



# GUÍA DE INFORMES PALEONTOLÓGICOS

ÁREA DE PATRIMONIO NATURAL

**Redacción:**

Ismael Rincón Portero  
Carolina Simon Gutstein

**Comité editor:**

Ismael Rincón Portero  
Alejandro Cornejo Salazar  
Carolina Simon Gutstein  
Marcela Becerra Reyes  
Carolina Gatica Díaz  
Hermann Rivas Muñoz  
Catalina Cecilia Cornejo Umaña  
Pablo Aranda Chepillo

**Textos**

Área de Patrimonio Natural CMN

**Fotografía**

Propiedad CMN (fotógrafo Elías Ciudad, exceptuando las fotografías del anexo).

**Diseño y Diagramación**

Patricio Ogalde Hernández

**Agradecimientos**

Servicio de Evaluación Ambiental SEA  
Superintendencia de Medio Ambiente SMA

# INDICE

	<i>Pág.</i>
<b>Introducción</b>	5
<b>1. ETAPA UNO: RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES E INVESTIGACIÓN EN TERRENO .</b>	6
1.1 Revisión bibliográfica.	6
1.2 Información relevante a proporcionar por el titular.	6
1.3 Inspección visual en terreno.	6
<b>2. ETAPA DOS: ELABORACIÓN DE INFORME</b>	8
2.1 Potencial paleontológico.	8
2.2 Descripción de unidades "susceptibles" y "fossilíferas".	8
2.3 Cartografía (mapa o plano) de contexto geológico y paleontológico.	9
2.4 Impacto sobre unidades "susceptibles" y "fossilíferas".	10
2.5 Currículo y firma del informe.	10
<b>3. ETAPA TRES: EVALUACIÓN DE IMPACTOS Y PROPUESTAS DE MEDIDAS.</b>	11
3.1 La evaluación de impactos por las obras de un proyecto al componente paleontológico.	11
3.2 Medidas de control.	11
3.3 Medidas de compensación.	15
<b>ANEXO: Análisis paleontológico de vertebrados obtenido por lavado-tamizado</b>	17
1. Introducción	17
2. Técnica de Muestreo	17
3. Técnica de lavado y tamizado	18
3.1.- Secado e inmersión	18
3.2.- Lavado sobre tamices	19
3.3.- Triado del residuo	20
3.4.- Montaje y clasificación	21



# I. INTRODUCCIÓN

El Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) es un organismo técnico del Estado que depende del Ministerio de Educación y cuyas atribuciones, según la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales, se resumen en la salvaguarda efectiva del patrimonio cultural y natural de carácter monumental (Monumento Nacional), velando por su identificación, protección oficial, supervisión, conservación y puesta en valor.

En el Artículo 21° de la Ley N.° 17.288, queda establecido que, por el solo ministerio de la ley, son Monumentos Arqueológicos de propiedad del Estado los lugares, ruinas, piezas u objetos antropo-arqueológicas, paleontológicas o de formación natural que existan sobre o bajo la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales. Se indica además que son propiedad del Estado las “piezas paleontológicas y los lugares donde se hallaren”, incluyendo así la extensión de las formaciones fosilíferas bajo esta protección.

El presente documento tiene como propósito detallar los aspectos metodológicos y conceptuales validados por el CMN para la elaboración de informes paleontológicos. En diversas situaciones el CMN solicita y/o requiere informes o recopilación de antecedentes relativos a la existencia de patrimonio paleontológico o evidencias que permitan inferir su presencia en un área determinada. Este instrumento es de vital importancia para la gestión y protección de este patrimonio. Así, en los casos que corresponda, los profesionales y especialistas que cumplan con el perfil aprobado por el CMN estarán facultados para elaborar los informes paleontológicos que se soliciten, debiendo seguir el contenido y forma de la presente Guía. En casos particulares el CMN podrá solicitar análisis adicionales, de manera de disponer de información suficiente para evaluar las afectaciones al patrimonio paleontológico y los procedimientos a seguir.

Particularmente, en proyectos o actividades ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el titular deberá presentar un Informe Paleontológico, siguiendo estrictamente los ítems y etapas que se detallan en la presente Guía.

# 1. ETAPA UNO

## RECOPILACIÓN DE DATOS E INVESTIGACIÓN EN TERRENO

### 1.1 Revisión bibliográfica.

Esta recopilación al menos debe incluir:

- 1.1.1 Revisión y análisis de carta geológica en escala de mayor detalle disponible (se recomienda al menos 1:100.000) para la zona, ya sea elaborada por el SERNAGEOMIN, por algún autor (artículo científico) o por el titular.
- 1.1.2 Revisión de literatura técnico-científica. Esta revisión debe ser sistemática y considerar tanto la información de las bases de datos del SEIA, bibliotecas, tesis de grado y postgrado, como publicaciones de revistas chilenas o de indexadores internacionales, de manera de recabar toda la información existente para el área y/o formación en cuestión.

### 1.2 Información relevante a proporcionar por el titular:

- 1.2.1 Tabla con todas las excavaciones y movimientos de tierra del proyecto, que deberá ir acompañada de un plano de la obra donde se localicen las excavaciones y escarpes, con las profundidades correspondientes.
- 1.2.2 Información de calicatas y/o sondajes geológicos elaborada por el titular (ej.: perfiles geológicos de correlación lateral), en zonas donde se vayan a realizar excavaciones y/o zonas aledañas. Se utilizará para complementar información recogida posteriormente en terreno.

### 1.3 Inspección visual en terreno

Se deberá considerar una inspección para toda el Área de Influencia del proyecto, especialmente en sectores donde se contempla desarrollar actividades que impliquen movimiento de tierras o excavaciones. Revisar cortes de camino y/o quebradas naturales o, en su ausencia, en zonas aledañas, con el fin de caracterizar la secuencia estratigráfica en la superficie y subsuelo del proyecto. Se tendrá en cuenta lo siguiente:



- 1.3.1 Si el titular hubiera hecho calicatas y estas fueran accesibles, deberán analizarse los perfiles estratigráficos para establecer el potencial fosilífero.
- 1.3.2 Las actividades de prospecciones superficiales deben ejecutarse en condiciones atmosféricas que aseguren buena visibilidad del terreno.
- 1.3.3 Los datos mínimos de la inspección visual y que deben ser remitidos en el informe:
  - 1.3.3.1 Track y coordenada geográfica de todos los afloramientos y puntos de observación.
  - 1.3.3.2 Descripción geológica general de los afloramientos (nombre de la unidad geológica, tipo de roca y edad), debidamente acompañado de fotografías generales (de contexto y panorámicas) y de detalle (de litologías, estratos, estructuras, etc.).
  - 1.3.3.3 Los afloramientos con presencia de fósiles *in situ* deberán incluir, en la descripción geológica, una columna estratigráfica con apoyo fotográfico. Se debe considerar que puede haber afloramientos de unidades geológicas que no estén dentro del área del proyecto pero sí pueden ser considerados dentro de la zona de influencia, debido a su correlación lateral<sup>1</sup>.

---

1.- El área de influencia deberá incluir los afloramientos de unidades geológicas dentro o fuera del área donde se proyectan las obras, lo que deberá estar debidamente justificado por el análisis bibliográfico y los datos levantados en terreno respecto del contexto geológico de la zona.

# 2. ETAPA DOS

## ELABORACIÓN DE INFORME<sup>2</sup>

### 2.1 Potencial paleontológico.

Con toda la información bibliográfica y de terreno, se clasificarán las unidades geológicas presentes en el área del proyecto en las siguientes categorías:

2.1.1 Estéril (potencial paleontológico bajo a nulo). Unidades que correspondan a cuerpos intrusivos y productos volcánicos de alta temperatura y energía, excepto ciertos tipos de ignimbritas. En caso de tener una unidad sedimentaria sin antecedentes bibliográficos de presencia de fósiles y que en terreno se haya constatado que no tiene fósiles ni características sedimentológicas propicias para tenerlos (p. ej.: flujo de detritos altamente energético de grandes bloques), podrá incluirse en esta categoría.

2.1.2 Susceptible (potencial paleontológico bajo a medio). Unidades sedimentarias y volcanosedimentarias con facies con posibilidad de contener fósiles, aún cuando carecen de antecedentes paleontológicos bibliográficos. Desde el punto de vista sedimentológico, se trata de facies que por el ambiente sedimentario que representan, podrían albergar restos paleontológicos. También se incluyen en esta categoría unidades geológicas que han sido cartografiadas con una escala de poco detalle y no permite localizar dónde se encuentran los niveles susceptibles y/o fosilíferos.

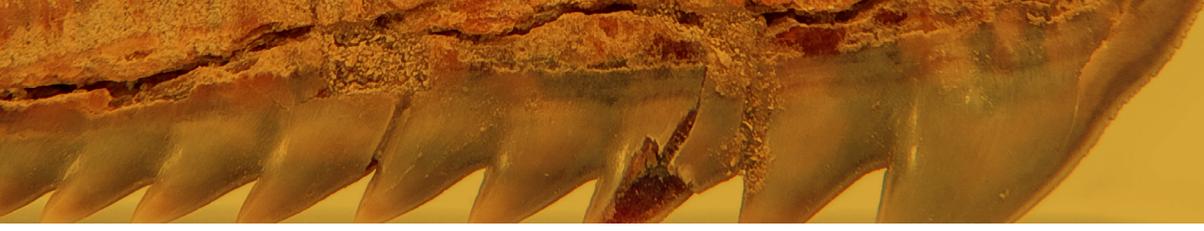
2.1.3 Fosilífera (potencial paleontológico medio a alto). Son aquellas unidades sedimentarias y volcanosedimentarias, en las cuales previamente se ha reportado su contenido fosilífero, tanto en la literatura (artículos y resúmenes científicos, SEIA, etc.) como durante la inspección visual en terreno.

### 2.2 Descripción de unidades “susceptibles” y “fosilíferas”.

Para estas unidades se debe incluir una descripción geológica detallada (miembros, estratos, niveles, estructuras sedimentarias,

---

2.- En esta etapa se debe considerar el análisis de los datos recopilados en la revisión bibliográfica, incluyendo el cotejo de las obras previstas por el proyecto (Carta Gantt, ubicación de excavaciones, etc). Además se considerará la información recopilada en terreno.



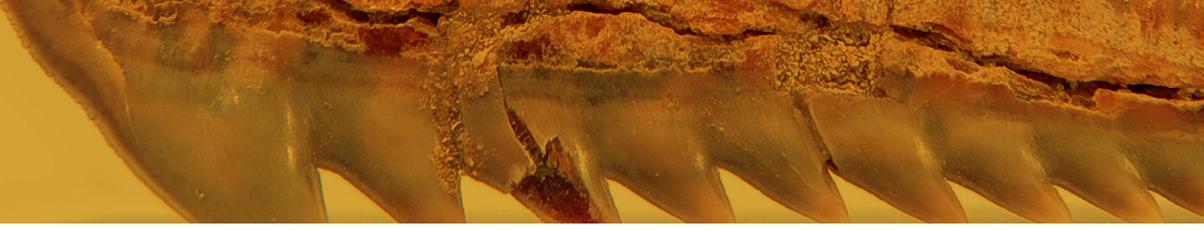
etc.) de las unidades agrupadas en las categorías “susceptibles” y “fosilíferas” presentes en el área de estudio. Esta descripción incluirá la presencia de fósiles (en bibliografía o en inspección visual) y la descripción, textual y fotográfica, de los mismos, con clasificación taxonómica, al menos hasta nivel de familia.

### **2.3 Cartografía (mapa o plano) de contexto geológico y paleontológico.**

Se deberá considerar la base cartográfica disponible<sup>3</sup>. Si no existiera tal cartografía, ni siquiera una elaborada por el titular, el profesional paleontólogo o su equipo deberán realizar una cartografía esquemática basada en el recorrido pedestre de la totalidad del área del proyecto, incluida su área de influencia<sup>1</sup>, mapeando todos los afloramientos existentes con descripción de las unidades geológicas y su respectiva clasificación oficial (Formación, miembro, unidad, etc.). Sobre esta cartografía se proyectará (UTM, Datum WGS 84, Huso correspondiente) lo siguiente:

- 2.3.1 Alcance y límite de y actividades del proyecto y área de influencia de éste.
- 2.3.2 Columnas estratigráficas levantadas (Etapa 1, punto 1.3.3.3).
- 2.3.3 Distribución de las unidades “susceptibles” y/o “fosilíferas” detectadas en la etapa anterior del estudio.
- 2.3.4 Track y coordenada geográfica de todos los afloramientos o puntos de observación, destacando aquellos donde se hallaron fósiles, indicando si son “rodados” o están “in situ”.
- 2.3.5 Localización de sondajes y calicatas inspeccionadas (Etapa 1, punto 1.2.2) y/o propuestas (Etapa 3, punto 3.2.1), si aplica.
- 2.3.6 Localización de hallazgos paleontológicos (en bibliografía y en terreno).
- 2.3.7 Toda la información de esta proyección se entregará también en formato digital (kmz).

3.- Si se considera la del Sernageomin deberá ser escala 1:100.000 si existiera para esa zona, o en su lugar, la mayor escala posible (p.ej.:1:250.000). Puede considerarse una cartografía a mayor escala si corresponde a un paper de un autor o elaborada por el titular (ej. Proyectos mineros).



## 2.4 Impacto sobre unidades “susceptibles” y “fossilíferas”

2.4.1 Indicar en qué tramos o sectores de la obra se van a producir movimientos de tierras y/o excavaciones que afecten a unidades “susceptibles” y “fossilíferas”, considerando la información de Etapa 1, punto 1.2 y Etapa 2, puntos 2.1, 2.2 y 2.3.

En el caso de proyectos evaluados en el SEIA, donde se evidencie que durante su ejecución se van a impactar unidades clasificadas como “fossilíferas”, niveles paleontológicos o puntos de interés (p.ej. hallazgos paleontológicos y sus niveles), se deberá tener en cuenta lo siguiente:

2.4.2 Entrega de todos los antecedentes requeridos para otorgar el PAS 132 (artículo 132, DS 40/2012). Durante la evaluación ambiental, estos antecedentes serán evaluados por el CMN, y deberá incluirse carta de compromiso del director de la institución que recibirá los materiales paleontológicos. Una vez aprobada la RCA del proyecto, se podrá tramitar el PAS 132.

2.4.3. Proponer medidas de protección (DIA-EIA), control (DIA), mitigación y/o compensación (EIA). Se considerará el cronograma, plan de trabajo o Carta Gantt del proyecto, así como las medidas descritas en Etapa 3 de la presente Guía<sup>4</sup>.

### Currículo y firma del informe.

2.5.1 Deberá adjuntarse el Currículum del paleontólogo responsable de la elaboración de dicho informe, según el perfil establecido por el CMN, disponible en la página web<sup>5</sup>.

2.5.2 Todos los documentos que tengan relación con el componente paleontológico, sean textos o planos, deben ir firmados por el paleontólogo que los haya elaborado.

4.- Sin perjuicio de que el profesional paleontólogo a cargo pueda añadir otras medidas.-

5.- [http://www.monumentos.cl/consejo/606/articulos-53903\\_documento.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articulos-53903_documento.pdf)

# 3.- ETAPA TRES

## EVALUACION DE IMPACTOS Y PROPUESTAS DE MEDIDAS

### 3.1 La evaluación de impactos

Por las obras de un proyecto al componente paleontológico, deberá considerar lo siguiente:

- 3.1.1 Esta evaluación aplica para proyectos que ingresen al SEIA bajo la modalidad de EIA y corresponda evaluar el impacto ambiental en el componente paleontológico (artículo 11° del Decreto 95 del Reglamento del SEIA).
- 3.1.2 También para proyectos que voluntariamente opten por evaluar el impacto ambiental sobre el componente paleontológica (P.ej. proyectos que no ingresen al SEIA y afectos a la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales).
- 3.1.3 En cualquiera de los dos casos anteriores, cuando se evalúe el componente paleontológico, independientemente de la fórmula que se utilice, se deberá tener en cuenta que el carácter del impacto debe considerarse siempre “negativo” (-1) o “neutro” (0), nunca “positivo”. Esto debido al carácter irreversible de la afectación al patrimonio paleontológico y la necesidad de proponer de medidas de control, mitigación y/o compensación.
- 3.1.4 En cualquier caso que se propongan medidas de control, mitigación y/o compensación, deberá indicarse claramente los periodos, plazos y/o fechas de ejecución/entrega de los informes, productos, actividades, servicios que se comprometan y consignen durante la evaluación ambiental, con sus respectivos medios de verificación.

### 3.2 Medidas de control y mitigación

3.2.1 Excavación de calicatas<sup>6</sup> en Unidades Fosilíferas<sup>7</sup>. Se tendrá en cuenta lo siguiente:

6.- Para efectos de esta Guía, el término “calicata” se considera sinónimo de “pozo de sondeo”.

7.- Para ejecutar esta medida deberán entregarse, durante la evaluación de un proyecto en el marco del SEIA, los antecedentes del PAS 132 (Art. N° 132 del D.S. N° 40/2012 del Ministerio de Medio Ambiente). Las calicatas se ejecutarán una vez aprobada la RCA del proyecto y antes de que empiece a ejecutarse los movimientos de tierra y/o excavaciones del proyecto. No obstante, en determinadas ocasiones el CMN podría solicitar que las calicatas se ejecuten durante el proceso de evaluación. En ese caso se deberá solicitar al CMN permiso de prospección y/o excavación según los requerimientos del artículo 7° del Reglamento de la Ley N° 17.288, sobre excavaciones y/o prospecciones arqueológicas, antropológicas y paleontológicas.



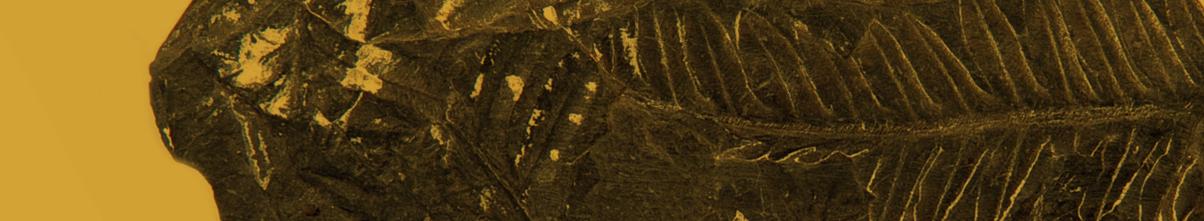
- 3.2.1.1 En las unidades clasificadas como “fossilíferas”, tanto si afloran en superficie como si están cubiertas por otras formaciones cuyo espesor pueda ser menor que la profundidad de las excavaciones del proyecto, se realizará, como medida de mitigación o de control, el rescate y una recolección para la elaboración de una colección de referencia. Para ello se excavarán calicatas.
- 3.2.1.2 En unidades geológicas mesozoicas y paleozoicas que, por sus características litológicas, no permitan la excavación de una calicata, se podrá prescindir de la excavación siempre que sea debidamente justificado.
- 3.2.1.3 El número y ubicación de las calicatas a excavar quedará a criterio del paleontólogo, debidamente justificado, respecto al potencial paleontológico de las unidades, a los movimientos de tierra y/o excavaciones previstas en el proyecto. El CMN determinará si estima conveniente aumentar dicho número, en función de las características del proyecto y/o el contexto geológico y paleontológico de la zona. El lugar elegido para las calicatas será a criterio del paleontólogo y debe ser justificado debidamente.
- 3.2.1.4 Todas las calicatas deben tener dimensiones 3x2m como mínimo y su profundidad dependerá de las excavaciones previstas por el proyecto. Se recomienda que sean visadas por el prevencionista de riesgos del proyecto.
- 3.2.1.5 Se realizará prospección paleontológica de los perfiles de las calicatas.
- 3.2.1.6 Por cada calicata se debe elaborar una columna estratigráfica en detalle, localización de los fósiles hallados (si aplica) y fotografías generales y en detalle, de los perfiles de cada calicata. En los niveles o estratos que estén formados por sedimento poco consolidado (ej. Arcillas, limos, arenas finas, medias), se tomarán muestras de sedimento para análisis paleontológico según la técnica que se especifica en el Anexo.



- 3.2.1.7 Sin perjuicio de lo indicado para las calicatas, el paleontólogo puede proponer afloramientos, situados dentro del área de influencia del proyecto<sup>1</sup>, donde tomar muestras para análisis paleontológicos.
- 3.2.1.8 En el caso de hallar fósiles en las calicatas, estos deberán ser rescatados y reportados siguiendo la “Guía para la elaboración de informes de rescate paleontológico” disponible en la página web<sup>8</sup>.
- 3.2.2 Monitoreo paleontológico en Unidades Susceptibles y Fosilíferas. Se tendrá en cuenta lo siguiente:
- 3.2.2.1 El profesional a cargo deberá realizar una propuesta metodológica para la ejecución de campañas de monitoreo regulares durante las excavaciones y actividades que impliquen movimientos de tierra de las obras y actividades para las fases de construcción y operación del proyecto en zonas sensibles desde el punto de vista paleontológico. La propuesta deberá contemplar monitoreo de las zonas de acopio de la roca explotada en los niveles fosilíferos.
- 3.2.2.2 Se deberá justificar debidamente la frecuencia del monitoreo. Las marinas procedentes de niveles fosilíferos estarán separadas del resto de las marinas<sup>9</sup>.
- 3.2.2.3 Durante la ejecución del monitoreo, se entregarán informes mensuales, sólo en formato digital, a este Consejo (CMN). El plazo máximo de entrega es 15 días hábiles después del último monitoreo del mes. Se debe indicar la metodología utilizada. Cada monitoreo debe quedar reflejado en registro fotográfico y en una columna estratigráfica sintética de los materiales que afloren. Los hallazgos fosilíferos deberán ubicarse en dicha columna estratigráfica (con escala). Se incluirá una proyección de la obra, sobre una base geológica, a la mayor escala disponible para la zona, a la que se superponga la localización exacta de los puntos de monitoreo con coordenadas UTM (Datum WGS84, Huso correspondiente). Esta proyección se

8.- [http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-39477\\_documento\\_01.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-39477_documento_01.pdf)

9.- Para efectos de esta Guía se consideran “marinas” el producto de las excavaciones, ya sean a cielo abierto o en túnel o galería, y que están formadas por tierras de textura granulométrica homogénea o mezclada.



actualizará con cada informe mensual donde se sumarán los nuevos puntos monitoreados.

3.2.2.4 Las visitas del paleontólogo quedarán registradas en el libro de obra, que será fotocopiado para ir incluido en cada uno de los informes mensuales de monitoreo.

3.2.2.5 En caso de que durante el monitoreo haya que hacer prospección o excavación paleontológica<sup>10</sup>, se entregará un informe según “Guía para la elaboración de informes de rescate Paleontológico”, del CMN .

3.2.2.6 Si el hallazgo paleontológico es imprevisto y no se tiene permiso del CMN para llevar a cabo la excavación o recolección de los bienes, deberá actuarse según indica el protocolo de este Servicio<sup>11</sup>, hasta que se obtenga el permiso correspondiente

### 3.2.3 Perímetros de seguridad

3.2.3.1 Establecer perímetros de seguridad, en las zonas donde se encontraron sitios paleontológicos dentro del área de influencia del proyecto o próximo a ella.

3.2.3.2 Deberá remitirse a este Consejo un informe ejecutivo referido a la instalación de estas medidas de protección, junto a un registro gráfico y georreferenciado de su ubicación.

### 3.2.4 Charlas de capacitación paleontológica

3.2.4.1 Las charlas serán realizadas o supervisadas por el paleontólogo<sup>5</sup> a cargo del informe paleontológico y deberán incluir un protocolo de procedimiento ante hallazgos paleontológicos imprevistos<sup>12</sup>, que debe estar en conocimiento de todos los trabajadores, especialmente del encargado de medio ambiente de la obra.

10.- Tanto si entregaron antecedentes para la obtención del PAS 132 durante la evaluación ambiental, como si no, deberá solicitar el permiso de prospección y/o excavación paleontológica para poder realizar recolección o excavación paleontológica durante el monitoreo.

11.- [http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-39477\\_documento\\_01.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-39477_documento_01.pdf)

12.- Véase: [http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-39477\\_documento\\_07.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-39477_documento_07.pdf)



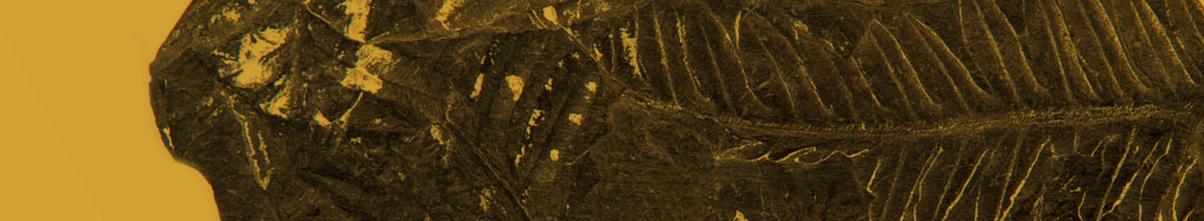
- 3.2.4.2 El contenido de las charlas de inducción se entregará como propuesta para ser visitada por el CMN.
- 3.2.4.3 Las charlas deberán ser ejecutadas antes del inicio de obras y cada vez que entre una empresa contratista nueva.
- 3.2.4.4 Los contenidos transmitidos en la inducción no deben aumentar la vulnerabilidad del componente paleontológico de la zona, por tanto se deberá evitar dar la ubicación exacta de sitios paleontológicos de interés.
- 3.2.4.5 Una vez realizada la última inducción en el proyecto, en un plazo no mayor a 20 días hábiles, se deberá remitir un registro fotográfico por fechas y las listas de asistencia firmadas para cada charla.

### **3.3 Medidas de compensación<sup>13</sup>**

Depósito en instituciones. Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- 3.3.1 Propuesta de localización de los ejemplares fósiles obtenidos durante recolección o rescate, en alguna institución de la región o Museo Nacional de Historia Natural de Santiago. Para que el CMN pueda otorgar destino de los fósiles en algunas de estas instituciones se deberán cumplir los siguientes requisitos:
  - 3.3.1.1 El titular deberá encargarse del proceso curatorial (preparación, restauración, embalaje, catalogación, etc.) de los ejemplares fósiles entregados a la institución receptora.
  - 3.3.1.2 Dicha institución deberá contar con estándares mínimos de registro, conservación y manejo de colecciones.
  - 3.3.1.3 Será necesaria una carta de parte de la institución que se propone como receptora, con el compromiso y autorización de esta institución, donde se explicita un plan de registro, conservación y libre acceso a los investigadores.

13.- Estas medidas aplican para el caso de EIA. Para ejecutar estas medidas deben ser presentadas al CMN para su visación.



### 3.3.2. Actividades o productos destinados a la comunidad.

Se sugieren las siguientes actividades que den a conocer, promuevan y/o faciliten la entrega de conocimientos en temas asociados al patrimonio paleontológico local y nacional, como los siguientes:

- 3.3.2.1 Realización de exposiciones, seminarios, charlas, talleres.
- 3.3.2.2 Elaboración de libros, guías, ilustraciones, material de folletería, entre otros.
- 3.3.2.3 Realizar publicaciones sobre el patrimonio paleontológico, cuya elaboración sea asesorada por especialistas en el tema. Estas pueden ser publicaciones de difusión, de carácter científico (en revistas revisadas por pares) u otras de difusión para diversos públicos objetivos.
- 3.3.2.4 Elaboración de material didáctico y propuesta de actividades para hacer uso de dicho material.
- 3.3.2.5 Propuestas de museografías, conservación, exhibición y/o puesta en valor de bienes paleontológicos.
- 3.3.2.6 Construcción o acondicionamiento de depósitos para bienes patrimoniales.
- 3.3.2.7 Financiamiento de análisis, estudios o proyectos de protección, conservación y difusión de yacimientos paleontológicos.

# ANEXO

## ANÁLISIS PALEONTOLÓGICO DE VERTEBRADOS OBTENIDO POR LAVADO-TAMIZADO

### 1. Introducción

Esta técnica se aplica para fósiles de pequeño tamaño, entre los cuales destacan aquellos constituidos por partes de esqueletos de vertebrados, que son obtenidos principalmente por técnicas de lavado-tamizado y uso de lupa para su estudio (Peláez-Campomanes y Morales, 2005). Cualquier otro resto fósil no perteneciente a vertebrado, que sea obtenido por esta técnica, podrá ser considerado como valioso por el paleontólogo, si está justificado debidamente (especie nueva, relevancia bioestratigráfica, p.ej.).

### 2. Técnica de muestreo

Una vez excavada la calicata, en los niveles o estratos que estén formados por sedimento poco consolidado (ej. Arcillas, limos, arenas finas, medias), se tomarán muestras de sedimento para análisis paleontológico (véase Etapa 3, punto 3.2). Para cada uno de los niveles o estratos se tomará una muestra de 50 Kg.

Para tomar la muestra se deberán tener en cuenta los siguientes puntos:

- Cuando sean diferentes estratos, separados por otro tipo de sedimento no apto para muestrear (gravas, p.ej.), se tomará, siempre que sea posible, una muestra de 50 Kg. por cada estrato. Se debe tener cuidado de evitar recoger sedimentos mezclados de diferentes niveles de sedimentos.
- La ubicación de la muestra o muestras en la calicata debe quedar reflejada con total exactitud en la columna estratigráfica. Se marcará en las fotos que se obtengan del frente.
- Siempre que sea posible, la muestra deberá ser tomada por el propio monitor paleontólogo o ayudantes, utilizando herramientas de mano (picotas, palas, etc.), de manera de saber con exactitud dónde se tomó la muestra.
- El sedimento, tomado en afloramiento, frente o de marinas, se almacenará en sacos para transportarlo. En el interior y exterior de los sacos se colocarán etiquetas, debidamente protegidas para evitar el deterioro, donde figuren los datos



del lugar (Punto Kilométrico de la obra, nombre de la obra, fecha de muestreo, punto GPS, posición estratigráfica, según corresponda).

- Todas las muestras de sedimento que se tomen serán llevadas a un lugar, dentro de las obras o fuera de ellas, donde se centralice el tratamiento de este tipo de muestras. El Lugar deberá contar con suficiente espacio para poder llevar a cabo los diferentes procesos que conlleva el lavado y tamizado de sedimento y con suministro de agua en cantidad y presión suficientes.

### 3. Técnica de lavado y tamizado

Para el lavado y tamizado se seguirá el siguiente procedimiento, teniendo en cuenta que el profesional paleontólogo que supervise los trabajos siempre podrá proponer cambios, con la debida justificación, y luego de contactarse previamente con el CMN y con debida justificación. El CMN determinará si autoriza los cambios propuestos.

Se tendrán en cuenta los siguientes pasos:

#### 3.1 Secado e inmersión:

Se abre un saco de 50 Kg. de muestra. Como preparación para el lavado de las muestras, los sedimentos se dejan secar al sol<sup>14</sup>. Una vez secos se acomodan en recipientes (cubos, cubetas, etc.) y se les añade el agua suficiente para que queden completamente cubiertos. De este modo se consigue que los terrones de sedimento absorban agua y empiecen a disgregarse.

---

14.- Si las condiciones climáticas no fueran idóneas, se puede optar por secar la muestra en horno o estufa especiales, a temperaturas en torno a 150 °C, nunca superiores a 200 °C, donde el sedimento se calentará muy extendido en bandejas. El secado en horno doméstico debe ser con ciertas precauciones. El tiempo de secado será variable, según la textura y la humedad del sedimento.



### 3.2 Lavado sobre tamices:

Cuando el sedimento ha sido sumergido en agua y está disgregado se procede al lavado, proceso mediante el cual con ayuda de un caudal de agua a presión suficiente se hace pasar la muestra depositada en cubos o cubetas, por una serie de tamices. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

3.2.1 Los tamices básicos son cuatro: los más finos de 0,5 y 0,7 mm de luz de malla, el de 2 ó 2,5 mm y el más grueso de 10 mm (véase imagen 2). Los tamices se montan sobre cajones de dimensiones aproximadas 100 x 50 cm.

3.2.2 La muestra, que previamente ha sido secada al sol y dispuesta en recipientes de agua para su disgregación, se deposita sobre el tamiz de mayor abertura (10 mm, p.ej.). Sólo con la fuerza de la presión del agua, se hará pasar el sedimento por los sucesivos tamices, desde 10 mm a 0,5 mm (el más inferior de todos).

3.2.3 Los tamices pueden estar dispuestos uno debajo de otro en forma de "torre" o de forma escalonada (véanse imágenes 1 y 2). Es importante que el sedimento nunca rebose del borde de los cajones de los tamices, porque se puede perder muestra.

3.2.4 Cada vez que se cambie de muestra de 50 Kg. hay que limpiar totalmente los tamices, para evitar la mezcla de muestra. La limpieza se hace con agua a presión y cepillo con cerdas de metal para los tamices.

3.2.5 Tras el lavado-tamizado del sedimento, el residuo se deja secar al sol, extendido sobre plásticos o bandejas, separado por los distintos tamaños que han retenido los tamices<sup>14</sup>. Si es necesario, una vez seca la muestra, se puede volver a someter a inmersión y se lava de nuevo. Si después de dos ciclos de lavado-secado-inmersión de una muestra, hay una parte del sedimento difícil de disgregar por alguna característica química, se tendrá en cuenta lo siguiente antes de volver a lavar:

- En caso de que el sedimento tenga alto contenido en Yeso, la muestra puede ser calentada en una estufa



u horno a 200 °C, hasta que el mineral de yeso se deshidrata, se vuelve blanco brillante y es fácilmente soluble en agua (Peláez-Campomanes y Morales, 2005).

- Si la muestra contiene carbonato, el sedimento deberá ponerse en disolución de ácido acético al 15%, al menos durante un día y medio. Otros autores recomiendan una solución de ácido acético al 10 % (Daams y Freudenthal, 1988).
- Si hay alto contenido en materia orgánica (lignitos, limos negros, etc.), el sedimento se puede sumergir en una solución de peróxido de hidrógeno al 15% (Peláez-Campomanes y Morales, 2005).

### 3.3.- Triado del residuo:

Tras el lavado-tamizado del sedimento, el residuo se deja secar al sol, extendido sobre plásticos o bandejas, separado por los distintos tamaños que han retenido los tamices<sup>14</sup>. Una vez secada la muestra, se realiza el triado, que consiste en la revisión del residuo, separado según los distintos tamaños que han separado los tamices. Los tamaños superiores a 2 mm de diámetro se pueden revisar a simple vista o bien utilizando lupas de 2 a 4 aumentos. Para los diámetros inferiores se utilizan lupas binoculares con mayores aumentos. La separación de los restos fósiles de microvertebrados se puede hacer con palillos o pinceles finos.

Si en el triado se detectan dientes o cualquier otra pieza de valor taxonómico para algún grupo fósil, en una proporción de cuatro dientes o piezas por 50 Kg, se considerará que la muestra es "positiva". En ese caso se establecerá de forma obligatoria monitoreo permanente en la zona donde se tomó esta muestra y hasta que desaparezca el nivel o niveles donde se tomaron las muestras. Además, deberá tomarse una muestra de 200 Kg en el mismo nivel o estrato de la calicata<sup>15</sup>,

15.- Si la calicata o el frente no pudiera permanecer abierto o detenido varios días, debería tomarse la muestra de 200 Kg. en ese mismo punto cuando se haga el monitoreo paleontológico, en base a las coordenadas UTM y datos estratigráficos tomados en la calicata.



frente de trabajo o afloramiento (véase Etapa 3, punto 3.2), donde se tomó la muestra "positiva", a ser posible en el mismo punto. Por esta razón el proceso de lavado-tamizado-triado de cada muestra de 50 Kg debe realizarse a la mayor brevedad posible, de manera que si sale "positiva", se pueda tomar en un corto plazo de tiempo la muestra de 200 Kg correspondiente. Esta muestra se someterá al mismo análisis de lavado-tamizado-triado que la muestra de 50 Kg anterior.

#### **3.4.- Montaje y clasificación:**

Los restos fósiles obtenidos tras el triado se colocan en pequeñas cajas fijados con una pasta no grasa, para su posterior estudio y clasificación taxonómica.

Al igual que con los restos paleontológicos que se encuentran en un monitoreo a simple vista, los fósiles que se hayan obtenido durante el triado (muestras de 50 y 200 Kg.), deberán ir reflejados en el correspondiente informe de monitoreo y se propondrá al CMN un lugar de destinación transitoria y final.

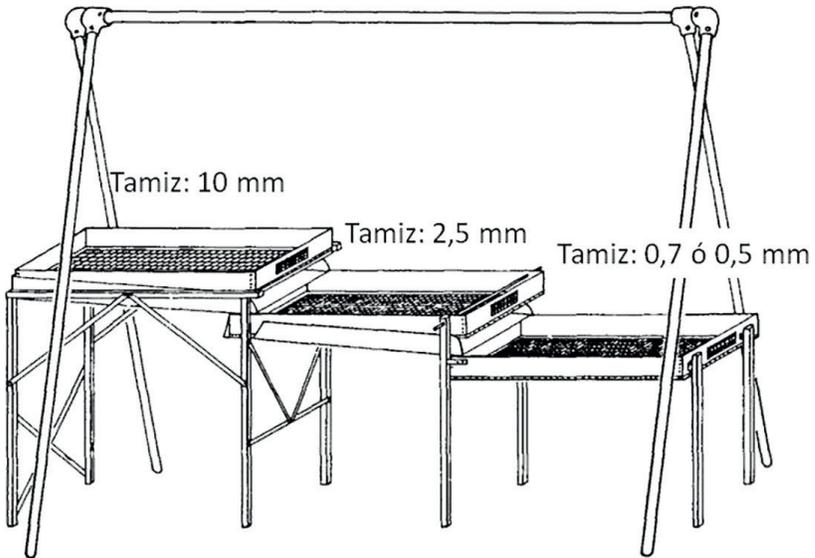


**Imagen 1.** Diferentes fases del proceso de muestreo y lavado-tamizado del sedimento, desde la toma de la muestra (1), secado previo a la inmersión (2), inmersión en agua (3-4), y lavado-tamizado (5). Tomado de Peláez-Campomanes y Morales, 2005<sup>16</sup>.

16 Peláez-Campomanes P. y Morales J. (2005). Protocolo para la prospección y explotación de yacimientos de microfósiles. Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid.



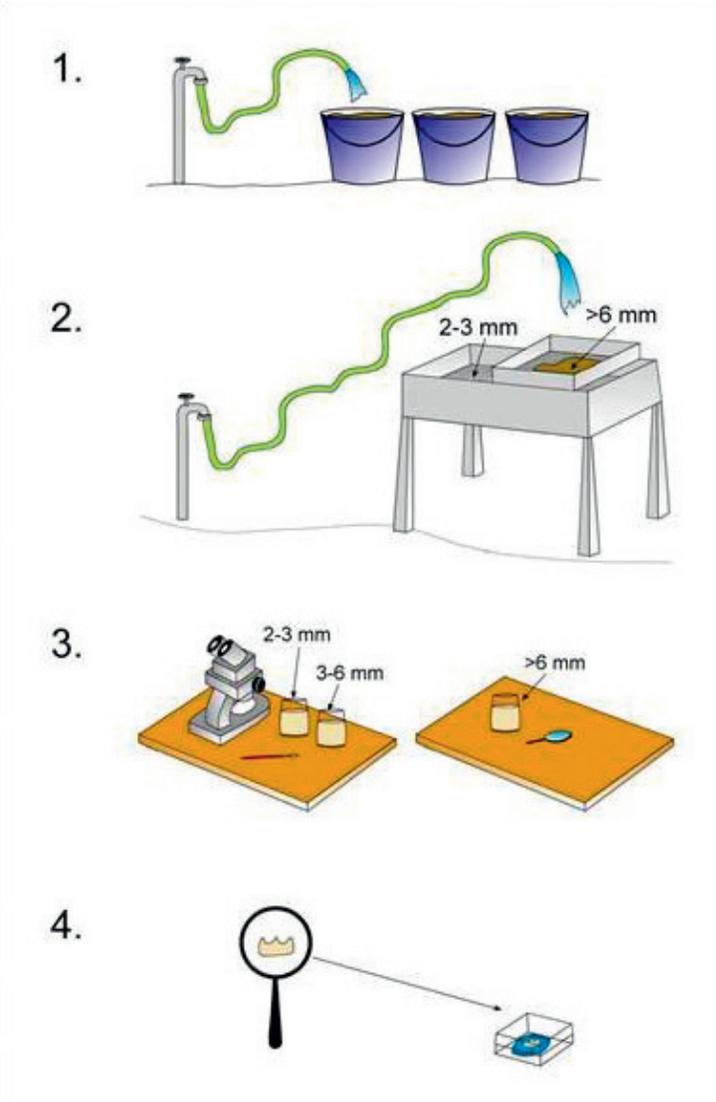
**Imagen 2.** Propuesta de tamices dispuestos escalonadamente. El sedimento de la muestra de 50 Kg, repartidos en recipientes con agua, se va vertiendo sobre el tamiz 10 mm y con la ayuda del agua a presión pasa por los sucesivos tamices. Modificado de Daams y Freudenthal, 1988<sup>17</sup>.



17 Daams R. y Freudenthal M. (1988). Synopsis of the Dutch-Spanish collaboration program in the Aragonian type area, 1975-1986.



**Imagen 3:** A modo de resumen, esquema de los pasos a seguir en el lavado de muestras.<sup>18</sup>



18.- Rincón Portero I. y Arcos Fernández S. (2010). Memoria Final Paleontología del proyecto "Conversión a enlaces a diferente nivel de tres glorietas en la carretera M-407, pp.kk. 1+000, 3+000 y 4+000" (tt.mm. de Leganés y Fuenlabrada, en Madrid) (exp. 762/07). Inédita, depositada en Dirección General de Patrimonio Histórica de la Comunidad de Madrid, España.







