

**Estudios sobre  
Arte Actual**

**Número 1  
Julio de 2013**

*DEL MICROANÁLISIS AL MACROANÁLISIS EN  
EL BIEN CULTURAL: UNA APROXIMACIÓN A  
LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS*

---

AINHOA RODRÍGUEZ LÓPEZ  
FERNANDO BAZETA GOBANTES

**Resumen:**

*Hemos partido de dos elementos culturales definidos por sus diferentes características, las superficies con decoraciones policromas y los monumentos ubicados en parajes naturales para ofrecer dos modelos de estudio: el microanálisis y el macroanálisis. En el microanálisis, describimos un protocolo basado en la toma de muestras, el análisis estructural de las técnicas pictóricas y el análisis material de las composiciones pictóricas. En el macroanálisis detallamos su aplicación a monumentos ubicados en parajes naturales como monumentos megalíticos, centrándonos en la valoración de los elementos vegetales y en su interacción con el elemento cultural.*

**Palabras clave:** Microanálisis, macroanálisis, policromías, monumentos arqueológicos.

\* \* \* \* \*

**Introducción**

La seguridad de una intervención de conservación y restauración en cualquier tipo de Bien Cultural sólo puede garantizarse si previamente se ha realizado un análisis riguroso, serio y específico que nos pueda ofrecer una información veraz y actualizada de su composición, estructura y estado de conservación. En este sentido, exponemos dos protocolos de estudio, microanalítico en superficies con decoraciones policromas y macroanalítico en monumentos ubicados en parajes naturales para que nos muestren cómo dos áreas del patrimonio cultural con características muy diferentes necesitan unos mismos criterios de análisis, interpretación y diagnóstico.

## **1. El microanálisis en el bien cultural**

### **1.1. Las técnicas micro-analíticas y su aplicación a superficies policromas**

En las últimas décadas se ha visto incrementado el número de publicaciones, fundamentalmente en revistas especializadas y actas de congresos, que aportan una aproximación a la obra de arte desde una perspectiva científica. Estudian por medio de diversas técnicas de análisis las composiciones estratigráficas y materiales de las distintas partes que constituyen el bien cultural. En ocasiones son investigaciones resultantes de lagunas detectadas en un área específica. En la mayoría de los casos son informes analíticos que completan el conocimiento técnico y material de obras sometidas a procesos de conservación y restauración y que acompañan la documentación generada con motivo de las intervenciones. En general y, en concreto en España, se observa una escasez de publicaciones de ambas tipologías lo que implica mayor dificultad para su localización y consulta y menor difusión de los resultados y conocimientos alcanzados.

El amplio repertorio de decoraciones pictóricas que visten las superficies de una gran variedad de bienes muebles e inmuebles del patrimonio histórico-artístico es uno de los campos que mayor interés y conocimiento está generando en aquellas disciplinas vinculadas con el arte: la conservación y restauración, la historia del arte, la arqueología, la arquitectura, la química, la biología...

La información que proporcionan las actuales tecnologías científicas de microanálisis sobre las superficies pictóricas es necesaria y, por lo tanto, previa para abordar con las suficientes garantías de respeto hacia la obra de arte cualquier tratamiento de conservación y/o restauración. Asimismo, es una información muy valiosa para interpretaciones de carácter histórico-artístico.

En la actualidad las técnicas que ayudan en la caracterización material de los bienes culturales pueden ser destructivas o mínimamente invasivas y no destructivas (TND, técnicas no destructivas).

Diversas experiencias sobre obras pictóricas y escultóricas del siglo XVI nos han ayudado en la elaboración y puesta en práctica de un protocolo de actuación para el estudio técnico y material en laboratorio del estrato pictórico (Rodríguez, 2011). El proceso implica una mínima extracción de material que adecuadamente preparado permite ser analizado por medio de diversas técnicas obteniendo la máxima información posible.

El objetivo de esta contribución es acercar al especialista o interesado en la materia el protocolo de actuación y las técnicas de análisis empleadas a lo largo de nuestra experiencia investigadora para el microanálisis del acabado pictórico de la obra de arte.

## **1.2. Procedimiento científico**

### **1.2.1. Toma de muestras**

La caracterización de las técnicas y los materiales constituyentes de las técnicas de pintura hace necesario el empleo de una serie de tecnologías científicas que para obtener unos resultados fiables, todavía en el presente y en la mayoría de los casos, implican la toma de micro-muestras pictóricas (aproximadamente 2mm. por cada lado). De ahí que a este tipo de técnicas analíticas se las denomine técnicas destructivas. Sin embargo, con el propósito de evitar la extracción de muestras también es posible la utilización de técnicas no destructivas cuya diferencia principal con respecto a las previas es la no necesidad de muestreo y, en ocasiones, para su consecución, su carácter móvil para poder trasladar la técnica de análisis a la obra en lugar de la obra al laboratorio.

Cuando se decide proceder a la toma de muestras pictóricas es fundamental disponer de un modelo de ficha que clasifique todas las variantes de técnicas y decoraciones pictóricas del bien en fase de estudio.

La ficha-modelo debe contar, como mínimo, de los siguientes apartados: 1. una tabla donde se recojan todas las variedades pictóricas cada una con su código de identificación, 2. un gráfico en el que se señale la ubicación de cada una de las variedades y 3. una tabla resumen de dichas variedades.

El proceso de muestreo consta principalmente de dos fases. Una primera fase de estudio organoléptico en detalle de la superficie pictórica para determinar aquellas zonas a muestrear por su interés estilístico, técnico y/o material. Para ello se completan los tres apartados de la ficha-modelo. La información del tercer apartado es necesaria para realizar un muestreo preciso y representativo de todas las tipologías estilísticas, técnicas y materiales. En una segunda fase se procede a la toma de muestras guiada por los datos del tercer apartado donde a cada muestra extraída se le asigna un código para su identificación. Durante esta fase se documentan las zonas muestreadas con macro y micro fotografías digitales en color. La extracción de las muestras tiene que respetar en la medida de lo posible las dos siguientes condiciones: la primera es procurar realizar la extracción en aquellas zonas que presentan craquelados y lagunas para respetar tanto las partes intactas sin lagunas como las muy deterioradas y con escasos fragmentos y la segunda condición es de tipo práctico y consiste en seleccionar aquellas zonas con facilidad de acceso para la correcta toma de muestras. En resumen, esta fase ha de ser minuciosa, dado que siempre se ha de tener presente el provocar el menor daño o deterioro posible a la obra y ha de estar muy bien documentada para ayudar en el proceso de interpretación de los resultados obtenidos con las nuevas tecnologías de análisis que tras el muestreo se emplearán sobre las muestras tomadas.

### **1.2.2. Análisis estructural de las técnicas pictóricas**

A continuación del estudio in situ se prosigue con el estudio analítico en el laboratorio de las muestras de pintura.

En una primera fase procedemos a estudiar el orden estratigráfico y, por consiguiente, las técnicas de construcción de dichas muestras. Con este propósito empleamos una metodología y técnicas analíticas que bien pueden ser sustituidas por otras de iguales o similares características y prestaciones (Khandekar, 2003).

Primeramente seleccionamos aquellas muestras que a nivel técnico y material más información pueden proporcionar. Nos ayudamos de una lupa binocular (por ejemplo, la lupa SZ-ST Olympus) que permite observar con más aumentos las muestras. La componen dos oculares, un objetivo zoom y una fuente de luz que por medio de dos antenas flexibles ilumina una superficie blanca plana donde, bajo el objetivo, se coloca la muestra pictórica.

Seleccionadas las muestras, por medio de un microscopio óptico, como el microscopio Zeiss Axioscop 2 Mat (más adelante describimos sus características) se registran fotográficamente el anverso y el reverso de cada muestra antes de su oclusión en resina. Las imágenes fotográficas resultantes tienen el doble objetivo de, en primer lugar, planear el lugar preciso -que más información ofrece- por donde se ha de realizar el corte estratigráfico y, en segundo lugar, guiarnos después, durante la fase de lijado y pulido de la oclusión, hasta llegar al punto exacto de corte planeado.

La preparación de los cortes estratigráficos de las muestras requiere la creación de un molde de silicona que nos servirá de contenedor de las oclusiones de las muestras pictóricas durante su catalización. El objetivo es crear un molde de silicona provisto de diez pozos cúbicos dentro de cada uno de los cuales se puede llevar a cabo la oclusión de una muestra pictórica. El número de pozos está en torno a diez, aunque éste varía en base al tamaño del contra-molde empleado. Dado que las oclusiones están constituidas por un material rígido, es decir, resina, es necesario que el material del molde que las contiene sea flexible, como la silicona, ya que no sólo facilita el desmolde de las oclusiones sino también evita destruir o deteriorar el molde pudiéndose reutilizar.

Para crear el molde de silicona se parte de un contra-molde consistente en una caja de plástico sin tapa de 6x14x7cm. en cuya base interior se adhieren con cinta adhesiva de doble cara diez cubos de metacrilato de 1x1x1cm. Previa a la preparación de la mezcla de silicona con que se rellena el contra-molde se pulveriza este último con desmoldeante Silicon-Spray AK de Wacker Silicones. Para obtener la mezcla con la que se crea el molde se utiliza Silicona Elastosil M4514 de Wacker Silicones y 3,5% de Endurecedor T51. Tras mezclar bien los dos componentes se rellena el contra-molde. Con el fin de eliminar posibles bolsas de aire de la mezcla vertida se introduce el contra-molde con la silicona en fase líquida en una cámara de vacío durante cinco minutos. Fuera de la cámara, se retiran con una aguja o alfiler las últimas burbujas de aire que puedan quedar en el molde para a continuación dejar catalizar la silicona en una superficie horizontal durante un mínimo de 24 horas y un máximo de 72 horas, dependiendo de la temperatura ambiente. Catalizada la silicona se desmolda del contra-molde y se obtiene el molde de silicona de 2x14x7cm.

El siguiente proceso es la elaboración de las oclusiones pictóricas de resina poliéster para después obtener las estratigrafías. Las oclusiones se componen de una resina poliéster Poly-pol PS230 y un catalizador/endurecedor Peróxido de MEK (Methyl-Ethyl-Ketone/Metil-Etil-Cetona). Debido a la toxicidad de la resina y el catalizador su manipulación se ha de realizar en una vitrina para aspiración de gases con

la protección oportuna de guantes de látex, gafas protectoras y máscara de carbono. Dos tipos de vitrina de sobremesa pueden ser la vitrina modelo OR-S 900 y la vitrina Kewaunee Scientific Corporation.

El primer paso en la obtención de las oclusiones es rellenar hasta la mitad los diez pozos que componen el molde de silicona antes creado. Se emplean 10ml. de resina poliéster y 5 gotas de catalizador. El tiempo de endurecimiento oscila entre las 24 horas y las 48 horas. El segundo paso consiste en introducir en los pozos y sobre la resina catalizada las muestras y sus etiquetas identificativas con el código de la muestra y la fecha de la oclusión. Con el fin de desarrollar con éxito estas actividades podemos servirnos de la lupa binocular. El tercer y último paso es la repetición del primer paso, ya que se tienen que rellenar por completo los pozos con la mezcla de resina y catalizador antes indicada. En esta ocasión el vertido de la resina ha de ser más lenta para evitar posibles desplazamientos de las etiquetas y las muestras. En caso de producirse movimientos, ayudándonos de un agujero o alfiler y una lupa binocular, se recolocan aquellas etiquetas y/o muestras y se eliminan burbujas de aire. Al cabo de 24-48 horas damos por terminadas las oclusiones.

Las estratigrafías se obtienen por medio del lijado y pulido de las oclusiones de resina. Se utiliza una lijadora-pulidora giratoria, como es la lijadora-pulidora BUEHLER-Metaserv, consistente en una base circular metálica que gira a diferentes revoluciones para acelerar el proceso de lijado o pulido sobre la que se dispone el papel de lija o pulido y una fuente de agua en forma de brazo flexible orientable a distintos puntos de la base.

Para empezar, se lijan las oclusiones hasta obtener los cortes estratigráficos planeados. El lijado se realiza al agua, primero, con papel de lijado metalográfico de mayor grano (600 y 1200) y, segundo, una vez se ha llegado a la muestra de pintura, con lijas al agua SiC (Silicon Carbide/Carburo de silicona) de grano fino (2400 y 4000). Durante el lijado de la propia muestra es fundamental la continuada observación de la misma en el microscopio óptico, porque nos guía con precisión hasta alcanzar el punto exacto de corte previamente planeado en las imágenes fotográficas obtenidas en el microscopio óptico. Para terminar, se pulen las oclusiones con el fin de eliminar el rayado producido durante el proceso de lijado y conseguir una imagen más nítida que facilite el estudio de las estratigrafías. Se emplea un disco de fibra suave (DP-nap) y un material abrasivo a base de alúmina. Este último resulta de mezclar alúmina en polvo (AP-D Powder) de 1µm (micra) y agua destilada según deseemos una mezcla más o menos densa. El pulido no requiere de agua.

Tal y como se ha descrito a lo largo de este apartado, todas las tecnologías y metodologías empleadas sirven para la preparación de las estratigrafías de las muestras seleccionadas. Por lo tanto, la última fase del análisis de las técnicas pictóricas se refiere concretamente al estudio y fotografiado de las disposiciones de los estratos de cada estratigrafía.

Para tal fin, utilizamos el microscopio óptico, porque, entre otras, tiene las siguientes funciones: permite conocer el orden de aplicación de los estratos en cada muestra, ayuda a identificar algunos materiales pictóricos, facilita la observación de la

reacción de los reactivos que más adelante se utilizarán y mide en micras el grosor de los estratos a través de una regleta micrométrica ocular. En concreto, el microscopio Zeiss Axioscop 2 Mat utiliza luz reflejada en campo oscuro para observar las estratigrafías en luz normal y con sus colores reales y luz UV (ultravioleta) reflejada con el filtro UV DAPI 340-380nm (nanómetros) para ver las estratigrafías bajo luz UV con las fluorescencias correspondientes a cada material pictórico. Dispone de cinco objetivos para observar las estratigrafías a aumentos diferentes: 5x, 10x, 20x, 50x y 100x. La parte superior del microscopio está provista de un adaptador sobre el que se coloca una trasera de cámara digital A Phase One H25 que con las conexiones y el programa informático adecuado transmite las imágenes observadas en el microscopio óptico al ordenador.

### **1.2.3. Análisis material de las composiciones pictóricas**

La segunda fase del estudio analítico se centra en el análisis e identificación de los materiales orgánicos e inorgánicos que componen las diversas capas de las estratigrafías. Al igual que en la fase previa de análisis de las técnicas de construcción, para el estudio de los materiales pictóricos utilizamos un conjunto de procedimientos y tecnologías susceptibles de ser sustituidos o mejorados por otros.

Por regla general, tendemos a analizar los materiales inorgánicos antes que los orgánicos, principalmente porque las técnicas habitualmente empleadas para conocer los materiales de naturaleza inorgánica no implican destrucción o eliminación de muestra.

La primera técnica a la que nos referimos es el MEB/EDX (microscopio electrónico de barrido/espectrómetro de energía dispersiva de rayos-X). Nos servimos de un MEB JEOL JSM 6460LV equipado con un EDX Oxford Instruments INCAx-sight. El MEB sirve para la caracterización morfológica de los estratos y las partículas de pintura (forma, tamaño, aspecto y textura). Las condiciones del MEB son 20kV, haz de electrones optimizado para el análisis por EDX y distancia de trabajo de 10mm. El EDX analiza la composición química elemental de áreas o zonas puntuales de materiales para su posterior identificación. Tanto el MEB como el EDX se operan por medio del programa informático INCA que permite guardar las imágenes de alta resolución generadas por el MEB y los espectros obtenidos con el EDX.

Las estratigrafías se introducen en la cámara del MEB y se analizan por medio de un haz de electrones en modo de bajo vacío con una presión en la cámara de 35 pascales. Para un análisis más preciso de ciertas partículas pictóricas algunas estratigrafías se analizan en modo de alto vacío con una presión en la cámara determinada por el MEB lo que supone una mayor descarga de electrones. Para evitar que la muestra se cargue negativamente de electrones, lo que interferiría en el análisis en el microscopio electrónico, es necesario revestir la estratigrafía (en concreto, la cara donde se ubica el corte estratigráfico) con una fina capa de un material conductor como el carbón. Este procedimiento se realiza en un recubridor de muestras, como el Denton Vacuum/Desk II, formado por una cámara cilíndrica acristalada y hermética provista de un porta-muestras con cabezal de barras de carbón. El proceso tiene lugar al vacío y en pocos segundos pudiendo repetirse la operación en caso de que el espesor del revestimiento aplicado se considere escaso.

Las imágenes obtenidas en el MEB son en blanco y negro y las diferentes tonalidades ayudan a detectar distintos materiales. Por un lado, las zonas blancas observadas en el MEB corresponden a los elementos de mayor peso como pueden ser las láminas metálicas de plata, estaño y oro. Por otro lado, las zonas más oscuras en tonos grises corresponden a los elementos de menor peso, es decir, los materiales orgánicos que suelen localizarse en mayor o menor concentración en los estratos restantes por su función aglutinante.

La técnica del MEB/EDX permite la realización de mapeos elementales donde por cada elemento químico se obtiene un mapa de la muestra analizada donde se destacan en color aquellas zonas con presencia de dicho elemento químico. Dado que el EDX no analiza materiales orgánicos, cuyo componente es C (carbono), aquellos estratos únicamente compuestos a base de C (ceras, resinas, gomas, colas y aceites, principalmente) no se detectan en ningún mapa, apareciendo en color negro como en las imágenes del MEB. De este modo, a través de la modalidad del mapeo elemental podemos conocer la composición química elemental de cada uno de los estratos de la muestra.

La segunda técnica empleada para la caracterización, fundamentalmente, de materiales inorgánicos que no deteriora la oclusión en resina de la muestra pictórica es el espectrómetro-microscopio Raman (por ejemplo, el modelo Senterra de Bruker Optics). Permite la identificación más precisa de materiales de naturaleza inorgánica proporcionando información sobre la composición molecular. La técnica combina en un sólo dispositivo un espectrómetro Raman dispersivo y un microscopio confocal provisto de un recinto de cerramiento de seguridad láser donde se sitúa la estratigrafía. La zona se analiza empleando el láser de 785nm y 532nm durante 5-300 segundos. Los espectrogramas Raman obtenidos son transferidos al ordenador a través del programa informático Opus 5.5.

La técnica Raman también permite la realización de mapeos de estratigrafías. Teniendo en cuenta que cada material pictórico tiene su propia longitud de onda, a través del Raman se obtiene el mapa de la longitud de onda deseada donde las zonas azul oscuro representan la no presencia de esa longitud de onda en el mapa y, por lo tanto, de ese material pictórico y las zonas de color rosa indican las áreas con mayor presencia de la longitud de onda y, por consiguiente, de ese material.

La caracterización de los materiales orgánicos la realizamos por medio de dos técnicas.

La primera técnica es el microanálisis histoquímico que localiza y aproxima en la identificación de materiales de naturaleza orgánica. Los reactivos experimentados son cinco: PS (Ponceau S) y AB (Amido Black/Negro de Amido AB2) para la identificación de materiales proteínicos y 2, 7-DCF (Dichlorofluorescein/Diclorofluoresceína), RHOB(Rhodamin/ Rodamina B) y SBB (Sudan Black/Negro de Sudán B) para la identificación de materiales lipídicos (Johnson y Packard, 1971, Martin, 1977, Wolbers, 2000).

El reactivo PS es un polvo rojo que una vez preparado tiñe por medio de reacción química en contacto con proteínas. En el microscopio óptico bajo luz normal las tinciones muestran un abanico de colores que incluyen diversas combinaciones e intensidades de naranja, rosa y rojo. El AB es un polvo marrón oscuro que al igual que el PS tiñe materiales proteínicos por reacción química. Los colores que ofrecen las tinciones observadas bajo luz normal en el microscopio óptico abarcan desde el azul claro hasta el azul oscuro casi negro. El reactivo para lípidos DCF consiste en un polvo de color naranja intenso. La tinción se produce al disolverse en materiales de naturaleza lipídica sin tener lugar reacción química. Las tinciones resultantes son detectables en el microscopio óptico con luz normal mostrando un color amarillo y con luz UV (filtro 450-490nm) ofreciendo un color rosa para los materiales lipídicos saturados y amarillo intenso para lípidos no saturados. La RHOB es un polvo rosa brillante que como el DCF tiñe por disolución en materiales ricos en lípidos. En el microscopio óptico bajo iluminación normal las tinciones son de color rojo intenso y bajo luz UV (340-380nm) naranja-rojo intenso. Con el reactivo SBB, un polvo oscuro, la tinción se produce cuando éste es absorbido por los materiales lipídicos no teniendo lugar ningún tipo de reacción química. Los materiales teñidos observados en el microscopio óptico bajo luz normal muestran diferentes tonalidades de azul, desde un azul claro hasta un azul casi negro.

Cada reactivo se prepara tal y como se indica en la bibliografía especializada.

El modo de proceder en el microanálisis con reactivos comienza con la aplicación en la estratigrafía (limpia y sin ningún recubrimiento) de una gota del reactivo. La duración del proceso de teñido puede durar desde pocos segundos hasta varios minutos, dependiendo del reactivo en cada caso y pruebas previas sobre los materiales a analizar, siempre tomando como referencia las fuentes documentales. Después se elimina el reactivo y se neutraliza su acción limpiando la zona con un disolvente específico tal y como consta en la bibliografía. A continuación estudiamos y fotografiamos la reacción del reactivo en el microscopio óptico en luz normal y/o luz UV. El siguiente paso es el repulido de la estratigrafía en la lijadora-pulidora para eliminar el fino estrato teñido de la muestra. Esto permite reutilizar la estratigrafía para una nueva tinción. Prácticas realizadas sobre estratigrafías pictóricas de diversas obras de los siglos XVI nos han servido para detectar que los reactivos que ofrecen unas tinciones más selectivas y precisas son el AB para la identificación y localización de los materiales proteínicos y el RHOB para los materiales lipídicos. Es conveniente antes de llevar a cabo el microanálisis histoquímico, realizar pruebas que nos confirmen los reactivos más adecuados para los tipos de materiales que queremos estudiar.

La segunda técnica empleada en la identificación de materiales pictóricos orgánicos es el espectrómetro FTIR (Fourier Transform Infrared/Infrarrojos por transformada de Fourier) con objetivo ATR (Attenuated Total Reflectance/Reflexión total atenuada). En concreto, el FTIR-ATR utilizado es un espectrómetro Bruker Vertex 70 con un microscopio Hyperion 3000.

Los espectros obtenidos con la técnica Raman y el FTIR-ATR son interpretados por medio de su comparación con bases de datos de materiales artísticos contenidos en el Straus Center for Conservation and Technical Studies-Harvard Art Museums, el

Museum of Fine Arts Boston, el University College London y la base de datos IRUG (Infrared and Raman Users Group).

### **1.3. Exposición e interpretación de resultados**

El análisis de la estructura estratigráfica y los materiales inorgánicos y orgánicos de las muestras pictóricas nos permite obtener una visión general completa de las mismas a nivel técnico y material. El siguiente objetivo es, por consiguiente, proceder a la recopilación y clasificación de dichos resultados en una tabla que facilite su lectura y comprensión.

En el caso de estar estudiando una técnica pictórica específica, como por ejemplo el brocado aplicado, lo más apropiado es generar una tabla por cada estrato de pintura, por ejemplo: preparación, imprimación, adhesivo, relleno, lámina de estaño, mixtión, lámina de oro/plata y pintura/corladura. Cada tabla la dividimos en cuatro columnas donde incluimos los datos referentes a cada estrato: materiales inorgánicos, materiales orgánicos, espesor (indicado en  $\mu\text{m}$ ) y obra (designada por medio del/los código/s de la/s muestra/s de la/s que hemos obtenido la información acompañado del título de la obra si procede). El número de filas de la tabla está determinado por el número de combinaciones constructivas y materiales presentes en cada estrato pictórico de la técnica en cuestión (preparación, imprimación, adhesivo, relleno,...).

Cuando se trata del estudio de distintos tipos de técnicas pictóricas es conveniente organizar los resultados en diferentes tablas cada una destinada a una técnica pictórica concreta. Por ejemplo: estofado, carnación, dorado, corladura,... Dentro de cada tabla incluimos cinco columnas: capa (en base a la técnica tendremos unas capas determinadas como pueden ser en la técnica del estofado: preparación, bol, mixtión, oro, pintura y protección), materiales inorgánicos, materiales orgánicos, espesor (en  $\mu\text{m}$ ) y obra (designada por medio del/los código/s de la/s muestra/s y el título de la obra si procede). Al igual que en el caso anterior, el número de filas viene determinado por el número de variantes constructivas y materiales presentes en cada capa.

La exposición en tablas de los resultados analíticos la completamos con su descripción en forma discursiva acompañada de las técnicas de análisis de laboratorio empleadas en cada caso.

Por último, incluimos una discusión sobre dichos resultados en la que realizamos comparaciones para establecer diferencias o similitudes, interpretamos los resultados para comprender o justificar las técnicas y/o materiales identificados, todo ello completado con el estudio de referencias bibliográficas relevantes que proporcionen información técnica-material e histórico-artística, fundamentalmente.

## **2. El macroanálisis en el bien cultural**

### **2.1. Las técnicas macroanalíticas y su aplicación a monumentos ubicados en parajes naturales**

El patrimonio de carácter arqueológico se ubica en numerosas ocasiones en parajes naturales condicionados por agentes de deterioro poco o nada controlables como los factores atmosféricos, la evolución natural del elemento vegetal y animal o los variados sistemas de explotación antrópica, ya sean explotaciones agropecuarias o forestales.

Es en este contexto donde se desarrolla un tipo de relación muy especial entre el elemento cultural y su entorno natural en el que intervienen e interactúan numerosos agentes de deterioro y factores de riesgo que no se ciñen a la ubicación del propio monumento sino que extienden su influencia por un espacio físico mucho más amplio.

Mantener el bien cultural en unos parámetros estables y controlados requiere un macro estudio en el que se analicen, valoren y diagnostiquen todas y cada una de las variantes implicadas en el elemento cultural: su entorno natural, la incidencia del factor antrópico y sus posibles interrelaciones.

Sobre este específico tipo de bien cultural ubicado en parajes naturales llevamos realizando desde hace diez años en Bizkaia intervenciones globales para recuperarlos, aplicando un modelo de técnica macroanalítica que exponemos a continuación.

### **2.2. La caracterización de los Bienes Culturales ubicados en parajes naturales**

Existe una variada tipología de monumentos que fueron construidos, tanto en época prehistórica como histórica, en zonas que actualmente se encuentran en plena naturaleza, entendida ésta como un entorno en el que la presencia humana es mínima o se reduce a un modo primario de explotación del terreno.

En nuestro caso, hemos aplicado una investigación macroanalítica sobre monumentos megalíticos del neolítico, dólmenes y túmulos y monumentos de la Edad del Hierro II, oppidum y castros (poblados fortificados). La investigación se efectúa una vez que han sido excavados o durante su intervención arqueológica, con el evidente propósito de evitar el debilitamiento de las estructuras recuperadas y proceder a su inmediata consolidación. Algunas de sus especiales características son:

- Están ubicados en parajes naturales. En muchas ocasiones esto quiere decir que el monumento se localiza a una altura media de 500 m. en zonas de explotación forestal de resinosas, en pastizales de altura con gran densidad vacuna o caballar o en zonas donde el abandono de la explotación está produciendo un nuevo hábitat mixto.
- Forman en general estructuras sencillas. Construidos con técnicas muy básicas, los bloques de piedra no se encuentran trabajados ni tallados y se articulaban en la estructura buscando el mejor encaje entre ellos. En cuanto a sus dimensiones

podemos citar que los volúmenes tumulares son de diverso tamaño, desde cinco metros de diámetro por medio metro de altura hasta 24 metros de diámetro por tres metros de altura. En cuanto a las murallas de los oppidum, son estructuras más monumentales que utilizan la orografía del terreno para configurarse como defensas pasivas y alcanzan una potencia de hasta seis metros de altura. Forman disposiciones defensivas más complejas, con pasillos, cubos a modo de torreones, cerramientos y recodos.

- Están constituidos por múltiples elementos líticos, piedras, bloques, losas de diferente tamaño. Estos elementos líticos los encontramos tal y como los deja la excavación, en un estado muy vulnerable y que no representa para el espectador más que unos confusos y desarticulados restos sin conexión relacionable con lo que fue el monumento. Por otro lado, en estos casos, se da una circunstancia muy positiva, y es el hecho de que los elementos líticos desubicados, caídos, desplazados o movidos de su lugar original se encuentran en el mismo monumento. Desde un punto de vista ético, no utilizar esos elementos descontextualizados para consolidar el monumento tanto física como perceptiblemente es permitir la progresión del deterioro.
- Conforman una de las partes más importantes del patrimonio prehistórico construido de Bizkaia. Algunos de estos elementos se encuentran en situación de grave deterioro producidos por infestaciones vegetales, expoliaciones, explotación forestal descontrolada e intervenciones arqueológicas no correctamente planificadas.

### **2.3. El macroanálisis y sus procesos específicos de valoración**

Descritas las características de los monumentos de carácter arqueológico vamos a mostrar el diseño del macroanálisis y de las intervenciones valorativas que son necesarias para su ejecución.

#### **2.3.1. La categorización del entorno**

Un bien cultural ubicado en un paraje natural necesita unas herramientas de observación y análisis especialmente adecuadas, ya que no sólo se estudian todos los aspectos concernientes al monumento sino que además es necesario analizar detenidamente cuál es la realidad en la que se encuentra insertado (Bazeta, 1996).

Cualquier imagen que se observe de ellos tiene como elemento imprescindible el elemento vegetal que actúa sobre los monumentos como un telón de fondo inseparable de él, de tal forma que no podría ser definido o correctamente comprendido sin su correspondiente ambiente natural.

Para conocer verdaderamente esta realidad debemos comenzar su encaje partiendo de la categorización del territorio que le rodea en tres espacios diferentes: entorno lejano, cercano e inmediato. Necesitamos conocer qué sucede en los últimos puntos de la zona donde se ubica el dolmen y cómo y en qué medida le pueden afectar.

El entorno lejano o macro entorno se halla situado en la mayoría de los casos dentro de unas características comunes conferidas por unos parecidos condicionantes geográficos y climáticos. Normalmente la extensión de este espacio se desarrolla por la unidad geográfica en la que se ubica, pudiendo ser una zona amesetada, un cordal o un collado y soportando diferentes tapices vegetales. En este espacio encontramos una serie de condicionantes que nos ayudan a explicar la razón de los posibles deterioros o de los agentes que los producen. De aquí podemos obtener información sobre aspectos que, aunque lejanos en la distancia, repercuten en el grado de conservación. Con estos datos se elabora un proceso informativo que toca punto por punto aquellos factores que intervienen directamente en el estado actual de este tipo de bienes culturales.

El entorno cercano se extiende desde el exterior del propio monumento hasta una distancia, en este caso muy variable, desde una decena de metros hasta varios cientos, que tiene como característica común una relación directa con el monumento, porque en realidad el monumento está inserto y rodeado por ella. Esta zona de influencia directa del entorno sobre el monumento finaliza en el punto en el que estas características naturales cambian y adoptan otro tipo de vegetación o tipo de explotación. Lo que sucede en este área marca directamente el grado de riesgo que puede sufrir el monumento. Un entorno cercano al monumento dolménico insertado en un bosque de repoblación de resinosas está directamente amenazado por los sistemas de explotación forestal y sus tareas de mejoramiento del terreno, aclarado, tala, apeas y extracción de los troncos.

El entorno inmediato cubre aquella extensión con su correspondiente vegetación sobre la cual el monumento mantiene un tipo de relación directa basada sobre todo en su cercanía respecto al campo visual potencial del observador. Así todo, el entorno que queda dentro del campo óptico alrededor del objeto pasa a ser su entorno primario inmediato, mientras que las partes que se quedan fuera pero mantienen contacto directo por continuidad en su estructura de floresta se denominan entorno secundario inmediato.

Para realizar un macroanálisis a esta escala hoy en día disponemos de herramientas informáticas que nos ofrecen una gran ayuda como Google Earth, Bing Map o los programas SIG, es decir, [sistemas de información geográfica](#). Estas imágenes aéreas ofrecen una imagen fácilmente entendible donde el tapiz vegetal queda fielmente representado.

### **2.3.2. Niveles de vegetación. Los cingulos**

Un factor de importancia en el momento de analizar mediante algún tipo de referencia el tipo de entorno lejano en el que se ubica el monumento es la distribución de las colectividades vegetales en el paisaje en relación a la altitud o hipsometría. Las variaciones climáticas, vegetales y de composición del suelo varían según la altura y crean estos niveles llamados también cingulos o cinturones de vegetación. Comienzan desde el nivel del mar y llegan hasta las cotas máximas dividiendo la extensión que se desarrolla entre ellos. A cada cingulo le corresponde un determinado tipo de hábitat natural, diferenciándose entre ellos por la especial predominancia de unos biotipos sobre otros. Entre estos niveles constan los de costa, medios y altos.

Costas, como tales, no tienen demasiada importancia para el estudio debido a que a estas alturas no se han encontrado el tipo de monumentos seleccionados.

Niveles bajos, ascienden desde el término de la costa hasta situarse por encima de los 500 m., o en casos extremos, en zonas del interior hasta los 700 m. de altura. Es en este segmento donde se halla la gran mayoría de los monumentos dolménicos de Bizkaia y también de castros de la Edad del Hierro. Como dato directo de interés de su estado de conservación se puede apuntar que es también el límite de los cultivos producidos por la explotación humana.

Niveles medios, por regla general, ocupan una altura comprendida entre los 500 y los 1000 m. La influencia humana sigue siendo muy intensa pero la destrucción del tapiz vegetal se atenúa en su impulso.

Niveles altos, por encima de los 1000 m. Sólo se encuentran en determinadas zonas del parque natural de Gorbeia.

De estos cuatro tipos de cinturones vegetales tan sólo hemos encontrado monumentos de las características que nos ocupan en dos de ellos: los niveles bajos y los medios.

### **2.3.3. El grado de explotación**

Los niveles bajos conforman el paisaje más representativo. Se hallan conformados por un tapiz vegetal de huerta, de prado y de bosque con una gran influencia humana. Este paisaje es el que ha experimentado las transformaciones más profundas en los últimos 40 siglos a medida que lo ha ido poblando el hombre. Es en este escenario donde aparece el problema del aprovechamiento humano y económico del campo y donde estos intereses entran en conflicto con la preservación del conjunto de estos bienes culturales.

El grado de explotación humana se puede valorar por estadios:

- Estadio primario. Corresponde al momento vegetal en el que las alteraciones provocadas por la actividad humana son mínimas o inexistentes. La naturaleza se halla en un estado de culminación equivalente a la etapa final de equilibrio en la sucesión geobotánica.
- Estadio secundario. En este estadio, los grados de actividad humana son intensivos; la tierra se rotura para crear plantaciones para pastos o para explotaciones forestales y tienen como directa consecuencia la construcción de toda una infraestructura de diversos medios que posibiliten y hagan más fácil el aprovechamiento. La creación de una importante red de caminos, sendas, rutas y vías discurre por lugares donde las condiciones del terreno lo permiten y que es también donde se han erigido este tipo de Bienes Culturales.

- Estado terciario. Se produce cuando el espacio natural, después de la actividad explotadora del hombre se abandona. El proceso evolutivo los va recuperando de una forma distinta a la de los estadios primarios. Se introducen aquí nuevas especies que se aclimatan en esta nueva situación, tales como pinos o eucaliptos en cuanto a plantas leñosas. En este momento la vegetación de estas zonas se halla en un proceso de retraimiento para unas especies y de expansión para otras lo que dota de una clara dinamicidad y movimiento vegetativo al entorno.

Los dos últimos estadios presentan un problema valorativo en el momento de asignar al entorno la categoría de primario o secundario. El problema reside en la dificultad de definir un entorno lejano como totalmente primario o secundario debido en parte a que el proceso de abandono se desarrolla a lo largo de mucho tiempo. Ante esta eventual dificultad se opta por la creación de una escala gradual entre el secundario y el terciario que indique con aproximación en qué sentido avanza el desarrollo vegetal de la zona:

1. Estado secundario: Generalidad de la explotación del entorno por el hombre.
2. Estado secundario en cambio inicial: La actividad humana desciende paulatinamente y el avance hacia un nuevo clímax comienza a notarse por zonas.
3. Estado secundario avanzado: La actividad explotadora ocupa menos del 50% del terreno del entorno lejano.
4. Estado terciario inicial. La presencia de la actividad humana se limita a unos pocos casos que no ofrecen demasiada intensidad ni nuevas fuerzas de cambio en el entorno.
5. Estado terciario: Se hace patente que la nula presencia de explotaciones humanas dejan al entorno la recreación de un nuevo clímax.

#### **2.3.4. Niveles vegetativos**

Se sitúan estos estratos en forma de capas paralelas, uno encima de otro, y correspondiendo a cada uno de ellos un diferente modelo y estructura vegetal. Estando el monumento situado en un paraje natural, la relación con los elementos vegetales es directa y real. Se vuelve, por lo tanto, necesario racionalizar el concepto de vegetación y estructurar dentro de él un sistema de percepción y valoración que permita comprender la relación de cada uno de estos estratos con el monumento. Estos estratos son los siguientes:

- Estrato arbóreo. Su altura varía según el tipo de árbol y estado de crecimiento. Comienza por lo general en los cuatro o cinco metros y puede alcanzar hasta 50 en casos excepcionales de gran vigor y edad. Un monumento megalítico, por ejemplo, en un entorno de estas proporciones necesitara de procesos de mantenimiento diferentes a las de otro entorno de dimensiones más reducidas. Esto indica que la percepción dentro de un entorno está sujeta a las condiciones ópticas que son las primeras en asistir al espectador. Por consiguiente, una excesiva cercanía del

elemento vegetal arbóreo al monumento supone una clara desventaja para este último, puesto que se produce una interferencia visual así como procesos de mimetización y ocultamiento.

- Estrato arbustivo. Sus alturas nunca superan los cuatro metros y esto en especímenes de gran vigor o de mucha edad. Se compone de especies leñosas de escasa altura y de estructura muy diferente. Se define el arbusto como planta perenne leñosa ramificada a partir de la base y sin tronco principal a diferencia de los árboles.
- Estrato herbáceo. Está prácticamente presente, en sus variadas especies, en todo tipo de niveles o cíngulos y es el elemento del que se nutren los herbívoros que pastan en las zonas seleccionadas. Este nivel presenta valores de equilibrio en su desarrollo y en su evolución cíclica que aportan estabilidad al monumento. No alcanzan suficiente envergadura (sobre todo en elevadas latitudes) como para llegar a taparlo. Como elemento vegetal necesario para el encaje de un elemento pétreo de un entorno vegetal el estrato herbáceo se muestra como un material insustituible que ayuda a destacar la percepción visual del monumento a la vez que le asegura un elevado grado de estabilidad.
- Estrato muscinal. Está formado por musgos y hepáticas. Es el estrato del suelo sobre el que se desarrollan las funciones de fermentación y putrefacción. Todos los nutrientes absorbidos por las plantas son primeramente sintetizados en este nivel.

Todos estos datos nos sirven para elaborar un macroanálisis interactivo que nos ofrezca una información de las posibles conexiones que un elemento traza sobre otro y de cómo afectan al monumento.

#### **2.4. Adecuación del elemento vegetal en el entorno**

Su objetivo primordial es despejar el terreno para acceder a toda la información posible de las condiciones y morfología del monumento. Se elimina aquello que potencialmente pueda ser tenido en la consideración de dañino o degradante. Entra dentro de esta categoría el exceso de vegetación que:

- Oculta la estructura desde el exterior a los ojos y percepción del potencial espectador.
- Camufla y/o mimetiza las dimensiones y presencia de la estructura entre el elemento vegetal circundante.

Aprovechando el aprendizaje adquirido y basándonos en las prácticas realizadas en Selinunte y en Pompeya (Catizone, Tibiletti, Miravalle, Corillo, 2002) hemos dividido la intervención sobre el control de la flora en tres fases:

1. Eliminación de especies infestantes. En nuestro caso se propone eliminar toda la vegetación infestante que cubre el monumento y su entorno cercano. Puede ser de tipo arbóreo, arbustivo, herbáceo y muscinal.

2. Potenciación de elementos convergentes. Esta fase se especializa en potenciar los elementos vegetales que se consideran como positivos y en controlar el crecimiento de otros de carácter infestante. Un ejemplo de la fase de conversión se ha aplicado en la obtención de setos separadores o en la creación de anillos de protección.
3. Mantenimiento. Se basa en el control y mantenimiento del elemento vegetal del lugar dentro de unos parámetros adecuados que aseguren tanto la estabilidad como la reconocibilidad del monumento. Se ejecutan varias veces al año dependiendo del desarrollo de la vegetación infestante.

### **Conclusión**

La seguridad de una intervención de conservación y restauración en cualquier tipo de Bien Cultural sólo puede garantizarse si previamente se ha realizado un análisis riguroso, serio y específico que nos pueda ofrecer una información veraz y actualizada de su composición, estructura y estado de conservación tanto a niveles microanalíticos como macroanalíticos.

El empleo de una metodología específica combinada con el uso de tecnologías no-destructivas o mínimamente invasivas unido al uso exclusivo de estratigrafías permite conocer la composición de diversos tipos de materiales característicos de los bienes patrimoniales. En concreto, el protocolo y técnicas aquí expuestos son aplicables al estudio de una gran diversidad de materiales de interés artístico.

Desde nuestra experiencia, hemos constatado que la aplicación efectiva de una nueva metodología fundamentada en el estudio macroanalítico del factor vegetal se nos muestra como una herramienta adecuada y efectiva que puede producir un cambio sustancial en los métodos de intervención directos que manipulan el monumento.

Las nuevas tecnologías expuestas para el micro y macroanálisis de superficies pictóricas y monumentos en parajes naturales muestran la capacidad de ampliar el conocimiento técnico, material e histórico de los bienes culturales fundamental para su adecuada intervención.

## Bibliografía

- F. BAZETA. "Procesos de Conservación Sobre Monumentaria Dolménica de Montaña con relación a su Entorno Natural", *Kobie*, nº 8 (1996).
- P. CATIZIONE, E. TIBILETTI, R. MIRAVALLE, F. CORILLO, "Intervención en la Vegetación de sitios Arqueológicos: Las experiencias de Selinunte y Pompeya". En L. MASSETI (coord.), *Arqueología, Conservación y Restauración*, Guipúzcoa, 2002.
- ICOMOS, Documento de Nara. Documento sobre la Autenticidad del Patrimonio Cultural,..., 1994 (consulta en línea):  
[http://www.esicomos.org/Nueva\\_carpeta/info\\_DOC\\_NARAesp.htm](http://www.esicomos.org/Nueva_carpeta/info_DOC_NARAesp.htm) (fecha)
- M. JOHNSON, E. PACKARD. "Methods used for the identification of binding media in Italian paintings of the fifteenth and sixteenth centuries", *Studies in Conservation*, nº16 (1971), pp. 150-152.
- N. KHANDEKAR. "Preparation of cross-sections from easel paintings", *Reviews in conservation*, nº 4 (2003), pp. 52-58.
- J. LITVA, "Conservación: un Punto de Vista". En *Encuentro Nacional de Conservación*, México, 1984.
- E. MARTIN. "Some improvements in techniques of analysis of paint media", *Studies in Conservation*, nº 22/2 (1977), pp. 63-67.
- A. RODRÍGUEZ, "El protocolo específico de actuación para el conocimiento del brocado de estaño en relieve aplicado en Guipúzcoa". En A. RODRÍGUEZ (autor), *El brocado de estaño en relieve aplicado en Guipúzcoa. Tomo 1: Las fuentes bibliográficas, el protocolo de actuación y los resultados obtenidos*, Saarbrücken, 2011, pp. 179-241.
- R. WOLBERS, "Examining and staining paint cross-sections". En R. WOLBERS (autor), *Cleaning painted surfaces. Aqueous methods*, Londres, 2000, p. 177-180.
-