* Prob 0 em AC, autoría: Clara García

- *Gráfica 3.* Prob 1 em, autoría: Clara García

- *Gráfica 4.* Prob 2 em AC, autoría: Clara García

