

Gestión del Patrimonio Histórico en grandes obras de infraestructura: El modelo geo-arqueológico aplicado en el proyecto de remodelación de la M-30

INMACULADA RUS, SERGIO BÁREZ, JESÚS CABALLERO,
PILAR GARCÍA SOMOZA, JOAQUÍN PANERA, SUSANA RUBIO JARA
y DAVID URIBELARREA¹

Resumen

Se presentan los resultados preliminares del desarrollo de un modelo de gestión del patrimonio arqueológico, paleontológico y geológico para una gran obra de infraestructura, como es el Proyecto de Remodelación de la M-30, actualmente en ejecución.

Este modelo se ha planteado y coordinado desde la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid en colaboración con el Ayuntamiento de Madrid, promotor de las obras, con el asesoramiento de una Comisión Científica, integrada por investigadores del campo de la Arqueología, la Paleontología y la Geología, asistida por un Equipo técnico multidisciplinar.

El principal objetivo del modelo es avanzar en el conocimiento científico de la ocupación humana de Madrid desde la Prehistoria hasta la actualidad, del registro paleontológico, así como de la reconstrucción y evolución física del paisaje, mediante el empleo de sistemas de documentación y conservación del Patrimonio Histórico que hagan compatible la protección e investigación del patrimonio con el desarrollo urbano.

1. Introducción

La carretera de circunvalación de Madrid denominada M-30 discurre en parte por un área declarada Bien de Interés Cultural (BIC en adelante), por lo que desde que la Consejería de las Artes de la Comunidad de Madrid en el año 2003 (Cultura y Deportes –noviembre de 2003) tuvo conocimiento de su remodelación nombró una comisión asesora, con el objetivo de que le informara sobre la afección al patrimonio, garantizara su salvaguarda y definiera los criterios científicos básicos para el establecimiento de las medidas cautelares a seguir.

El modelo aplicado es de clara vocación geoarqueológica y ha sido diseñado desde la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid (DGPH en adelante), con la colaboración de un equipo técnico pluridisciplinar creado para tal efecto, de acuerdo con el Ayuntamiento de Madrid, promotor de las obras, y con el asesoramiento de la citada comisión asesora creada *ad hoc*, integrada por investigadores reconocidos del campo de la Arqueología, la Paleontología y la Geología. Dicho modelo está claramente dirigido a la

1. Inmaculada Rus, Técnico de la Dirección General de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid y Profesora de la Universidad Autónoma de Madrid. Resto de autores, equipo técnico de la M-30. Ciencia y Gestión del Patrimonio S.L.

detección de bienes patrimoniales con antelación a su afección por las obras, y pretende ser una alternativa a los modelos aleatorios comúnmente utilizados.

La remodelación de la M-30 presenta ciertas características que han condicionado las estrategias para documentar, conocer y salvaguardar el Patrimonio Histórico:

- Parte del trazado discurre por un área declarada Bien de Interés Cultural (Zona Arqueológica de las Terrazas del Manzanares).
- Se encuentra en una zona urbana. El proyecto está basado en el soterramiento de la calzada actual integrada en la ciudad de Madrid.
- Ha estado exenta de estudios de impacto ambiental. La cesión de su titularidad al Ayuntamiento de Madrid por parte del Ministerio de Fomento (marzo 2004), modificó su denominación de carretera de circunvalación a vía urbana, por lo que según la legislación vigente no es obligatoria la realización este tipo de estudios.
- Ha sido objeto de una controversia política continua entre el gobierno municipal y los grupos de la oposición. El Patrimonio Cultural fue objeto de esta polémica durante la fase de anteproyecto, pero no durante su ejecución.
- Los plazos ajustados condicionan las actuaciones arqueo-paleontológicas, ya que la obra debe ser ejecutada dentro de la legislatura 2003-2007.
- Tiene una fuerte repercusión social y económica. Afecta de manera directa a buena parte de los habitantes de la Comunidad de Madrid, que hacen uso habitual de esta vía, y cuenta con un presupuesto inicial de 3.900 millones de euros.
- Su carácter lineal, en contraste con las intervenciones habituales en el casco urbano de Madrid, limitadas en la mayor parte de las ocasiones a solares de mayor o menor envergadura, permite tener una visión global y unificada del registro arqueológico y paleontológico de zonas relevantes como el entorno del Manzanares y buena parte del Arroyo Abroñigal (Fig. 1).



Figura 1. Relación orgánica entre los diferentes Servicios de Protección patrimonial y la Comisión Científica Asesora y el Equipo Técnico.

El modelo de gestión propuesto, en líneas generales, no debe estar condicionado por los puntos anteriormente descritos, y pretende ser extrapolable a otras obras de grandes o pequeñas infraestructuras. Presenta un planteamiento dual, fundamentado en una base teórica pero con una clara finalidad práctica. Se planifica a partir del análisis multidisciplinar de la información disponible, de manera que todos los datos recibidos forman un único eje de conocimiento que encausa las diversas estrategias de documentación del registro.

La creación, elaboración y puesta en marcha de este modelo geo-arqueológico de gestión del Patrimonio Histórico incluye la incorporación de actuaciones preventivas, compensatorias y en fase de seguimiento de obra. Indudablemente, su desarrollo requiere del trabajo multidisciplinar de arqueólogos, paleontólogos y geólogos, con una fuerte presencia en el proyecto de los últimos. La unificación, sistematización y centralización de la información generada por las diferentes empresas de seguimiento arqueo-paleontológico (16 equipos de seguimiento), es realizada desde la DGPH, y tiene la finalidad de normalizar la documentación en un sistema propio de consulta digital, que sirva tanto para uso interno de la Administración como público.

El objetivo último del modelo es desarrollar una arqueología preventiva y no de rescate, en el sentido empleado por Ramos y Osuna (2001), y avanzar en el conocimiento científico de la ocupación humana de Madrid en sentido amplio, de la paleontología vegetal y animal, así como de la evolución física y climática del paisaje mediante la documentación, protección y conservación del Patrimonio Histórico.

2. Organigrama

La Comisión Asesora tiene carácter consultivo y tiene como objetivo aconsejar desde un punto de vista científico a la DGPH. Está formada por especialistas con una amplia trayectoria investigadora y profesional, especialmente en el ámbito geográfico de Madrid. En un principio (según Orden 1641/2003 de 30 de octubre B.O.C.M. 6/11/2003), estuvo constituida por el paleontólogo D. Jorge Morales (Profesor de Investigación del C.S.I.C. con amplia experiencia en la paleontología madrileña), el geólogo D. Alfredo Pérez-González (Catedrático del Departamento de Geodinámica de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense, que ha desarrollado parte de su labor científica en el Cuaternario de Madrid) y la arqueóloga D^a. Inmaculada Rus Pérez (Técnico de la DGPH de la Comunidad de Madrid y profesora de la Universidad Autónoma de Madrid, con una dilatada experiencia en la Prehistoria madrileña y en la gestión del Patrimonio). Tras una primera valoración de la afección de la obra al Patrimonio se consideró oportuno integrar a representantes del Museo Arqueológico Regional de Madrid y de la Sección de Arqueología del Ilustre Colegio de Doctores y Licenciados en Ciencias y Letras de Madrid, que contarán, además, con una notable experiencia en la arqueología madrileña. De este modo (según Orden 430/2004 de 23 de marzo B.O.C.M. 30/3/2004), se incorporaron D. Manuel Santonja Gómez (Conservador del Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid) y D. Javier Baena Preysler (Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid y Vocal de la Sección de Arqueología del citado Colegio).

En las fases iniciales se consideró que la gestión y control de la información obtenida de las diferentes actuaciones sectoriales de la obra, así como el control de los trabajos arqueo-paleontológicos, implicaría un gran volumen de trabajo no asumible por los técnicos de la DGPH, por lo que se estimó necesaria la creación de un equipo técnico formado por arqueólogos, geólogos y paleontólogos seleccionados por su experiencia científica y/o profesional desarrollada en la región de Madrid.

Este Equipo, compuesto en un principio por dos arqueólogos, un geólogo y una paleontóloga, comenzó a trabajar en marzo de 2004 con el objetivo inicial de elaborar y poner en marcha un modelo de actuación geo-arqueológica y paleontológica, bajo las directrices de la DGPH y la Comisión Asesora. Con posterioridad, tras el inicio de las obras, se vió la necesidad de ampliar el equipo en otros dos geólogos, uno especializado en Sistemas de Información Geográfica y otro en Paleontología.

3. Descripción del proyecto

El Proyecto de Remodelación de la M-30 no afecta a todo el trazado de esta vía. Se ha centrado en el soterramiento a su paso por el valle del Manzanares y en la mejora de buena parte de sus enlaces con las principales vías de comunicación de la ciudad, en la zona este. Se ha dividido en 16 tramos (Tabla 1 y Fig. 2) que han sido adjudicados a diferentes empresas constructoras, que a su vez han subcontratado a otros tantos equipos de seguimiento arqueo-paleontológico.

De estos 16 tramos, ocho están ubicados total o parcialmente en zonas declaradas BIC, con categoría de Zona Arqueológica (según Decreto 113/1993, de 25 de noviembre, BOCM núm. 292 de 9 de diciembre de 1993) (Fig. 2). Esta declaración vino motivada por la necesidad de dotar de protección a una amplia zona del valle del Manzanares, entre el Pardo y el sur de Madrid, conocida desde el siglo XIX por los relevantes yacimientos arqueológicos y paleontológicos existentes.

Los distintos sistemas constructivos empleados en la ejecución de estos tramos han condicionado las actuaciones arqueo-paleontológicas diseñadas desde la DGPH. Dentro del seguimiento arqueo-paleontológico podemos dividir los sistemas constructivos en dos grandes grupos, los desarrollados a cielo abierto y los realizados bajo túnel. El seguimiento a cielo abierto lo realizan un arqueólogo o paleontólogo dependiendo del tipo de materiales afectados.

Para los túneles ha sido necesario desarrollar un plan de seguimiento específico para cada tramo. La mayoría de los túneles se construyen mediante pantallas continuas o pantallas de pilotes que conforman sus paredes, sobre las que se coloca una losa que las une y bajo la que se realiza el vaciado. Tienen una anchura que pueden alcanzar los 15 m y una altura media de 7 m. Salvo en las rampas de acceso y salida, el seguimiento arqueo-paleontológico se realiza con escasa visibilidad debido a la iluminación artificial y con gran cantidad de polvo producido por la excavación de los frentes. El método tradicional de construcción de túneles, en mina, también se emplea en algunos casos. Posee dimensiones sensiblemente menores a los anteriores, y aunque los inconvenientes para el seguimiento son similares se cuenta con la ventaja de que se realiza con maquinaria ligera.

Tramos en los que se ha dividido la remodelación de la M-30

| |
|---|
| Enlace entre la M-30 –Nudo de la Paloma– y la calle Pío XII y la Avenida de Burgos (tramo 1) |
| Remodelación de la calle Costa Rica y Avenida José María Soler y sus entronques con la M-30 (tramo 2) |
| Remodelación del enlace de la M-30 con la Avenida de América/A-2 (tramo 3) |
| Mejora del enlace entre el Eje N-100 – O'Donnell y la M-30 (tramo 4) |
| Prolongación del Túnel de O'Donnell (tramo P.O.) |
| Actuaciones de mejora del enlace de la M-30 con la A-3 (tramo 5) |
| Calzada izquierda de la conexión del Paseo de Santa María de la Cabeza – A-3 correspondiente al By-pass Sur de la M-30 (By-pass Sur túnel Norte) (tramo 6') |
| Calzada derecha de la conexión del Paseo de Santa María de la Cabeza – A-3 correspondiente al By-pass Sur de la M-30 (By-pass Sur túnel Sur) (tramo 6') |
| Conexión de la calle Embajadores con la M-40 (tramo 7) |
| Soterramiento de la M-30 entre el Puente de Praga y el Nudo Sur (tramo 15b) |
| Soterramiento de la M-30 entre el Puente de San Isidro y el Puente de Praga (tramo 15a) |
| Soterramiento de la M-30 entre el Puente de Segovia y el Puente de San Isidro (tramo 14b) |
| Soterramiento de la M-30 entre el Paseo del Marqués de Monistrol y el Puente de Segovia (tramo 14a) |
| Soterramiento de la Avenida de Portugal entre el Paseo de Extremadura y la M-30 (tramo 9) |
| Remodelación de la Vía de Servicio de la M-30 en la zona noroeste y ampliación a tres carriles en el enlace con la parte Oeste de la M-30 (tramo 10) |
| Nuevo acceso a la Avenida de la Ilustración y la carretera M-607 (tramo 12) |

Tabla 1.

Para la construcción de los túneles de mayores dimensiones se ha recurrido al empleo de dos tuneladoras. Es el método menos compatible con el seguimiento convencional del movimiento de tierras, puesto que no se tiene acceso directo a los depósitos geológicos *in situ*, y solamente se puede analizar el sedimento extraído, que sale triturado y con gran cantidad de espumas inyectadas para mantener la presión en el frente de avance. Este método se ha utilizado en la construcción del By-pass Sur, para el que se han fabricado las dos tuneladoras más grandes del mundo hasta la fecha con un diámetro de 15 m.

4. Metodología del modelo

El desarrollo del Modelo implica la aplicación de las siguientes fases metodológicas

- 4.1. Recopilación y análisis de información
- 4.2. Estudios Previos arqueo-paleontológicos
- 4.3. Resoluciones de autorización de obra y de control de movimiento de tierras
- 4.4. Seguimiento de obra
- 4.5. Tratamiento de la información obtenida
- 4.6. Difusión de los resultados.

■ 4.1. Recopilación y análisis de información

Con antelación al comienzo de las obras, la DGPH y el Equipo Técnico, siguiendo las directrices científicas dictadas por la Comisión Asesora, recopilaron y analizaron de forma interdisciplinar toda la documentación disponible con el objeto de tener un mayor grado de conocimiento de los proyectos en los que se subdivide la remodelación de la M-30 y valorar su afección al Patrimonio. Se examinaron los anteproyectos constructivos facilitados por el Ayuntamiento, la cartografía histórica, topográfica y geológica, la fotografía aérea, las Cartas arqueológica y paleontológica y la bibliografía específica.

■ 4.2. Estudios Previos arqueo-paleontológicos

Como requisito previo a la autorización de las obras solicitada por el Ayuntamiento de Madrid, se demandó la realización de “Estudios Previos geo-arqueológicos y paleontológicos” para evaluar la afección al Patrimonio Histórico. Dichos estudios se nutren de distintas fuentes de información, para después plasmar, en una propuesta de actuación arqueo-paleontológica, las actuaciones previas al movimiento de tierras y el diseño del seguimiento posterior.

El punto de partida de estos Estudios Previos fue la superposición del trazado de la Remodelación de la M-30 sobre las Cartas arqueológica y paleontológica, lo que en combinación con los métodos constructivos empleados en cada uno de los tramos permitió valorar la afección a yacimientos ya documentados. Las Cartas arqueológica y paleontológica de Madrid, elaboradas en las décadas de los ochenta y noventa, y la información disponible en las fuentes bibliográficas, en muchos casos no proporcionan datos suficientes para ubicar los yacimientos geográficamente. A pesar de ello, su distribución y densidad, ha permitido establecer zonas de cautela y de actuación previa al movimiento de tierras.

Mediante la superposición del trazado sobre la cartografía histórica y la fotografía aérea se han podido detectar, en fase previa a la ejecución de obra, la afección a construcciones de época histórica cartografiadas (Fig. 3 y Fig. 5). Esta herramienta ha permitido obtener información precisa sobre la afección a edificios y antiguas obras de infraestructura (lavanderas, puentes, Real Canal, etc). Para ello se georreferenciaron los mapas históricos con información relevante de la zona de intervención, y se incorporaron a un Sistema de Información Geográfico, demostrando ser un método rápido y eficaz para detectar afecciones a este tipo de registro.



Figura 3. Anexo al documento de Resolución de Autorización de Obras, en el que se prescribe la realización de catas-sondeo para constatar la aparición de estructuras históricas conocidas: 1. Casa de los Empleados. 2. Superficie afectada por la excavación de los ramales. 3. Superficie de ocupación de la obra. 4. Traza del colector Saavedra-Fajardo, realizada durante los años 2001-2003. 5. Galerías correspondientes a la red de Metro de Madrid. 6. Posición del yacimiento paleontológico hallado durante las obras de excavación de la línea 10 de la red de Metro de Madrid.

Por este procedimiento, se observó en algunos mapas históricos del siglo XIX, que la obra afectaría a un edificio denominado Casa de los Empleados en el interior de la Casa de Campo, relacionado con el Palacio de los Vargas, construcción que ya había sido afectada por diversas obras de remodelación dentro de la Casa de Campo, como fue la realización del Colector Saavedra Fajardo, hace algunos años.

El uso combinado de la cartografía histórica y la fotografía aérea de 1957 ha permitido seguir el trazado del Real Canal del Manzanares (Fig. 4) a lo largo de varios kilómetros, pudiéndose prescribir actuaciones preventivas para su documentación.

Del mismo modo, mediante la superposición del trazado a la cartografía geológica E 1:50.000, y la revisión de los estudios geotécnicos de cada tramo (sondeos mecánicos y perfiles geotécnicos), en combinación con la cartografía y la fotografía aérea, nos acercan a conocer el grado de afección a los sedimentos existentes. Este es un aspecto clave en la evaluación previa de proyectos, que permite prever a partir de los depósitos afectados el tipo de restos patrimoniales que pueden hallarse, y de este modo valorar el potencial arqueológico y paleontológico, para poder planificar las actuaciones correspondientes.



Figura 4. La fotografía aérea vertical se ha demostrado una herramienta muy eficaz en la detección de construcciones contemporáneas. En esta figura se observa la posición ocupada por el Real Canal del Manzanares, visible a pesar de su colmatación durante el segundo cuarto del siglo XIX.

Desde un punto de vista geológico, la obra se desarrolla en dos grandes unidades susceptibles de contener restos patrimoniales: la primera corresponde a sedimentos terciarios (Mioceno), de gran importancia en Madrid por su alto contenido paleontológico. La segunda está compuesta por formaciones superficiales de edad cuaternaria (Pleistoceno medio - Holoceno), entre las que destacan las terrazas del río Manzanares por contener evidencias de la ocupación humana en Madrid desde hace cientos de miles de años, además de datos muy relevantes acerca de la evolución faunística, botánica, paisajística y climática de ese amplio periodo que llega hasta la actualidad.

El grado de afección a estas unidades varía en función de su distribución y profundidad, así como por los sistemas constructivos empleados. El mayor volumen de intervención se registra en los sedimentos terciarios, puesto que son los más abundantes en todos los tramos. La disposición de los sedimentos cuaternarios es más irregular y su espesor es variable, entre varios metros y escasos centímetros. Su ubicación, siempre en superficie, los hace más vulnerables ante cualquier movimiento de tierra. Su afección por obras anteriores ha provocado una disminución notable del registro geológico y arqueológico de esta cronología.



Figura 5. La cartografía geológica ha permitido discriminar las Terrazas del río Manzanares, áreas de gran interés al ser susceptibles de contener vestigios de nuestra prehistoria. En la imagen superior se observa el trazado superpuesto a la fotografía aérea de 1956 georreferenciada.

Un simple vistazo a la proyección del trazado de la Avda. de Portugal sobre el mapa geológico, delata que afecta a cuatro de las terrazas del río Manzanares (Fig. 5). Estos depósitos, de los que apenas se dispone de información científica relevante, abarcan cronológicamente desde 500.000 a 20.000 años. La proyección del trazado de este tramo sobre la geología y su combinación con la información extraída de los sondeos geotécnicos permitió planificar la ubicación exacta y el número de catas previas a la ejecución de la obra, prescindiendo del tradicional método de sondeos aleatorios (Fig. 6 y Fig. 7).

La primera valoración de la afección al Patrimonio Histórico se completó con la inspección visual y análisis de los testigos de los sondeos geotécnicos del Proyecto previo de la obra con el objetivo de detectar restos arqueológicos y paleontológicos. De éstos mismos testigos se tomaron muestras para obtener microvertebrados y se realizaron columnas polínicas que ayudaran a reconstruir los ambientes sedimentarios más característicos de la Cuenca de Madrid (Fig. 8).

Los resultados de los estudios previos han permitido por tanto la elaboración de propuestas de actuación específicas para cada uno de los tramos.



Figura 6. Algunos hallazgos de gran relevancia (en este caso el cráneo de un ejemplar de *Bos primigenius*) se han producido a raíz de las medidas compensatorias previas dirigidas.



Figura 7. Aspecto del cráneo completo de un ejemplar de *Bos primigenius*, hallado a partir de la campaña de sondeos previos planificados, tras su restauración.



Figura 8. Los sondeos geotécnicos completan el conjunto de los estudios previos y su inspección se ha demostrado una valiosa herramienta para conocer los materiales que serán afectados por la obra: en la figura, resultado de los análisis micropaleontológicos de los testigos mecánicos.

■ 4.3. Resoluciones de autorización de obra y de control de movimiento de tierras

El análisis de la afección al Patrimonio Histórico realizado por la DGPH, junto con los resultados de los estudios previos, han permitido la redacción de las resoluciones de autorización de obra y de control de movimiento de tierras con prescripciones específicas para cada tramo.

Desde el punto de vista legislativo, los tramos que discurren total o parcialmente por zona BIC están sujetos a actuaciones arqueo-paleontológicas en virtud del art. 8.3 de la Ley de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid (Ley 10/1998, de 9 de julio). El resto del trazado se ubica en ámbitos igualmente susceptibles de contener restos arqueológicos y paleontológicos, pero no están englobados en la zona declarada BIC. Por este motivo habrían quedado subordinados únicamente al seguimiento arqueo-paleontológico en cumplimiento de los artículos 18.2 y 24 de la mencionada Ley. Fruto de las conclusiones y resultados de los Estu-

dios Previos, y por las directrices marcadas por la Comisión Asesora, los tramos que no presentan esta figura de protección han recibido un tratamiento similar a los contenidos en la zona BIC, y así ha quedado reflejado en las distintas Resoluciones de autorización de obras.

Las resoluciones de autorización de los proyectos se emitieron con anterioridad a la adjudicación de las obras por parte del Ayuntamiento de Madrid, con el objetivo de que las empresas constructoras que licitaran su ejecución conocieran las prescripciones establecidas por la DGPH y las pudieran valorar adecuadamente en su oferta.

Las resoluciones han incluido pliegos de condiciones específicas para cada tramo y un guión con los contenidos mínimos que han de contener los proyectos de intervención arqueo-paleontológica. A su vez, especifican y recogen las prescripciones conforme a las cuales debe realizarse el control geo-arqueológico y paleontológico de los movimientos de tierras, indicando las actuaciones concretas a desarrollar en cada tramo, coordinadas en todo momento con el plan de obra.

A su vez, las empresas adjudicatarias de cada tramo debían asegurar la utilización de métodos constructivos adecuados y compatibles con el seguimiento arqueo-paleontológico y el Proyecto de Obra sería modificado a criterio de la DGPH para garantizar la salvaguarda del Registro Arqueológico y Paleontológico.

Por la presencia en todos los tramos de sedimentos terciarios y cuaternarios, susceptibles de contener vestigios arqueológicos y/o paleontológicos, se prescribió lo siguiente:

- La dirección de las intervenciones deberá estar compuesta por un arqueólogo y un paleontólogo con solvencia técnica, científica y amplia experiencia en el control y seguimiento de movimiento de tierras en obra civil.

- Los equipos de seguimiento deberán ser multidisciplinares, y estar compuestos por titulados superiores, especialistas en geología, arqueología y paleontología, con experiencia en control y seguimiento de movimiento de tierras.

- El seguimiento arqueo-paleontológico estará coordinado con el Plan de Obra y consistirá en: control visual de un arqueólogo/paleontólogo por cada máquina activa, de todos los movimientos de tierras; recogida y análisis de muestras de sedimento para el estudio de microvertebrados y polen; registro y documentación de los bienes patrimoniales; y descripción geológica de los sedimentos (medios sedimentarios, columnas estratigráficas y geomorfología).

- En caso de que el equipo de seguimiento reciba asesoramiento de especialistas, éstos deberán firmar el proyecto de seguimiento y los informes presentados en la DGPH.

- Los paleontólogos deberán ser especialistas en vertebrados, y los geólogos en medios sedimentarios y estratigrafía. La especialidad de los técnicos en arqueología puede variar en función de la potencialidad arqueológica de cada tramo (se dividió en tres grandes grupos: Prehistoria antigua, Prehistoria reciente y Arqueología histórica).

- Ante el hallazgo de cualquier resto patrimonial, el técnico de seguimiento debe ordenar la detención de la maquinaria que haya puesto al descubierto los restos arqueo-paleontológicos, y comunicárselo al director de la actuación, quien establecerá los límites y la extensión del hallazgo, ordenará el balizamiento de la zona, y pondrá en conocimiento del jefe de obra la prohibición de efectuar movimientos de tierras en la zona balizada. Al mismo tiempo, notificará el hallazgo mediante ficha normalizada enviada por fax o correo electrónico a la DGPH, en un plazo no superior a las 48 horas del hallazgo (según art. 43.2 de la Ley de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid), que determinará las medidas correctoras a seguir.

- Los equipos de seguimiento deben describir y documentar cualquier hallazgo patrimonial (incluidos muestreos y cortes geológicos), así como recoger, proteger y conservar adecuadamente los restos que hayan sido localizados. La información referente a dichos hallazgos se resume en fichas proporcionadas por la DGPH, y se adjunta a los informes mensuales de seguimiento.

La realización de informes periódicos de seguimiento arqueo-paleontológico completa el control de calidad establecido por la DGPH. Para la normalización de dichos informes, se ha proporcionado un CD-ROM con bases de datos con el objetivo de facilitar la gestión de la información. Se han diseñado cuatro bases de datos (Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12):

- “Informes periódicos de seguimiento”, incluyen la información necesaria para conocer el estado de la obra y las actuaciones arqueo-paleontológicas realizadas en el mes correspondiente.

- “Hallazgos de seguimiento”. Los restos patrimoniales, sean un hallazgo aislado o formen parte de un yacimiento, cuentan con una ficha en la que se describen las características que permitan valorarlos.

- “Perfiles y columnas estratigráficas”. Cada hallazgo patrimonial, muestra, o depósito geológico singular, cuenta con una columna y/o perfil estratigráfico que caracteriza el contexto geológico en el que se localiza, que además de incluir su representación gráfica, lleva asociadas fotografías e información descriptiva.

- “Muestras”. Con el objetivo de caracterizar depósitos geológicos, contextualizar yacimientos, se ha diseñado un plan de muestreos que contemplan la obtención de microvertebrados, polen, dataciones numéricas, caracterización sedimentológica, etc.

Se ha optado por individualizar en diferentes bases de datos los hallazgos, perfiles y columnas estratigráficas y las muestras, para facilitar su interrelación con cualquier proyecto que por proximidad geográfica o temporal lo precise.

En los casos de modificación del Plan de Obra inicial se ha solicitado la realización de un Informe extraordinario en el que se indican las modificaciones y la afección al patrimonio arqueo-paleontológico.

Una vez concluidos los trabajos de seguimiento se elaborará un informe final que recoja los datos obtenidos durante el seguimiento y su interpretación global integrando los datos arqueológicos, paleontológicos y geológicos.



Figura 9. Aspecto de la base de datos general para la documentación del seguimiento arqueo-paleontológico.

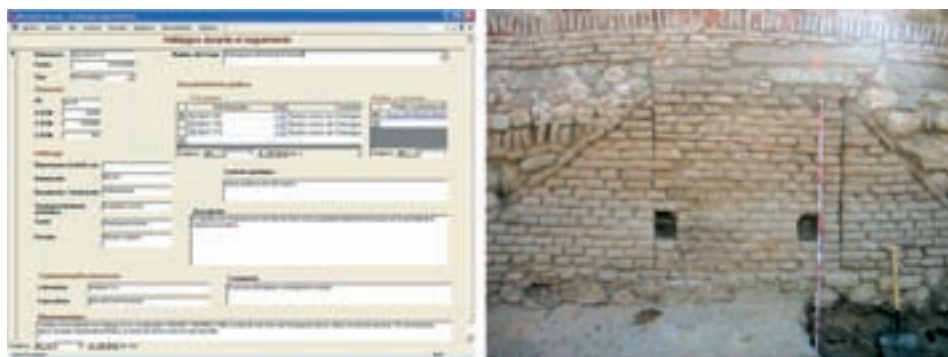


Figura 10. Ficha de registro para los hallazgos producidos durante el seguimiento.

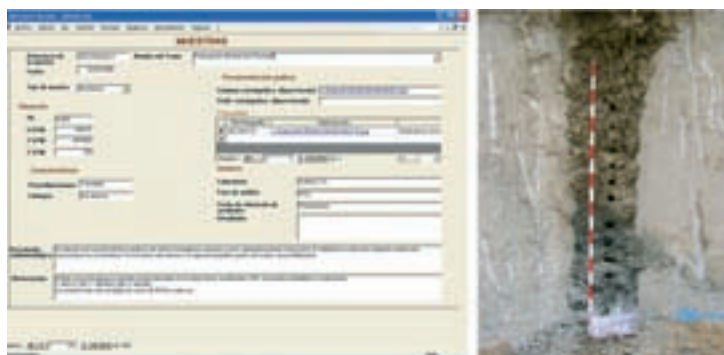


Figura 11. Ficha de documentación para las muestras recogidas durante el seguimiento.



Figura 12. Ficha de documentación geológica y estratigráfica de los movimientos de tierra realizados durante la obra.

También se ha proporcionado un protocolo de excavación de yacimientos, en el que se especifican los contenidos mínimos del proyecto de excavación y de los informes resultantes.

A partir de la información contenida en los Estudios Previos, orientada a detectar restos o yacimientos y caracterizar depósitos geológicos singulares, se solicitó la realización de una serie de actuaciones previas al movimiento de tierras, encaminadas a anticipar actuaciones a la ejecución de la obra, que consistían en la prospección visual previa y la realización de sondeos/trincheras. Por ejemplo, en el tramo de “Mejora del enlace entre el eje N-100-O’Donnell y la M-30” se prescribieron catas previas a la ejecución de la obra con la intención de localizar el yacimiento arqueológico de las Ventas del Espíritu Santo, de documentar el camino del Tejar de Sixto y los depósitos geológicos cuaternarios. Aunque el primer objetivo no obtuvo los resultados esperados, los otros dos sí fueron positivos. Además, la documentación de los sedimentos cuaternarios llevó consigo la localización de un cráneo de *Bos primigenius* perteneciente al Pleistoceno superior (Fig. 7). En este sentido, únicamente se han propuesto actuaciones aleatorias cuando no se ha dispuesto de suficiente información.

Con el objeto de garantizar la documentación de los depósitos afectados en la zona más alta de los túneles excavados bajo losa, se determinó la realización de catas/trincheras posteriores al levantamiento del asfalto y previas a la colocación de la losa, que permitieran acceder a estos depósitos para ser inspeccionados adecuadamente, y que a su vez permitieran anticipar actuaciones arqueopaleontológicas.

En ocasiones, para corroborar la existencia de restos patrimoniales detectados mediante la superposición del trazado a las cartas arqueológica y paleontológica o documentación cartográfica, se solicitó la realización de actuaciones previas. Un ejemplo lo constituyen las actuaciones preventivas desarrolladas para localizar el histórico yacimiento paleontológico de “La Hidroeléctrica” situado en las proximidades del Paseo de la Virgen del Puerto, consistentes en la realización de catas/trincheras y muestreos en esa zona. En el tramo de la Avenida de Portugal se diseñó un plan de catas/trincheras previas a la colocación de la losa para documentar, mediante muestreos sistemáticos, los diferentes niveles de terraza del río Manzanares atravesados por el trazado y detectar posibles yacimientos asociados.

Finalmente, en las resoluciones de autorización de obras se prescribió, con carácter obligatorio, la publicación de los resultados del seguimiento arqueopaleontológico en el plazo de dos años.

■ 4.4. Seguimiento de obra

Desde el inicio del proyecto, los Servicios Técnicos de la DGPH, han verificado el cumplimiento de las Resoluciones, sus prescripciones y protocolos por medio de visitas periódicas a las obras, con una constante comunicación con las direcciones arqueopaleontológicas, y a través del análisis y valoración de la información recibida en la DGPH en los diferentes informes y documentos presentados.

La realización de visitas técnicas es indispensable para comprobar el estado real de la obra, para constatar el cumplimiento de las prescripciones establecidas por la DGPH en las resoluciones, recoger datos propios que complementen la documentación aportada por los equipos arqueopaleontológicos (columnas estratigráficas, fotografías, muestras, etc), evaluar los hallazgos y determinar los protocolos de actuación a seguir, verificar la correcta documen-

tación y ejecución de las actuaciones, y finalmente supervisar el cumplimiento de protocolos que suponen una dificultad especial en el seguimiento, como los planes de muestreos, el tratamiento de las muestras, etc.

Las visitas a obra del equipo técnico han permitido también la localización de bienes patrimoniales, como por ejemplo, el yacimiento epipaleolítico “Parque Darwin” en el tramo de “Actuaciones de mejora del enlace de la M-30 con la A-3”.

La presencia de un arqueólogo o paleontólogo, en función de los niveles afectados, por cada frente activo que afecta a sedimentos *in situ* evita la aleatoriedad del modelo. Tras el desmonte de los niveles superiores (asfalto, vertidos, en ocasiones sedimentos *in situ*) en los que el seguimiento se ha realizado de una manera convencional, se han inspeccionado los sedimentos extraídos por las máquinas pantalladoras o las pilotadoras, con el objeto de anticipar actuaciones al vaciado de los túneles construidos por este procedimiento. Las pantallas continuas realizadas mediante excavadora bivalva, tienen aproximadamente un metro de anchura y alcanzan profundidades de hasta 30 m. y en ellas la utilización de bentonita complica la inspección del sedimento extraído. En los pilotes, normalmente de un metro de diámetro, el sedimento sale en estado natural, aunque no es posible evitar la mezcla de niveles, ya sean éstos antrópicos y/o naturales. Así, el hallazgo de una gran concentración de cerámicas islámicas en las inmediaciones del Puente de Segovia, o de restos óseos en el Paseo de la Virgen del Puerto ha permitido anticipar, a la siguiente fase de la obra, el diseño de las actuaciones a desarrollar.

Ante cualquier hallazgo, y tras su comunicación, se analiza la documentación y realiza visitas a obra, para establecer protocolos de actuación o medidas correctoras, en las que se detallan las disposiciones que han de efectuarse para su adecuada documentación. Como ejemplo de estos protocolos de actuación, se pueden señalar las medidas correctoras realizadas para documentar la terraza del arroyo Abroñigal y los restos arqueológicos y paleontológicos asociados, localizada en el tramo de “Actuaciones de mejora del enlace de la M-30 con la A-3” en la que, con el fin de elaborar una interpretación geo-arqueológica del depósito en su contexto geomorfológico se preparó el frente de excavación para realizar columnas y perfiles estratigráficos de detalle; se cribó el nivel de arenas hasta recoger una muestra representativa de industria lítica y fauna; se recogieron muestras para la obtención de microvertebrados y polen, para dataciones (C-14 y OSL) y para análisis sedimentológicos y granulométricos.

Todos los hallazgos detectados en fase de seguimiento van acompañados de una columna estratigráfica, en la que se sitúan las muestras de micropaleontología, sedimentología, polen o dataciones absolutas asociadas a ese hallazgo.

La columna estratigráfica permite conocer las características del depósito que contiene el hallazgo, mientras que la correlación entre distintas columnas ayuda a reconstruir la geometría completa de los depósitos, y a extrapolar por tanto los límites potenciales de los yacimientos. Esta información combinada con datos geomorfológicos ayuda también a delimitar en planta los yacimientos y a interpretar cada uno de los ambientes analizados dando un contexto general a los restos localizados. Es en este momento cuando las dataciones numéricas adquieren una gran importancia ya que permiten la reconstrucción cronológica de los eventos geológicos que conservan los restos patrimoniales.

Una herramienta que se ha revelado de gran utilidad para contrastar hipótesis, de forma ágil, acerca de las estructuras constructivas de época histórica detectadas en fase de seguimiento, es la utilización en campo de técnicas propias de los Sistemas de Información Geográfica a través de ordenadores portátiles y de mano (Ayudante Personal Digital o PDA) conectados con un GPS, que permite la proyección del punto en el que están los restos sobre cualquier soporte cartográfico que elijamos (cartografía histórica, ortofotos, cartografía geológica, etc.) en el propio lugar del hallazgo, de forma que es posible plantear actuaciones en la propia obra que serán valoradas por los Servicios Técnicos de la DGPH. También las técnicas de geofísica, ya en fase de seguimiento en obra, como la tomografía eléctrica han sido de gran utilidad para la detección de estructuras enterradas, como es el caz localizado junto al Puente de Toledo, cuya delimitación ha permitido planificar su documentación con anterioridad a que se realicen los movimientos de tierra en esta zona arqueológica.

Una de las características fundamentales del método empleado es su dinamismo, ya que permite corregir o modificar planteamientos para ajustar la salvaguarda del Patrimonio Histórico a las cambiantes circunstancias de la ejecución de la obra. De este modo, se ha constatado por ejemplo que la inspección directa de los frentes de avance de la excavación de los túneles bajo losa presentaba problemas de seguridad, por lo que se determinó que era necesario detener la excavación del túnel periódicamente, con una equidistancia variable en función de la singularidad de los tramos, para proceder a su documentación, previa limpieza y estabilización, garantizando las condiciones de seguridad en el trabajo de los técnicos de seguimiento.

En este mismo sentido, los planes de muestreo micropaleontológicos y polínicos también han sufrido modificaciones. Se diseñaron en principio a partir de la superposición sobre los perfiles geotécnicos del trazado y de los resultados de los muestreos realizados en los testigos de los sondeos geotécnicos. Para las muestras de microvertebrados se estableció en 50 kg la cantidad mínima de sedimento a recoger y analizar, con el objetivo de que si la muestra fuera positiva se procesarán 2 toneladas de sedimento. Pero la velocidad del procesamiento de las muestras ha sido muy inferior al avance de los frentes de ataque, por lo que se optó por la realización de muestreos preventivos de 200 kg o según los casos de varias toneladas, en función de la accesibilidad al nivel muestreado. Además, se ha establecido un protocolo de actuación en función de su contenido fosilífero, indicando en qué casos se debe incrementar la cantidad de sedimento a recoger o analizar para obtener una colección de restos representativa del nivel geológico.

En el caso del tramo del By-Pass Sur, obra realizada por medio de tuneladora, se ha podido hacer un seguimiento directo en los pozos de ataque, diseñados para introducir la tuneladora, en los pozos de ventilación y en las galerías de conexión entre túneles. En los pozos de ataque, con unas dimensiones de 100 m de longitud x 60 m de anchura y 30 m de profundidad, ha sido posible documentar por completo las llanuras aluviales del río Manzanares y del arroyo Abroñigal, y los sedimentos de edad Miocena que aparecen a cotas inferiores. Para completar el seguimiento se han diseñado una serie de muestreos paleontológicos específicos para analizar el sedimento extraído por las tuneladoras. La información obtenida será relevante desde el punto de vista del conocimiento científico, puesto que se podrán recuperar restos paleontológicos de niveles estratigráficos bajo la ciudad a los que no se había tenido acce-

so hasta la fecha. La mayoría de los yacimientos paleontológicos madrileños se encuentran en cotas entre los 600 y los 700 metros, y los túneles llegan a alcanzar cotas de hasta los 520 metros sobre el nivel del mar.

■ 4.5. Tratamiento de la información obtenida

Toda la documentación que genera la Remodelación de la M-30 es gestionada por los Servicios Técnicos que la analiza y archiva además de incorporarla a unas bases de datos específicas.

Una de las principales características del modelo desarrollado es el constante análisis de la información disponible desde un punto de vista multidisciplinar. Esto confiere un carácter dinámico al seguimiento, que permite que se vayan estableciendo nuevos protocolos de actuación durante el desarrollo de la obra, disponiendo de una visión global de la misma en todo momento.

El tratamiento de toda la información recibida a través de los informes periódicos de las empresas arqueo-paleontológicas, así como la recogida por los Servicios Técnicos de la DGPH, se realiza mediante el empleo de bases de datos relacionales que permiten el procesamiento de los datos, su consulta o publicación, etc. La valoración de los diferentes tipos de informes se efectúa contrastando los datos recopilados durante las visitas a obra con los que aportan las empresas que realizan el seguimiento arqueo-paleontológico.

Los datos que derivan de la recogida, descripción y documentación de los hallazgos, muestras, columnas estratigráficas, y planimetrías se introducen en un SIG diseñado *ex profeso* para este proyecto, con el objetivo de facilitar la gestión de la copiosa información generada.

El SIG parte, en primer lugar, de una base topografía 1:5.000 sobre la que se ha proyectado el trazado de la obra. A continuación se ha añadido la información geológica disponible, el mapa geológico modificado para este proyecto y los sondeos geotécnicos, con la posibilidad de hacer consultas interactivas (por selección gráfica o alfanumérica se puede acceder a las interpretaciones de los testigos de los sondeos geotécnicos, a sus fotografías, etc). Los datos generados durante el desarrollo de la obra, normalizados mediante las bases de datos, son proyectados todos los meses en cada espacio de trabajo para cada uno de los tramos, las muestras de microfósiles, sedimentológicas y dataciones, así como las columnas estratigráficas. Cada tipo de dato tiene un símbolo y su consulta en el SIG permite acceder a toda la información sobre el mismo y consultar las imágenes asociadas.

La actualización continua del SIG ha permitido disponer de un documento global, con información del estado de la obra mes a mes. Se trata de una valiosa herramienta de consulta, tanto espacial como alfanumérica, imprescindible a la hora de agilizar la toma de decisiones ante cambios de trazado, nuevos hallazgos y resultados.

■ 4.6. Difusión de los resultados

El modelo contempla, tal y como queda reflejado en las Resoluciones, la publicación de los resultados a nivel divulgativo y científico mediante artículos y monografías que difundan el conocimiento generado durante la remodelación de la M-30. Esta fase es imprescindible para valorar la aplicación del modelo y permitirá rentabilizar, al menos en parte, dichos conocimientos y la inversión económica realizada.

Estos resultados deberán quedar incluidos en una serie de actividades que consistirán en: exposiciones temporales, visitas guiadas, congresos, la creación de un centro de interpretación sobre la Arqueología y la Paleontología del valle del Manzanares y publicaciones de carácter divulgativo que permitan un acceso a la información rápido y fácil a un amplio sector de la sociedad, destinataria última de los conocimientos generados.

5. Inconvenientes de la aplicación del modelo

Toda innovación conlleva un periodo de adaptación respecto al modo de actuación habitual, por ello se han detectado algunos inconvenientes relacionados precisamente con dicho ajuste y con la descoordinación entre las partes implicadas.

El desajuste temporal entre la publicación, por parte del Ayuntamiento, de los pliegos de prescripciones técnicas particulares para el concurso de consultoría y asistencia técnica, la demora en la entrega de los Estudios Previos solicitados por la DGPH y la emisión de las Resoluciones por parte de la DGPH, implicó cierta descoordinación en los primeros trabajos realizados, con la ausencia puntual de prospección superficial previa, posicionamiento de los sondeos arqueo-paleontológicos planteados fuera de las zonas de interés o el análisis micropaleontológico de las muestras recogidas en sondeos geotécnicos que quedaban fuera del trazado, ya que en el momento de su recogida no se contaba ni con los perfiles geotécnicos ni con el trazado de la obra.

Una vez adjudicados los tramos de remodelación de la M-30 a las empresas constructoras, éstas contrataron a los equipos de seguimiento arqueo-paleontológicos, que dispusieron de muy poco tiempo para elaborar los correspondientes proyectos de intervención arqueo-paleontológica, lo que motivó que en algunos casos los movimientos de tierra comenzaran antes de que éstos estuvieran aprobados por la DGPH. Muchos de los proyectos de intervención arqueo-paleontológica presentaban carencias en cuanto a las novedades solicitadas (estudios geológicos, planes de muestreos para microvertebrados, estudios cartográficos, etc.), lo que ocasionó el retraso de la Resolución de “sondeos y control del movimiento de tierras”. Con el objetivo de agilizar esta tramitación, en ocasiones se optó por incluir de manera explícita en estas Resoluciones la situación de las catas geológicas y arqueo-paleontológicas y los planes detallados de muestreo elaborados por el Equipo Técnico.

La escasez de personal capacitado en todas las disciplinas anteriormente nombradas, para desarrollar las prescripciones establecidas en las Resoluciones de autorización de obra ha sido uno de los principales escollos encontrados. La experiencia y cualificación de los directores y técnicos es determinante a la hora de hacer un buen seguimiento de obra. Es un problema de difícil solución a corto plazo, debido a que la formación universitaria no se ajusta al desafío al que el Patrimonio Histórico se enfrenta en la actualidad, desde la perspectiva de su gestión, conservación e investigación.

Este hecho queda acentuado además por la escasa colaboración que ha existido tradicionalmente entre la geología y la arqueología, así como por la ausencia de geólogos con experiencia en el análisis de la estratigrafía y de los depósitos cuaternarios.

En paleontología, la exigua infraestructura de buena parte de las empresas paleontológicas implicadas, ha provocado un retraso en el procesado de las muestras de microvertebrados, que se ha tenido que resolver mediante el incremento de muestras preventivas. Los continuos requerimientos que la DGPH ha formulado a este respecto han logrado que algunas empresas hayan adaptado finalmente su infraestructura a las exigencias de una obra civil con la entidad de la M-30.

Respecto a la arqueología, el principal obstáculo ha sido la falta de experiencia en el trabajo coordinado con otras disciplinas, especialmente el de los técnicos de seguimiento, que se han encontrado con dificultades a la hora de valorar y documentar los restos patrimoniales hallados en sedimentos o depósitos de coluvión.

Por otra parte, las empresas constructoras no han asimilado por completo las necesidades que requiere la salvaguarda del Patrimonio Histórico, pese al detalle con el que se emitieron las resoluciones de autorización de obras en las que se especificaron las actuaciones a desarrollar. Ha sido recurrente la no comunicación, ni a la empresa de seguimiento ni a la DGPH, de las continuas modificaciones de los planes de obra. También se han mostrado reacios a realizar algunas actuaciones prescritas en las Resoluciones, aludiendo a problemas técnico-constructivos (como las catas previas a colocación de la losa), etc. De este modo, la DGPH ha tenido que recurrir a la paralización cautelar temporal de las obras en algunos tramos y en diferentes ocasiones a lo largo de la ejecución del proyecto.

6. Conclusiones

La aplicación de este modelo representa, respecto al llevado a cabo hasta ahora en la Comunidad de Madrid, un cambio substancial en la concepción del seguimiento arqueo-paleontológico en una gran obra de infraestructura, desde las fases iniciales del proyecto hasta el tratamiento de la información durante el desarrollo de la obra. Ya se está aplicando, aunque no íntegramente, a otras grandes obras como la ampliación de la red de Metro. Su puesta en marcha ha supuesto además un proceso de adaptación de todas las partes implicadas.

Este modelo muestra una serie de novedades con respecto al sistema convencional de actuaciones sobre el Patrimonio en las grandes obras de infraestructura, entre las que destacan:

- 1.- La creación de una Comisión Asesora y de un Equipo Técnico multidisciplinar dotado de los medios técnicos apropiados, que ha permitido realizar una documentación propia, tanto en gabinete como en campo, pareja a la obra, así como un seguimiento eficaz de su desarrollo.
- 2.- El especial énfasis que adquiere la geología, en cuanto que contextualiza y ayuda a interpretar el Registro Arqueológico y Paleontológico y la evolución del medio físico.
- 3.- La aplicación de sistemas prospectivos dirigidos a partir de la información recopilada en los Estudios Previos frente a la prospección aleatoria al uso.
- 4.- La normalización de la información mediante su gestión a través de bases de datos y su continua incorporación a un Sistema de Información Geográfica.
- 5.- El seguimiento técnico intensivo de las remociones de sedimentos *in situ*.
- 6.- La producción de una documentación propia, de cada una de las disciplinas, que se incorpora a la documentación general.

7.- Es un modelo dinámico, que permite modificar e incorporar mejoras a medida que se va contrastando su eficacia durante el desarrollo de obra.

8.- Se trata de un seguimiento orientado desde el conocimiento previo del proyecto y la valoración de su afección al Patrimonio mediante la aplicación de distintas técnicas, de modo que se reduce el grado de incertidumbre. El trabajo conjunto de la arqueología, paleontología y geología ha sido fundamental para ampliar dicho conocimiento, y ha supuesto una mejora importante para tomar decisiones sobre las actuaciones a seguir o determinar cambios de estrategias durante el seguimiento, favoreciendo la agilidad y la rápida capacidad de reacción. En este sentido, una de las características principales del modelo, es la elaboración de un proyecto de seguimiento dirigido y enfocado para cada uno de los tramos, frente a uno aleatorio, para lo cual ha sido imprescindible la coordinación de todas las disciplinas y técnicas empleadas.

Respecto a estas disciplinas, hay de destacar en primer lugar el grado de implicación a lo largo de todo el modelo de algunas especialidades concretas de la geología, como la cartografía geológica, que ha marcado las primeras pautas en la discriminación de zonas de mayor potencial paleontológico y arqueológico, distinguiendo las distintas unidades terciarias y cuaternarias además de las unidades geomorfológicas, ofreciendo una primera interpretación de los medios sedimentarios, determinantes para la distribución de la ocupación humana del entorno y, que por tanto, posibilita la aparición y/o conservación de los restos arqueológicos y paleontológicos.

El volumen de información que se está obteniendo va a completar, y en algunos casos a modificar sustancialmente, el conocimiento del Registro Patrimonial de la evolución del Medio, de la fauna y de la adaptación de las distintas culturas humanas que han poblado nuestro entorno. Esta información tendrá una aplicación directa en la gestión de la protección del Patrimonio de la Comunidad de Madrid.

Agradecimientos: queremos expresar nuestro agradecimiento al esfuerzo que han realizado las empresas de seguimiento arqueo-paleontológico (Área, Argea, Arqueotecnia, Audema, Paleomás y Punto de Encuentro), que han acogido de un modo favorable el modelo y han participado en su desarrollo, a la Consejería de Cultura y Deportes, a los miembros de la Comisión Asesora por sus acertadas aportaciones, y al Ayuntamiento de Madrid por su inestimable colaboración prestada.

Bibliografía

CONESA FERNÁNDEZ-VÍTORA V. 1995: *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, Ediciones Mundi-Prensa, Bilbao, 390 páginas.

IGME, 2004: *Mapa geológico de España 1:50.000*. 2ª Serie (Magna). Madrid.

LARRÉN IZQUIERDO H. 1991: "Evaluación y cuantificación de impactos sobre el patrimonio histórico y arqueológico", *Evaluación y corrección de impactos ambientales*, Serie Ingeniería Geo-Ambiental, Instituto Tecnológico Geo-minero de España, Madrid, 109-120.

Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

Ley 10/1998, de 9 de julio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid.

RAMOS MILLÁN A. y OSUNA VARGAS M. DEL M. 2001: *La gestión del Impacto arqueológico en carreteras. Un ejemplo andaluz en la Autovía Alhendín-Dúrcal (Granada)*, Arkaion, S.C.A., Granada.

QUEROL M.A. y MARTÍNEZ DÍAZ, B. 1996: *La gestión del Patrimonio Arqueológico en España*, Alianza Editorial, Madrid.