

# EL EXAMEN CIENTÍFICO DE ARTEFACTOS ARQUEOLÓGICOS: UN CUADRO TEÓRICO GENERAL

LUIS TORRES MONTES\*

## PRIMERA PARTE

### HISTORIA MATERIAL DE LOS ARTEFACTOS

#### 1. INTRODUCCIÓN

La historia y la arqueología son dos disciplinas científicas que comparten una característica fundamental: el estudio del pasado del hombre. En la conciencia popular, la historia, pero sobre todo la arqueología, se ocupan de un pasado remoto. En nuestro país es muy extendido el concepto equívoco que hace terminar la acción de la arqueología al asentarse la cultura hispánica y por lo tanto la historia comienza en 1521, al completarse la conquista de los aztecas e iniciarse la colonización de la Nueva España.

Según la visión popular mencionada, el período comprendido entre el desembarco frustrado de Juan de Grijalva en 1518 y la caída de Tenochtitlan tres años más tarde, es un período híbrido sobre el cual es preferible no profundizar pues no es claro si pertenece a la historia o a la arqueología. Además en los años inmediatos al triunfo de Cortés, se emprende la conquista progresiva del territorio, que con el tiempo integraría Nueva España, en las tres décadas subsecuentes. La historia va ganando nuevas áreas geográficas, mientras que la arqueología se empequeñece.

Esta confusión popular se afirma en expresiones frecuentes, no desprovista de autoridad, que afirman que un objeto es un "monumento arqueológico" si es producto de las cul-

turas anteriores al establecimiento español, los edificios son "monumentos históricos" si se construyeron entre 1521 y 1899 y aún permiten concluir que son "monumentos artísticos" si se terminaron en el siglo XX (Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas: 1972; 18-19). De hecho, los organismos oficiales encargados de la conservación de monumentos tienen como límite de su competencia el año de 1900.

Estos departamentos son: La Dirección de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico Nacional del Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura y la Dirección de Monumentos Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia.

De acuerdo con lo anterior, los tuestos de cerámica colonial —talavera por ejemplo— comunes en las excavaciones arqueológicas realizadas en ciudades con antecedentes coloniales, son "monumentos históricos", sin importar si su recuperación se realizó en una excavación efectuada con la más pura metodología arqueológica. Quizás por esta errónea concepción existen arqueólogos que dejan fuera de su estudio a estos materiales y algunos que los desechan.

En sentido estricto, el pasado sigue al efímero presente, desplazándose unos instantes tras él. El presente es el breve lapso de lo que está ocurriendo y cualquier acontecimiento, acto o frase, se van haciendo pasado en el curso mismo de su desarrollo. Los campos de la historia y de la arqueología comenzarán exactamente allí y serán documentos históricos los periódicos que narran en la tarde los acontecimientos matutinos, como serán artefactos arqueológicos los desperdicios que se acumulan diariamente en el basurero municipal.

Los diccionarios definen la historia como la relación verdadera de los sucesos públicos y políticos de un pueblo, descubriendo las causas y la problemática con sentido crítico. Por extensión se entiende por historia la exposición en orden cronológico de cualquier manifestación o fenómeno producto de la actividad humana o natural.

La arqueología puede entenderse como la reconstrucción de la cultura de un grupo humano a partir de los vestigios materiales —remanentes de la cultura material— tomando en cuenta la posición espacial y temporal de éstos en el lugar de su hallazgo.

Ambas disciplinas tienen el mismo sujeto: el hombre, tienen la misma finalidad: el estudio de su pasado, sus objetos de estudio son siempre producto de la actividad humana y comparten cierto número de procedimientos metodológicos, al grado de que pueden prestarse auxilio mutuamente, sin embargo existen diferencias en la forma de obtención de conocimientos, tanto en técnicas como en enfoque.

## 2. ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE LA INVESTIGACIÓN HISTÓRICA Y LA ARQUEOLÓGICA

En general se acepta el inicio de la historia con la aparición de la escritura, aunque con sentido más estricto corresponde a la historia el estudio de cualquier expresión inteligible de ideas, bien que éstas sean manifestadas por escrito o en un relato verbal, o sean expresadas en imágenes, dibujos o formas tridimensionales como pinturas, fotografías, documentales cinematográficos, videotapes, holografías o esculturas. La historia puede emplear también como documentos a las obras de arte y a los artefactos arqueológicos, por ello existen ramas de la historia como la historia oral, la historia del arte, la historia de la tecnología, la historia de la cultura y la historia de las ideas. Desde luego que la historia no está condicionada por el objeto de estudio, si no por su metodología, enfoque y objetivo.

Los objetivos de estudio de la historia son pues los documentos o el valor documental de otros tipos de objeto, con ellos el historiador desentraña los acontecimientos del pasado. El arqueólogo emplea los vestigios de la cultura material como un testimonio de los actos e inteligencia del hombre, usando las características formales y las propiedades de la materia, si esto de manera intencional o fortuita denota alguna actividad del hombre. El arqueólogo además considera la colocación del hallazgo en su contexto y con ello deduce cronología y otros datos de importancia.

La expresión inteligible de ideas, sentimientos o conocimientos son para el investigador los documentos históricos. El arqueólogo al reconocer en una porción de materia evidencia de actividad humana antigua la caracteriza como artefacto arqueológico. Pero la distinción entre artefacto y documento es una línea sutil que depende del enfoque con

el que se estudia cualquier producto de la actividad humana y no de las características específicas del mismo. Un documento típico es una pieza de papel con cualquier tipo de escritura y puesto que los caracteres trazados describen a un objeto, acontecimiento, sentimiento o idea en forma directa, puede emplearse para estudiar este contenido o expresión, pero si estudiamos sus materiales constitutivos para conocer las técnicas de manufactura, la procedencia de los materiales, su antigüedad, etc., lo estamos considerando o estudiando como un artefacto.

Si desciframos el significado de los caracteres inscritos y los interpretamos en un contexto social determinado, estamos estudiando al documento histórico y empleamos los métodos de la historia. Cuando un objeto cualquiera es empleado como testimonio de alguna idea o pensamiento expresado por él, para construir una secuencia cronológica de algún aspecto de actividad humana o natural, estamos empleando este objeto —que puede ser un artefacto arqueológico— como documento histórico. Por ejemplo, el empleo de figuras femeninas de distintas épocas puede servir para estudiar la evolución de los conocimientos anatómicos y de las ideas estéticas a través del tiempo, de un grupo determinado, y permiten reconstruir la historia de algún aspecto de la vida de ese grupo. Es el mismo caso, cuando relieves, esculturas, o representaciones pictóricas como códices o pinturas murales, todos de origen arqueológico, se estudian considerando su representación formal que transmite ideas, pensamientos o actividad del pasado; sirven para conocer algunos aspectos históricos de los fabricantes y usuarios como la historia de su arte, la actividad de caza, pesca, agricultura, etc. o aspectos rituales de su religión o creencias; estos artefactos arqueológicos son empleados como documentos históricos, dicho de otra forma, la interpretación arqueológica tiene valor documental.

Hemos hecho notar que artefacto y documento son dos conceptos de significado cercano pero diferenciable, que no describen objetos diferentes, sino que expresan aspectos distintos de un mismo objeto o producto de actividad humana, y que depende de la forma en que éste es estudiado; es decir artefacto y documento son resultado del enfoque y contexto de estudio y no es una característica distintiva del objeto.

En el documento la información está explícita en la representación formal o en alguna característica que pueda interpretarse como una comunicación de ideas. En el artefacto en cambio la evidencia de actividad humana está implícita en la composición química, en la estructura microscópica, en la posición espacial y en la temporalidad del artefacto o vestigio material y para la arqueología, la información extraíble del artefacto rebasa la forma macroscópica y la expresión intencional de ideas o sentimientos.

La arqueología, al reconstruir actos o eventos humanos del pasado interpretando la información proporcionada por los artefactos, asiste a la historia y por su metodología y enfoque, puede actuar con eficacia en casos donde ésta última estaría seriamente limitada. Por esto, la arqueología, que se inicia para aumentar el conocimiento de la antigüedad clásica, casi como una rama de la historia del arte, se desarrolla posteriormente como disciplina autónoma, que subsiste paralela a la historia. La arqueología y la historia materializan dos posibilidades diferentes para obtener conocimientos del pasado, que se separan por un enfoque específico que determinan dos tecnologías distintas, pero cuyos resultados deben ser congruentes, complementarios y suplementarios. Las imposiciones metodológicas de la historia y la arqueología no son los responsables de las divergencias obtenidas al estudiar los fenómenos socioculturales del pasado, sino que éstas se deben a las limitaciones metodológicas, a la complejidad de los fenómenos y a deficiencias humanas y no a diferencias reales. Sin embargo, en las investigaciones arqueológicas e históricas son frecuentes las rectificaciones y las polémicas por diferencias de opinión sobre algún asunto determinado. Debemos recordar que el pasado es inmutable, que es el que lo investiga quien se equivoca y que la historia sólo puede cambiarse mañana.

### 3. UN EJEMPLO DE INVESTIGACIÓN HISTÓRICA Y ARQUEOLÓGICA

Un ejemplo de investigación común en la época actual puede proporcionarnos la oportunidad de aclarar las características típicas del enfoque de las investigaciones históricas y arqueológicas. Nos referimos a la investigación policiaca

de un acto delictivo, un crimen por ejemplo. La actividad de los agentes de la ley al interrogar a los testigos y protagonistas sobrevivientes, el estudio de cartas, fotografías, contratos u otros documentos que arrojen luz o se encuentren directamente relacionados con los hechos, corresponden al enfoque característico de la investigación histórica. Por otro lado, la reconstrucción de la secuencia de los hechos que estos mismos agentes realizan, basándose en la posición de los personajes, las huellas de pies, sangre o balas, la posición y estado del mobiliario, etc., corresponden a una investigación arqueológica y puede servir para verificar los relatos de los testigos, reconstruyendo los hechos.

Si exactamente en las mismas circunstancias el hecho ocurrió en el pasado y en vez de tratarse de un crimen de orden común fue el asesinato de un personaje importante, la consulta de la documentación existente en archivos, periódicos, etc. es una investigación histórica. En forma similar, si en el momento de ocurrir todo queda sepultado por un derrumbe y años después los materiales remanentes son recuperados en una excavación arqueológica, el arqueólogo podrá reconstruir la secuencia fundamental de los eventos, limitado sólo por la falta de los materiales perecederos que pudieron desaparecer en el tiempo transcurrido y por la carencia de documentos escritos que no le permitirán asignar nombres determinados a los personajes. Aunque logre la secuencia básica de los hechos no podrá conocer la naturaleza completa del suceso.

Dentro de esta misma línea de pensamiento nos preguntamos, ¿cuál es la posición que ocupa el científico forense de las investigaciones criminales en el símil de la investigación del pasado? El técnico que identifica huellas digitales, tipo de sangre, marcas de huso o huellas de bala, analiza la naturaleza de los materiales y determina su posible origen y procedencia. Como respuesta podríamos apuntar que en las últimas décadas se ha desarrollado una disciplina que estudia documentos y artefactos con una tecnología similar a la del forense. Al principio esta disciplina apareció como una serie de técnicas auxiliares para estudiar artefactos, documentos y obras de arte en auxilio del conservador de museo, del arqueólogo y del historiador, pero al final de los años sesentas, el grado de desarrollo y especialización alcanzados empeza-

ron a dotarla de autonomía, que se consolida en los años recientes. Esta nueva disciplina se constituye como parte de las ciencias del pasado, subsanando algunas deficiencias de la arqueología y de la historia.

Esta disciplina es la arqueometría, vocablo inventado por E. T. Hall hacia 1958 para nombrar la primera revista especializada y que probablemente R. H. Brill sugiere por primera vez en 1971 como término indicado para referirse a la nueva disciplina, sustituyendo a otros menos afortunados como el de química arqueológica. Ya en 1978 se han realizado 18 congresos de arqueometría.

#### 4. ¿QUÉ ES LA ARQUEOMETRÍA?

En general se entiende por arqueometría, la aplicación de métodos y técnicas derivados de las ciencias naturales: física, química, biología, geología, etc. (aunque recientemente se han incluido los procedimientos matemáticos, desarrollados por los especialistas en arqueología analítica o cuantitativa) con el fin de esclarecer eventos del pasado al estudiar artefactos, documentos y obras de arte.

La arqueometría no debe entenderse como una forma de arqueomesura, o arqueología o historia cuantitativas, aunque hay tendencia por algunos investigadores a incluir estas técnicas dentro de ella. La opinión de arqueólogos, conservadores e historiadores es considerarla como un auxiliar en sus disciplinas, sin embargo, rebasa con mucho esta simple función. Es una compleja metodología que establece el vínculo entre características de la materia y actividad del hombre. En este sentido es una rama de las ciencias aplicadas, pero internamente requiere de su propia investigación básica para abocarse a la solución de un problema específico.

Si se piensa utópicamente la arqueología tradicional, la nueva arqueología y la arqueometría, son parte de un sólo tronco común, acaso junto con la historia; pensamos que en el futuro deben unificarse en una simbiosis múltiple para construir una ciencia única y verdadera para el estudio del pasado del hombre. Si esta visión utópica llega a ocurrir, será necesario el transcurso de mucho tiempo pues aún se requiere de más investigación y mayor desarrollo en procedimientos que aún no alcanzan el grado de certeza que les

permita aplicarse con éxito en problemas actuales, y no podemos pensar que sirvan para aumentar el conocimiento de culturas de las que queda poca huella. Cuando esto suceda, la arqueología se recordará como un pariente cercano de la alquimia, antecesor mágico de la química.

La arqueología ha encontrado con Libby (1950 y el fechamiento con radiocarbono a la balanza analítica de Lavoisier que desterró para siempre la teoría del flojista de los alquimistas medievales y dio nacimiento a la química moderna. Pero la introducción del fechamiento en la arqueología contemporánea no alcanza aún a dar frutos completos. En realidad son dos las piedras básicas de la arqueometría: los métodos de fechamiento confiables y la posibilidad de establecer procedencias de materiales por medio de análisis químico (Sayre: 1958). Estos dos puntos han provocado una revolución en la arqueología, pues al determinar fechas y procedencias con límites de certeza conocidos, que antes se determinaban cualitativamente o en forma sólo relativa, se puede establecer contemporaneidad, evolución de estilos, contactos culturales, rutas de comercio, imitación local de estilos importados, etc., de manera absoluta y fuera de la subjetividad o apreciación del arqueólogo. Las consecuencias de esta balanza analítica de la arqueología apenas han comenzado a manifestarse, los aparatos son costosos, lo mismo que los análisis; los especialistas y los resultados son aún escasos o insuficientes para extender las deducciones a nivel de áreas culturales, pero progresivamente los análisis y las fechas se van acumulando en las publicaciones y en las memorias de las computadoras empezando a formarse un panorama numérico de edades y elementos huella en el pasado arqueológico.

##### 5. EL CARÁCTER DE ARTEFACTO

Cualquier producto de la actividad humana empleado como objeto y material de estudio del hombre mismo y de su pasado, adquiere el carácter de documento, o artefacto, etc. cuando se emplea con una orientación definida para aclarar un aspecto determinado de la vida del hombre.

El fragmento de la cultura material funciona como una unidad indivisible, es —de acuerdo con Brandi— (1974) una unidad de todo y no un total susceptible de dividirse en partes;

pero considerando la relación que se establece entre el objeto y el investigador, a causa del objetivo del estudio, adquiere el carácter de documento, artefacto, satisfactor, etc., y se distingue del resto de productos existentes en el universo del hombre por cumplir esa función específica. En este sentido, el término *bien cultural* tiene una aceptación amplia para describir a aquellos objetos que se reconocen por el contenido de valores humanos y culturales que poseen.

El término bien cultural, engloba obras de arte, documentos gráficos, colección de especímenes biológicos y minerales, herramientas, instrumental científico, instrumentos musicales, muebles, pinturas, edificios, etc. Los artefactos arqueológicos son bienes culturales. Para que un objeto material o estructura, ya sea producto de la actividad humana, de la actividad exclusiva de la naturaleza, o de ambas, adquiera la categoría de bien cultural, es necesaria la aceptación general de un valor reconocido (IIC: 1950; 8), o como afirma Brandi: (1971, 1) —pero sin restringirnos como él a obras de arte—, los bienes culturales “lo son por el hecho de un reconocimiento singular que sucede en la conciencia y solamente después de tal reconocimiento se destacan en forma definitiva de los demás productos”. Como consecuencia de tal reconocimiento cumplen a partir de este momento una función social distinta de aquella para la cual fueron creados.

Cuando en su recorrido, exploración subacuática, recolección de superficie, excavación, etc., el arqueólogo recupera materiales que son vestigios de culturas desaparecidas, libera edificios, e identifica por técnicas remotas zonas con evidencias de ocupación humana, está concretando con estas operaciones el acto de conciencia que distingue a los materiales del resto de los productos existentes y los tipifica como artefactos, o como conjunto de ellos.

Un artefacto es un bien cultural reconocido como testimonio de actividad humana. Bieck (1963a: 467) lo define como “cualquier pieza de evidencia de actividad humana del pasado” estableciendo al mismo tiempo que en contexto arqueológico actual “el concepto debe ser visto con la perspectiva general de un propósito humano impreso en la materia inanimada”.

Al establecer en este trabajo que un artefacto es cualquier material que independientemente de otros valores o signifi-

cados que posea sirve como objeto de estudio para proporcionar información sobre cualquier actividad del hombre, se rebasa la aceptación que este vocablo tiene en el uso general y aun en los escritos arqueológicos. En el lenguaje común el término se refiere a un utensilio de cierta complejidad, el arqueólogo lo extiende hasta considerar un fragmento de cualquier utensilio y para nosotros distingue en cualquier fragmento material la evidencia de una intencionalidad humana, refiriéndose incluso a aquellos materiales que reciben de manera accidental la huella de esta intencionalidad como sucede con el suelo que a consecuencia de la ocupación incrementa su contenido de fosfatos, aumenta su compactación, tiene la presencia de polen de especies cultivables o ha agotado sus nutrientes y no sirve para la agricultura, a causa de un uso previo intensivo.

Un artefacto está integrado por dos entidades coexistentes. La primera es la materia: el conjunto de sustancias cuya disposición y estructura le dan forma y transmiten su imagen; la segunda constituye la culturalidad misma del artefacto y relaciona la materia con la acción del hombre y con su pasado, esto es con su actividad e inteligencia. El artefacto es la materialización de un mensaje que imprime inconscientemente su constructor y usuario y que es leído por el arqueólogo.

“En términos científicos precisos —dice Bieck (1963a, 467) un artefacto denota una anomalía accidental en un experimento u observación rígidamente controlados”. Aceptamos esta aseveración como el marco de aplicación de la ciencia en el estudio de material arqueológico, pues si las características observadas en la materia sólo pueden explicarse como derivadas de un acto humano intencional, son marcadores de actos culturales. En artefactos arqueológicos son fosilizaciones de la cultura. La actividad exclusiva de la naturaleza sobre esta misma sustancia le produciría un estado físico-químico distinto. Por esta diferencia, la anomalía puede interpretarse en términos de cultura y sirve para sacar conclusiones sobre el pasado del hombre. El arqueólogo entonces estudiará transformaciones en la materia, y ocupará desde este punto de vista un sitio entre los investigadores de las ciencias naturales. El establecimiento de la relación transformación de la materia-

acto humano es la clave de la lectura del pasado por medio de la arqueometría.

El paso de una sustancia de material natural, a satisfactor o implemento utilizado por una sociedad hasta artefacto recuperado por el arqueólogo constituyen una secuencia de transformaciones físico-químicas de la materia que son producto de energía derivada de acciones naturales, humanas o de ambas. Si podemos aislar cada una de estas transformaciones, determinando la energía que las produjo y el origen de esta energía, en un cuadro o sistema material, como el que se emplea en física o química para el estudio de los fenómenos naturales, podríamos transformar un problema arqueológico en un experimento científico, donde el conocimiento de las condiciones iniciales del sistema, la sustancia antes de la transformación provocada por el hombre y las condiciones finales, o sea la transformación provocada por la acción humana, nos puede permitir, tomando en cuenta el conocimiento físico químico de la materia, llegar a conocer la energía que la produjo, las variables que intervinieron y si esta energía pudo originarse por un evento natural o fue realización exclusiva del hombre. Con estos datos es posible inferir la intencionalidad humana, el esfuerzo físico realizado, la tecnología implicada que permitió la realización de esa transformación y los conocimientos puestos en juego por el operario de tal cambio.

Al relacionar así una transformación de la materia con un acto humano y con los eventos sociales que éste implica, estamos por medio de este artificio, transformando a la arqueología en una ciencia experimental y ésta es la arqueometría. Al construir una secuencia completa de sistemas materiales, donde se han aislado cada una de las transformaciones materiales unitarias que han ocurrido a una sustancia desde su estado natural hasta que llegó a artefacto arqueológico en la condición en que es sometido a examen, podemos reconstruir toda la vida histórica del artefacto, conocer la actividad humana con la que pueda relacionarse y obtener el máximo de datos que éste puede proporcionar para conocer el pasado del hombre.

La condición real de un artefacto en el momento en que va a ser examinado, depende por un lado de sus materiales constitutivos, que varían grandemente, y por otro de los dis-

tintos ambientes, humanos y naturales, en los que éste ha permanecido durante su vida histórica y que han actuado sobre sus constituyentes (Plenderleith y Werner: 1971, 1). La acción de estos ambientes se manifiesta como transformaciones físicas y químicas sobre la materia constitutiva del artefacto. Entonces la información extraíble del artefacto dependerá de la condición del mismo en el momento de estudio y así sólo podrán estudiarse las acciones humanas que se manifiesten como un cambio en la materia.

En los artefactos podemos distinguir dos tipos de información directa, a partir de los cuales podemos deducir otro tipo de información al hacer trascender los primeros conocimientos al contexto que rodeó al artefacto. La información directa puede ser la expresa o explícita que deriva de su forma, diseño o imagen y la información implícita, que está impresa en la materia, bien en su naturaleza, en su composición química o en su estructura material.

## 6. HISTORICIDAD DE UN ARTEFACTO

La condición actual de un artefacto representa la coexistencia de dos historias paralelas interdependientes:

- a) la historia material, que es el resultado final de la secuencia de transformaciones físicas, químicas y físico-químicas de los materiales constitutivos del artefacto y que fueron producidas por las distintas energías derivadas de actos humanos y de actividad natural.
- b) la historia cultural: manifiesta en algunas de las transformaciones que ha sufrido la materia y que han sido inducidas o pueden relacionarse con una acción humana específica.

Al separar la historicidad de un artefacto en historia material e historia cultural estamos conceptuando a la materia como recipiente y a la culturalidad como contenido.

De allí la importancia de las alteraciones que ocurren en el artefacto en época posterior a su recuperación pues éstas producirían consecuentemente una alteración en la información, porque se acumulan al contenido.

La historia material es todo el conjunto de transformaciones físicas, físico-químicas y químicas que sufren las sustancias constitutivas del artefacto desde su origen geológico o biológico hasta nuestros días, y que fueron inducidas por la acción natural, por la actividad humana o por la combinación de ambos agentes. La historia cultural no son las transformaciones de la materia, sino que la conceptuamos en el sentido restringido de los actos y conocimientos humanos posibles de conocer al estudiar algunas de las transformaciones sufridos por los materiales del artefacto.

#### 7. CICLO CULTURAL DE LA MATERIA

Los materiales en la naturaleza, sean de origen mineral o derivados de algún organismo vivo no domesticado, son el resultado de la actividad natural que ha actuado sobre sus materiales constitutivos durante su historia genética. La naturaleza y propiedades de estos materiales y organismos es el producto final de esta actividad natural que se manifiesta en su composición química, en su estructura y en su morfología, los cuales son a su vez testimonio del origen de estos materiales, y por ello estas características pueden servir para estudiar la historia genética del material. La rama de las ciencias que estudia el origen de los minerales se llama petrogenesis y la de los organismos es la biogénesis.

Cuando los materiales naturales son reconocidos por el hombre como potencialmente utilizables para la obtención de satisfactores, se encuentran en estado natural que significa un contenido cultural cero, pues las transformaciones que éste ha sufrido son producto exclusivo de la actividad natural. Estas características y propiedades de la materia representarán las condiciones del primer sistema material del "ciclo cultural de la materia", esta materia inanimada recibirá la acción de la energía derivada de actos humanos y será transformada primero a materia prima, luego a satisfactor, éste a su vez, en el cumplimiento de la función para la cual fue diseñado por el hombre recibirá más acción humana y natural hasta quedar finalmente abandonado y sujeto a la acción de los agentes naturales que le producirán nuevas alteraciones. El resultado final de este ciclo cultural es la condición del artefacto tal como es recuperado por el arqueólogo o como se encuentra en el momento de ser sometido a un análisis.

Podríamos agrupar las energías que transforma la materia de los artefactos en cuatro grupos; agregando uno a los citados por Boeck (1963b, 23).

1. La actividad natural que forman los materiales naturales.
2. La actividad humana que modifica los productos de la naturaleza para transformarlos en satisfactores. (Boeck: *ibid*).
3. La actividad humana que modifica a los productos humanos durante el uso de los satisfactores o bienes materiales.
4. La actividad natural que modifica los productos del hombre (Boeck, *ibidem*). En esta última etapa, el artefacto sufre una serie de alteraciones que tienden a incorporarlo a los productos naturales, llegando si el tiempo y su estabilidad fisicoquímica lo permiten, a incorporarse totalmente a la naturaleza, como ocurre con la mayoría de los materiales orgánicos y con algunos metales y minerales.

Estas cuatro energías completarán un ciclo cultural donde la materia pasa de producto natural a satisfactor y vuelve o tiende a volver a ser producto natural, y en este caso la anomalía que denota el artefacto sólo se manifestará por una anormalidad en la composición química del estrato natural, que se debe a la presencia anormal de una sustancia de manufactura humana que ha regresado a un producto natural en un lugar atípico. Este caso tiene aún aplicaciones arqueológicas p. ej. en la prospección por análisis de fosfatos.

El ciclo cultural de la materia, tal como ha sido descrito, constará de cinco etapas, que son:

a) *La génesis o retromorfismo*. Es el material natural en el sitio mismo donde ha sido originado por los agentes naturales. Las características físico-químicas de este material pueden servir para identificar su lugar de origen o su procedencia, ya que su composición química y su naturaleza sólo pudieron producirse en forma natural en esas condiciones y en una región o sitio determinados. Aunque esto es totalmente cierto para los minerales, puede decirse lo mismo para los organismos vivos, pues éstos, sin la intervención del hombre, son sólo producto de la evolución biológica y de la

selección natural; la intervención del hombre modificará artificialmente a las especies vivas, y las características morfológicas de los animales y plantas no domesticados permiten la clasificación taxonómica de las mismas y la distinción de las especies domesticadas. Estas características fisicoquímicas y morfológicas constituyen el primer sistema material en el ciclo cultural de la materia, y serán el punto de partida de las transformaciones inducidas por el hombre.

b) *Obtención.* La actividad humana se inicia por la obtención de la materia prima. Primero el hombre reconoce en los materiales naturales su potencialidad de empleo para la producción de satisfactores. Este reconocimiento es un fenómeno de conciencia que no introduce modificaciones en la materia, sino que es una característica cultural que destaca al producto natural y lo identifica como una fuente de recursos; la consecuencia de tal reconocimiento únicamente se manifiesta con un aumento del valor estimativo y/o comercial de la fuente. La fuente de recursos naturales puede ocasionalmente identificarse por alguna manifestación de propiedad hecha por un individuo o grupo y acaso, en sociedades más evolucionadas puede existir un muestreo para determinar la calidad o valor de la fuente.

Esta etapa implica la selección y clasificación del producto a causa de sus propiedades y composición, la extracción o separación del mismo de la fuente de recursos naturales, su purificación o beneficio tendiente a incrementar la concentración de la sustancia útil o mejorar las propiedades, produciéndose en ocasiones subproductos o desperdicios. Por último, el material elaborado o semielaborado es sujeto a transporte y comercialización para llevarlo al sitio en donde va a ser elaborado el satisfactor. La purificación o beneficio puede incluir la transformación química del material natural para producir una sustancia nueva, con propiedades que frecuentemente no se encuentran en las sustancias naturales.

Después de estas etapas se tiene la materia prima, que es un material producto de actividad del hombre, con calidad y propiedad que no presentan los productos naturales, y que la hacen apta para transformarse en satisfactores o bienes materiales, y que se encuentra en el sitio en donde estos satisfactores van a ser manufacturados. Sólo en estas condiciones un material natural se constituye en materia prima.

Podría pensarse que el proceso de obtención de materia prima descrito anteriormente sólo se aplica a los materiales de origen mineral, pero también los productos derivados de organismos siguen un proceso similar. Los distintos pasos anotados pueden no ser necesarios para cada caso específico, el orden puede ser alterado en algunas instancias. Hay que considerar que esta secuencia puede adaptarse a la domesticación de plantas y animales, pero en estos casos deben agregarse las etapas propias de la cría de animales y de cultivos y debe tomarse en cuenta que el pie de cría y la semilla para el próximo cultivo ya constituyen productos elaborados por el hombre por tratarse de especies domesticadas.

c) *Producción o manufactura.* En este punto incluimos todos los procesos necesarios para transformar la materia prima en un satisfactor. Se pueden incluir procesos formativos primarios que tienden a producir o impartir a la materia la forma del implemento o bien material, técnicas secundarias que incluyen procedimientos complementarios que modifican las propiedades del material u objeto formado o un proceso químico que puede transformar la naturaleza de la materia prima obteniéndose sustancias con mayor resistencia, belleza, valor unitario o comercial: por último las técnicas decorativas y de acabado, que mejoran la apariencia y alguna de las propiedades útiles de los materiales constitutivos del bien y pueden manifestarse en aspectos estéticos y expresión de ideas.

d) *Funcionalidad.* Una vez que el satisfactor ha sido terminado, llega directamente o por un proceso de intercambio o comercialización hasta el usuario quien lo somete a un uso para que este satisfactor cumpla su función. Mientras que en los procesos de obtención y manufactura el productor impone a los materiales naturales atributos humanos, en esta etapa de vida útil del satisfactor, el usuario imprime huellas de uso que modifican los atributos que previamente se habían conferido a la materia inanimada. Estas marcas servirán para identificar esa función y constituirán un dato de gran importancia para el arqueólogo. El uso producirá deterioros al satisfactor que pueden dejarlo inservible o mermar su utilidad, por lo cual el implemento puede ser sujeto a reparaciones tratando de restaurar su funcionalidad o valor utilitario. Con el tiempo un bien ma-

terial puede perder su funcionalidad por otros motivos; por ejemplo, porque la moda cambia, se producen nuevos implementos de mayor productividad o eficiencia; cambia la religión o la política, entonces puede requerirse una readaptación que modifique los aspectos decorativos, rituales o simbólicos del objeto, o acaso también del diseño para que mejore su operación y eficiencia. Estos usos, reparaciones, modificaciones y mantenimiento aunado con la acción de los agentes naturales llegan en última instancia a agotar la utilidad del implemento, pues se puede llegar a producir un deterioro tan pronunciado que queden inservibles e irreparables. En estas circunstancias el artefacto puede hacerse obsoleto y si sus materiales constitutivos tienen un valor o significan un consumo de energía, pueden ser reprocesados como materia prima y reemplazarse en la manufactura de nuevos satisfactores. Siempre, más pronto o más tarde el satisfactor va a ser desechado.

f. *Transmisión en el tiempo.* En el momento en que el producto del hombre sale de la vida activa y al cesar el mantenimiento que contrarresta la acción de los agentes naturales, la materia constitutiva queda expuesta nuevamente a la acción irrestricta del ambiente que tiende a reincorporarlo al ciclo natural y regresará, con mayor o menor velocidad, al material que de acuerdo a las condiciones que lo rodean sea el más estable o pueda subsistir en equilibrio dinámico con esas condiciones que lo rodean. Si la estabilidad del material lo permite, el efecto del ambiente puede fosilizar las marcas de actividad del hombre, que se manifestarán en su composición química, en el contexto o posición espacial que ese material ocupa, en su morfología, o en la morfología o composición del ambiente que lo rodea, transformándose en un producto cultural que es una fuente de recursos y proveerá de materia prima al arqueólogo para sus investigaciones.

## 8. OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA

Los materiales en la naturaleza muy rara vez se encuentran listos para extraer la materia prima y producir satisfactores. Extendiendo el pensamiento de Schwartz (1958) para fibras textiles a otros tipos de productos se llega a un pos-

tulado de gran trascendencia para la investigación de materiales arqueológicos por medio de análisis científico. La naturaleza no produce materia prima. Hay materiales en la naturaleza: —arcillas, fibras, rocas, minerales, semillas, frutos, plantas tintóreas, animales con carne, piel y plumas, árboles maderables, etc.— pero éstos rara vez tienen las características y calidad necesarias para producir directamente de ellos los satisfactores. Es la actividad del ceramista, lapidario, cantero, agricultor, horticultor, tejedor, criador de animales, leñador, etc., la que hace que las arcillas tengan la plasticidad y el endurecimiento necesario que permite moldearlas y modelarlas para formar figuras y vasijas; que los minerales y las rocas posean las cualidades mecánicas, la textura y la apariencia adecuadas para tallar piedra de construcción, labrar esculturas e instrumentos líticos y tallar gemas y objetos lapidarios; que las plantas sean más productivas; sus frutos tengan mayor poder alimenticio y los árboles produzcan madera de mayor belleza y calidad, y se obtengan fibras de más longitud que se hilan mejor; que el animal produzca más carne, lana o piel, etc. Es pues la inteligencia del productor de materia prima y del fabricante de satisfactores la que hace que los materiales seleccionados cumplan las especificaciones requeridas de la materia prima, necesaria para una industria específica.

La obtención de la materia prima puede ser un proceso simple o muy complicado. En algunos casos comprende una sola operación, pero frecuentemente son varias; en éstas se introducen simples cambios físicos como fragmentación, reducción a polvo o cambio de lugar o pueden provocar a la vez varios cambios físicos y químicos.

Los cambios más simples se encuentran en la recolección de vegetales; de metales nativos, minerales y rocas a flor de tierra, y en la obtención de alimentos por caza y pesca. La separación del oro nativo de las arenas de los ríos presenta mayor complejidad, pues al someter la arena aurífera suspendida en agua a un movimiento continuo, las partículas más ligeras de la arena se desplazan a mayor distancia separándose de las pepitas o del polvo de oro, más pesadas. Este polvo puede ser martillado, para unirlo formando láminas o tejos, o puede fundirse produciéndose lingotes.

La extracción de minerales suelen ser procesos simples, como la excavación de arcilla y otras técnicas de minería a cielo abierto; pero después de la extracción pueden requerirse procesos de beneficio para separar productos inde-seables, aumentar la concentración y calidad de la sustancia buscada o tener un material fácilmente transportable. Así ocurre con los pigmentos obtenidos de tierras naturales coloridas —tierra roja y ocre amarillo, tierra verde, umber, ciena, etc.— que se separan de sus impurezas por procesos de lixiviación, flotación o lavado, aprovechando las diferencias de solubilidad y densidad entre los minerales coloridos y los productos accesorios.

Los metales nativos presentes como vetas en alguna matriz rocosa requieren para su extracción de la perforación de túneles y galerías, las que necesitan de apuntalamiento de techos y paredes; de sistemas de ventilación y drenaje, para asegurar el buen estado de los “tiros”. Hay que efectuar además la fracturación de la roca madre por medios mecánicos o por el proceso de torrefacción —calentamiento de la roca logrando la fragmentación por la contracción brusca inducida al enfriarla rápidamente arrojando agua—, hacer la trituración del material y separar al metal de la ganga por medio de cribado, fundir el mineral separado para obtener lingotes y separarlo de la escoria. Es aún posible que durante la fusión se purifique el metal, eliminando los óxidos por mover la masa fundida con varas de madera verde (“pooling”) y se eliminen algunos metales volátiles por el calentamiento prolongado y se separen los metales menos nobles en forma de óxidos por medio del proceso conocido como copelación; estos óxidos pueden posteriormente beneficiarse.

La excavación de arcillas de alfarero no es como parece un proceso que requiere de la simple excavación a cielo abierto y del transporte del barro excavado; la tierra se apalea para fragmentarla y se cierne para tenerla como polvo fino, se lava eliminando sales solubles y la materia orgánica, que flota, y después se deja “podrir” sumergiéndola en agua por períodos prolongados para producir un proceso artificial de intemperismo que disminuye el tamaño de las partículas de arcilla y aumenta la plasticidad. Puede aún requerirse que en el amasado se introduzcan cargas para

controlar la contracción y "desengrasar" la pasta. Estas cargas no podrían introducirse al barro en su estado natural y son indispensables para producir un producto de mayor calidad.

Un máximo grado de avance tecnológico en una población antigua, puede atestiguararse, por que son capaces de producir materiales que no se encuentran en la naturaleza, que se encuentran en cantidades limitadas, o que están mezclados con otras sustancias de las cuales es difícil su separación. Tal es el caso de los metales, y sus aleaciones, de la cerámica y del vidrio. Entonces los procesos de obtención implican una o varias transformaciones químicas. La obtención de colorantes a partir de tintes orgánicos o inertes blancos, la fundición de metales a partir de sus minerales, y su purificación por los procesos de "pooling" y copelación ya descritos, la producción de aleaciones y la fabricación de vidrio con arenas y fundentes, nos proporcionan ejemplos de este caso.

#### 9. INVESTIGACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Es necesario el conocimiento de las características y naturaleza originales de los materiales pues proporcionarán datos de importancia en la investigación arqueológica. Estos datos son:

*Datos sobre la materia prima.* Podremos así conocer su historia genética, su calidad original, su escasez o abundancia, y su composición y naturaleza químicas originales. Todo esto permitirá relacionar un artefacto con su lugar de origen y deducir un segundo grupo de datos de gran importancia que son:

*Datos sobre los procesos de obtención y manufactura,* pues conociendo el material natural podemos inferir los procesos necesarios para transformarlo en materia prima, la energía y conocimientos aplicados y en consecuencia el incremento del valor del material, la complejidad de los procesos de manufactura y el grado de habilidad de los operarios, el grado de especialización del trabajo y posiblemente los modos de producción.

*Datos sobre el momento de la extracción.* Al separarse los materiales de la fuente de recursos naturales se induce una serie de cambios que pueden proceder de manera con-

tinua, siguiendo una ley conocida, en función del tiempo. En estos casos la determinación de la cantidad de degradación o alteración puede emplearse para fechar el momento en que se separó al material de su fuente.

Cuando la separación de la fuente significa la muerte de un organismo vivo. Esta operación corta el suministro de carbono que como distintos nutrientes toma el ser vivo del ambiente y que han establecido en la composición química del mismo una cantidad constante de carbono 14, elemento que se descompone por radioactividad una velocidad conocida y que permite, por la disminución de su concentración en el organismo, determinar el tiempo transcurrido desde su muerte. Al cortar la obsidiana para producir un núcleo o un implemento, se expone al aire una superficie inalterada que por las propiedades higroscópicas de la obsidiana comienza a hidratarse a una velocidad que depende de la temperatura y del coeficiente de hidratación específico de la obsidiana, obteniéndose con el tiempo un espesor de obsidiana hidratada que permitirá determinar la edad del artefacto. El calentamiento al que se someten las rocas calizas para calcinarlas y producir cal viva hacen que la energía que estas han acumulado en su estructura cristalina, y que fue inducida por la energía radioactiva a la que ha estado expuesta la roca, se libere en forma de luz o electrones exa. A partir de este momento nuevas cantidades de energía se acumularán en la cal, en proporción dependiente de la dosis de radiación a la que es sometido el material y su susceptibilidad específica a acumular esta energía. Si determinamos la intensidad de la energía que se libera por la acción del calor en la época actual podremos llegar a saber el tiempo transcurrido desde la producción de la cal hasta el momento de la lectura. Este mismo fenómeno se presenta en la cerámica pero en ella medimos el momento de su fabricación y no el de la obtención de la materia prima, y en muchos casos, tomando en consideración el uso de las vasijas, se mide el tiempo transcurrido desde el último calentamiento.

## 10. LA MANUFACTURA DE IMPLEMENTO

El entendimiento de los procesos de manufactura de satisfactores son de gran importancia, pues denotan el mo-

mento particular en donde el hombre impone atributos humanos a la materia (Clark; 1968; 34-44) e incorpora de forma clara, los materiales inanimados a la vida del hombre presentándose el caso ideal donde se plasman los propósitos e intencionalidad de las acciones. El conocimiento de las marcas y transformaciones que sufre la materia en estos procesos permitirán distinguirlos de aquellas marcas que se originan durante el uso y funcionalidad de los satisfactores así como de aquellas alteraciones que se presentan como un deterioro causado por la acción destructora del ambiente en época posterior a su abandono.

Cuando la materia prima se encuentra en el taller, fábrica o sitio donde va a ser elaborado el satisfactor, puede requerir de una preparación o acondicionamiento que es realizado por el mismo fabricante. Por ejemplo, en el amasado de la arcilla, se pueden introducir cargas para producir una buena pasta para el modelado, moldeado o torneado, que contraiga poco durante el quemado, produzca un determinado color después de la cocción o endurezca a la temperatura indicada. El orfebre puede endulzar sus metales, alearlos para que fundan a temperaturas bajas y preparar mezclas especiales que produzcan un temple de mayor dureza en armas e implementos.

A la preparación de la materia prima siguen los procesos primarios cuya finalidad es impartir forma a los implementos y que puedan por sí mismos llevar a productos terminados. Estos procedimientos varían por un lado en el grado de complejidad que se requiere para producir la forma final y en la habilidad que ejercita o demuestra el artesano y por otro en el grado de conocimientos prácticos de ciencia de materiales empleados. Habrá técnicas que requieran de mayor o menor habilidad y creatividad del operario, y de conocimientos puestos en juego muy reducidos; en otros en cambio se puede requerir de mayor ingenio y conocimientos tecnológicos, pero la operación puede mecanizarse a un grado tal que la habilidad y creatividad sólo se manifiesta en el diseño y en la producción de la matriz. En otros casos se puede encontrar al mismo tiempo la habilidad de ejecución con un elevado grado de avance tecnológico.

Las técnicas de modelado de objetos de cerámica, el trabajo de repujado y forjado de los metales, la talla de la

piedra, el labrado de la madera, y el pulido de minerales y gemas implican el conocimiento práctico, relativamente sencillo, de las propiedades mecánicas de las materias primas, y de los instrumentos de trabajo, pero requerirán en cambio un grado variable de habilidad para producir desde objetos sencillos hasta objetos de complicado diseño. En estos casos se muestra la habilidad y creatividad del artesano o artista, pero no se denota un alto grado de avance tecnológico.

Un buen marcador del grado de avance de una cultura es el desarrollo tecnológico alcanzado por la misma. Éste puede ser indicado por la posibilidad de producir materias primas con calidades que cumplen especificaciones que permiten la manufactura de implementos capaces de ejecutar con mayor eficiencia trabajos de producción de alimentos, de construcción de edificios y labrado de piedra, y producción de armas. Esto no sería posible si no se producen aleaciones metálicas con bajo punto de fusión y elevada dureza, hecho que a su vez trae como consecuencia el desarrollo de métodos de manufactura de mayor sofisticación técnica, producción semiindustrial o industrial de implementos y aumento en la productividad general de la sociedad. La mejor calidad de la materia prima permitirá asimismo la fundición de objetos suntuarios de diseño más complicado, que serían imposibles de producir con la materia prima que no ha sido beneficiada. Así se puede ligar la estructura cristalina de las aleaciones (*Lechtman* 1975, 3-20; *Smith*, 1976) y la disposición atómica a la aparición de estilos, y además a los cambios sociales y al desarrollo de asentamientos humanos por las modificaciones que el aumento de la productividad produce en las agrupaciones.

#### 11. FUNCIÓN Y USO DE LOS SATISFACTORES

Cuando el satisfactor es empleado por los usuarios comienza a sufrir las consecuencias de las acciones físicas a las que es sometido durante su empleo, produciéndose en los materiales constructivos de los implementos una serie de huellas de uso. Estas suelen ser de dos tipos: a) marcas físicas y b) impregnación con sustancias. Las marcas físicas son resultado de los esfuerzos a los que es sometido el implemento durante su empleo; se manifiestan

como rayaduras, melladuras, abrasiones, desgastes, fisuras y roturas, etc., cuya forma, orientación, localización y otras características, son indicaciones del uso de esos implementos. Estas marcas pueden ser detectadas por métodos ópticos de examen tanto a simple vista como con ayuda de lentes de aumento, microscópico binocular estereoscópico (*Mirambel*, 1964) luces especiales, como la luz ultravioleta, y la lámpara de sodio, con visores infrarrojos y con técnicas de fotografía científica como la radiografía, la absorción y fluorescencia ultravioleta, la fotografía con luz rasante, la reflectografía, luminiscencia y transmitancia infrarrojas, etc. (*Derivere*, s/f).

Cuando el implemento entra en contacto con algún material orgánico suele impregnarse con componentes del mismo, y estas impregnaciones pueden permanecer por largo tiempo o si se degradan, dejarán sus productos de alteración. En muchos casos el material impregnante reacciona con los constituyentes del implemento y puede detectarse en la alteración del artefacto. Bieck (1963: 142-158) menciona el caso de instrumentos de hierro, preservados en condiciones especiales donde otros semejantes se han destruido completamente. Esto se debió posiblemente a la presencia de taninos empleados en el curtido de pieles y la reacción de los taninos en el hierro produjo tanto de hierro que actuó como preservativo. El material impregnante o sus productos de alteración pueden detectarse por medio de reacciones microquímicas, como las desarrolladas por *Semenov* (1964); la identificación de estas impregnantes servirá para conocer el uso de los artefactos.

Los objetos de uso suntuario, decorativo o ritual, serán igualmente impregnados con los materiales que entran en contacto, o presentarán las marcas físicas de desgaste de los materiales con los que estuvieron en contacto al colgar, o permanecer estáticos en algunos sitios determinados. Un pendiente o colgante suele presentar desgaste en el sitio del que cuelga, una escultura en reposo mostrará daños físicos en su base. La grasa de las manos, el sudor, tinte o fibras del vestido, etc. pueden encontrarse impregnados o adheridos a los objetos suntuarios. Las esculturas religiosas suelen impregnarse con cal, sales solubles, polvo y suciedad del sitio donde reposan. Las vasijas empleadas en la

preparación de alimentos absorberán alguno de los componentes de éstos y se impregnarán del humo de la hoguera. Las esculturas religiosas mostrarán la impregnación del humo de velas, incienso o alguna otra sustancia quemada en el ritual, o presentarán restos de depósitos o impregnación de las sustancias empleadas en las ofrendas, como tintes de pétalos de flores, restos de grasas o resinas, depósitos de cera, pigmentos, pinturas, alimentos, etc. La identificación de estos materiales no sólo servirá para entender los rituales religiosos, conocer el sitio en que se encontraron los objetos y ayudarse a la atribución iconográfica de las representaciones, sino además, con los refinamientos analíticos actuales, para fechamiento por métodos como el carbono 14 que puede ya realizarse a nivel de micromuestras (*Beukens, 1978*).

Los defectos producidos por el uso mermarán la eficacia de los implementos y dependiendo del valor de éstos, serán desechados o reparados para restaurar su poder de trabajo. Así los instrumentos se afilan, retocan, templan, sueldan, cosen o unen. Estas reparaciones pueden ser vistas en implementos y utensilios domésticos de origen arqueológico de todo tipo; así encontramos raspadores de piedra retocados, cuchillos reafilados, vestidos cosidos, objetos metálicos soldados, vasijas de cerámica y piedra unidos por costura, pernos o adhesivos, canoas reparadas con pernos y cuñas, grietas calafateadas, etc. Las pinturas son resanadas y retocadas, y con frecuencia repetidas, la policromía de esculturas se aplica sobre la anterior que se encuentra dañada; el diseño tallado se continúa siguiendo el contorno del fragmento perdido. En vasijas, esculturas y decoraciones policromadas en general, un nuevo diseño puede aplicarse sobre el anterior, para que esta se encuentre a la moda; se labran motivos sobre hachas lisas, se raspan las caras de las pinturas para pintar a un nuevo personaje, o se agregan nuevos atributos iconográficos para modificar la atribución de deidades. Es también común el caso de guardar como reliquias a los objetos de personajes o culturas antiguas, que cuando se deterioran se restauran siguiendo en ocasiones procedimientos que se asemejan a los seguidos por los conservadores de bienes culturales actuales. Estas actividades son indicativas del aprecio que las comunidades primitivas

tenían por ciertos objetos y además de darnos indicación sobre su tecnología, pueden dar indicaciones sobre la concepción que de estos objetos se tenía en esa cultura. Más tarde o más temprano los objetos van a quedar inservibles, entonces pueden ser desechados por obsoletos, o si su material constructivo es valioso, será reprocesado para usarse de nuevo como materia prima.

Hay satisfactores que por su propio destino quedan depositados como ofrendas u objetos de culto, decoración pasiva o mobiliario urbano, donde se exponen al efecto irrestricto del ambiente; otros llegarán a este estado después de ser abandonados por inservibles, o por pérdida accidental. Al no existir el mantenimiento que trata de preservar la funcionalidad del artefacto, el ambiente produce una serie de alteraciones físico químicas que degradarán a los materiales hasta que éstos llegan a alcanzar la estabilidad material con las condiciones que los rodean.

Aun en el caso en que los materiales son inestables en el ambiente en que quedan depositados, pueden proporcionar datos para la investigación arqueológica: las huellas de un textil pueden quedar marcadas en el polvo o lodo y en esta forma se podría no sólo saber que el grupo que dejó esa huella empleaba textiles, sino la técnica de tejido, la densidad del mismo, y posiblemente la decoración tejida, bordada, o aplicada y la posible fibra. Existen casos en donde la marca ha permitido identificar el material con gran seguridad; por ejemplo en el Códice Mirador (*Angulo, 1967*) la huella del soporte desaparecido se marcó con tal fidelidad en la base de preparación de yeso que se pudo estudiar su estructura y por comparación asumir que el soporte fue un papel de corteza, posiblemente papel de amate, y no la piel de algún animal. Igualmente las fibras textiles pueden preservarse en los productos de corrosión de hierro y principalmente de cobre, o la estructura celulósica de las mismas puede ser sustituida por el producto de corrosión y permitir la identificación de la fibra inexistente. Estas marcas en el lodo han copiado también estructuras de dimensiones impresionantes, como barcos o lanchas antiguas, cuya huella ha podido copiarse para preservar la evidencia de objetos desaparecidos. (*Oddy, 1972*).

La desaparición completa de un material o los desechos de las sustancias inservibles y no identificables por forma como un implemento o satisfactor, modificarán la composición natural del suelo introduciendo una contaminación que puede ser muy útil para la investigación arqueológica, pues al aumentar el contenido salino, modificar la composición elemental del sitio o introducir cantidades anormales de fosfatos y otros micronutrientes puede emplearse para prospección por medio de resistividad, análisis de fosfatos o magnetometría, y acaso dejar marcas en el suelo que pueden identificar la actividad humana por fotografía aérea, tanto con luz normal, luz rasante o fotografía infrarroja.

Durante el tiempo de abandono de un implemento u artefacto arqueológico, el contacto con el ambiente o medio que lo rodea puede promover el intercambio de materiales entre la materia del artefacto y el medio, y así se promueve un incremento o disminución de un determinado componente, que puede ser medidor del tiempo que se ha sometido a dicho contacto y emplearse para fechamiento. Así, la hidratación de la obsidiana es la transmisión de humedad entre suelo e implemento y fecha el momento del corte; el incremento de fluoruros y uranio en los huesos puede fechar igualmente su antigüedad, al igual que el decremento de la cantidad de nitrógeno en el mismo (*Oakley, 1964*).

Las transformaciones presentes en un artefacto pueden finalmente arrojar alguna luz sobre el posible clima que rodeó al implemento durante alguna etapa de su vida histórica; esto podrá ser útil para conocer las posibles condiciones climáticas en el pasado y saber así el ambiente en el que pudo existir una sociedad determinada.

El enterramiento, inmersión o abandono de un objeto, hará que sus materiales constitutivos se deterioren por el contacto con los materiales y las condiciones del ambiente. Así sólo pueden subsistir aquellos implementos cuyos componentes químicos sean estables a las condiciones del ambiente o pueden adquirir un equilibrio con éstas; durante este proceso las marcas de actividad humana se fosilizan y así subsistirán para ser examinadas.

Cuando el arqueólogo recupera los artefactos del lugar en donde han estado reposando, o libera esculturas y edifi-

cios de la cubierta vegetal o del suelo que los cubre, o los extrae de inmersión, los expone a un ambiente distinto al que han permanecido posiblemente por siglos. Esta exposición a condiciones nuevas puede provocar el rompimiento del equilibrio y mientras las sustancias se adaptan al nuevo ambiente sufrirán modificaciones materiales que pueden alterar la información o aun destruir completamente al objeto. Por ello el arqueólogo de campo debe ser un técnico en el comportamiento de materiales, no sólo para entender las transformaciones que el hombre ha inducido con su actividad y distinguirlas de las que fueron ocasionadas por el ambiente, sino también para preservar la información fosilizada en la materia. La conservación de campo en arqueología debe ser parte importante de los conocimientos del arqueólogo que excava.

Muchos de los artefactos recuperados por el arqueólogo tienen posibilidades de exhibición en museos y son restaurados por los conservadores, que introducen modificaciones y materiales que sirven de preservativos, adhesivos, consolidantes, fungicidas, fijadores, etc. Eliminan además materiales extraños al original, pátinas que deforman o hacen peligrar la estabilidad química de las sustancias, aplican resanes y retoques, y en toda su actuación pueden alterar, modificar o eliminar la información arqueológica, por lo cual estos especialistas deben además ser entrenados en los aspectos importantes de la historia material de los artefactos, pues su actividad cuidadosa y capaz debe rescatar los aspectos formales y estéticos, preservar la información incluida en los materiales y rescatar aquellos datos ocultos por el deterioro. El largo contacto que el conservador de bienes culturales tiene con los objetos le exige una observación cuidadosa y si está entrenado en la investigación, actuará como un colaborador y podrá además encontrar aspectos que se escapan con frecuencia al investigador que sólo examina externamente al objeto.

Las consideraciones que hemos explicado anteriormente, en lo que llamamos ciclo cultural de la materia, nos hacen pensar que ésta, en el momento de recibir la acción derivada de actividad humana, entra en un nuevo sistema de equilibrio donde no sólo la energía natural determina su condición material, sino también el contexto humano que

emplea esta materia como satisfactor y donde las interacciones entre energía natural, energía derivada de actos humanos y materia, se modifican mutuamente, formando un ecosistema distinto al conceptuado en biología. La explotación de los recursos naturales posibilita la producción de implementos y herramientas más eficientes; esto aumenta la productividad, que modifica las condiciones socioeconómicas y produce bienestar que hace aumentar los asentamientos. Así se crean nuevas necesidades de satisfactores, lo que conduce a mayor explotación de la naturaleza, hasta agotar ciertos recursos. Esto altera el equilibrio ecológico que actúa sobre los materiales empleados por el hombre y sobre las mismas sociedades, procediendo en espiral hasta que la alteración en uno de los factores alcanza niveles que hacen insostenible este "ecosistema".

## 12. EL EXAMEN CIENTÍFICO DE ARTEFACTOS

Siendo una transformación material la consecuencia de la actividad humana, será pues un procedimiento científico el empleado para el examen de esta transformación. El dato encontrado en el examen científico de un artefacto será idéntico al informado o encontrado al estudiar cualquier otro material ajeno a la intervención del hombre o cuya finalidad de análisis sea distinta a la de conocer una actividad antigua del hombre, no registrada con palabras. El análisis de una cerámica moderna, hecho para conocer la posible falla o baja calidad, puede mostrar idénticos resultados al practicado a una cerámica primitiva de la cual se desea estudiar la tecnología y su posible procedencia; pero la finalidad del estudio marcará que al interpretar los resultados los primeros aparezcan como control de calidad o peritaje tecnológico y los segundos como historia de la tecnología y lugar de manufactura, que a su vez permitirán inferir el grado de desarrollo tecnológico, llevar al establecimiento de un tipo cerámico, a saber la procedencia e intercambio realizados. El resultado de la acción humana es una condición material que se determina por un procedimiento analítico específico, su expresión en términos de cultura la da la interpretación de los resultados. Es pues de gran importancia para el arqueólogo el conocimiento ge-

neral de los procedimientos empleados en la arqueometría y de las limitaciones de estos análisis para poder obtener la mayor utilidad de los análisis para interpretarlos en sus estudios de los remanentes de la cultura material.

### 13. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS ANALÍTICOS

Los métodos científicos aplicados al estudio del material arqueológico tienen diversas posibilidades de clasificación, bien sea empleando criterios químicos, físicos o de algún otro tipo. Podríamos en general expresar que son dos las grandes categorías de métodos empleados: los procedimientos analíticos, que sirven para determinar la naturaleza, composición química y estructura material, y los métodos de examen, que por medio de auxiliares permiten una extensión de los sentidos del investigador y eliminan la subjetividad de algunos de los exámenes que tradicionalmente emplea el arqueólogo para lograr sus clasificaciones y tipologías arqueológicas.

Los métodos analíticos son clasificados por Franco (1977: 25) en métodos tradicionales y métodos instrumentales. El criterio empleado en este caso es el uso de las técnicas tradicionales de la llamada química húmeda, que emplea reacciones específicas o medición de propiedades para identificar y cuantificar las sustancias y elementos. Los métodos instrumentales emplean la emisión o absorción de algún tipo de radiación por las sustancias constitutivas del artefacto. Para detectar esta radiación se requiere de un instrumento especializado, de allí el nombre. La autora mencionada discute las ventajas y desventajas de ambos grupos de métodos. En la literatura específica de análisis estos métodos instrumentales pueden también encontrarse con el nombre de "métodos ópticos de análisis químico".

Los métodos de examen, llamados así porque son una extensión del examen megascópico u organoléptico que con frecuencia efectúa el arqueólogo, los nombramos entendiendo que para ellos se emplea un auxiliar que amplía completamente o suplementa algunos de los sentidos. Dentro de estos métodos incluimos el examen visual, el estudio microscópico a poco, mediano y gran aumento, las técnicas de fotografía científica (fotografía con luz normal, infra-

roja, ultravioleta y lámpara de sodio, la micro y macrofotografía, la fotogrametría, la radiografía, etc.), los exámenes visuales con luces especiales, y otros procedimientos en donde se auxilia por las técnicas específicas a los sentidos del examinador, principalmente la vista.

Los métodos radiactivos de fechamiento como el radio-carbono, la termoluminiscencia, las huellas radioactivas (*fission tracks*), son métodos instrumentales; en cambio, otros procedimientos como los métodos químicos de fechamiento, por la variación de fluor, uranio, o nitrógeno en huesos, y la racemización de proteínas, serán métodos tradicionales o instrumentales dependiendo de las características del proceso de detención que se siga. Lo mismo ocurrirá con la prospección de fosfatos.

Los métodos de prospección pueden quedar incluidos en ambas categorías, como en el caso de los fosfatos, que son métodos tradicionales de análisis químicos. Métodos instrumentales serán la prospección magnética y la resistividad mientras que la fotografía aérea quedaría, de acuerdo al criterio que hemos expuesto, como método de examen.

La química analítica nos aporta dos posibilidades de clasificación de métodos ya sea de acuerdo a la forma de presentación de los resultados o de acuerdo al tamaño de la muestra.

Los métodos analíticos pueden ser cuantitativos, semi-cuantitativos o cualitativos. Si los resultados sólo indican la naturaleza de las sustancias, o su composición elemental, pero sin especificar la proporción en la que cada una de las especies químicas está presente, se ha hecho un análisis cualitativo. En cambio, cuando estas mismas sustancias o elementos son determinados expresando la proporción, el porcentaje o la concentración en que éstas se encuentran presentes, el análisis será cuantitativo. Si estos mismos resultados se expresan diciendo no la cantidad exacta en que un componente está presente, sino los límites inferior o menor en que es seguro se encuentra la cantidad real y el máximo que esta pudiera alcanzar, el análisis es semi-cuantitativo; así podríamos encontrar datos como: cobre: mayor que 5%, oro: mayor que 1% pero menor que 10%, menor que 0.01%, etc.

En ocasiones estos resultados semicuantitativos se expresan empleando una convención química: se llaman elementos mayores aquellos que determinan la naturaleza y propiedades fundamentales de las sustancias, y en general se encuentran presentes en proporción mayor al 5 o 10%, aunque el criterio para nombrar elemento mayor puede variar de material a material. Los elementos menores se encuentran presentes en proporción que varía desde algunas décimas por ciento, por ejemplo desde 0.1% hasta el límite inferior de los elementos mayores. Los elementos menores modifican las propiedades de un material en ocasiones de manera importante; en consecuencia la concentración en que un elemento modifica a los que determinan las características principales de un material varían, de caso a caso. Son trazas o huellas aquellos elementos que no influyen para nada en las propiedades útiles de una materia prima, y que se encuentran presentes en proporción de varias centésimas por ciento para abajo. Hay aún autores que diferencian entre estos vocablos asignando valores terminales mayores a las huellas y un valor máximo a las trazas cuya proporción en el compuesto es extremadamente pequeña.

Todos los tipos de análisis pueden aportar datos de interés e importancia para la arqueología; la identificación de la especie química es suficiente para resolver problemas de investigación. Por ejemplo, la identificación de jade en una área que no tiene esta materia prima puede bastar para asegurar que es un producto de importación que procede de la única área productora de jade que se sabe existe en la región. Un caso que ejemplifica con claridad el argumento anterior es el análisis de la fibra de la conceptuada única figurilla prehispánica vestida que se conoce. Esta pieza que procede del cenote sagrado de Chichén Itzá fue recuperada durante el rescate realizado en este sitio en 1960-1961. El examen microscópico y las pruebas de solubilidad de la fibra mostraron que se trataba del material sintético acetato de celulosa, que fuera de duda no fue un invento de los mayas, sino un producto de desarrollo industrial del siglo XX. Así, la reputada figura prehispánica vestida, por los análisis realizados en el Departamento de Prehistoria del INAH por nosotros, en 1962, fue un objeto moderno, probablemente representativo de alguna tradición

actual que indica la continuidad de las ceremonias por los mayas en el cenote sagrado, a menos, claro, que haya sido un juguete que cayó por accidente. Figuras similares, aunque sin textil, pero con inscripciones de letras, fueron recuperadas por Piña Chán (1970) en su rescate posterior, lo que refuerza la idea de la continuidad de las ofrendas, que es de interés para la etnología. La simple medición de la densidad de tejido, aun sin identificar la fibra, indicaba una gran regularidad y alta densidad de hilos/cm<sup>2</sup>, indicativos de fabricación industrial con máquinas que nunca pudieron inventar los mayas prehispánicos. Ambos datos podrían dar una fecha mínima para el momento de la ofrenda, pues se puede conocer la fecha de la invención del acetato o de la máquina. Un análisis semicuantitativo puede en muchas instancias resolver los problemas de asignación de categoría a los artefactos arqueológicos; por ejemplo el decir hacha de cobre, bronce o latón no requiere de un análisis preciso, sino la detección de los elementos distintivos de cada aleación, en la cantidad suficiente para poder alegar tal categoría.

El análisis cuantitativo no es siempre indispensable, aunque para efectuar clasificaciones finas de materiales, determinar si hay intencionalidad en la manufactura de cierta materia prima, o identificar el material original para saber tecnología, rara vez son posible sin un análisis cuantitativo de gran precisión. La máxima aportación del análisis cuantitativo es la posibilidad de poder establecer por medio de los elementos huella, el origen o procedencia de la materia prima, o en su defecto el llamado tipo composicional, que indica un mismo origen para un artefacto, aunque el lugar de procedencia de su materia prima pueda ser desconocido.

Es importante que el arqueólogo tenga clara la finalidad del análisis, pues sus preguntas pueden requerir de métodos menos costosos para resolverse, y se prevendría un gasto de esfuerzos y tiempo cuando la respuesta puede alcanzarse con procedimientos menos laboriosos.

Cuando el análisis toma en consideración el tamaño de la muestra, los métodos pueden clasificarse en métodos macroquímicos, semimicroquímicos, microquímicos y ultramicroquímicos. Los métodos macroquímicos son aquellos cuyo tamaño de muestra es del orden de décimas de grano o ma-

yores, los métodos microquímicos trabajan con decenas de miligramos o cantidades menores. En muchas de las discusiones sin embargo, los especialistas han establecido categorías como semimicro indicando aquellos procedimientos donde el tamaño es intermedio entre los métodos macro y microquímicos y también han introducido el término ultramicroquímico para referirse a aquellos procedimientos que requieren de cantidades extremadamente pequeñas de muestras, al nivel inferior al miligramo, como nanogramo ( $g \times 10^{-9}$ ), o picogramos ( $g \times 10^{-12}$ ).

El tamaño de la muestra reviste gran importancia para los estudios del material arqueológico. En primer lugar el arqueólogo conoce la cantidad de material que debe proporcionar para realizar una investigación determinada, o por el contrario, si la cantidad de muestra es pequeña, condiciona el método de análisis que se puede seguir. En segundo lugar, el tamaño de la muestra puede conducir a un resultado equivocado, pues si esta es demasiado pequeña, podría no ser representativa del problema que se quiere resolver. Hay que tomar en cuenta además que muchos de los artefactos arqueológicos que requieran análisis pueden ser piezas museables y su potencialidad museográfica se vería mermada por la destrucción que significaría la toma de una porción considerable del objeto. La decisión entre una sola muestra de tamaño adecuado y representativo del problema a resolver por el análisis o de varias muestras más pequeñas, tomadas de varias partes del objeto, reviste importancia cuando no se puede tomar una sola muestra grande, o cuando la composición del objeto no es homogénea. Hodges (1971) discute con gran claridad el problema del muestreo, tomando en consideración las limitaciones que impone la muestra en los análisis de los materiales culturales. Estos puntos se discuten más adelante.

La destrucción que impone en los objetos la toma de las muestras y en algunos casos la destrucción que han ocasionado los análisis realizados por algunos científicos que no estaban familiarizados con la importancia de los objetos artísticos y los artefactos arqueológicos, hace importante tomar en consideración el daño que provoca un método de análisis en la obra estudiada. De acuerdo a un criterio conservatista, se puede catalogar a los procedimientos anali-

ticos y de examen en métodos destructivos y no destructivos. El criterio de destructividad debe ser invertido, pues podría pensarse que si un objeto es muestreado separando una muestra que no es consumida por el procedimiento analítico, ha sido examinado por un método no destructivo, cuando en realidad, el objeto analizado, que es el que interesa conservar, ha sufrido daño. Aun en el caso en que la muestra pudiese ser reemplazada, el daño, por la separación de una porción de materia, ya ha sido ocasionado. Entonces el criterio debe seguirse tomando en cuenta la integridad del objeto de estudio y no el procedimiento.

Así, un método es destructivo cuando hay necesidad de separar la muestra y no es destructivo cuando no se fracciona al objeto. De acuerdo con este criterio, un método de espectrografía con rayos laser, que puede vaporizar una pequeña cantidad de sustancia, será considerado no destructivo si el rayo se hace incidir sobre la pieza, que de otra manera conserva su integridad. En ocasiones el método puede ser considerado no destructivo porque el objeto conserva toda su integridad; sin embargo, la energía que incide o es absorbida por la materia puede destruir u oscurecer alguna información que es contenida en la materia; por ej. en el caso de radiografía de objetos de cerámica, la radiación inducirá artificialmente termoluminiscencia, dificultando o imposibilitando la determinación de la edad por ese método en el futuro. En estos casos intermedios, la introducción del término semidestructivo podría ser un mejor indicativo de la realidad del método, desde el punto de vista de la conservación material y de evidencia histórica. Una última clasificación de importancia es sugerida por Taubert (1956). Hodges ha mencionado con extensión el problema de representatividad de la muestra y la necesidad que ésta impone de extrapolar los resultados del análisis o examen de una porción limitada del objeto, a toda su estructura o masa, o al menos a las de las áreas que presentan características similares o se encuentran cercanas al punto analizado. Esta asunción puede no ser necesariamente válida y de ahí derivan las consideraciones sobre la representabilidad de la muestra (*Hodges, op cit.*). Taubert, clasifica los métodos de análisis en métodos de punto y métodos de área. En los métodos de punto, es sólo una por-

ción pequeña y limitada, y por lo tanto se requiere la extrapolación de resultados a áreas similares o cercanas al punto estudiado. Los métodos de área son verdaderas prospecciones que someten a estudio grandes áreas o volúmenes, o en ocasiones objetos completos, obviando el problema de las extrapolaciones o inferencias y los problemas que esto significa.

En general, los métodos analíticos tienden a ser métodos de punto, mientras que los métodos de examen son de área, aunque hay desde luego numerosas excepciones; además, los métodos de punto son casi siempre destructivos, mientras que los métodos de área no lo son.

#### 14. LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Hodges, en su libro *Artifacts* (1971) discute con extensión las limitaciones de los métodos científicos aplicados al estudio de material arqueológico. Remitimos a la persona interesada a la obra mencionada para que profundice sobre este asunto; sin embargo, las limitaciones son comentadas brevemente a continuación.

Debemos en primer lugar descartar como una limitación de los métodos científicos de estudio de material arqueológico los casos donde determinados "estudiosos del pasado" llevan los resultados a decir cosas que evidentemente quedan fuera de la posibilidad de un método analítico. Este tipo de errores son inherentes al investigador y no al método. Muchas veces el deseo sincero puede llevar a investigadores serios a interpretaciones equivocadas por el deseo de encontrar determinada manifestación, conocimientos, grado de desarrollo, etc., en la cultura que estudian. Sin embargo, el trabajador serio siempre manifiesta sus reservas cuando encuentra un hecho sensacional y tiende a meditarlo cuidadosamente. Son aquellos que aprovechan las limitaciones de las ciencias para fines sensacionalistas, los que interpretan como obras de extraterrestres todo aquello que nuestras limitaciones no permiten explicar científicamente o fuera de toda duda. "La justicia —dice Anatole France— en *Los Falsos Jueces* es infalible, pero los hombres se equivocan siempre". Lo mismo puede decirse de la ciencia.

El microscopio, por ejemplo, está diseñado para discernir la estructura fina o estudiar las propiedades ópticas de las sustancias. Para la identificación de una fibra, del polen, de una estructura metalográfica, o la detección de las huellas radioactivas, se emplea la resolución fina de la estructura para diferenciar las distintas posibilidades o alternativas al estudiar un problema determinado. Para la identificación de minerales, pigmentos y los métodos de microscopía química (*Chamot y Mason, 1958*) se usa una o ambas de las características que permite distinguir un microscopio; éste nunca podrá distinguir una partícula atómica, ni decir el autor de una pintura mural.

Existen limitaciones cualitativas que dependen de la posible precisión del método analítico empleado. Cualquier procedimiento sólo detecta el fenómeno estudiado con ciertos límites de precisión. Si el establecimiento de tipos o categorías arqueológicas no separa los distintos grupos por valores mayores que el error cuantitativo del método, el material u objeto clasificado en un tipo, puede fácilmente pertenecer al otro. La precisión y el error cuantitativo del método debe pues ser tomado en consideración cuando se interpretan resultados analíticos o fechamientos.

La condición de la muestra y su localización, debe tomarse en consideración. Además de las observaciones que hemos anotado anteriormente, si la muestra se toma de un sitio donde el material está alterado por el ambiente, el resultado del análisis será significativo para saber el proceso de degradación de material, las causas que lo produjeron, y posiblemente podría aportar datos sobre la paleoclimatología, pero nunca servirá para conocer la procedencia, tecnología o alguna otra particularidad del objeto, que pueda deducirse al estudiar el material original.

Otras observaciones sobre las limitaciones de los métodos deben ser consultadas en el trabajo de Hodges; estas observaciones serán de gran utilidad para el científico que aplica su método al estudio de vestigios del pasado, aunque podrían resultar difíciles de comprender al arqueólogo poco familiarizado con los procedimientos analíticos. En *Archaeology and the microscope* de Leo Bieck el arqueólogo puede encontrar gran número de indicaciones útiles para relacionarse con la arqueometría.

## CONSIDERACIONES FINALES

La complicación e importancia que la arqueología moderna ha adquirido al incorporar dentro de su metodología técnicas y métodos de otras disciplinas científicas hace en la actualidad imposible que un arqueólogo desconozca algunos de los principios y bases científicas de los métodos que están probando ser de gran utilidad para resolver sus problemas. Siguiendo un camino retrospectivo, el científico que desea poner al servicio de la investigación arqueológica sus métodos de estudio, no debe ignorar la importancia de los procesos culturales y cómo el arqueólogo gana conocimiento al pasado interpretando la información contenida en los remanentes culturales de grupos humanos que no conocían la escritura e incluso en las ocasiones en que un pueblo letrado no dejó comunicación explícita de algún aspecto de sus quehaceres. Las necesidades de aprendizaje para ambos especialistas, pueden rebasar las posibilidades de cualquier hombre normal, de manera que la solución a la investigación del pasado, como ha sido ya gritado por muchos, sólo puede llevarse a cabo con éxito por medio del trabajo interdisciplinario. Para que este trabajo interdisciplinario sea posible y en bien de las relaciones humanas, es indispensable la comprensión mínima del otro campo para establecer una comunicación, y para que esta comprensión produzca buenos resultados debe ser acompañada del respeto mutuo.

El científico de las ciencias naturales puede encontrar inútil o carente de significado el medir la radioactividad de un pedazo inservible de vidrio y tender a despreciar la interpretación y metodología del arqueólogo; que podría resultar incapaz de entender los principios del decaimiento radiactivo aun cuando éstos sean explicados en un nivel que para el científico resulta simplísimo. Sin embargo, puede encontrar que esa pieza de vidrio, fechada por algún otro procedimiento arqueológico o histórico, puede proporcionarle una magnífica oportunidad de comprobar o ratificar la vida media del uranio.

Aunque la arqueología sea una disciplina reciente, el científico puede llegar a respetarla cuando vea que sus más complicados aparatos y procedimientos no pueden resolver una fecha con mayor precisión que la que obtiene el arqueólogo

por fechamiento relativo por el uso de la posición estratigráfica de objetos de cerámica, por ejemplo.

El arqueólogo debe comprender que la complicada ciencia y el instrumental desarrollado, son productos humanos también, con toda la maravilla y las limitaciones que esta aseveración significa. La incorporación de un instrumento al laboratorio de arqueometría no es más que el paso inicial de un desarrollo metodológico, cuyo aprovechamiento último requiere un paciente y laborioso trabajo; la ciencia no es un mágico adivino respondedor de todas las preguntas. Con frecuencia se debe reconocer con humildad que los máximos desarrollos de la humanidad pueden resultar incapaces de aclarar el problema aparentemente más simple.

La arqueometría, por su complejidad y desarrollo propios es una ciencia con necesidad de independencia, que está solo en su etapa inicial; no es justo, ni que se ponga como un simple presentador de servicio para la arqueología, ni como la bola mágica que lo resuelve todo. "El saber más y más acerca de cada vez menos y menos —dice C.W. Mason (Chamot y Mason: 1958, vii)— no depende únicamente del instrumento, sino de su accesorio más importante, el que opera exactamente sobre él. El primero —el instrumento— puede ser comprado. Lo último debe ser desarrollado por el usuario".

#### SUMMARY

The concept of archaeological artifact and historical document are discussed in this article. They are considered as two different aspects of the same object, or as a characteristic that any object acquires when the researcher observes it with a particular purpose. Accepting the definition of artifact as "any piece of evidence of intentional human activity" or "as the presence of human attributes on the inanimate matter", both the intentionality and the human attributes are present in the object as a transformation in the matter not explainable as a result of a natural phenomenon, but by human participation. The whole cycle of material transformation of a natural substance, from the moment it is incorporated by man in a "cultural cycle of matter", are physical and chemical transformations and correspond to the material history of the substance. These transformations can be analysed or studied by some techniques of analyses of matter. With the result of these analyses it is possible to obtain a cultural history that is supported by the object itself. The classification of the scientific methods of studying cultural materials is also discussed and some limitations of such methods are explained.

## BIBLIOGRAFÍA

ANGULO, Jorge

- 1967 "Un posible Códice de El Mirador, Chiapas", Serie Tecnología No. 4. Depto. de Prehistoria, INAH.

BEUKENS, R. P.

- 1978 "Carbón 14 Dating of milligramme Samples Using a Tandem Acelerator" *Archaeophysica*, Band 10, Proceedings of the 18 International Symposium on Archaeometry. Bonn 14-18 march 1978.

BLEK, L.

- 1963a "Artifacts" en *Science in Archaeology; a Comprehensive Survey of Progress in Research*. Brothwell, D. y Higgs, E. Ed. Thames and Hudson London.
- 1963b *Archaeology and the Microscope*. The Scientific Examination of Archaeological Evidence. Frederick A. Prager, Publisher. New York.

BRANDI, C.

- 1971 "Principios de Teoría de la Restauración". Apuntes del curso del Centro Internacional de Estudios para la Restauración y Conservación de Bienes Culturales y de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Roma. Trad. S. Díaz-Barrio. Div. de Estudios Superiores, Fac. de Arquitectura, UNAM, México.

BRILL, R. M.

- 1971 *Science and Archaeology* M.I.T. Press, Cambridge.

CLARKE, D.

- 1968 *Analythical Archaeology*. Methuen, London.

CHAMOT, E. M. Y MASON, C. W.

*Handbook of Chemical Microscopy*. Vol. I. 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.

DERRIBERE, M. *et al.*

s/f *La fotografía científica*. Ed. Omega S. A. Barcelona.

FRANCO, F.

1977 "Métodos de análisis químicos de metales antiguos". En XV Mesa Redonda de Antropología. *Procesos de Cambio* (en Mesoamérica y áreas circunvecinas). Soc. Méx. de Antrop. y Universidad de Guanajuato. Julio 31 al 6 de agosto. Guanajuato, México.

HODGES, H.

1971 *Artifacts*. Introduction to Early Materials and Technology. John Baker. London.

I.I.C.

1950 *Articles of Association*. International Institute for Conservation of Antiquities and Works of Art. London.

LECHTMAN, H.

1975 "Style in Technology, some Early thoughts" En *Material Culture, Styles, Organization and Dynamics of Technology*. pp. 3-20. Ed. Heather Lechtman y Robert Merrill. 1975 Proceedings of the American Ethnographical Society. West Publishing Co. St. Paul.

LIBBY, W. F.

1952 *Radiocarbon Dating*. First Edition. The University of Chicago Press Chicago. (1955, Second Edition).

## MIRAMBEL, Lorena

- 1964 *Estudio Microfotográfico de Artefactos Líticos*, Serie Investigaciones No. 14 Depto. de Prehistoria, INAH.

## OAKLEY, K. P.

- 1963 "Fluorine, Uranium and Nitrogen Dating of Bone" en *The Scientist and Archaeology*. pp. 111-119 Edward Pyddoke, Ed. Phoenic House, London.

## ODDY, W. A.

- 1972 "The Recovery of the Graveney Boat", *Studies in Conservation* 17, 1, 30-38, 1972 I.I.C. London.

## PIÑA CHAN, Román

- 1970 *Informe preliminar de la reciente exploración del Cenote Sagrado de Chichén Itzá*, Serie Investigaciones No. 24. INAH.

## SCHWARZ, E. R.

- 1958 "An Inside History of Textiles" en *Application of Science in Examination of Works of Art*. pp. 145-152. Proceedings of the Seminar. Sept. 15-18, 1958 (Second Printing: 1960). Boston Museum of Fine Arts, Boston.

## SAYRE, E. V.

- 1958 "Studies of Ancient Ceramic Objects by Means of Neutron Bombardment and Emission Spectroscopy", en *Application of Science in Examination of Works of Art*. Proceedings of the Seminar. Sept. 14-18, 1958, Boston Museum of Fine Arts. Boston.

## SEMENOV, S. A.

- 1964 *Prehistoric Technology, An Experimental Study of the Oldest Tools and Artifacts from Traces of Manufacture and Ware*. Cory, Adams & Mackey, LTD. London.

SMITH, C. S.

- 1976 "Structural Hierarchy in Science, Art. and History", en *On Aesthetics in Science*. Judith Wechsler, Ed. M.I.T. Press Cambridge.

TAUBERT, J.

- 1956 *Zur Kunstwissenschaftlichen Auswertung von Naturwissenschaftlichen Gemäldeuntersuchungen*. Inaugural Dissertation. Philipps-Universität Marburg.