

# APUNTES PARA UNA HISTORIA DE LA ESCULTURA

Juan Carlos Albaladejo González  
Departamento de Pintura y Escultura de la ULL

## RESUMEN

Se hacen una serie de consideraciones históricas sobre algunos de los momentos y circunstancias sobresalientes en el aspecto instrumental y matérico de la escultura tradicionalmente considerada.

Los materiales de la escultura como materiales de la vida y el ajuar cotidiano. Los intercambios por el comercio continental europeo, sus sagas y también la guerra. La irrupción del metal como revolucionador de toda forma de industria y finalmente el hierro, canto del cisne, a principio de las vanguardias, de los materiales «nobles» de la escultura. Con el apartado de la METALURGIA se comienza a partir de las técnicas primitivas, un estudio del tema que tendrá una continuidad en el futuro.

**PALABRAS CLAVE:** Fuego, metales, hierro, cobre, bronce, estaño, fundición, metalurgia, horno, crisol, chamota, cera, molde, materiales, técnicas, procedimientos, escultura.

## ABSTRACT

A series of historical considerations are made on some of the outstanding moments and circumstances in the instrumental and material of traditionally considered sculpture.

The materials of sculpture as materials of life and daily work. European continental trade, its sagas and the war. The eruption of metal to revolutionise industry and, finally, iron, the birth of avant-garde and the swansong of the «noble materials» of sculpture. With the METALLURGY section, based on primitive techniques, we present a study of the subject that will continue in the future.

**KEY WORDS:** metals, fire, iron, bronze, tin, copper, forge, furnace, chamotte, cricible, wax, metallurgy materials, techniques, procedures.

Me preguntan a veces cómo elijo el tema de mis ensayos científicos. La respuesta es clara y terminante: no lo sé.

Mas alguna vez sí que vislumbro una fugitiva visión de los procesos mentales que intervienen, antes de que se disipen y borren para siempre.

Así, hace algunas semanas encontré en una revista de química unos comentarios respecto al metal galio, que es muy interesante por dos motivos: jugó un papel melodramático en el establecimiento de la tabla periódica y tiene un punto de fusión muy notable.

Eso me brindaba la posibilidad de un ensayo sobre el sistema periódico, o bien uno sobre los puntos de fusión de los metales. Por unos momentos rumié vaga-

mente lo que podría decirse sobre los puntos de fusión. Me pareció que si me ponía a estudiar el del galio tendría que estudiar primero el del mercurio. Y si estudiaba el del mercurio, tendría que mencionar de ese metal algunas otras particularidades, sobre todo, por el hecho de que era uno de los siete conocidos por los antiguos.

Entonces, ¿qué tal si empezase por un ensayo sobre los metales de la antigüedad? Eso es lo que voy a hacer ahora con el propósito de pasar luego al mercurio y después al galio.

Pues así es como elijo mis temas, al menos en este caso<sup>1</sup>.

De esta manera empieza Isaac Asimov un libro delicioso llamado *Los lagartos terribles y otros ensayos científicos*.

De siempre me fascinó la personalidad de Asimov en todas sus vertientes: escritor, historiador, docente y sobre todas ellas la de divulgador científico. Contaba la ciencia, y digo bien, la contaba de una manera que no parecía cosa importante ni compleja. Parecía un buen guiso. Exquisito pero casero y así hemos entendido cuestiones que parecían muy confusas y casi siempre lejos de nuestro interés.

*Los lagartos terribles y otros ensayos científicos* no es desde luego un título serio y hay que cuidarse mucho de citarlo en cualquier trabajo de este tipo porque las cosas serias no importa que lo sean, pero sí que lo parezcan.

Llevo ya algunos años trabajando en el campo de los procesos, las técnicas y los materiales de la escultura y a estas alturas ya solo me interesan títulos como éste. Colecciono libros que nada tienen que ver, aparentemente, con este negocio y, sin embargo, es en donde encuentro la verdadera esencia de la cuestión. En el caso citado, por ejemplo, no se puede explicar de una manera más clara qué es un metal.

Puede parecer que entender qué es un metal no es tema de nuestro interés, podría ser entonces que tampoco lo fueran cuestiones como el papel, el grafito, la sanguina, el aceite de linaza o la pintura al fresco. Da lo mismo porque los que escriben de esto o son cocineros y hacen libros de cocina o, lo que es peor, cocineros metidos a frailes.

Rudolf Wittkower, en su libro *La escultura: procesos y principios*, nos habla de cuestiones cotidianas con un interés procesal determinante para el estudio del arte. Eso no quiere decir que todo lo que diga sea correcto, pero quiero romper una lanza por un trabajo honesto e inusual.

Sin embargo nunca escribió este libro, sino que fue recopilado de una serie de conferencias ensambladas y aseadas por su esposa para este fin, así que entre esto y la lamentable traducción de la edición en español tenemos que ser benévolos en su juicio.

Es antigua la queja entre los de nuestra profesión de la falta de bibliografía técnica. Me he referido a dos textos que son ejemplos de un historiador y un cientí-

---

<sup>1</sup> ASIMOV, Isaac: *Los lagartos terribles y otros ensayos científicos*. Alianza Editorial. Ciencia y Técnica. Madrid, 1988.

fico. Uno sin intención y otro con ella, son trabajos, a la fuerza utilizados por el que les habla, pero sólo por una simple cuestión de primera necesidad.

¿Donde están los títulos de los especialistas? Pues eso, simplemente no están.

Lo que les presento a continuación son unos breves apuntes de un trabajo iniciado hace algunos años con el fin de aportar un material científico concreto en el marco de las técnicas de la escultura, sus procesos y materiales.

La Enciclopedia Diderot-D'Alembert, recogió perfectamente todas las técnicas y procesos que acompañaban a las Bellas Artes, sobre todo en su aspecto más fabril: herramientas, maquinarias, instalaciones, etc.

Una estructura enciclopédica como aquélla es más «científica» que un glosario o un recetario y, desde luego, un extraordinario esfuerzo de compilación y registro del nivel técnico de la escultura en ese momento. Pero la historia tratadista de la escultura rara vez tiene esa estructura enciclopédica, por el contrario, son escritos más demostrativos o pedagógicos, por lo menos de intención, cuando no aleccionadores o moralistas. Hoonequr, Agrícola, Biringucho, todavía se mueven por vías de recetarios. Leonardo, Cellini o Gauricus son el Renacimiento y, con ello, su hombre total: humanista, filósofo, poeta, físico, artista y político. A partir de aquí se decanta una clara vocación científica, para pasar al siglo XX y los escritos de arte, la idea, el concepto, los manifiestos. ¿Qué pasó con las técnicas? Desde luego no desaparecieron, pero la sociedad industrial liberó al artista de su control. Hoy la gran revolución es la sociedad del ocio y con ella el bricolage. Ese enorme mercado que se mueve para el «hágalo Ud. mismo» ha venido a poner en nuestras manos los últimos avances en electrónica, pegamentos, elastómeros, resinas sintéticas, pinturas, barnices, protectores, morteros, herramientas y un larguísimo etcétera. ¿Quién necesita saber cómo se temple un puntero? O fabricar una gubia, chamotar una pasta o pulir un metal. Todo está al alcance de todos en unos grandes almacenes y cualquier folleto de instrucciones contiene más información que un tratado renacentista.

## LOS MATERIALES

La naturaleza, como no podía ser de otra manera, surtió y surte de la materia prima. Si entendemos por escultura todo aquello manufacturado por el hombre prehistórico sin un uso instrumental, veremos que se sirvieron de la tierra y el barro, de la madera, el hueso, las astas y los colmillos de los animales, la piedra y también de su propio cuerpo. Manipularon todo aquello susceptible de manipulación aunque quedaron solamente aquellos objetos resistentes y duraderos. La madera, las fibras animales o vegetales han desaparecido por su propio proceso natural. Esta circunstancia fue decantando una serie de materiales de inalterabilidad comprobable como los materiales del arte de la escultura.

Los materiales de la escultura deben entenderse siempre de una forma local. La naturaleza local surte al arte local, entendiendo por «local» a veces a extensas áreas geográficas, promovándose una industria y un comercio multirregional. Durante el Renacimiento, Carrara surtió no sólo al Renacimiento italiano sino que sus canteras y talleres recibían encargos de toda Europa. Modelos de artistas españoles





se cargaban en el puerto de Valencia rumbo a Génova para ser realizados en la ciudad italiana. El sacado de puntos copiaba fielmente, hasta el grado de apurado requerido, la pieza que era cuidadosamente remitida a su punto de origen. Cuenta la Biblia cómo el Rey Salomón se hizo traer lo mejores materiales para la construcción de su templo. Del cercano Líbano trajo maderas de cedro y del otro extremo del Mediterráneo, la plata de Tartesos. La isla de Chipre, Cipro, dio su nombre al cobre latino. Plinio alaba el especialísimo bronce de Chipre, conocido y valorado en todo el mundo greco-romano.

El intercambio es una característica de nuestra historia y de nuestra prehistoria cultural. Europa fue cruzada de norte a sur y de este a oeste en largas y estables vías comerciales desde los primeros tiempos de la edad del bronce. Las materias primas y los materiales elaborados conformaron la estructura cultural y social de occidente. El ámbar, el estaño, el bronce o el hierro forman la trastienda europea. Sagas, leyendas y odiseas se escribieron al hilo de acontecimientos terribles y sangrientos. La guerra de Troya entre Dorios y Aqueos fue realmente la guerra entre el hierro y el bronce. Entre la expansión inevitable de un material nuevo y maravilloso y la oposición que a esta realidad ejercía una ciudad estratégicamente situada.

El comercio nació junto con el arte y la manufactura, nos referimos al comercio global, al de miles de kilómetros, enormes caravanas o inciertas travesías para intercambiar materias preciosas, exóticas para unos y cotidianas para otros. En Egipto, por ejemplo, la plata llegó a tener más valor que el oro, mientras que en la península Ibérica no se la consideraba gran cosa.

Los materiales de la escultura son los materiales de la vida, de la vida posible para una sociedad, no hay dos mundos paralelos. Los Mohais de la isla de Pascua son de basalto, porque no podían ser de otra cosa. Si Leonardo nunca llegó a fundir su caballo es porque le tocó una época guerrera y turbulenta donde el fuego y el metal tenían destinos más terribles. No fue posible porque la sociedad no lo hizo posible.

El hombre, desde el Homo Faber, viene desarrollando unas habilidades en relación con el medio, con el fin casi exclusivo de dominarlo. Dominar los animales mediante su domesticación, dominar la tierra con la agricultura y dominar los materiales mediante la industria. Así la piedra, la madera o el hueso fueron trabajados y usados al interés del hombre desde una premisa física irrefutable: *lo duro puede con lo blando*. Un hueso es más duro que la madera y la piedra más que el hueso, de manera que, ordenando de menos a más las cualidades de dureza, fragilidad, elasticidad, tenacidad y durabilidad tendríamos una respuesta muy exacta a las mismas preguntas de entonces.

Pero no todo fue tan simple, también interviene la magia, elemento muy importante a la hora de dominar la naturaleza. Desde luego formaba parte de esa misma naturaleza y fue un gran día aquel en el que alguien observó de cerca, lo más mágico, terrible y fascinador de ella: *el fuego*. No sabemos quién ni cómo lo hizo. Bien pudo ser un niño, curioso y desobediente (los dos ingredientes fundamentales para el arte y la ciencia). Se acercó, tal vez, a unas ramas ardiendo y jugó con ellas. Suponemos que se llevaría una gran reprimenda, pero el primer paso estaba dado.

En el gráfico aparece en esquema la evolución de la hoguera al horno de tiro forzado (fig. 1). Entre A y B pueden terciar quinientos mil años, de B a D no más de quince mil, de D a nuestros días apenas unos cuantos centenares.

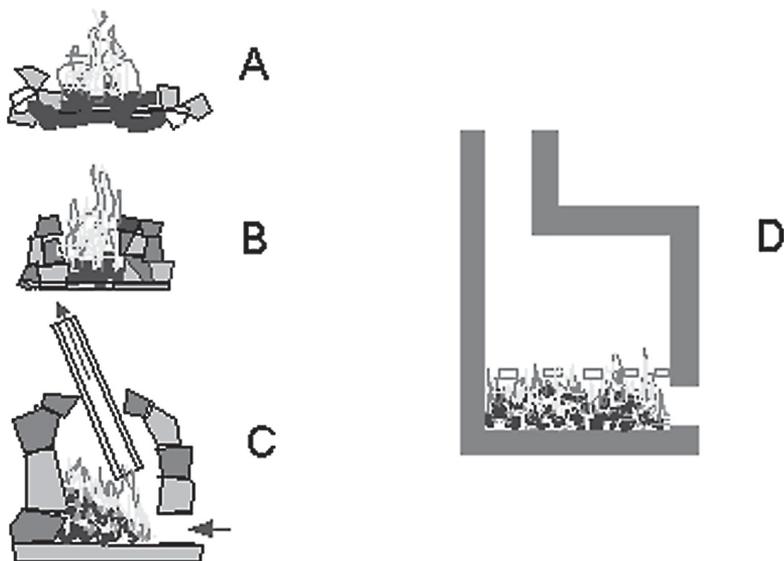


Figura 1.

Ha sido una evolución costosa, sobre todo en sus comienzos, porque la *magia* no se clasifica tan fácilmente como «duro y blando». El fuego fue el primer y casi el único elemento transformador que no respondía a la famosa premisa y, sin embargo, no sólo daba bienestar o muerte sino que modificaba el alma de las cosas. Podía convertir la madera en carbón, material fantástico con más poder y fuerza que lo que lo había producido, o cambiaba el alma del barro blando en piedra dura. Este efecto transformador hizo que ya en el Paleolítico se usara el fuego para aplanar lascas de sílex, endurecer madera o cocer pequeñas figurillas de terracota. La cerámica, mucho tiempo después, protagonizará la gran revolución tecnológica.

Toda la infraestructura de hornos y combustibles necesaria en los alfares hizo posible el desarrollo de la metalurgia. Sin el ya exhaustivo y sofisticado conocimiento que del fuego tenían los alfareros, habría sido imposible ningún proceso metalúrgico, desde la reducción, hasta las aleaciones. Desde que la cerámica existe, ésta viene prestando un inestimable e imprescindible servicio de apoyo al desarrollo metalúrgico. Primero, como ya dijimos, por el fuego, su dominio y aprovechamiento, los moldes cerámicos y las pastas chamotadas, los crisoles y, hoy día, con las últimas técnicas de fundición a la cera perdida, basadas en moldes cerámicos de última generación.

El metal supuso un avance cualitativo respecto a la herramienta lítica. La piedra se trabajó durante miles de años adquiriendo con ello el hombre una habilidad manual y un conocimiento del medio muy útil para los nuevos tiempos. Del conocimiento recolector de piedras surge el metal nativo y luego la minería. De ella la explotación estable de los recursos naturales con lo que los productos mineros se especializan por regiones y con ello el comercio a gran escala.

Las herramientas siguieron el mismo paso que los materiales. En el Paleolítico, la piedra de sílex se aprovechaba en su fractura natural a partir de un nódulo matriz. De él salían raspadores, hachas y todo tipo de herramientas cortantes. El hueso y el asta aportaban barrenas y punzones. Las fibras vegetales, los tendones y el cuero completaban el ajuar necesario. El metal vino a revolucionar toda esta industria aunque no lo hizo inmediatamente. En efecto, el cobre fue el primer metal producido en cantidad y utilizado como herramienta. Pero el cobre es un metal blando que no puede competir en efectividad con la piedra. Tardó todavía mucho tiempo el metal en desbancar al hacha de piedra y sólo lo pudo conseguir con la primera aleación: *cobre-arsénico*. El arsénico transformó al cobre dándole una dureza hasta entonces desconocida. Se intentaron más mezclas hasta encontrar el estaño y a esta aleación: *cobre 90% - estaño 10%* hemos dado en llamar BRONCE.

El bronce es mucho más duro y adecuado para filos cortantes, punteros y mazas. Con él y las nuevas técnicas de vaciado llegó la fabricación en serie de armas y herramientas.

Una estatua de piedra se puede *labrar* con piedra. Para ello la herramienta debe ser más resistente que la materia prima. Con mazos y hachas se va desbastando groseramente la forma hasta apurarla con abrasivos, raspadores, punzones y barrenas. De esta manera los egipcios realizaron monumentales obras en duro basalto, la cuestión es que el grado de resolución y el tipo de acabado viene condicionado por la herramienta utilizada. Las líticas se basan en ir erosionando el bloque, no en cortarlo, porque ello no es posible sin *cinzel*. Y, naturalmente, no hay auténticos cinceles de piedra como no los había de cobre, sólo fue posible con el bronce y no sólo por la calidad del material, sino por la versatilidad utilizada en su diseño. Podemos realizar toda una batería de formas en función de su uso.

Con el nuevo material trabajaron también los egipcios y el resto del Mediterráneo. Desde luego un puntero de bronce debía ser afilado constantemente, pero es más tenaz que cualquier piedra, menos frágil y también reciclable; aunque no más duro.

## LAS TÉCNICAS

Del Paleolítico al Neolítico surge una interesantísima y nueva concepción de la industria lítica: el abrasivo. La piedra pulimentada supuso un perfeccionamiento de diseño y efectividad en la herramienta y sobre todo introduce el elemento intermedio en la manufactura industrial, esto quiere decir que si «lo duro puede con lo blando», no siempre esta premisa se hace tan evidente. El abrasivo funciona, efectivamente, por ser más duro que lo que pule, pero también es mucho más pequeño, y esta desproporción viene a compensarla el agua o el aceite. De esta forma, la mezcla de arena y agua tiene unidad y es manejada sin dificultad. Gracias a ello se consigue algo complicadísimo hasta la fecha: el agujero. El simple y modesto agujero en un hacha de mango (fig. 2).

La técnica es la siguiente: necesitamos un hueso de sección igual al agujero deseado, un arco motriz y arena dura mezclada con agua. El hueso, con ayuda del

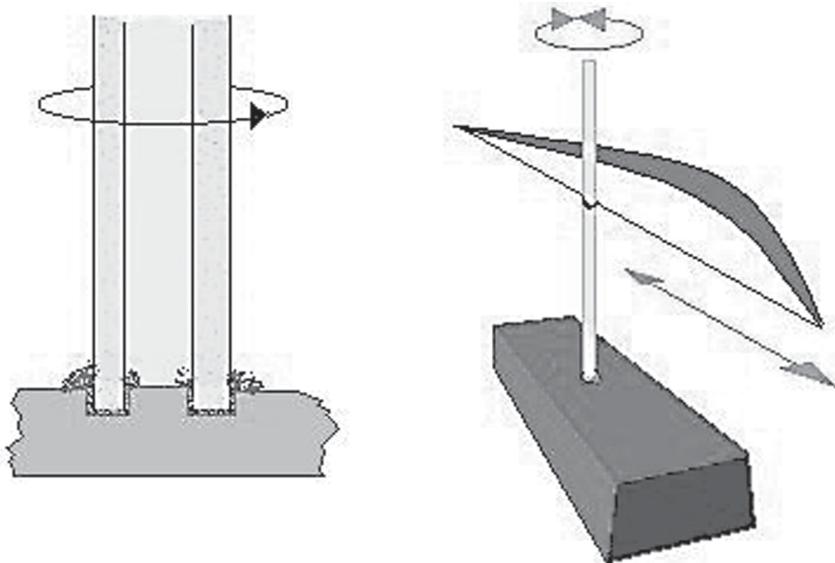


Figura 2.

arco, frota en una zona del hacha y el abrasivo horada poco a poco un perfecto agujero. Lo interesante del procedimiento está en que al ser un tubo, el hueso utilizado cortará solamente una circunferencia en su perímetro, con lo que el rendimiento y ahorro de tiempo y energía es notable.

La herramienta de mago más antigua es sin duda la maza, ésta es una herramienta compuesta. Decimos herramienta a cualquier cosa útil para ayudar y transformar nuestra fuerza muscular. Una piedra golpeada sobre una nuez es una herramienta, simple, pero una herramienta. Algunos animales se sirven de piedras, palos y la misma ley de la gravedad para sus fines, pero ninguno usa herramientas compuestas, sólo el hombre. Un hacha, una maza, son herramientas compuestas que hacen trabajos simples. Es decir, los mismos trabajos que las herramientas simples, pero con más efectividad. Podemos romper una piedra con la mano, o con otra piedra o con un mazo, la acción será la misma, golpear directamente con la herramienta.

Un paso cualitativo de herramienta compuesta será el del trabajo indirecto. El arco y la flecha o la pértiga responden a este tipo de herramienta. En el asunto agujero, ¿quién hace el agujero, el abrasivo, el hueso o el arco? Desde luego el abrasivo, pero necesita de dos elementos combinados que realicen un trabajo motriz. La diferencia entre maza y martillo estuvo precisamente en esto. El martillo es mucho más reciente que la maza porque éste surge cuando es posible una herramienta como el puntero y el cincel. El martillo presta la fuerza para que otra herramienta lo transforme en trabajo.

Las primeras técnicas de labra consistían en desbastar frontalmente el bloque a golpe de maza (fig. 3). La forma de ésta podía variar dependiendo del trabajo



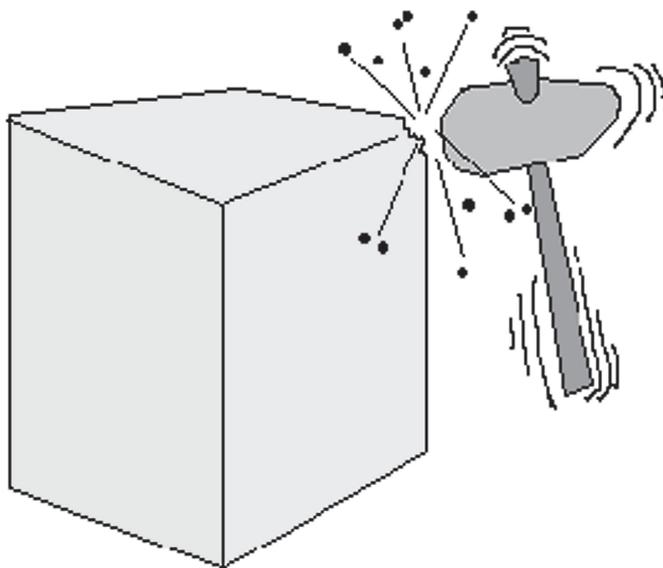


Figura 3.

requerido, con lo que el muestrario de formas y tamaños debía ser amplio. Una vez terminado el desbastado, comenzaban los raspadores y apuraban la forma. Con la llegada de los metales la maza pierde su protagonismo y el martillo interviene con punteros y cinceles desde el mismo desbastado. Más adelante la herramienta de hierro posibilita un corte preciso y mucha más variedad de «bocas», es decir, tipos de corte.

En lo que a la talla de madera se refiere, las herramientas principales serían la azuela y la gubia, ésta con todo un sinfín de formas y bocas. En la herramienta para madera la acción a realizar se basa casi exclusivamente en el corte, si bien el tratamiento superficial se realiza al igual que en la piedra con abrasivos. Toda esta especialización en el diseño necesitaba de dureza, elasticidad y tenacidad repartidas según el uso y la función de cada una de las partes de la herramienta. Al martillo del escultor lo llamamos «maceta». De mango de madera, la maceta debe ser de buen acero. La diferencia entre hierro y acero es que mientras el primero, al que llamamos «hierro dulce», lo forma el elemento «Fe» puro, el acero está mezclado con pequeños cristales de carbono «C». Este detalle insignificante proporciona al acero la posibilidad del «temple» y con ello de endurecer con absoluto control todas o algunas de las partes de una herramienta, por ejemplo: la lima es una herramienta de acero templado que trabaja por abrasión mediante un mango de madera (fig. 4). La parte de la lima que entra en el mango se llama «espiga». Pues bien, si la espiga tuviera el temple de la herramienta, sería desde luego muy dura, pero también frágil y quebradiza, así que la espiga no deberá ser templada para con ello perder rigidez y preservarla de fracturas. En el caso de un puntero o cualquier otra herramienta similar,

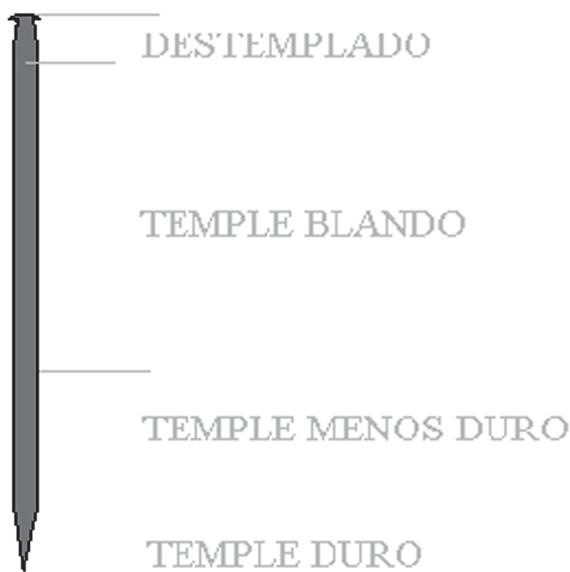


Figura 3.

habrá que diferenciar tres zonas fundamentales según su trabajo y por consiguiente con diferentes temple o durezas.

- a) La zona golpeada por la maceta no será templada para conseguir «tenacidad», se irá deformando con el tiempo en forma de hongo, lo que puede llegar a ser peligroso para la mano. Esto se prevé con una terminación tronco cónica, como se ve en la figura.
- b) La zona de sujeción de la herramienta y la que reparte hacia la punta la fuerza del golpe. Su temple deberá ser moderado pues excesiva rigidez dañaría la mano además de hacerla excesivamente frágil.
- c) Ésta es la parte realmente dura de la herramienta y donde el temple puede alcanzar la mayor dureza aunque esto siempre dependerá del tipo de piedra o material con el que se vaya a trabajar.

Como vemos, un simple puntero no es tan simple.

Durante mucho tiempo, el hierro se presentó como un metal inútil. Ya conocido en la prehistoria, en su versión meteorítica, era una rareza de coleccionista pero sin utilidad práctica. La razón estaba en las altas temperaturas requeridas para su *fusión* y en el resultado quebradizo que de ello se obtenía. Un pueblo de oriente próximo aprendió a forjarlo y la forja dotó al hierro de los suficientes cristales de carbono como para endurecerse y posteriormente *templar* cualquier herramienta. Desde el arado a la espada. Quien tuvo el hierro tuvo el poder para conquistar y someter a otros pueblos.

Llegados a este punto podemos decir que las herramientas del escultor, en cuanto a la talla en madera y la labra en piedra, son prácticamente las mismas, desde entonces, a las actuales.

Piedra, madera, bronce, tres materiales escultóricos y herramientas también de piedra, de madera, de bronce. No fue así con el hierro, pasaron casi tres mil años antes de considerarlo «materia noble». El hierro y el *acero* fueron arma y herramienta hasta los comienzos del siglo veinte. La apertura del arte a los nuevos materiales, o mejor dicho a todos los materiales, se produce entonces de forma vertiginosa: el collage, la arqueología urbana, los movimientos póvera, conceptualismos, happenings, performance, land-art, mínimo y un largo etcétera, son algunos de los istmos o formas artísticas desde las vanguardias históricas hasta hoy, en que el único elemento matérico en común es precisamente no tenerlo. Tanto valen las resinas de poliéster como un haz de luz láser, el cuerpo del artista como sus propias heces, todo es capaz de ser utilizado en lenguajes más o menos encriptados que establecen poéticas y compromisos o simplemente placer.

## LA METALURGIA

Podemos considerar a la tierra, la arcilla más concretamente, el primer material utilizado para conformar un metal fusionado y nos sorprenderá lo poco que hasta la fecha ha cambiado el tema en este aspecto. Veámoslo desde el principio. La arcilla no es más que un tipo abundante de tierra. La mezcla con agua le confiere plasticidad, por lo que conseguimos fácilmente formas y volúmenes imposibles o difíciles en otros materiales naturales, como la madera, la piedra o el hueso. Otra maravillosa cualidad de esta mezcla, es que, una vez seca, pierde la plasticidad, pero mantiene la forma e incluso, cierta dureza. Si además lo calentamos a una temperatura suficiente, habremos conseguido una piedra con la forma establecida en la fase plástica, y mucho más ligera. Todo este milagro al alcance de la mano, abundante e inmediato en la práctica totalidad del planeta; al fin y al cabo, este planeta nuestro se llama tierra y no agua.

El agua es sin duda el líquido más abundante y también el más necesario. Para su aprovechamiento el hombre tuvo que desarrollar cierta tecnología. Beber supuso el concepto de elaboración intermedia entre el consumible y la acción. Los animales beben directamente del agua a la boca. El hombre en algún momento utilizó el cuenco de la mano y más tarde algún objeto encontrado o elaborado para tal fin, de forma que conseguiría no sólo retener mayor cantidad de líquido sino la posibilidad de transportarlo lejos de la fuente original.

El concepto de contenedor o recipiente fue desde luego previo al de molde, idea mucho más elaborada que la anterior, pero no vayamos a creer que mucho más tardío. El agua es como ya dijimos el primer y más importante de los líquidos, pero no el único. Para un mamífero como el hombre la leche y no el agua es un líquido propio conocido como alimento de vida desde el momento de nacer. Así como el agua mantiene sus características a temperatura ambiente, la leche puede modificarse y lo que en un principio era líquido puede convertirse en algo muy parecido a sólido. El queso, en cada una de sus variantes, no es más que leche conservada en un



pellejo animal. El cuerpo natural es un estómago de cabra, oveja, etc., al recibir la leche las bacterias propias éstas actúan solidificándola o «cuajando» aquélla.

Aquí tendremos pues todos los ingredientes requeridos para que la idea surja fácilmente. Un contenedor, un líquido y como resultado un sólido con la forma interna del contenedor.

Vamos a saltarnos de momento el Calcolítico y la forja del cobre, y continuemos conseguida la fusión del metal. En un principio no era visible el cambio de estado sólido a líquido, pero no era difícil de deducir que gotas de metal duro tenían demasiado parecido con el estado líquido. Además cuando conseguían suficiente cantidad las gotas se reunían en pequeños «charcos» metálicos con todo el registro superficial del lecho sobre el que se depositaban. Realmente pasó mucho tiempo hasta que el hombre pudo comprobar visualmente la fluidez del metal. Sólo con la llegada del crisol, el metal líquido podrá ser transportado fuera del fuego y vertido en un molde frío. En efecto, el metal era fundido oculto en un montículo de piedra y tierra. En su interior ardía un hogar de carbón vegetal y mineral metálico. Al fondo un agujero para recoger el goteo del metal fusionado. Cuando este agujero tuvo forma de hacha, punta de flecha o cualquier otra, entonces decimos que el primer molde había nacido y con él la fundición.

Este molde era de una cara o univalbo, con la boca de llenado en todo el perímetro máximo del objeto a fundir y no podía ser de otra forma mientras el molde formara parte del horno. De manera que hubo de sacarse al exterior y con él el concepto crisol. De hecho fue el crisol el que hizo posible esto, y al crisol, como a tantas otras cosas, le dio vida la cerámica.

En el Calcolítico, el hombre poseía una serie de técnicas muy desarrolladas en el campo de la conformación de objetos. Piel, madera, hueso, piedra y forja de metal nativo. Pronto desarrolló hornos donde endurecer barro y surgió la metalurgia con ello. De modo que en la edad de los metales siguió utilizando todo lo ya aprendido, perfeccionándolo hacia fines más concretos. En un principio la piedra sirve prácticamente para todo: cortar, golpear, punzar, contener, e incluso guisar. No directamente, porque pronto comprenderían que no podrían calentarlas excesivamente al fuego, pero si lo hacían moderadamente, las piedras calientes eran capaces de mantener por largo tiempo el calor y a la vez calentar objetos y líquidos a su contacto. Sin embargo, la cerámica sí resistía el contacto directo con el fuego hasta altas temperaturas, consiguiendo con ello calentar directamente aquellos materiales o sustancias contenidas en su forma.

Tenemos ya un crisol cerámico que retirado del horno verterá el metal en un molde frío. ¿Y el molde de qué es?, pues de lo más sencillo, de piedra o de cerámica. Los de piedra, generalmente en arenisca o pizarra, eran laboriosos de confeccionar, pero duraderos. Los de cerámica, por el contrario, rápidos de fabricar pero mucho más frágiles que los anteriores.

Moldes univalbos, multifaciales algunos, tallados sobre una piedra prismática, aprovechando en cada cara un utensilio diferente. El carácter itinerante que muchas veces tenía el fundidor hacía muy práctico este tipo de molde multi-fundición.

Los moldes bivalbos siguieron con la piedra e introdujeron los de constitución metálicos y la cerámica como materiales de fabricación. Se fueron complican-



do los diseños y las piezas posibles a fundir, pero todas seguían siendo macizas. Esta técnica no podía hacer formas huecas, sólo en determinadas ocasiones se ahuecaban pequeñas zonas siempre que tuvieran boca al exterior.

Espadas, hoces, cuchillos, azadas, pequeñas figurillas. Todas en bronce macizo y coladas una a una. El molde recibía cada una de las coladas, por lo que tenía que estar bien diseñado y mejor constituido. Para los de piedra ya dijimos que la pizarra y la arenisca eran los más utilizados, pues no todas las piedras son capaces de resistir el impacto térmico sin estallar.

Los moldes cerámicos son de arcilla refractaria y fibra vegetal. Lo primero resiste el calor y lo segundo permite desalojar los gases de la colada. En efecto, los moldes por lo general no tenían respiraderos al exterior, había pues que contar con cierta porosidad para absorber los gases de colada. Para ello mezclaban fibras vegetales y materias orgánicas con la arcilla que al ser cocida desaparecían dejando su «huevo» en toda la masa refractaria. Las proporciones y los materiales empleados dependían y variaban según la zona y la técnica de cada fundidor.

Como vemos la fundición en este punto tenía ya un elevado grado de sofisticación en cuanto a la elección, tratamiento y elaboración de los moldes, así como el diseño de las piezas, llaves, bebederos, etc. Todo este conocimiento posibilitó el salto a la fundición a la cera perdida o lo que es lo mismo a la figura hueca y la fundición en serie. El molde original no es el que sufre la colada sino que sirve para elaborar copias repetidas en cera.

Ahora bien, la cera debe tener una cubierta o molde que sí recibe el metal fundido. ¿Cómo es este material? Pues más plástico que ella misma, que no se funde al calor, como ella y que, una vez terminada la «quemada», sea lo suficientemente dura y refractaria como para resistir el bronce líquido y, además de todo esto, registre fielmente toda la forma y la impronta del original en cera.

Naturalmente la cubierta se elaboraba con una pasta cerámica a base de arcilla, agua, fibras y materia orgánica.

Como antes las mezclas y proporciones variaban de la zona y la técnica de cada uno, las arcillas a veces eran buscadas a grandes distancias del lugar de fundición y la materia orgánica iba desde el excremento de vaca a la cascarilla de arroz, pero en términos generales, de África al Nepal, la fundición a la cera perdida cambia en los ingredientes locales pero mantiene el tronco común: un original en cera, cubierto por un molde arcilloso. El calor derrite la cera, quedando el negativo vacío. Cuando el molde arcilloso está suficientemente cocido y la materia orgánica eliminada, en tono a los 700° C, entonces no tenemos más que colar el bronce.

Como ya dijimos, la técnica a la cera perdida fue posible utilizando una serie de conocimientos desarrollados en la fundición a molde directo, todos los materiales, composiciones y mezclas son empleados en la cera perdida, ajustándolos en algunos casos al nuevo proceso, pero sin sustituir nada por diferentes o nuevos hallazgos revolucionarios. La historia de la metalurgia es un andar de pequeños pasitos con muy pocos desvíos aunque sí muchos traspiés.



## PRIMERAS CHAMOTAS

En la técnica del molde directo, y en los referidos a moldes cerámicos, en el proceso de la fabricación inicial, se contaba con un modelo previo. Bien fuera la pieza fundida con anterioridad o un modelo en madera, cerámica, etc.

Con este modelo se elaboraba el molde estampillando en arcilla, sometién-dola a un proceso de secado y cocido propio de una cerámica convencional. Segui-damente la colada.

La gran diferencia con la chamota es que una chamota de fundición es un molde «improvisado» sobre un modelo original en cera. Se construye sobre la mar-cha y para cada pieza es uno diferente. Si tenemos que definir al molde según la pieza que reproduce, tendremos que decir que todos son iguales a ceras iguales, pero si nos atenemos a su morfología completa, diremos que no hay dos chamotas igua-les aunque reproduzcan lo mismo.

Efectivamente, la mezcla cerámica se coloca sobre la cera por capas esféricas controlando diferentes viscosidades y cargas. Así la primera capa será fina y plástica, la más comprometida deberá registrar fielmente toda la superficie del original y a la vez tener porosidad y resistencia térmica, las siguientes capas irán engrosando ésta, con el fin de mantener fielmente la forma del original con resistencia suficiente a la presión metalostática del metal.

No es sencillo, pues la arcilla es un material excepcional en solitario, pero arisco cuando se le hace trabajar en compañía y, en este caso, la cera no es buena compañera del agua.

El primer problema será unir una mezcla húmeda con una superficie cética y por consiguiente totalmente repelente al medio. En la actualidad y en idénticos problemas se utiliza un agente conciliador, es decir, una sustancia ca-paz de ligar con la cera y el agua, de manera que las una íntimamente. Como disolvente se utiliza un alcohol, y como agente pues desde la goma laca hasta los lavavajillas domésticos. Dicho esto, cada cual imagina lo que quiera, porque es del todo imposible conocer las sustancias empleadas en el 2º milenio a. C. para semejante menester.

Por otro lado, tampoco es obligado utilizar nada, todo ceramista conoce un sinfín de maneras de hacer una cerámica más «grasa», lo que entre otras cosas signi-fica más adherente. Claro que esto también lo hace mucho más contráctil en el secado, y este es el segundo gran problema.

Recordemos que las diferentes capas que engrosan el total de la cubierta han sido colocadas esféricamente y con un intervalo de tiempo suficiente para que reci-ban la capa siguiente más seca, o lo que es lo mismo, más dura que cuando fue aplicada. Esto significa que ha habido una contracción en el secado, contracción proporcional a la sección de la capa en toda su extensión y convergente hacia un núcleo interior en la misma forma, pero diferente escala que el modelo en cera. Como esto supone un movimiento real hacia el interior, debería estar acompañado por una contracción proporcional a dicho movimiento del núcleo o modelo en cera. Pero la cera no se contrae en estas condiciones de manera que la arcilla se craquela y con ello se destruye el proceso.



Parece que en este punto todo está perdido sin solución de continuidad. Efectivamente, lo dicho es cierto y sucede 100 veces de 100 que lo intentemos, pero ello si no tomamos las debidas precauciones.

El problema es la falta de elasticidad de la arcilla. Todo cuerpo es elástico en mayor o menor medida y si además es una mezcla de agua y varios compuestos, siempre habrá una elasticidad adicional en las uniones de estos cuerpos hasta el punto crítico de rotura. De manera que todo es cuestión de hallar el punto crítico de la arcilla. Esto lo conseguimos controlando dos parámetros, la humedad de la pasta y la sección o grosor de la capa.

Si utilizamos una pasta muy húmeda, al constituir el agua una gran parte del volumen, ésta, al evaporarse, incidirá significativamente en dicho volumen, así es que la merma será grande. Si por el contrario, la pasta ya está muy seca, a menos agua evaporada, menos espacio desalojado, menos contracción. Pero no se puede utilizar pasta muy seca, pues pierde su principal cualidad, la plasticidad, de manera que habrá un punto de humedad y plasticidad.

Dar con él es sólo cuestión de equivocarse. Como segundo factor tenemos el grosor de la capa: a mayor sección, menor elasticidad. No referido a la arcilla, sino a todo cuerpo. De manera que, en principio, será cosa de aplicar capas muy finas. Esto conlleva sus riesgos, pues si exageramos la medida, debilitamos la cohesión de las partes de la mezcla con lo que el factor elástico desaparece. Será una capa fina, pero suficiente como para resistir unida la contracción pertinente.

Como vemos es una técnica empírica a partir del comportamiento de unos materiales. Recordemos que en la mezcla de refractario arcilla y agua, se incluían fibras vegetales. Hablamos de su valor como agente poroso en el desalojo de gases. Pero no solamente era útil en este aspecto, las fibras una vez hecha la quemada desaparecerían en la pasta, dejando huecos o poros. Antes, en la pasta fresca funcionaban como elemento isotrópico y en la pasta seca como armazón, sujetando internamente la forma y ayudando a evitar el craquelado que produce la contracción.

Con todo, no se han terminado los movimientos del molde. Hasta ahora tenemos la chamota sin cocer, sólo en la fase de húmeda a seca. Cuando introducimos el conjunto en el horno para la cochura, estamos tratando con dos elementos de naturaleza muy diferente (considerando a la chamota como un único elemento). En efecto, la cera y la cerámica (chamota) están íntimamente unidas cuando entran en el horno, pero el calor se va a encargar no sólo de separarlos, sino de moverlos en secuencias no siempre acompañadas.

En números redondos la cera se licúa a los 50° C. Y hierve a los 180° C.

Al calentar cera, habremos observado que, una vez fría, en la superficie se aprecia un abombamiento hacia adentro. Es decir, que la cera fría ocupa menos volumen que la cera caliente. A la inversa, la cera caliente ocupa más volumen que la cera fría y esto puede ocasionar resultados dramáticos. Dos son las formas de compensar esta presión. Una es hacerse extremadamente duro y resistir lo que venga y otra hacerse elástico y amoldarse a lo que venga.

En todo proceso de cochura cerámica hay un movimiento de dilatación seguido de otro de contracción. Naturalmente la cera dilata más que la cerámica en igualdad de volumen y la temperatura en la que se funde la misma pero ésta no tiene



reacciones suficientemente gruesas como para reventar un molde de barro seco bastante compacto y que ofrece además el alivio de los bebederos. En este punto los bebederos (simplificando el término a todas las comunicaciones con el exterior) funcionan de válvulas de presión y desagües para la cera líquida.

En términos generales, respetando estas secuencias de temperatura y dilatación, las chamotas cerámicas se amoldan bastante bien a los movimientos y presiones de la cera. Otra historia bien distinta serán las cascarillas cerámicas, pero para ello todavía faltan algunos milenios.

Cuando nos introducimos en la técnica de la cera perdida, damos como principales características la posibilidad de fundir piezas completamente huecas y con secciones muy finas de metal. Esto supone inmediatamente contar con un molde macho interno. El material que lo constituye es el mismo pero su forma de aplicación lógicamente deberá ser diferente.

Podemos imaginarnos sólo dos formas de trabajar. Una es contando con un modelo de cera vaciado de un molde por volteo (hueco), en cuyo interior se vierte la barbotina. Otro sistema será modelar con barro un macho o corazón a escala de la pieza a fundir, y terminar la última capa en cera con todo el detalle requerido, de manera que la cera es modelada directamente y no producto de una copia.

En realidad los dos sistemas han sido utilizados a lo largo de la historia. Los dos tienen inconvenientes y también cada uno sus ventajas.

En el primero, llama enseguida la atención poder utilizar un molde para el modelo, con la ventaja que esto conlleva en el control del espesor o sección del metal y la repetición sin límite del mismo modelo. Por el contrario, introducir una barbotina supone abrir huecos en la cera y sobre todo tener que evaporar el agua encapsulada en la propia cera, operación complicada, larga e imprecisa. Pensemos que un punto excesivo de humedad haría estallar el macho en el horno, y cuando hablamos de un punto excesivo estamos hablando de muy poquita humedad.

La segunda de las maneras elimina este problema pues una vez modelado el macho se deja secar al aire hasta el punto deseado. Entonces procedemos a aplicar la cera en el grosor y terminación preciso. El inconveniente principal está en que, a veces, el grosor se escapa a nuestro control, tanto en exceso como en defecto, siendo lo último un problema grave, pues secciones muy finas hacen imposible la colada del metal, con lo que aparecen lagunas sin llenar en la pieza final.

En el Nepal todavía se utiliza este procedimiento pero solucionan la cuestión de una manera muy ingeniosa. Consiste en hacer un largo cordón de cera con el grosor del metal, e ir enrollando éste en el macho de barro. De esta manera la sección de cera será igual en toda la pieza, no teniendo más que retocar el modelado superficial.

Esta técnica, con sus lógicas variantes locales, es universal y en Occidente se realizaba hace cuatro mil años, de manera que lo expuesto, efectivamente, se transmitía de maestro a aprendiz, pero de ninguna manera se escribía<sup>2</sup>. Somos nosotros quienes lo hacemos y somos nosotros los que debemos preservarla.

---

<sup>2</sup> Lo aquí expuesto es un resumen de la investigación realizada durante los diferentes cursos de doctorado enmarcados en el monográfico: Arqueología Metalúrgica.



Pero ¿por qué? En realidad se podría justificar de muchas maneras. La pregunta al alpinista es la de por qué sube montañas, y la respuesta del alpinista es que porque están ahí.

Es evidente una razón en nuestro caso, pero además una necesidad de conocimiento inexcusable para el estudio de nuestra historia.



## BIBLIOGRAFÍA

ASIMOV, Isaac: *Los lagartos terribles y otros ensayos científicos*. Alianza Editorial, Ciencia y Técnica, Madrid, 1988.

FERNÁNDEZ, M. Cruz. *La edad de los metales*. Historia 16, Madrid, 1989.

FIESCHI, Roberto: *De la piedra al láser*. Ed. Serval, Barcelona, 1984.

LE THOMAS, P.J.: *La metalurgia*. Martínez Roca, Barcelona, 1969.

