

## Paleontología //

### Criterios para la selección de siliconas en la elaboración de moldes. Propiedades físicas, aplicaciones y marcas comerciales.

La silicona ha demostrado ser un material extremadamente eficiente para la realización de moldes en el ámbito de la conservación y restauración de bienes culturales. Sin embargo, la gran diversidad de tipos y marcas comerciales disponibles, unido a la ausencia de publicaciones actualizadas sobre su uso, dificultan su elección en un proyecto determinado. El presente artículo recopila las propiedades físicas de este elastómero, algunas marcas comerciales y sus principales aplicaciones en el ámbito de la paleontología.

**Xènia Aymerich.** Titulada Superior en Conservación y Restauración de Bienes Culturales en la especialidad de Bienes Arqueológicos. Jefa del Área de Preparación y Conservación del *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* (ICP). Profesora vinculada a la *Universitat Autònoma de Barcelona* (UAB).

[xenia.aymerich@icp.cat](mailto:xenia.aymerich@icp.cat)

**Almudena S. Yagüe.** Licenciada en Bellas Artes en la especialidad de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Máster en Comisariado de Nuevos Medios. Técnica del Área de Preparación y Conservación del *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* (ICP).

[almudena.yague@icp.cat](mailto:almudena.yague@icp.cat)

**Alba García.** Graduada en Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Máster en Dirección de Proyectos de Conservación-Restauración

[alba0013@hotmail.com](mailto:alba0013@hotmail.com)

**Palabras Clave:** silicona, molde, policondensación, poliadición, paleontología.

**Fecha de recepción:** 2-XII-2022 > **Fecha de aceptación:** 12-XII-2022

#### INTRODUCCIÓN

Los moldes y réplicas como método de reproducción de elementos originales son muy utilizados en el ámbito de la conservación de patrimonio paleontológico, ya que evitan poner en riesgo el espécimen original. Las réplicas permiten al personal investigador estudiar una copia exacta del fósil sin los peligros que supone su manipulación o traslado a otras instituciones. Además, las réplicas son un elemento muy valioso desde el punto de vista didáctico (por ejemplo, para su uso en talleres infantiles o actividades familiares) e incluso se pueden incluir en exposiciones cuando las condiciones de exhibición no garantizan la conservación de los originales.

Las primeras evidencias conocidas del uso de réplicas en paleontología se remontan prácticamente al inicio de la propia disciplina, el siglo XVIII. A lo largo de la historia se han usado distintos materiales para la realización de moldes, como el látex, el alginato o la escayola. Sin embargo, en la actualidad el material más utilizado es la silicona debido, principalmente, a sus propiedades elásticas y a su larga vida útil, aunque sus aplicaciones no han sido protocolizadas para su uso en bienes culturales.

La silicona es un polímero sintético e inorgánico derivado del polisiloxano; está constituido por una serie de átomos de silicio y oxígeno alternados. La silicona es inerte y estable, lo que la hace útil en gran variedad de aplicaciones industriales, como lubricantes, adhesivos, moldes y en aplicaciones médicas y quirúrgicas, como prótesis valvulares, cardíacas e implantes de mamas.

La elaboración de moldes en el campo de la conservación-restauración ya es *per se* un proceso complejo; actualmen-



te, un elemento clave para obtener resultados óptimos es la elección de una silicona adecuada. La dificultad de esta elección obedece básicamente a dos motivos: por un lado, a la escasez de artículos de referencia sobre su aplicación en la reproducción de fósiles; por el otro, a la existencia de un

<sup>1</sup> La relación de marcas comerciales incluidas en este artículo no es exhaustiva. Su selección se ha realizado en base al uso habitual que realiza el personal de distintos centros de investigación en el campo de la paleontología y sus resultados han sido contrastados. Ninguna de las marcas comerciales mencionadas ha contribuido de ningún modo a este trabajo.

<sup>2</sup> RTV es el acrónimo de *Room Temperature Vulcanizing*.

<sup>3</sup> La polimerización es un proceso químico por el que monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero.

<sup>4</sup> Resistencia que presenta un líquido para fluir.

<sup>5</sup> Un compuesto con un valor superior a los 2.000.000 cps es tan viscoso que se clasifica como una goma.

<sup>6</sup> Estos valores no son absolutos, es importante realizar pruebas previas.

<sup>7</sup> El *working life* puede variar tanto por las condiciones ambientales como por el método de moldeo.

<sup>8</sup> La reticulación, de igual manera que la vulcanización o el curado, implica la formación de una red tridimensional formada por la unión de diferentes cadenas poliméricas homogéneas.

<sup>9</sup> Llamada así por su inventor, Albert Ferdinand Shore (1876-1936).

amplio abanico de siliconas comerciales en el mercado que, además, está en constante evolución. De forma recurrente surgen nuevas variantes que, a menudo, provienen del desarrollo de nuevos productos para campos muy distintos y alejados de la conservación de bienes culturales, pero cuyas propiedades pueden resultar interesantes en este ámbito.

El objetivo principal de este artículo es facilitar la elección de la silicona adecuada para cada caso y, de este modo, obtener un molde que cumpla con los objetivos previstos. Para tal fin, este artículo recopila los distintos tipos de siliconas existentes, detalla sus propiedades físicas y elabora un compendio de marcas comerciales<sup>1</sup> con sus aplicaciones óptimas en el campo de la paleontología.

## TIPOS DE SILICONAS

Existen dos grandes grupos de siliconas: las siliconas monocomponentes y las bicomponentes. Las **siliconas monocomponentes**, o RTV-1,<sup>2</sup> son aquellas que polimerizan<sup>3</sup> mediante la reacción con la humedad atmosférica; sus principales aplicaciones son como adhesivo o material de sellado. Además, en las **siliconas bicomponentes** o RTV-2 la polimerización se produce mediante la reacción con un catalizador. El resultado de esta polimerización es una goma flexible, muy parecida a un caucho, y antiadherente (excepto sobre sí misma); están especialmente indicadas para la realización de moldes por lo que son el objeto de análisis de este artículo.

Según su composición química, las siliconas bicomponentes se dividen en dos familias, las siliconas de policondensación y las de poliadición. Estos dos tipos tienen características distintas y no son compatibles entre sí.

Las **siliconas de policondensación** o condensación (base estaño) se denominan así porque, durante el proceso de polimerización, se libera etanol como subproducto de condensación. Estas siliconas ofrecen una buena calidad de reproducción, una excelente recuperación de la deformación, resistencia al desgarro y son relativamente económicas. Sin embargo, al liberar un subproducto, tienen una estabilidad dimensional baja y una contracción lineal de  $\pm 1\%$ , es decir, una vez polimerizadas reducen paulatinamente este porcentaje de su tamaño. Generalmente, aunque hay excepciones, su proporción de mezcla es el 95% de base más 5% de catalizador.

Por otro lado, las **siliconas de poliadición** o adición (base platino) durante el proceso de polimerización no producen un subproducto como tal, solo existe la liberación de hidrógeno, que no afecta a la contracción del material. Estas siliconas ofrecen una alta recuperación de la deformación y una definición y estabilidad dimensional excelentes. Tienen una contracción lineal más baja que las siliconas de policondensación ( $\pm 0,3\%$ ), gran elasticidad y, en general, una vida útil más larga que las siliconas de base estaño. Sin embargo, son siliconas más caras y sensibles que las anteriores, ya que pueden inhibir su proceso de polimerización en contacto con algunos materiales como los guantes de látex, las plastilinas con azufre, la madera o los barnices acrílicos. Generalmente, los dos componentes se mezclan a partes iguales (1:1) aunque existen excepciones. **1** [pág.92]

## PROPIEDADES FÍSICAS

Una de las propiedades de la silicona, antes del proceso de polimerización, es su **viscosidad**.<sup>4</sup> Su unidad de medida es

el cps o cP (centipoise), equivalente a un milipascal por segundo (mPa·s). Como referencia, el agua tiene una viscosidad de 1 cps, siendo la más baja que existe, el aceite de oliva tiene 500 cps y la miel 10.000 cps.<sup>5</sup> Las siliconas líquidas de viscosidad más baja suelen tener unos 4.000 cps mientras que las de viscosidad más alta unos 45.000 cps.

Cuando se requieren siliconas con viscosidades muy elevadas se puede añadir un **agente tixotrópico**, de esta manera la silicona es aplicable en superficies verticales o inclinadas con pincel o espátula, evitando el goteo. Generalmente, el aditivo tixotrópico se añade a la base de la silicona antes que el catalizador y su proporción puede variar entre un 2% y un 4%.<sup>6</sup>

Durante el proceso de polimerización de la silicona, su viscosidad aumenta con el tiempo. Se denomina *pot life* al tiempo que requiere la mezcla para llegar a tener el doble de la viscosidad inicial en condiciones ambientales controladas (entre 23 °C y 25 °C). Este parámetro actúa como guía para determinar su **working life**, es decir, el tiempo que la mezcla se mantiene en un rango de viscosidad con el cual aún se puede trabajar.<sup>7</sup> El *working life* de una silicona condicionará indiscutiblemente la elección de una u otra, ya que en general puede variar entre pocos minutos y las cinco horas. Otro parámetro para tener en cuenta es el **tiempo de curado**, que corresponde al tiempo que la silicona tarda en polimerizar completamente y viene determinado por la velocidad de reacción. El tiempo de curado se inicia una vez aplicado el catalizador, ya que su adición inicia la reacción de reticulación.<sup>8</sup> El catalizador es el responsable de proporcionar una constitución elástica, gomosa y estable a la silicona. La cantidad de catalizador añadido determina la velocidad de reacción, aunque siempre es recomendable utilizar las proporciones especificadas por el fabricante. El tiempo de curado de la silicona puede variar entre los 30 minutos y las 24 horas y es un factor que condiciona (igual que el *working life*) la elección de la silicona.

Otra propiedad física relevante, una vez la silicona ha polimerizado, es la resistencia a la *indentation*, es decir, la resistencia a la penetración de una punta. A esta propiedad se la llama **dureza elástica** y la escala para medir esta resistencia se denomina Shore.<sup>9</sup> Existen diferentes escalas de dureza Shore para medir distintos materiales, como los cauchos blandos, los plásticos rígidos y los geles superblandos. La de aplicación en el caso de las siliconas es la escala Shore A, que es la que se utiliza para los elastómeros “más blandos”. El rango de esta escala numérica va desde 0 (dureza mínima) hasta 95 (dureza máxima) y las siliconas utilizadas para la realización de moldes generalmente tienen un Shore A, comprendido entre 15 y 30. Este parámetro está directamente relacionado con la flexibilidad, mientras que un valor más bajo corresponde a una silicona más flexible, unos Shores altos comportan menos flexibilidad y, por lo tanto, mayor facilidad de rotura en el proceso de desmolde.

Una vez finalizado el proceso de polimerización de la silicona, hay que contemplar una última propiedad: la **resistencia a la elongación**. Esta magnitud mide el aumento de longitud antes de su rotura cuando la silicona se somete a un esfuerzo de tracción. Este parámetro determina la vida útil del molde, ya que en cada proceso de desmolde se ejerce un esfuerzo de tracción que lo estresa. Generalmente, las siliconas para moldeo tienen una elongación de entre 250% y el 500% respecto a su estado en reposo.

Las distintas propiedades físicas de las siliconas se resumen en la imagen. [2](#) [pág.93]

## APLICACIONES Y REVISIÓN DE MARCAS COMERCIALES

En el ámbito de la paleontología, se deben valorar independientemente cada uno de los parámetros detallados anteriormente en función de las características del fósil, de la función que se pretenda dar al molde, del número de réplicas que se quiera producir, así como el nivel de detalle que se persiga.

En términos generales, un Shore A elevado y una viscosidad alta permitirán realizar moldes resistentes y de gran durabilidad, adecuados para fósiles de grandes dimensiones, elaborados *in situ* o con morfologías simples. Estos valores de la silicona no serán útiles para fósiles con morfologías complejas, ya que dan lugar a moldes muy rígidos que podrían perjudicar el original y dificultar el proceso de desmolde. Tampoco resultan útiles cuando se pretende obtener un molde de gran resolución, ya que tienen una capacidad limitada para registrar pequeños detalles. Es por ello por lo que, para realizar moldes *in situ* se elegirán siliconas con Shore A elevado y viscosidad alta y, preferiblemente, un tiempo de curado bajo que permita optimizar la jornada de trabajo en el yacimiento.

Por el contrario, un Shore A bajo permite un fácil desmolde al generar un molde muy flexible. En general, los moldes con Shore A bajo tienen una vida útil más corta y su resistencia a la elongación suele ser menor. Las siliconas con Shore A muy bajo no están indicadas para hacer moldes que requieran largas series de replicado.

Una viscosidad baja permite realizar moldes por colada con gran fidelidad y detalle. Si, además, el *working life* es alto, la silicona puede incidir en las zonas más profundas del fósil y registrar con exactitud su morfología. Estos valores permiten obtener resultados óptimos para fósiles con morfologías complejas de los que se persigue obtener el máximo detalle.

A continuación, se detallan algunas de las marcas comerciales de siliconas líquidas (aplicación por colada) utilizadas para la realización de moldes en el campo de la paleontología. Los parámetros especificados se basan en las fichas técnicas de cada fabricante, aunque se ha constatado que no siempre corresponden con exactitud a los valores reales:<sup>10</sup>

Sika® **Essil 125** (antes de 2021, Axson Technologies® Essil 125) es una silicona de policondensación con una viscosidad de 45.000 cps y dureza de 24 Shore A. El *working life* es de 1 hora y 20 minutos, el tiempo de curado de 24 horas y su elongación es del 500%, una de las mayores del mercado en siliconas de policondensación. Se trata de una silicona de muy buena calidad que da como resultado moldes con una larga vida útil y unas réplicas con buena definición. Está indicada para moldear invertebrados y elementos craneales y postcraneales<sup>11</sup> de vertebrados de cualquier tamaño, a excepción de dientes de microvertebrados.<sup>12</sup> [3](#) [pág.94]

Sagristà Products® **Silcast C-520** es una silicona de policondensación con una viscosidad de 30.000 cps y una dureza 22 Shore A. Tiene un *working life* de 3 horas, un tiempo de curado de 22 horas y una elongación del 350%. Es una buena opción para moldes que necesiten producir un gran

número de réplicas. Su contracción lineal es del 1%, un valor algo elevado para moldear fósiles pequeños y con muchos detalles, pero que puede resultar adecuada para moldear invertebrados de tamaño medio o grande, así como elementos postcraneales de macrovertebrados.<sup>13</sup> [4](#) [pág.94]

La gama Sagristà Products® **Silgom** son siliconas de poliadiación de las que cabe destacar las siguientes por su uso en paleontología:

- **Silgom A21 Blue** tiene una viscosidad de 6.000 cps y una dureza de 22 Shore A. El *working life* es de 1 hora, el tiempo de curado de 4 horas y su elongación es del 450%. Presenta una alta resistencia mecánica, una gran flexibilidad y un elevado nivel de detalle. Está indicada para moldear elementos anatómicos de pequeñas y medianas dimensiones.
- **Silgom A30** tiene una viscosidad de 11.000 cps y una dureza de 30 Shore A. El *working life* es de 50 minutos, el tiempo de curado de 4 horas y su elongación es del 450%. Ofrece una alta resistencia mecánica, una gran flexibilidad y es compatible con resinas epoxídicas. Está indicada para moldear elementos anatómicos de medianas dimensiones.
- **Silgom 727 HT** tiene una baja viscosidad de 4.100 cps y una dureza de 28 Shore A. El *working life* es de 10-12 minutos, el tiempo de curado de una hora y su elongación es del 500%. Tiene una notable resistencia a temperaturas elevadas (400 °C) y al envejecimiento; también presenta un alto grado de fidelidad en la reproducción de detalles muy pequeños. Está indicada para moldear elementos anatómicos de pequeñas dimensiones que tienen que replicarse con materiales de alta reacción exotérmica. [5](#) [pág.95]

La gama Smooth-On **Mold Star®** son siliconas de poliadiación con una viscosidad de 12.500 cps, una elongación del 440% y comprende los siguientes tipos:

- **Mold Star® 15 SLOW** con una dureza de 15 Shore A, un *working life* de 50 minutos y un tiempo de curado de 4 horas.
- **Mold Star® 16 FAST** con una dureza de 16 Shore A, un *working life* de 6 minutos y un tiempo de curado de 30 minutos. Mold Star® 15 SLOW y Mold Star® 16 FAST están especialmente indicadas para moldear con gran detalle crestas, surcos y cúspides de las coronas dentales de microvertebrados.
- **Mold Star® 30** con una dureza de 30 Shore A, un *working life* de 45 minutos y un tiempo de curado de 6 horas. Se recomienda su aplicación para moldes de grandes dimensiones, ya que su capacidad de plasmar detalles es limitada. El uso de materiales de replicado de reacción exotérmica puede acortar su vida útil. [6](#) [pág.95]

En el mercado también se encuentran siliconas en pasta como Sagristà Products® **Silcast Tixo**. Se trata de una silicona de policondensación con una alta viscosidad (textura de crema) debido al componente tixotrópico que lleva incorporado. Su dureza es de 23 Shore A, tiene un *working life* de 30 minutos, un tiempo de curado de 3 horas y una elongación del 350%. Este tipo de silicona es adecuada para utilizar en aplicaciones verticales o inclinadas, ya que no gotea y se adhiere con facilidad a la superficie a replicar. En paleontología, se usa este tipo de silicona en trabajos *in situ* como la realización de moldes de icnitas,<sup>14</sup> en las que se requiere de una silicona de fácil manejo, y donde las condi-

<sup>10</sup>SAWAURA, R.; KIMURA, Y.; KUBO, M.O. "Accuracy of dental microwear impressions by physical properties of silicone materials". *Frontiers in Ecology and Evolution*. Vol. 10 (2022), p. 1- 12.

<sup>11</sup>Elementos esqueléticos diferentes al cráneo.

<sup>12</sup>Los microvertebrados engloban a todos aquellos vertebrados de menos de 5 kg de peso en vida como musarañas, ratas de agua, ardillas, etc.

<sup>13</sup>Los macrovertebrados engloban a todos aquellos vertebrados de más de 5 kg de peso en vida como hienas, caballos, elefantes, etc.

<sup>14</sup>Se denomina icnita a una huella o rastro de actividad de un organismo registrada en los sedimentos o las rocas.

<sup>15</sup> Indicadas para tomar impresiones de coronas dentales, prótesis bucales fijas, modelos de ortodoncia...

<sup>16</sup> El fabricante no detalla los valores en la ficha técnica. Para más información ver ISO 4823:2015.

<sup>17</sup> El fabricante no detalla los valores en la ficha técnica.

<sup>18</sup> Indicada para tomar la impresión del conducto auditivo.

ciones del terreno muchas veces no propician la utilización de una silicona líquida. <sup>7</sup> [pág.96]

Otra gama de siliconas utilizadas habitualmente son las odontológicas,<sup>15</sup> con dispositivo de mezcla automático de tipo pistola que permite aplicarla por inyección como **Coltène® President**. <sup>8</sup> [pág.96] Se trata de siliconas de poliadiación con un *working life* de 1 minuto y 45 segundos, un tiempo de curado de 2 minutos y una vida útil corta, generalmente sólo permiten obtener dos o tres réplicas. Dentro de esta gama destacan las siguientes:

- **President Light Body** con una baja viscosidad y dureza elástica.<sup>16</sup> Está especialmente indicada para moldear con gran detalle crestas, surcos y cúspides de coronas dentales de macrovertebrados.
- **President Regular Body** con una viscosidad y dureza elástica media. Se usa como base del molde realizado con Light Body para evitar la deformación de este cuando el molde no tiene caja o bandeja. <sup>9</sup> [pág.97]

También existe otra gama de siliconas odontológicas con propiedades interesantes, como Techim® **Harduplex**. Son siliconas de poliadiación, con viscosidades bajas<sup>17</sup> y un Shore A de 12, 18, 23 o 30. El *working life* es de 10 minutos, el tiempo de curado de 30 minutos y su contracción lineal de 0,04%. Estas siliconas ofrecen una elevada precisión en la reproducción de detalles, aunque su propiedad más remarcable es que pueden polimerizar en ambientes muy húmedos o encharcados. Por este motivo son una buena solución para realizar moldes en cuevas o zonas especialmente húmedas. <sup>10</sup> [pág.97]

Zhermarck Wellbeing® **elite ZA-OT 38** es una silicona otológica<sup>18</sup> de poliadiación y que incluye un dispositivo de mezcla automático. Tiene una dureza elástica de 38 Shore A, un *working life* de 1 minuto y 30 segundos, un tiempo de curado de 10 minutos y una contracción lineal de <0,1%, una de las más bajas del mercado. Puede dar buenos resultados para moldear cavidades internas de cráneos de mamíferos o detalles internos de invertebrados. <sup>11</sup> [pág.98]

## CONCLUSIONES

El material ideal de moldeo debe ser de fácil manipulación, reproducir los detalles con alta fidelidad, poder variar el tiempo de curado a voluntad, facilitar el desmolde, ser dimensionalmente estable, conservar sus propiedades elásticas indefinidamente, ser resistente a altas temperaturas, no ser tóxico ni corrosivo y debería tener un coste económico bajo. Por supuesto, un material que cumpla con todas estas características no existe, pero el amplio abanico que ofrece el mercado de las siliconas comerciales nos brinda la posibilidad de encontrar la silicona casi perfecta para conseguir los objetivos de un proyecto concreto.

Sin embargo, encontrar la silicona adecuada para cada caso resulta una tarea complicada debido a la ausencia de publicaciones especializadas y actualizadas, a la constante evolución de este mercado y a las múltiples aplicaciones industriales de este elastómero. Para realizar una buena elección se deben conocer las propiedades físicas de las siliconas y los parámetros necesarios para llevar a cabo el proyecto con éxito. Estos parámetros vendrán determinados por la morfología del espécimen a moldear, el nivel de detalle que se persiga, la cantidad de réplicas necesarias, el material con el que se va a replicar, las condiciones en las

que se va a realizar el molde, el presupuesto y el tiempo disponibles.

Las siliconas descritas en este artículo se han seleccionado en base a la experiencia del personal del Área de Preparación y Conservación del *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* (ICP). Ciertamente, existen en el mercado muchas más siliconas, algunas de similares o incluso con mejores prestaciones; sin embargo, su elevado coste, la dificultad de encontrar proveedores o los dilatados períodos de entrega las hacen menos recomendables para su uso habitual.

Por último, hay que destacar que, aunque las aplicaciones aquí detalladas se refieren al uso de las siliconas para moldes en el campo de la paleontología, este compendio también puede ser de utilidad para estudiantes y profesionales de otros campos de la conservación que requieran el uso de moldes.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Pere Figuerola y al personal del Área de Preparación y Conservación del ICP, especialmente a Marina Rull, la ayuda recibida durante la investigación y redacción de este artículo y reconocer el apoyo del Programa CERCA (Generalitat de Catalunya). También, agradecer a la dirección y consejo de redacción de la revista *Unicum* su labor en la difusión de la conservación y restauración de los bienes culturales.

## IMÁGENES

**PORTADA** Molde de una vértebra de notosaurio elaborado con silicona de policondensación (Fotografía: Xènia Aymereich / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**1** Tabla comparativa entre las propiedades de las siliconas de policondensación y poliadiación (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**2** Resumen de las propiedades físicas de las siliconas (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**3** Propiedades y aplicaciones de la silicona de policondensación Sika® Essil 125 (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**4** Propiedades y aplicaciones de la silicona de policondensación Sagristà Products® Silcast C-520 (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**5** Propiedades y aplicaciones de la gama de siliconas de poliadiación Sagristà Products® Silgom (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**6** Propiedades y aplicaciones de la gama de siliconas de poliadiación Smooth-On Mold Star® (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

**7** Propiedades y aplicaciones de la silicona de policondensación Sagristà Products® Silcast Tixo (Imagen:

Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

8 Dispositivo de mezcla automático (Fotografía: Xènia Aymerich / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

9 Propiedades y aplicaciones de la gama de siliconas de poliadiación Coltène® President (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

10 Propiedades y aplicaciones de la gama de siliconas de poliadiación Techim® Harduplex (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

11 Propiedades y aplicaciones de la silicona de poliadiación Zhermarck Wellbeing® elite ZA-OT 38 (Imagen: Almudena S. Yagüe / *Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont* CC BY-NC-ND).

## BIBLIOGRAFÍA

AYMERICH, X.; VIZCARRO, M.; RULL, M. "Realización de moldes con silicona proyectada" [Abstract]. En: LÓPEZ-POLÍN, L.; MORENO RIBAS, E.; DÍAZ CORTÉ, A.; VALTIERRA, N. (eds.). *RCR Hueso: 1a Reunión Conservación y restauración de Hueso*. Tarragona: Conservación y restauración. Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, 2021, p. 30-32.

BAEZA, E.; GUITIÉRREZ-MARCO, J. C.; RÁBANO, I. "Obtención de grandes réplicas de elementos singulares del patrimonio geológico del Parque Nacional de Cabañeros (Castilla-La Mancha)". En: VEGAS, J.; SALAZAR, A.; DÍAZ-MARTÍNEZ, E.; MARCHÁN, C. (eds.). *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo. Cuadernos del Museo Geominero*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 2013, p. 573- 582.

BENTON, M.J.; WALKER, A.D. "The use of flexible synthetic rubbers for casts of complex fossils from natural moulds". *Geological Magazine*. Cambridge: Vol. 118 (1981), nº 5, p. 551-556.

CHANEY, D. S.; GOODWIN, M. "R.T.V. Silicone Rubber Compounds Used for Molding Fossil Vertebrate Specimens: A Comparison". *Journal of Vertebrate Paleontology*. Vol. 9 (1989), nº 4, p. 471-473.

FRIED, J.R. *Polymer science and technology*. Massachusetts: Pearson Education, inc., 2003.

KEYES, I. W. "Paleontological casting and moulding techniques". *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*. Vol. 2 (1959), nº 1, p. 56-65.

POLMANTEER, K.E. "Current Perspectives on Silicone Rubber Technology". *Rubber Chemistry and Technology*. Vol. 54 (1981), nº 5, p. 1051-1080.

PRADO JUEZ, A. *Técnicas de replicado para piezas paleontológicas*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza, 1991.

SHIT, S.C.; SHAH, P. "A review on silicone rubber". *National Academy Science letters*. Vol. 36 (2013), nº 4, p. 355-365.

WILLIAMS, D.; EDWARDS, D. "Moulding and cast replication of outcrops: a tool in geoconservation". *Proceedings of the Geologists' Association*. Vol. 124 (2013), nº 4, p. 648-652.