

ORFEBRERIA CHIBCHA Y SU DEFINICION CIENTIFICA

A. M. BARRIGA VILLALBA

de la Academia Colombiana de Ciencias.

Los etnólogos están de acuerdo en considerar que los Chibchas, formaron una nación independiente. La variedad de climas imprimió los caracteres propios de las distintas familias que encontraron los españoles, en el momento de la conquista. Pueblo maravilloso, que aún hoy día, refugiados en las selvas, puñados de estos hombres, sobreviven indómitos. Raza, cuyos ancestrales, son todavía una incógnita, que guardan las mudas y gigantescas efigies de San Agustín¹.

Del macizo aurífero de su suelo, se han extraído miles y miles de kilos de oro. Está formado por una Andesita, que en toda la zona central y occidental, y parte de la oriental, contiene invariablemente el precioso metal. En las hoyas de los ríos y en sus enormes mantos de antiguas playas, se encuentra el oro libre. En la extensa vertiente del pacífico, por fenómenos geológicos, todavía no explicados, se presenta en los aluviones, mezclado con platino y con cristales puros de osmio-iridio.

En la época del Virreinato, la mayor parte del oro que se beneficiaba, era de aluvión de buena calidad. El que se introducía a la Casa de Moneda de Santa Fe, para su conversión en monedas de *cruz* y de *cordoncillo*, después del *remache* de las barras, según el Informe del Fiel de la Casa, en el año de 1756, tenía las siguientes leyes²:

“Quebralomo y Marmato, Provincia de Mariquita, los oros son de 15-16 qqs. Los lavados del territorio de los Remedios, de 17 a 18 qqs. El de la Provincia de Antioquia de 19-20 qqs. y suelen subir hasta 21 qqs. y algunas veces más. El de las Provincias de Novita y Zitará, ambas de la Gobernación del Chocó, aquella es más abundante, y son oros de 20-21 qqs.; y ésta (Zitará) de 21 a 22 qqs. El de la Provincia de Leyba es de 21-22 qqs. El de la Gobernación de Popayán, en los lavaderos de Quinamayo, es regularmente de 21 a 22 qqs.; y de la misma calidad experimenta ser el de la Provincia

de Barbacoas, y tal vez se observa que algunos oros de esta Provincia suben a 22 qqs. De la Provincia de San Juan y Pamplona, también se presentan algunos oros, y éstos de lei de 21 qqs hasta 22 qqs. Se tiene observado que todos los oros q'entran en ella, reducidos a una lei común es de 20 qqs. largos como lo demuestra la proporción de la cantidad entrada en ella”.

Objetos de plata elaborados por los indios, no existen, y los de platino, relativamente a los de oro, son muy escasos, posiblemente debido a no encontrarse la plata nativa, ni ser fácil su extracción, y en cuanto a los de platino, la dificultad de su fundición, no les permitió sino trabajar los cristales naturales.

Muy posiblemente, las pocas piezas que hoy existen, fueron hechas por martillado de los granos naturales (Chicharrones). Efectivamente, los únicos ornamentos conocidos hasta ahora son narigueras de este metal, fáciles de trabajar por este sistema. Todas las piezas analizadas presentan las mismas propiedades, y una composición, más o menos semejante a los granos o cristales naturales, según se detalla en el cuadro número 1.

Don Vicente Restrepo³, quien describe admirablemente en su libro, la riqueza aurífera del país, nos muestra que a principios de la Colonia, eran muy poco conocidas las minas de plata, y es de presumir que igualmente no lo hubieran sido por los indios, pues de lo contrario, habrían quedado joyas de este metal, como sucedió en México y el Perú. En cambio, el cobre, que existe en algunas regiones del país, fue aprovechado por los indios en forma de *Tumbaga*⁴, quienes, seguramente lo extraían de las zonas de oxidación de Gachalá o de Moniquirá, situadas en pleno corazón de la nación Muisca.

Prueban la falta de la plata indígena, no solamente la ausencia de ella en *tumbas* y *guacas*, sino porque las acuñaciones que se efectuaron en la Casa de Moneda de Santa Fe no se usó plata de mina, sino la extraída del oro, y objetos de plata extranjeros.

³ Vicente Restrepo, minas de oro y de plata.

⁴ *Tumbaga*, aleación de cobre y oro en proporciones inferiores al 30% de oro.

¹ San Agustín (Mpio. Huila), 1° 52' 54" Lat. N. Long. W. 2° 10' 56" de Bogotá. Altura sobre el nivel del mar: 1.695 m. Temp. media 20°C. (Datos tomados del Diccionario Geográfico de Colombia. Eugenio J. Gómez, pág. 245).

² Informe del Fiel Don Isidro Joseph de Cabrera, al Superintendente. Archivo de la Casa de Moneda de Bogotá. Libro 9°, folio 21 y vuelto.

CUADRO Nº 1. ALGUNAS CONSTANTES DE LAS NARIQUERAS DE PLATINO

| Pieza Nº | Peso Grms. | Densidad | Color | Magnetismo | Oro % | Platino % |
|-----------------|------------|----------|--------|------------|--------|-----------|
| 3819 | 3,3946 | 19,049 | Blanco | Positivo | 10,163 | 30,385 |
| 4201 | 30,3253 | 17,375 | Blanco | Positivo | 33,533 | 28,365 |
| 5141 | 39,2938 | 16,833 | Blanco | Positivo | 45,816 | 18,969 |
| 5142 | 21,1616 | 17,366 | Blanco | Positivo | 35,888 | 25,617 |
| Cristal natural | 2,866 | 17,825 | Blanco | Positivo | 31,616 | 38,311 |

Quando la Real Cédula de don Felipe III del año de 1627⁵ ordenó acuñar, por primera vez en el país, se usó la moneda circulante, que era de ley muy baja y no bien fija (Ley 0,138 a 0,600) para convertirla en moneda de once dineros (Ley 0,916). No consta en los libros de la época que se hubiera acuñado plata de ninguna mina⁶.

Del estudio y análisis de las piezas del Museo del Oro del Banco de la República, se deduce que los Chibchas, conocieron la fundición del metal, en moldes de arcilla refractaria; el vaciado en hueco y a la *cera perdida*; el martillado, repujado, el recocido y temple, la soldadura con oro, el modelado en cera y en arcilla, el modelado del oro y sus aleaciones, en frío; la afinación del oro, la disolución, reducción y precipitación, y el dorado de las piezas.

Al concepto del Profesor Krickeberg⁷ quien dice: "A los Chibchas hay que atribuir la técnica del vaciado a la cera perdida, y el dorado por medio de jugos vegetales, dos conquistas técnicas que llegaron a extenderse hasta México y el Perú", hay que agregar también, el trabajo del oro y de la *tumbaga* en frío.

Muy posiblemente los objetos de oro elaborados por nuestros orfebres indígenas, y que según el análisis, contienen plata, no fueron hechos ligando los metales, sino que ésta era la propia que contenía el oro, porque los porcentajes encontrados, corresponden a los tipos de oro nativo de las propias regiones.

Dejando a un lado el platino, por las razones que ya dijimos, solamente fueron materia prima de las piezas Chibchas, el oro nativo y el cobre.

ESTRUCTURA DE LAS PIEZAS INDIGENAS

Para el estudio de la estructura, empleamos el espectrógrafo de difracción de rayos X; y, para conocer y fijar ciertas propiedades y características de los objetos de oro y de tumbaga, hicimos algunas medidas, análisis y pruebas con los metales puros y sus aleaciones, en distintas formas.

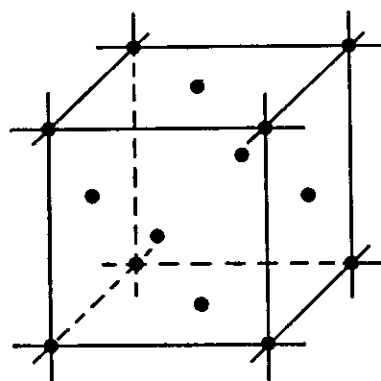
Las manipulaciones a que fueron sometidas las joyas indígenas por sus artífices, son cuestiones que pueden aclararse bastate, base indispensable para poder hacer su clasificación y fijar su origen.

Los diagramas del oro de filón y de aluvión, del oro refinado, del oro en cristales y del precipitado, están todos caracterizados por una misma serie de líneas, que sólo se diferencian en la intensidad. Igual acontece con los del cobre y de la plata.

Muy poca diferencia entre sí, presentan los diagramas del oro y de la plata, como se puede observar en los diagramas correspondientes, tomados sobre planchitas del metal fundidas. (Diagramas Nos 1. y 2.).

Las dimensiones del retículo, son casi iguales; el sistema cristalino es el mismo, la ordenación de los átomos es semejante. Estas circunstancias hacen que estos dos metales no formen eutécticos o combinaciones defi-

nidas, y sean por esta causa, sus aleaciones, verdaderas soluciones sólidas.



Retículo del oro, de la plata y del cobre.
Cubo de caras centradas.

La valoración de los índices fue sencilla operación, debido a la propiedad de estos metales de formar retículo cúbico, en el cual los átomos se reparten en los vértices y en los centros de las caras (caras centradas), que provocan las reflexiones y ausencias conocidas, por las interferencias de los rayos X.

La modificación constante de la línea correspondiente al orden quinto de difracción, para estos metales:

$$\begin{aligned} \text{Oro} & \quad 2\theta = 81^\circ 20 \\ \text{Plata} & \quad 2\theta = 81^\circ 15 \\ (h^2 + k^2 + l^2) & = 12 \end{aligned}$$

en su forma pura y aleaciones con plata y cobre, después de trabajados por laminación, martillado y recocido, es absolutamente característica, siendo por esta razón, el único medio para conocer si las piezas de oro, fueron o no sometidas a estos procesos.

Para el oro y la plata (sistema cúbico), los índices correspondientes a los planos de reflexión del ángulo de Bragg (2θ) se deducen inmediatamente. La ley de Bragg $n\lambda = 2d \text{ Sen } \theta$ da a conocer la distancia entre dos planos adyacentes del retículo:

$$d = \frac{n\lambda}{2 \text{ Sen } \theta} \quad (n = 1). \text{ Primer orden de difracción}$$

y en función de los índices:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

de donde:

$$\text{Sen}^2 \theta = \frac{2\lambda}{4a^2} (h^2 + k^2 + l^2) = K(h^2 + k^2 + l^2)$$

d = Distancia interplanar

a = Lado del cubo elemental (retículo)

λ = Longitud de onda empleada (cobre = 1,4521)⁸.

VALORES PARA EL ORO, PLATA Y COBRE

| Metal | d. | a | K(h ² + k ² + l ²) | hkl. (primer orden) |
|-------|---------|---------|------------------------------------------------------|---------------------|
| Plata | 2,8°364 | 4,8°097 | 0,10628 | 1 1 1. |
| Oro | 2,8°353 | 4,8°075 | 0,10728 | 1 1 1. |
| Cobre | 2,8°087 | 3,8°614 | 0,13634 | 1 1 1. |

⁸ Al final expondremos con algún detalle la ley de Bragg.

⁵ Expedientes N° 6 y 7. Año de 1627. Archivo de la Casa de Moneda.

⁶ La ley de la plata se valoraba en esa época (1627) en *dineros*, 12 dineros equivalen a 1.000/1.000 de fino o a 24 quilates.

⁷ Etnología de América, pág. 347.

Hay una pequeña discrepancia con los valores clásicos de δ probablemente debido a la temperatura de Bogotá (15°C) y porque se tomó el valor medio de todas las medidas hechas sobre varias formas de los metales (precipitados, fundidos, cristales). Los valores que hemos encontrado para la distancia reticular d están

exactos a los del INDEX X. RAY DIFFRACTION DATA. (1950 Edition), págs. 78, 94 y 126.

Los diagramas de difracción de los metales puros en forma cristalina, del oro, plata y cobre, pueden leerse en las páginas citadas. En las tablas I, II y III se resumen los datos y muestran una aproximación suficiente para los valores de $\text{Sen}^2\theta$ y $K(h^2 + k^2 + l^2)$.

TABLA I — DIAGRAMA DEL ORO

| Planos | δ | 2θ | θ | $\text{Sen } \theta$ | $\text{Sen}^2\theta$ | $K(h^2 + k^2 + l^2)$ | I |
|--------|----------|-----------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|
| 1 1 1 | 2,3536 | 38° 25' | 19° 7' 30" | 0,3274 | 0,10719 | 0,10728 | 100 |
| 0 0 2 | 2,0571 | 44° 13' | 22° 0' 00" | 0,3746 | 0,14032 | 0,14304 | 96 |
| 0 2 2 | 1,4521 | 64° 13' | 32° 0' 00" | 0,5306 | 0,28160 | 0,28608 | 45 |
| 1 1 3 | 1,2378 | 77° 00' | 28° 30' 0" | 0,6225 | 0,38751 | 0,39336 | 40 |
| 2 2 2 | 1,1841 | 81° 20' | 40° 36' 0" | 0,6507 | 0,42350 | 0,42912 | 22 |

Para $\lambda = 1,5412$ $\delta = 2^{\text{Å}},3536$ (Distancia interplanar)
 $a = 4^{\text{Å}},075$ (Lado del cubo elemental)

TABLA II — DIAGRAMA DE LA PLATA

| Planos | δ | 2θ | θ | $\text{Sen } \theta$ | $\text{Sen}^2\theta$ | $K(h^2 + k^2 + l^2)$ |
|--------|----------|-----------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 1 1 | 2,365 | 38° 00' | 19° 0' 0" | 0,3259 | 0,10599 | 0,10628 |
| 0 0 2 | 2,052 | 44° 10' | 22° 0' 0" | 0,3754 | 0,14094 | 0,14171 |
| 0 2 2 | 1,451 | 64° 15' | 32° 4' 12" | 0,5309 | 0,28191 | 0,28343 |
| 1 1 3 | 1,237 | 77° 04' | 38° 31' 12" | 0,6227 | 0,38786 | 0,38971 |
| 2 2 2 | 1,184 | 81° 15' | 40° 34' 12" | 0,6503 | 0,42298 | 0,42514 |

Para $\lambda = 1,5412$ $\delta = 2^{\text{Å}},364$ (Distancia interplanar)
 $a = 2,364x\sqrt{3} = 4^{\text{Å}},097$

TABLA III — DIAGRAMA DEL COBRE

| Planos | δ | 2θ | θ | $\text{Sen } \theta$ | $\text{Sen}^2\theta$ | $K(h^2 + k^2 + l^2)$ |
|--------|----------|-----------|-------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 1 1 | 2,087 | 43° 32' | 21° 39' 36" | 0,36910 | 0,13623 | 0,13634 |
| 0 0 2 | 1,811 | 50° 34' | 25° 10' 12" | 0,42530 | 0,18088 | 0,18179 |
| 0 2 2 | 1,282 | 73° 89' | 36° 56' 42" | 0,60105 | 0,36126 | 0,36358 |
| 1 1 3 | 1,086 | 90° 40' | 45° 12' | 0,70957 | 0,50348 | 0,49998 |

Para $\lambda = 1,5412$ $\delta = 2^{\text{Å}},087$
 $a = 3^{\text{Å}},6146$

TABLA IV

| Diagrama de difracción | Aleación | INTENSIDADES CORRESPONDIENTES A LAS REFLEXIONES | | | | | |
|------------------------|-------------------|-------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | | 38° | 44° | 64° | 77° | 81° | |
| 3. | Oro 80% Plata 20% | 39 | 6 | 6 | 11 | 10 | Sin laminar |
| 4. | " 80% " 20% | 15 | 35 | 29 | 15 | 0 | Laminado |
| 5. | " 70% " 30% | 35 | 34 | 5 | 23 | 21 | Sin laminar |
| 6. | " 70% " 30% | 20 | 42 | 27 | 15 | 0 | Laminado |
| 7. | " 60% " 40% | 33 | 17 | 57 | 3 | 13 | Sin laminar |
| 8. | " 60% " 40% | 17 | 31 | 25 | 12 | 0 | Laminado |
| 9. | " 50% " 50% | 65 | 40 | 3 | 55 | 20 | Sin laminar |
| 10. | " 50% " 50% | 20 | 25 | 38 | 12 | 0 | Laminado |

T A B L A V

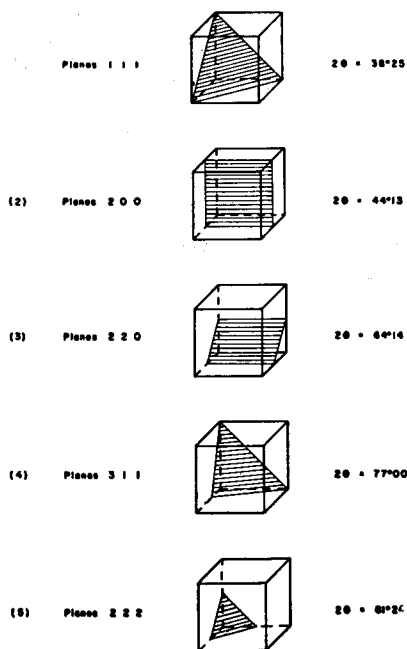
| Aleación | | Angulo de Bragg | Distancia interplanar | Lado del cubo elemental |
|----------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| Oro 90% | Plata 10% | 38°10 | 2.Å°361 | 4.Å°089 |
| " 80% | " 20% | 38°04 | 2.Å°364 | 4.Å°094 |
| " 70% | " 30% | 37°91 | 2.Å°373 | 4.Å°110 |
| " 60% | " 40% | 37°90 | 2.Å°373 | 4.Å°110 |
| " 50% | " 50% | 37°74 | 2.Å°384 | 4.Å°129 |

Los planos correspondientes a los índices causantes de las reflexiones observadas, según los diagramas Nos. 1. y 2. citados, del oro y de la plata, para los valores angulares 2θ que figuran en las Tablas I y II son:

- 1) Planos 1 1 1 $2\theta = 38^\circ$
- 2) Planos 2 0 0 $2\theta = 44^\circ$
- 3) Planos 2 2 0 $2\theta = 64^\circ$
- 4) Planos 3 1 1 $2\theta = 77^\circ$
- 5) Planos 2 2 2 $2\theta = 81^\circ$

Los planos 222, son los que desaparecen por laminación y martillado, y a lo largo de los cuales se producen los deslizamientos.

En el oro y en la plata bien cristalizados y sin haber sufrido ninguna acción mecánica, la intensidad de la línea $2\theta = 81^\circ$ (quinto orden de difracción) es máxima. Si el metal ha sido martillado o laminado, disminuye proporcionalmente, hasta desaparecer por completo. Pero si el metal o aleación se somete a un recocido, reaparece, no al mismo valor inicial, pero sí en proporción al calentamiento.



Planos de difracción correspondientes a los ángulos 2θ observados en el oro, la plata y el cobre. Los planos 222 son los que desaparecen en el laminado.

En la Tabla IV hemos puesto los valores que hemos encontrado para aleaciones de oro y plata hasta el 50% de cada componente.

En el diagrama del cobre, no aparece ninguna inflexión para $2 = 81^\circ$ porque el orden de difracción

que corresponde, es superior a 45° que es el límite de resolución de nuestro instrumento. Las medidas se hicieron sobre una planchita del metal sin pulir, como se obtuvo del molde donde se vació el metal.

Con las cifras obtenidas en los diagramas Nos. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, y 16, formamos la Tabla IV donde se observa que el retículo se modifica profundamente por el laminado y es constante la desaparición de la línea $2\theta = 81^\circ$.

Las aleaciones de oro y plata tienen un retículo igual al de los componentes. Solamente las dimensiones se aumentan ligeramente, como se puede ver en la Tabla V.

En el notable trabajo de Samuel Kirkland Lothrop⁹, refiriéndose a Colombia, se afirma que lo "típico o característico" de las piezas indígenas de oro, es el ser fundidas, lo mismo que las de *Tumbaga*.

Evidentemente existen en el Museo del Oro del Banco de la República, muchas joyas que fueron hechas por este sistema, pero una parte, en especial las más delicadas, y quizás, las más artísticamente ejecutadas, no fueron hechas por este sistema, ni siquiera por el de la cera perdida, como tendremos ocasión de demostrarlo.

VACIADO EN MOLDE ABIERTO

Parece que fueron ejecutadas por este método, y después pulidas, especialmente las piezas macizas pequeñas. En ellas, el frente de la figura ocupaba el fondo del molde.

Estas figuras muestran por el respaldo la estructura cristalina de la solidificación.

VACIADO EN MOLDES DE CORAZON

El método Chibcha, de vaciar en moldes de corazón de cera, denominado comúnmente de la *cera perdida*, y descrito por el cronista de la colonia, Fray Bernardino de Sahagún¹⁰, fue empleado en un gran número de piezas de Museo. Este método tiene la ventaja inigualada de reproducir fielmente el objeto que creó el artista en formas difíciles y complicadas, filigranas y articulaciones móviles de piezas, que por simple vaciado, no podrían obtenerse.

Las fotografías Nos. 2 y 3 de la pieza N° 3530 del Museo del Oro, son de un clásico *Tunjo* de tumbaga, hecho con lámina de cera sobre núcleo de arcilla, eliminada la cera por el calentamiento, y vaciado el oro en el molde que dejó la cera.

Su composición es:

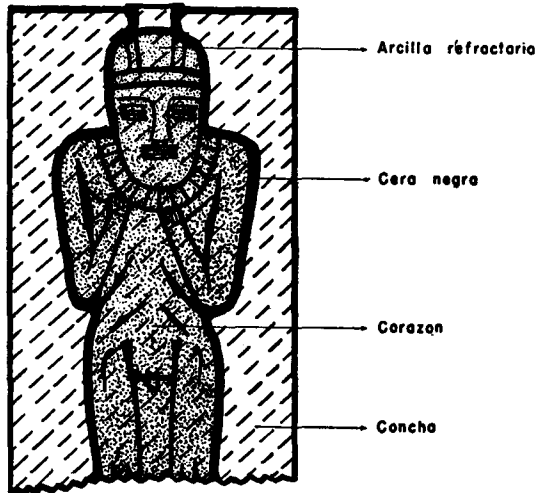
Oro: 24,12 %, Plata: 0,05%, Cobre: 75,43%.

Sobre la figura de arcilla, se modelaba en la cera la forma deseada, y sobre esta se colocaba la cubierta o concha, del mismo material refractario de que estaba hecho el corazón o núcleo. Con este procedimiento, la economía del material precioso podría llegar hasta más del ochenta por ciento.

⁹ Metals from The Cenote of Sacrifice-Chichen Itza. Yucatan. Pág. 109, 1952.

¹⁰ Historia general de las cosas de la Nueva España.

Otra importante ventaja de este sistema de vaciado, era poder colocar ciertos adornos y accesorios prefabricados, sobre la figura principal, como narigueras, orejeras, insignias, diademas, collares, etc. Esto se observa en muchas piezas, sin que aparezca señal de soldadura, remache, unión ni rotura.



Corte del molde, como debía ser fabricado por los orfebres indígenas, para vaciar a la *cera perdida*, figuras huecas, semejantes a la que se refieren las fotografías 2. y 3.

Una vez hecha la figura en cera, se le colocaban los adornos móviles que debía llevar, los cuales quedaban en parte aprisionados por la concha de arcilla, que necesariamente tenía que colocarse húmeda o en forma todavía plástica.

La figura N° 6383, fotos Nos. 4 y 5, muestran por el frente y por la parte posterior, en la parte superior de la cabeza, seis laminitas circulares, con sus respectivas argollas, fijadas a la masa principal. Puede observarse, que las de la parte posterior, por defecto de la colocación de la *concha*, e imperfección del vaciado, quedaron aprisionadas, en parte, dentro de la masa de oro de la cabeza.

VACIADO EN MOLDE DE CERA

En donde se puede apreciar la delicadeza de la técnica para obtener un perfecto acabado, es en las narigueras que muestra la fotografía N° 6. Estas joyas fueron hechas, con toda probabilidad, sobre un molde tomado de un modelo hecho en cera negra.

La fotografía N° 7 aumentada x2. de la segunda nariguera, demuestra que el modelo se hizo con hilos de cera cuyos dobleces y uniones se ven claramente en toda la forma que sirvió de matriz. La fotografía N° 8 aumentada x2. de la primera, tomada en la parte superior izquierda, pone de manifiesto que el modelo se hizo, de la misma manera, con hilos de cera; los de la periferia, trenzados, y los inmediatos, torcidos en cordón.

El análisis químico de las piezas, demostró que fueron hechas de *Tumbaga*, y que se les dio un baño de oro fino, por el método de la sal, que adelante explicaremos.

Composición química:

| Nº | Oro % | Plata % | Cobre % |
|------|-------|---------|---------|
| 98 | 39,85 | 19,10 | 35,88 |
| 6118 | 57,00 | 27,76 | 11,93 |

La técnica Chibcha, en la metalurgia del oro, y el arte de sus orfebres, tan característicos, produjeron piezas aparentemente simples, clasificadas por algunos como formas crudas y pueriles, son por el contrario, una verdadera revelación del pensamiento indio. Sin proporcionalidad en las partes, las figuras muiscas que representan al hombre o a la mujer, son como símbolos de una idea fundamental, de ahí la simplicidad del modelado esquemático, que prescinde de la realidad en las formas.

La fotografía N 9 representa una mujer con un niño a cuestas, el cual se ve bien en la fotografía aumentada N° 10 de la misma figura, tomada por detrás.

Las fotografías Nos. 11 a 14, tomadas respectivamente por los frentes de cada figura y por los dos costados, representan el acto sexual. La mujer lleva siempre un niño, o se distingue por la ausencia de diadema, como se detalla en la fotografía N° 15 y en la pieza N° 16, poco común, porque está hecha con oro muy fino.

Composición química: Oro 64%, Plata 6%.

La forma y apariencia de estas piezas, son las características de la manufactura Chibcha a la *cera perdida*. Aparentemente, las partes de las figuras, parecen haber sido confeccionadas con alambre de oro, y los adornos y accesorios, por soldadura, sobre el cuerpo principal, como se muestran en las figuras de las fotografías N° 6 y 7. Pero el examen detenido y el conocimiento de la técnica empleada, demuestran que fueron vaciadas en una sola operación, sobre el molde de la figura, hecho totalmente en cera.

Más demostrativa es, todavía, la figura de la fotografía N° 18. Este tunjo tiene la cabeza maciza y el gorro que la cubre, forma con ella una sola pieza. La composición química de las orejeras, es exactamente la misma que la del cuerpo. La fotografía aumentada de la misma pieza, detalla mejor su estructura (N° 19).

Es indudable que para poder obtener esta clase de fundiciones, era necesario elaborar la figura que sirviera de molde, en un material extraordinariamente plástico, vaciar el metal en el molde, estando este muy caliente, y además, hacerlo con cierta presión, tal como lo describe el Cronista, quien nos cuenta *que usaban una especie de embudo largo para vaciar*.

Algunas piezas han llegado hasta nosotros, sin haber sufrido el último retoque, que afortunadamente, por esta circunstancia, nos demuestran que efectivamente, las partes que parecen ser alambre soldado, no lo son, sino reproducción del molde original.

La fotografía N° 20 es de una figura, hecha tan finamente, que parece filigrana perfecta, pero en realidad es un simple vaciado, como puede verse en la fotografía N° 21 que corresponde a la parte izquierda, convenientemente aumentada. El oro se escurrió y soldó el cuerpo y el brazo. En otras ocasiones, debido a una manufactura más tosca, la cera se ablandó un poco, antes de moldearla, por lo cual no se destaca bien el alambrado, que la fundición reprodujo sin nitidez, como lo indica la fotografía N° 22 y la N° 23 aumentada, de la parte derecha.

CERA NEGRA

Y por último, es prueba de lo dicho anteriormente, la pieza cuya fotografía N° 24 nos muestra, dentro de la diadema, ojos, boca y otras partes, el material del molde (mezcla de arcilla y carbón de leña), cuya composición es la misma que hemos analizado del corazón de otras piezas. La fotografía aumentada N° 25 de la parte superior del tunjo es definitiva; la arcilla endurecida por la acción del calor llena los vacíos de la filigrana, primitivamente hecha en cera.

El método Chibcha, de la *cera perdida*, así como el sistema de afinar el oro, fueron usados más tarde por los mismos españoles. En la Casa de Moneda de Bogotá, desde el año de 1622 hasta muchos años después de la Independencia, se afinó todo el oro que la Casa acuñó, por el procedimiento indígena. En 1756 cuando se cambió la moneda cruda, llamada de *martillo*, porque se grababa a golpes sobre yunque, por la circular de cordoncillo, fueron necesarios volantes o acuñadoras de suficiente potencia, para imprimir las piezas de plata y de oro, onzas y patacones de treinta y ocho milímetros de diámetro. La importación desde Sevilla de estas máquinas, hechas de una sola pieza, de más de tres toneladas de peso, era imposible. Los maestros de la Casa, resolvieron el problema, utilizando el mismo método de los Chibchas, y se fundieron por el *sistema de la cera perdida*, tres volantes de bronce, dos de ellos, todavía se conservan. El detalle de su construcción, su costo, mano de obra, y demás detalles, corren descritos en el Expediente N° 41 del año de 1776 del Archivo Colonial de la Casa de Moneda.

MATERIAL REFRACTARIO EMPLEADO POR LOS INDIGENAS

En el sistema de fundir a la *cera perdida*, es necesario un material de especiales condiciones, para la construcción del molde; extraordinariamente plástico, refractario y resistente a los cambios térmicos, al mismo tiempo, un poco reductor, para evitar adherencias, mal conductor del calor y de textura fina y homogénea.

Existe todavía en muchas piezas del Museo restos de este refractario de tan señaladas condiciones. Para su análisis utilizamos el relleno de la pieza de la fotografía N° 26, que es un caracol hecho en oro fino de aluvión (ley oro, 0,910; ley plata, 0,058). Esta pieza fue vaciada sobre un corazón de arcilla y carbón de madera, cuya composición es la siguiente:

Arcilla pura 61%
Carbón de leña 37%

No contiene ninguna sustancia soluble.

El análisis del relleno de otras piezas dio siempre el mismo resultado. Algunas muestras dieron cobre en forma de óxido, pero seguramente este cuerpo es contaminación y no forma parte del refractario.

En toda el área de la nación Chibcha, vive un insecto de tamaño mayor que el de una abeja, que en la Sabana de Bogotá, lo denominan *Abejón*. Es de color negro y costumbres semejantes a las de las abejas, pero sin formar asociaciones numerosas.

Son grupos de un centenar de individuos, muy bravos y venenosos, que forman pequeñas colmenas, donde elaboran una miel dulce y blanca. Hacen el panal de cera de color negro-carmelita, muy maleable, no adherente, de fácil fusión, que al calor de las manos se deja hacer en hilos o en hojas tan delgadas como se quiera.

Es casi seguro que esta cera fue el material que emplearon los Chibchas para sus modelos, porque en el país no existían las abejas, ni otros insectos que elaboraran cera propia para este fin.

Por sus propiedades físicas y químicas es un material ideal en la metalurgia por el sistema Chibcha de la *cera perdida*, como hemos tenido ocasión de verificarlo experimentalmente, muy superior a los preparados modernos a base de cera de abejas o ceras vegetales. La hechura de los modelos con esta cera, es muy fácil, pues no necesita ningún instrumental. Con las manos se pueden hacer hilos, láminas y piezas tan delicadas como se quiera, lo que no puede ocurrir con ceras vegetales, como la de carnauba, que es muy dura, ni con otras análogas de que podían disponer los aborígenes.

La fotografía N° 27 es un tunjo de cera negra, de dimensiones corrientes, hecho sin instrumentos, con la cera ablandada por el calor de la mano.

Todavía es materia de comercio entre los indios, la *cera de abejón*. La emplean en la confección de cordeles y tejidos; para el ajuste de piezas e instrumentos musicales, para hilos y cuerdas de costura y como pegante. La Industria la emplea en zapatería y en el apresto.

En los mercados de los pueblos y en el de Bogotá se vende en forma de pequeños envueltos en hojas de Payaca (*Plinium Cetusus*) como lo muestra la fotografía N° 28 tal como se consigue en los puestos de la plaza de mercado de esta ciudad.

Los profesores Hernando Osorno Mesa † y Ernesto Osorno Mesa, autoridades en la materia, se sirvieron hacer el estudio sesudo sobre nuestros abejones que va publicado al final.

Mucha importancia para la orfebrería indígena tuvo esta cera, que sin ella, muy posiblemente, no nos habrían podido dejar en sus *tunjos*, la clara expresión de un arte en donde la representación de la idea prima sobre la forma material. Los abejones, el oro y el cobre de sus joyas, las tintas indelebles que perduran en las rocas, son los elementos que nos unen al ancestro muisca.

CARACTERISTICAS DE LA CERA DE ABEJON, COMPARADA CON LA DE ABEJAS

| | Densidad a 15°C. | Punto de fusión | Indice de saponificación | Número de ácido | Indice yodo | Insaponificables |
|----------------|------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------|------------------|
| Cera de abejón | 0.959 - 0.970 | 61°-63°C | 88 - 107 | 50 - 54 | 3,6-5 | 16 - 22 |
| Cera de abejas | 0.997 - 0.998 | 62°-67°C | 46 - 50 | 5,95 - 7,20 | 3,5-6 | 20 - 25 |

TRABAJO DEL ORO

Oro en láminas y planchas

No conocieron la laminación propiamente dicha, pero posiblemente los pectorales que existen, algunos de ellos de más de quinientos centímetros cuadrados de superficie, y otras joyas hechas de lámina de oro, debieron serlo, por fundición a la cera perdida de oro muy dulce, y después por martillado y recocado en operaciones sucesivas, o entre pieles o telas por martillado especial de material dulce, lograron batir piezas extraordinariamente delgadas, como la de la fotografía N° 29, que aun cuando pequeña (7 cms. x 4 cms.) presenta un espesor muy regular de 1/20 de milímetro. La presencia de la línea $2\theta = 81^\circ$ (diagrama de difracción N° 11), manifiesta que esta pieza, nunca pudo haber sido laminada. Presenta una serie de repujados, que pueden ser adornos o símbolos.

En algunas figuras hechas en lámina delgada como la correspondiente a la fotografía N° 30, que tiene un espesor de 0,2 de mm. quedaron los rastros del molde primitivo de la cera que al fundirse, desprendió fragmentos de arcilla, muy visibles en la fotografía N° 31 tomada por el respaldo.

En lámina muy delgada está también hecha la pieza N° 5906 (10,5 cms. x 4 cms.), que representa una figura humana, de la fotografía N° 32. Es oro muy fino, dúctil y maleable. En los bordes laterales tiene un espesor de apenas 8/100 de milímetro, y en las partes restantes 12/100.

Por la parte posterior, en esta pieza, fotografía N° 33 se observan las huellas de la matriz (fibras o ranuras) en alto relieve, correspondientes a la parte central de la figura. Fue repujada, recortada y pulida. El diagrama de difracción N° 12 tomado a esta pieza demuestra claramente que fue fundida directamente en plancha.

Por el mismo sistema debieron ser fabricados numerosos pectorales de los del Museo del Oro como el de la fotografía N° 34, que además lleva la figura central repujada en alto relieve y el adorno periférico parte en bajo relieve.

En cambio, el pectoral de la fotografía N° 35 (anverso) y fotografía N° 36 (reverso) que lleva también orejeras y nariguera con alambres, fue todo fundido a la cera perdida.

En la fotografía de la parte posterior (N° 36), se ven nítidamente las rugosidades que dejó la cera que sirvió de modelo para el molde de corazón.

Una de las piezas más importantes del Museo del Oro, según el decir de los técnicos, es el pectoral de la fotografía N° 37.

Lleva una serie de adornos, hechos en alambre, que parecen soldados a la plancha o lámina de la figura, pero que en realidad fueron vaciados con la misma pieza. Es oro muy dulce, dúctil y maleable, del tipo de aluvión de la región de Barbaocoas. El ensayo dio una ley en oro de 0,880 y en plata de 0,110 y presenta las características siguientes: Altura: 16,3 cms.; anchura en la mayor parte: 17,3 cms.; espesor medio: 0,45 milímetros. Peso: 184 grms.

El espesor, hacia las extremidades, es de 0,8 milímetros en unas y en las otras de 0,6 de milímetro. Hacia los lados

del pecho es de 0,4; en las partes planas de la cara 0,27 y 0,37 de milímetro, región donde fue fuertemente pulida por el orfebre. El diagrama de difracción, tomado directamente a la pieza, es de los más característicos y demuestra suficientemente que no fue laminada.

HERRAMIENTAS DE TRABAJO

Las herramientas que los aborígenes emplearon para estos trabajos fueron sencillas: agujas, cinceles y gradines, espátulas y cuchillos, gratas, botadores y buriles de oro amarillo o rojizo, de tamaño pequeño, endurecidos especialmente en los cortes por calentamiento y martillado.

COMPOSICION DE ALGUNAS HERRAMIENTAS

| Nº | Color | Oro % | Plata % |
|------|----------|-------|---------|
| 327 | Amarillo | 68,72 | 14,09 |
| 2221 | Amarillo | 61,11 | 11,83 |
| 3437 | Rojizo | 55,38 | 3,70 |
| 4630 | Rojizo | 59,00 | 0,29 |
| 6006 | Rojizo | 61,31 | 10,34 |

Las formas y dimensiones pueden apreciarse en la fotografía N° 38 (herramientas de color rojizo) y en la N° 39 (herramientas de color amarillo) tomadas sobre fondo milimetrado.

Es muy notable el cincel de la fotografía N° 40 fabricado por el sistema de la cera perdida, con corazón de arcilla refractaria. La capa metálica tiene un espesor de 1,5 milímetros. La densidad aparente es apenas de 4,19 y pesa 122 gramos. Contiene: oro, 14,65%; plata, 10,35% y cobre 73,18% (análisis referido solamente a la parte metálica).

DUREZA BRINELL DE LAS HERRAMIENTAS

| Pieza | Nº | Color | Dureza en el cuerpo | Dureza en el corte |
|----------|------|----------|---------------------|--------------------|
| Cincel | 327 | Amarillo | 20° | 26° |
| Cincel | 1783 | Amarillo | 38° | 41° |
| Cincel | 2221 | Rojizo | 25° | 25° |
| Espátula | 3002 | Amarillo | 36° | 9° |
| Cuchillo | 3289 | Rojizo | 5° | 4° |
| Cincel | 3437 | Rojizo | 32° | 35° |
| Espátula | 3438 | Amarillo | 22° | 25° |
| Cincel | 4630 | Rojizo | 26° | 30° |
| Cincel | 5101 | Amarillo | 16° | 28° |
| Espátula | 6006 | Amarillo | 20° | 27° |
| Cincel | 6007 | Rojizo | 24° | 32° |

SOLDADURA DEL ORO

No es muy frecuente la soldadura, aun cuando sí la emplearon los Muisca, porque la técnica de la *cera perdida* les permitía hacerla de un modo indirecto, como ya lo anotamos. Además, el sistema del trabajo del oro en frío, que adelante explicaremos, facilita tanto como el

vaciado en corazón de cera, todas las manipulaciones, para fijar las piezas, colgantes, apéndices o adornos.

Simple soldadura se puede ver en la pieza N° 1230, que es una especie de escudo, hecho en oro fino. Fotografías Nos. 41 y 42, tomadas sobre papel milimetrado, con y sin aumento, respectivamente.

Soldadura al tope por calentamiento con oro en polvo se ve en la parte media de la pieza N° 2127, fotografía N° 45, que es una serpiente de oro hecha con lámina. La fotografía N° 43 tomada con aumento, por el frente sobre el punto de la soldadura y la 44 tomada por detrás, en el mismo sitio, ilustran este ejemplo.

Una serpiente de *tumbaga* de setenta centímetros de longitud, fue hecha en segmentos y después unidos por soldadura al tope, como lo muestran las fotografías Nos. 46 y 47 tomadas respectivamente por encima y por debajo de la pieza (joya N° 6009) sobre papel milimetrado con un aumento de x3. Se puede observar que se le colocó una planchita delgada como refuerzo.

La pieza N° 1236 es otra serpiente de *tumbaga*, hecha de la misma manera por secciones, a la cera perdida, y después soldadas al tope, como lo muestran también las fotografías Nos. 48 y 49 tomadas en la misma forma que las anteriores.

Las piezas Nos. 2157, 536 y 6784 que parecen especie de cuchara o utensilios manuales, fotografía N° 50, llevan soldadas algunas figuritas en la extremidad. La del centro conserva los restos de un lagarto y otro en perfecto estado. La fotografía N° 51 tomada con aumento, en el propio sitio, detalla la soldadura, que no lo fue a la cera perdida, sino por calentamiento de las partes.

De modo semejante pudo haberse hecho el calentamiento hasta fusión parcial de las partes, en presencia de ciertas sales, como alumbre. Tal parece haber sucedido con la cara o máscara que lleva dentro la pieza N° 1119, parece representar un caimán que devoró una persona. Véanse las fotografías Nos. 52 y 53.

HUELLAS DACTILARES EN LAS PIEZAS DE ORO

Ha existido siempre una vaga idea, una creencia, hasta cierto punto errónea, sobre la facilidad con que los aborígenes *amasaban* el oro. Es posible que proviniera de la presencia, bastante frecuente en los objetos de oro indígena, de huellas parecidas a las dactilares.

La pieza de oro macizo N° 4073 que reproduce las fotografías Nos. 54 y 55 las muestra, por dos frentes. Son muy visibles en las partes superior y posterior. No son otra cosa sino trazos de los gradines con que se fabricó el modelo de cera, que son más demostrativos en la fotografía N° 57 de la parte del estómago, convenientemente aumentada, y es terminante la fotografía aumentada de los surcos paralelos que envuelven la nariguera, imposibles de dejar como impresiones de los dedos del orfebre.

Huellas dactilares sí podrían quedar en las piezas, si la matriz de cera las tuviera, pero quedarían en negativo, lo cual no se ha observado. Además la cera es necesario trabajarla a la temperatura de las manos, y el moldeo no se hace por impresión sino por frotamiento.

Los alambres, láminas, etc., en material de cera, muy seguramente, los primeros los hacían por rodamiento entre dos superficies lisas, y las últimas, por aplanamiento, también en caliente entre un rodillo y una superficie. De lo contrario no habrían podido fundir láminas tan homogéneas y alambre tan regulares como los que llevan numerosas piezas del Museo del Oro.

La fotografía aumentada N° 59 es de verdaderas huellas humanas, tomadas en un pedazo de oro en frío, como adelante lo veremos. Se puede apreciar, en bajo relieve, la forma, dirección y curvaturas características.

PIEZAS DE ORO Y TUMBAGA FABRICADAS CON ORO PRECIPITADO

El examen de algunas piezas del Museo, de aspecto fundamentalmente distinto al de todas las demás, nos indicaron que estas joyas, debían haber sido fabricadas siguiendo una misma técnica, y por un procedimiento completamente distinto al de la cera perdida, la fundición directa o el martillado y repujado.

En efecto, los cortes practicados en todas ellas, mostraron al microscopio una misma e idéntica estructura esponjosa y cristalina, en partes de color de plata reducida, incompatible con las estructuras del mismo material fundido, de color carmelita absolutamente característico, con grandes vacíos en el interior y huecos esféricos, correspondientes al desprendimiento de gases.

Por otra parte, el espectro de difracción de los rayos X, del material convenientemente preparado indicaba una estructura cristalina definida, enteramente semejante a la del oro en cristales, y más especialmente a la del oro precipitado, como se puede apreciar en los diagramas Nos. 13 y 14, correspondientes al alfiler N° 3669 y al oro puro precipitado en polvo. En ambos diagramas se muestra el halo correspondiente al primer orden de difracción, debido al tamaño de los gránulos metálicos y la semejanza de las curvas.

Por otra parte, el análisis inmediato, indicó que los metales no estaban combinados. Sin necesidad de incubar con plata, como se hace para los ensayos corrientes de oro, la plata y el cobre, se pueden separar del oro por simple disolución en ácido. En efecto por tratamiento con ácido nítrico, se obtiene un residuo que es igual a todo el oro, y una solución de plata y cobre. La Ley del residuo es de 0,978 a 0,988 de fino.

Medida la densidad de estas piezas, por el método del frasco resulta, en promedio, bastante más baja que la densidad aparente del oro de aluvión más fino del Chocó (tipo Barbacoas) cuya ley es de 0,893 y que la del mismo fundido, que es de 18,21.

La plata de las aleaciones con el oro, es solamente soluble, cuando entra en la proporción del 50% para arriba. La plata de las piezas a que me refiero, está en proporción muy distante de esta cifra, y en concentración que hace que sea insoluble en ácido nítrico, cuando forma verdadera aleación.

Tampoco los agentes atmosféricos y los de los suelos, pueden llegar a poner en libertad los componentes metálicos, tal como aparecen en estas joyas, que conservan todas sus formas, debajo de una capa metálica intacta.

La densidad de las piezas, que se han conservado en perfecto estado interior y exterior, en las fracciones de las rotas, y en otras de aspecto negro, es siempre muy baja.

Ante estos resultados sorprendentes tenía que concluirse que se estaba en presencia de un material común, elaborado con oro metálico, en gránulos finos o simples cristales reducidos de una solución aurífera, oro precipi-

tado, como el que se puede obtener en el laboratorio por los variados métodos que se emplean para los metales preciosos puros.

El cuadro siguiente, compendia el resultado del análisis de unas cuantas piezas de oro y de *Tumbaga*, hechos con este material por los indígenas.

| Pieza Nº del Musco del Oro | Nº | Aspecto | Densidad | Oro % | Plata % | Cobre % | Fotografía Nº |
|----------------------------|------|---------|----------|-------|---------|---------|-----------------|
| Hombre-ave ¹¹ | 269 | Tumbaga | 9,463 | 27,29 | 17,81 | 48,12 | 69 |
| Estatuilla | 382 | Tumbaga | 9,950 | 46,90 | 18,49 | 34,21 | 71 |
| Hombre-ave ¹¹ | 2026 | Tumbaga | 9,356 | 39,07 | 8,10 | 50,16 | 73 ₁ |
| Hombre-ave ¹¹ | 3038 | Tumbaga | 8,263 | 37,57 | 6,90 | 44,22 | 73 ₂ |
| Alfiler | 3669 | Oro | 10,733 | 75,21 | 17,45 | 5,98 | 74 ₁ |
| Pendiente | 4801 | Oro | 8,959 | 72,43 | 18,16 | 8,26 | 74 ₂ |
| Pendiente | 6521 | Oro | 9,148 | 70,05 | 17,88 | 9,29 | 76 |
| Hombre-ave | 6686 | Tumbaga | 9,012 | 53,92 | 9,01 | 33,45 | 75 |
| Pectoral | 4453 | Tumbaga | 6,650 | | | | |

Todas estas piezas que hemos mencionado, y como ellas, todas las fabricadas por el procedimiento en frío, tanto las de oro, como las de *Tumbaga*, y que han sido calentadas después de hechas, pulidas o gratadas, en el exterior, para darles consistencia y brillo de oro, o simplemente doradas, presentan una superficie intacta, y en el interior una forma granulosa, semi-cristalina y friable, constituida por oro reducido.

Para ilustrar este punto, hemos tomado fotografías aumentadas de cortes y de los fragmentos del alfiler Nº 3669 típico de esta técnica (Nos. 60, 61, 62, 63 y 64).

Para mejor prueba demostrativa y ejemplo de esta técnica, que parece ser Quimbaya, nos vamos a detener un poco en la pieza Nº 382, por ser ésta, una de las más representativas del procedimiento en frío, no superado, ni en los tiempos modernos.

La fotografía Nº 65 muestra la figura tal como fue hallada, incompleta, con las extremidades rotas y otros desperfectos lamentables.

Entre otras revelaciones, esta pieza nos indica, que la *Tumbaga* también puede hacerse por el procedimiento en frío con los metales precipitados mezclados, cuyos detalles describiremos más adelante. Fue hecha de *Tumbaga*, modelada en frío sobre corazón de arcilla.

La pierna derecha tiene una rotura que permite ver el interior hueco y relleno con material del molde o corazón primitivo. La capa más exterior es brillante y de aspecto de oro metálico, de color amarillo rojizo, superficie muy pulimentada. La capa interna, de color carmelita oscuro, aspecto granuloso, blanda y friable, susceptible de gran pulimento, con sólo frotar con un objeto duro y liso.

La fotografía Nº 66, tomada con aumento, muestra este sitio, formado por una costra metálica que recubre la masa de la capa subsiguiente de oro negro. Con aumento doble del anterior está tomada la fotografía Nº 67 del mismo sitio que muestra con mayores deta-

lles, la capa exterior, que en la parte indicada, tiene un espesor de 0,2 milímetros, y la capa de oro amasado llega hasta cinco milímetros de espesor.

La microfotografía Nº 68, aumento x20, tomada en un borde de la rotura, muestra la superficie brillante, y las partes oscuras que corresponden a vacíos interiores, característicos.

Las fotografías Nos. 69 y 70 de las partes anterior y posterior del tunjo de oro amasado Nº 4801, desgraciadamente muy roto, son de una pieza que se presta muy bien para el detalle de este tipo de manufactura indígena. Se encuentra como otras, muy rota, porque son muy frágiles, y esto indica o explica por qué han llegado hasta nosotros, en poca cantidad, relativamente comparada a la de las restantes.

Otra figura interesante, de la misma clase y calidad, es la pieza Nº 6521, cuya fotografía Nº 71 sobre papel cuadrado la muestra casi de tamaño natural. Este tunjo, muy roto, lleva los brazos separados y doblados hacia el frente, aprisionando un instrumento, y entre éstos y la cara, una nariguera superpuesta.

Por la acción del tiempo y los agentes naturales, la superficie ha tomado una coloración verdosa, debida a la formación de *cardenillo* (carbonato de cobre). Es susceptible de gran pulimento, y como todas las piezas de su especie, el interior es de oro negro reducido.

La microfotografía Nº 72, aumento x25 está tomada sobre la parte correspondiente al segundo dedo del pie derecho, y muestra una fisura que deja ver el interior de estructura granulosa, como ya lo hemos indicado en otras ocasiones, propio de estas joyas.

Hemos traído el ejemplo del pendiente Nº 6521 de las fotografías 69 y 70, para poder mostrar lo imposible que sería fabricarlo, ni siquiera por el sistema de la *cera perdida*, porque las partes ocupan en el espacio posiciones difíciles de llenar por el material fundido. Por el sistema del modelado en frío, sí es posible colocar como aparece en esta pieza, encima de la cara, la nariguera de oro fundido, y sobre ésta una forma rara que aprisionan las manos, con los brazos levantados, hechos de oro negro todo unido a la boca.

¹¹ Estas piezas tienen un baño de oro fino (Ley 0,980) posiblemente dado por el procedimiento de la sal, que más adelante indicaremos.

Con el oro precipitado debieron fabricar los aborígenes, las piezas más delicadas de su orfebrería. En efecto, el oro en este estado, mezclado con una sustancia plástica y aglutinante, se puede trabajar humedecido, de la misma manera que la arcilla; amasar, moldear, directamente con las manos. Se le puede modelar con relativa facilidad, vaciarlo semilíquido en moldes abiertos, o inyectarlo en cerrados, trabajarlo con espátulas y gradines y fijarle partes metálicas. El objeto una vez seco, por simple calcinación adquiere la dureza necesaria, consistencia que puede hacerse todo lo fuerte que se quiera por un calentamiento proporcional, hasta darle aspecto de oro fundido, calentándolo al rojo.

Fría la pieza, es susceptible de adquirir el brillo y pulimento que se desee, por simple gratado, con aspecto completo de oro fundido, como lo presentan las joyas del Museo del Oro, destacándose las vasijas Quimbaya, ejemplares de delicadeza y elegancia.

Muchas de las piezas similares del Museo del Oro, que tuvimos ocasión de examinar, posiblemente no fueron calentadas a una temperatura alta, sino que una vez bien secas, se calcinaron suavemente y después se pulieron, de que son ejemplo los alfileres Nos 5591 y 5589. Fotografía N° 73, confeccionados con oro precipitado.

El primero, después de hecha la figura principal, en el material que se ha especificado, le fue incorporado el objeto en forma de tridente, que lleva en la mano izquierda, que está hecho en alambre de oro fundido, las orejeras, la diadema de la cabeza y el gran pectoral, hechos también de oro fundido. Todo el resto de la figura, incluido el alfiler, son de oro reducido y amasado en frío.

El alfiler de la derecha de la fotografía, que parece representar una mujer en estado grávido, que sostiene en sus brazos un niño, íntegramente está hecho del mismo material.

Nada se sabe sobre la significación de las figuras, que adornan o constituyen estas joyas indígenas, ni lo que representan, pero indudablemente los artistas que las labraron debieron hacerlo con alguna finalidad y con un hondo sentido de la vida.

Este tipo de piezas, hechas según una misma técnica y una misma idea directriz artística, servirá, indudablemente a los etnólogos, para el establecimiento de alguna relación o explicación de las incógnitas indígenas.

La *Tumbaga*, material tan característico de la orfebrería Chibcha, en el cual predomina el cobre, fácilmente puede elaborarse con mezclas de los metales componentes en estado precipitado. Algunas piezas del Museo del Oro, clasificadas como de *Tumbaga*, al ser analizadas resultaron ser hechas según esta técnica.

Las notables piezas Nos. 269, 2026, 3038 y 6686, de un mismo estilo y manufactura, de aspecto de oro fino, por haber sido doradas, son muestra también de esta técnica. Todas son frágiles y son de *Tumbaga*, como se indica en el cuadro respectivo.

Al atacar con ácido nítrico diluído, queda de manifiesto la estructura cristalina de la *Tumbaga* rica en cobre, exactamente lo mismo que la de las piezas de *Tumbaga* fundida.

El oro de aluvión contiene algunos metales y metales extraños, que aún en pequenísimas cantidades, lo hacen impropio para trabajarlo, especialmente, la laminación, martillado, repujado, acuñación y en joyería. Estas impurezas, en losoros de la región Chibcha, generalmente son: Osmio, Iridio, Platino, Bismuto, Arsénico, Antimonio, Hierro, Plomo, Zinc. Las combinaciones que estos metales forman con el oro, son estructuras cristalinas, algunas de las cuales producen la segregación, o modifican profundamente la ductibilidad y maleabilidad, y variando las dimensiones del retículo, especialmente con los componentes de otros sistemas distintos del cúbico, hacen variar las propiedades mecánicas y físicas, hasta tales límites, que no es posible su manipulación sin previo afinado. Los joyeros denominan *agrijo* al oro que no es dúctil y maleable o dulce, al que se deja trabajar fácilmente.

Para poder fabricar los grandes pectorales, narigueiras, orejeras, diademas y tantas piezas que fueron hechas por martillado y repujado, es indudable que los aborígenes debieron afinar el oro que usaron para confeccionarlas. Es cierto que algunos oros nativos son muy dulces, pero no lo suficiente para poder convertirlos en láminas tan delgadas, y de las dimensiones que se presentan en los ejemplares del Museo del Oro.

Parece que la refinación del oro nativo fue extensamente usada, no sólo para este fin, sino para el dorado de las piezas de ley baja y de *Tumbaga*, con el fin de darles apariencia de oro fino, y para su mejor conservación.

El mismo procedimiento, afina o dora, según se manipule el metal, y muy posiblemente, este hecho pasó desapercibido para los cronistas, porque verificándose las dos en caliente, y con unos mismos materiales y quizás, con los mismos utensilios no pudieron diferenciarlas de la simple fundición.

En la Casa de Moneda de Bogotá, que principió a acuñar oro desde el año de 1627, se usó para afinar el oro, un procedimiento no conocido en Europa, que no pudo ser otro que el de los maestros orfebres Chibchas. Desde entonces, se afinó el oro, exclusivamente por este método, que los españoles aplicaron con provecho, por su sencillez y eficacia, argumento que queda probado, por la cantidad de oro que se acuñó y que se afinó por este método.

Según los libros de acuñación, desde aquella época se acuñaron:

De 1627 a 1753 421.617 marcos¹²

De 1653 a 1810 394.131 "

De 1810 a 1830 152.182 " (época de la independencia)
o sea en pesos de aquella época \$ 131.638.480.00.

Copiamos a continuación la parte pertinente, sobre la afinación del oro en la Casa de Moneda de Santafé (Bogotá) del Informe del Fiel Fundidor, el año de 1797, Don Luis Ortega y Padilla, al Superintendente de la Casa¹³.

¹² un marco = 230 gramos.

¹³ Libro 8º, Contaduría, 1792-1805. Páginas 73 y siguientes.

Dice así: ... "Separadas todas las piezas agrias y bajas, se hacen pesadas de cien en cien mars. para saber de q^e cantidad de marcos de oro se ha de haser¹⁴ la granalla para dentro al simiento¹⁵. Se funden todas estas piezas en tres, quatro o más crasadas, cada crasada de estas se bacea con mucha lentitud en otras ollas grandes o calderos llenos de agua fría muy medida, para que al tiempo de caer el metal dentro de estas piezas quede hecha la granalla, en partes muy menudas, y luego que se bacea cada crasada, se sacan las granallas de los calderos para renovarles la agua fría y seguir baseando la granalla que falta para completar la porción de oro que se ha separado para este veneficio; por q^e hay ocasiones que asiende hasta novesientos marcos. Hecha toda la granalla q^{ue} hade entrar asimentarse en los Hornos de afinación (que manda el auto 59 acordado de Castilla. Lib. 5^o, Tit. 21 Cap^o 35 hayga en las Casas de Moneda) se laba muy bien en unas artesas grandes llenas de agua para sacarle las escorias y carbones; estos se hechan en las escobillas¹⁶ de oro por si tuvieran algunas partículas de oro que no se desperdicien. Se sierne toda la granalla por unas coladeras entre la misma agua para sacarles las lizes muy menudas que le quedan, porque entrando éstas con el demás oro a la afinación se experimentaba más desperdicio, y este oro muy menudo se hecha afinar en olla por separado; se misturan los agentes del simiento que se componen de sal vijua¹⁷ y ladrillo molido poniendo quatro partes de ladrillo y tres de sal. Esto humedecían anteriormente con vinagre de Castilla, y por su mucho costo después con orines, ahora para evitar su fetides se hace con agua sal. Dispuesto en esta forma los referidos agentes se preparan unas ollitas de barro (que llamamos cascós) y entre estas humedecidas con agua sal por dentro se ba hechando una capa de tierra bien pisada y otra de granalla de oro hasta q^{ue} llega a la superficie de la ollita la última capa de la tierra del agente; estando pisadas las ollas (que algunas veces llegan asiento y cinquenta, o siento secenta según la cantidad que hay de oro) se tapan estas en la voca con tejos y greda (arcilla plástica) se cargan en los hornos y se les pone fuego con leña. Estando prendidos los hornos a cargo y cuidado de los mosos trabajadores que previenen los capitulos segundo de la Ordenanza 13 y 28 que deve haver en la fundición (que aquí le llamamos Leones) llevan estos el fuego igual día y noche por espacio de quarenta y ocho oras más o menos, según se nesecita que suban de ley o afinen los oros. En esta operación de afinación suelen suceder algunos trabajos o casos imprebistos e irremediables aunq^e no siempre; como romperse las ollas con el fuego, fundirse los oros junto con los agentes hirse las parrillas y haver algún desperdicio en esto, más cuidado que se lleve en raspar los ornos después de frío y beneficiar las tierras, senisa y carbón que sales de los ornos. Reconociendo estar ya fríos los ornos se sacan las ollas y se humedecen con agua para q^{ue} no haya tanto desperdicio al molerlas y se majan muy bien en unos morteros de fierro. Estando ya molidas todas las ollas se laban las tierras para sacarles el oro simentado que tienen, remoliendo el granzón que se saca de las tierras en cada lavada por q^e a este le

quedan algunas partículas de oro. Executadas tres lavadas de la tierra del simiento en la forma q^e queda dho. se le dan otras dos con azogue muy despacio de la que se saca el oro de onze a doce quilates por la plata que tiene las tierras y recoje el azogue con el oro. Con todo este trabajo en la antesedente operación hemos conseguido que no se les baya tanto oro a las platas, como sucede en Popayán, por R^l Orden dada en Madrid a 17 de Diciembre de 1789 pidió y se mandaron veinte y cinco marcos de Plata de la de simiento de esta Casa Real para haser allí el apartado del oro en dha. cantidad de marcos; y por otra R^l Orden dada en el mismo Madrid a 18 de Diciembre de 1791 que dice se han executado los ensayes más prolijos y no alcanza el oro que tiene la plata a dar el costo de la operación y se manda que se continúe en esta Real Casa inbirtiendo la plata del simiento en lavor de quartillos y no se remita a la Corte. Sacada ya toda la granalla de oro simentado y reelabada en aguas dulces, se fubde en una, dos o más crasadas y se bacea en ricles cada crasada de por sí, tomando los Ensayadores el bocado de cada una de ellos para ensayarlo y saber q^e ley tiene el simiento que regularmente sale poco más o menos de 23 quilates, y se pesa cada crasada por separado para saber que merma de peso ha tenido todo el simiento por lo que sube la ley en esta operación que suele ser un veinte y veinte y cinco por ciento. Declarada la ley del simiento por los Ensayadores toman éstos los mapas para hacer la aleación..."

Todavía, en la Casa de Moneda se conservan ollas de las mismas que se usaban hace muchos años, para la afinación del oro nativo. Las fotografías Nos. 77 y 78 las muestran. Son de barro cocido, del mismo material con que se hacen en algunos pueblos de Boyacá, las vasijas para usos domésticos, por los actuales descendientes de los Chibchas. Es barro sin vidriar, lo cual las hace muy porosas y aptas para el objeto. Son de dimensiones pequeñas, desprovistas de asas y de forma que se pueden colocar unas sobre otras.

Las reacciones químicas que se suceden en el proceso de afinación del oro mezclado con arcilla y sal común, son las siguientes: A la temperatura del rojo naciente, por la acción de la sílice, se produce cloro naciente, el cual ataca todos los metales, inclusive al oro. Los cloruros formados se volatilizan. El de plata, en casi su totaliad es absorbido por la arcilla y el de oro se descompone instantáneamente a medida que se va formando, reduciéndose a oro fino. Así pues, los gránulos de oro quedan recubiertos por una capa de metal fino, tanto más gruesa, cuanto mayor tiempo dure y más alta haya sido la temperatura. Por esta razón, para el mejor éxito de la operación la granulación del oro debe ser bien fina para facilitar la acción del cloro naciente.

DORADO DE LAS PIEZAS

Repetidas veces fuimos sorprendidos por las grandes diferencias obtenidas en los ensayos, lo cual provenía de estar la pieza recubierta de una capa de oro fino, o de tener mejor ley que el resto o interior de la misma pieza. Esto provenía de haber sido sometida a un procedimiento de dorado o recubrimiento de oro de mejor ley.

Pudimos comprobar lo siguiente: Si una pieza de oro de cualquier ley, v. g. *Tumbaga*, se somete por mu-

¹⁴ Hemos conservado la ortografía y redacción originales.

¹⁵ Simiento. Se designa la mezcla de oro, granallado y arena, arcilla y sal para afinar en recipientes especiales y en los hornos llamados de *simentar*.

¹⁶ Escobillas. Residuos y escorias de la afinación del oro.

¹⁷ Vijua. Sal (cloruro de sodio) natural cristalizado.

chas horas a una temperatura inferior a la de su fusión, dentro de una mezcla, bien apisonada de arcilla y sal íntimamente mezclados, los fenómenos químicos que se suceden son exactamente los mismos que en la afinación por la sal, que ya hemos descrito, removiéndose de la superficie los metales bajos oxidables, y parte de la plata, dejando una capa de oro tanto más gruesa, cuanto más tiempo haya durado el fenómeno. De esta manera y mediante un pulimento conveniente, la pieza toma una apariencia de oro fino.

Gran número de piezas indígenas de las del Museo del Oro, fueron sometidas por sus artífices a la operación del dorado. Aparentemente su ley es buena, pero por lo general, las piezas que han sufrido este tratamiento son *Tumbaga*, o de ley muy baja. Las bellas narigueras Sinues que ya citamos atrás, Nos. 6118, 1395 y 98, no son de oro fino, sino *Tumbaga* afinada por este procedimiento.

Algunas piezas fabricadas por el procedimiento en frío, también fueron doradas por el sistema descrito, como puede verse en la fotografía N° 79 de la pieza N° 6749, que es un disco de *Tumbaga*, de nueve y medio centímetros de diámetro. Esta pieza fue pulida y también repujada en los bordes. El interior es una mezcla de cobre y de oro precipitados. Por la acción del tiempo, por una fisura se oxidó parte del cobre libre, y quedó oro negro. Por la acción del ácido nítrico diluido, son fácilmente separables el cobre y el oro. Al microscopio, después de un lavado con amoníaco, se observan gránulos y zonas de cobre puro, dentro de la masa del oro. La fotografía N° 80 con un aumento x 3 muestra la película de oro fino, que ha sido removida. El fondo es pura *tumbaga*.

TRABAJO DEL ORO EN FRÍO

No hay duda que las piezas elaboradas por los indígenas a que hemos hecho alusión, lo han sido con oro reducido o precipitado de una solución. El oro es uno de los metales más insolubles y era difícil suponer cómo procedieron aquellos hombres para poder llevarlo a la forma de sales, y, de estas precipitarlo para hacerlo apto para su orfebrería. En vista de sus obras tan numerosas e interesantes, caben varias explicaciones. Disponían de oro de aluvión muy fino, como el de algunas regiones del Chocó, Cauca y Antioquia. Sabían fundir el cobre y el oro y hacer aleaciones de estos metales, como la *Tumbaga*, de fácil fusión y licuación perfecta. Disponían también de sal vijua, nitro, sulfatos y carbonatos alcalinos, azufre, sulfuros, caparrosa azul y verde, afinaban el oro; sabían acelerar la combustión, en hornos ideados por ellos mismos; fabricaban crisoles y material altamente refractario para moldes complicados; eran maestros consumados en el moldeo y en el arte del vaciado. Con tan grande ingenio y recursos naturales y sin tener para ellos ninguna importancia el factor tiempo, bien pudieron fundir el oro en polvo incuarcado o sin incuarcado en medio alcalino con azufre, para obtener sulfuros solubles, o sales semejantes fácilmente reducibles, con los mismos metales o con jugos vegetales dulces de numerosas plantas, que por tener grupos aldehídos o cetónicos, sirvieron admirablemente para depositar el oro de sus soluciones.

En las piezas fabricadas con este tipo de oro, se encuentra invariablemente, rastro de cloruros, cobre, plata,

silíce, que probablemente provinieron del licor primitivo.

Para probar nuestra hipótesis, resolvimos fabricar, a la manera de nuestros ancestrales, objetos de oro precipitado, tratando de hacerlo, con los mismos recursos, en las mismas circunstancias, y siguiendo una técnica que interpretara la de aquellos aborígenes, cuyas obras son verdadera reivindicación de su saber.

El oro, la plata y el cobre precipitados, se pueden mezclar en todas las proporciones y así obtener finalmente los tipos y colores, de la misma apariencia que fundidos. Para esto, en un mortero se mezclan los componentes íntimamente, valiéndose de una solución de silicato de soda al 20%, hasta obtener una masa plástica homogénea, con la cual se pueden llenar moldes de arcilla, cera o de metal. Se deja trabajar con gradines, o vaciar a presión la masa húmeda, o sobre un corazón de arcilla y carbón, modelar figuras, etc.

Hecha la pieza se deja secar muy bien a la temperatura ambiente, teniendo cuidado de no hacerlo muy rápidamente, porque pueden ocurrir agrietamientos. Se le deja hasta que adquiera una dureza tal que no se pueda rayar con la uña, y en seguida se calienta suavemente, subiendo poco a poco la temperatura, hasta el rojo naciente. Para evitar deformaciones, se calcina manteniéndola con sonportes adecuados. En esta operación hay una contracción considerable, hasta un cuarto de su volumen. Después de fría, se brilla con gratas, y entonces toma una perfecta apariencia de fundida.

La pieza N° 81 se hizo con una mezcla de 84% de oro y 16% de plata, ambos metales en forma de precipitados, y preparados como se acaba de decir. Es una reducción de una de las piedras de San Agustín. El modelo se hizo en yeso.

La fotografía N° 82 es la de una mascarita Quimbaya original, pieza N° 6975 y la más pequeña es la copia por el método en frío con oro precipitado. Puede observarse la reducción que se opera en el proceso.

La fotografía N° 83 es de dos *torteros* Chibchas, o peso que lleva el huso de hilar. El superior es de oro de 0,950 y el inferior es de ley 0,900. Los indios parece que no los fabricaron de metal sino en pizarras o de barro cocido. Ambos se hicieron con oro precipitado moldeando sobre yeso-piedra.

La fotografía 84 corresponde a dos figuritas copiadas por impresión sobre las originales y modeladas por el procedimiento en frío.

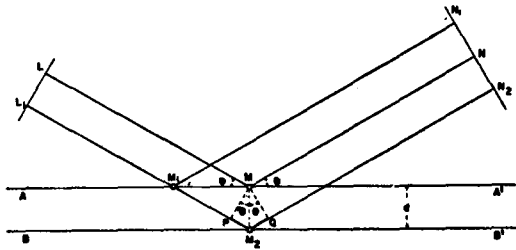
LEY DE BRAGG

La radiación X de longitud λ al chocar con un cristal, se refleja aparentemente de manera semejante a como lo hace un rayo luminoso sobre un espejo, pero en este caso, el plano reflector es el formado por los mismos átomos del cristal. El ángulo con la dirección original es siempre igual a 2θ llamado ángulo de Bragg.

La radiación reflejada conserva la longitud de onda inicial, y, ésta depende de la naturaleza del anticátodo, que para este caso es el cobre con el cual se origina la radiación de longitud de onda 1,4521 Å°.

La figura 3 nos explica el mecanismo de la reflexión: Consideremos una serie de planos atómicos en el cristal los cuales están dispuestos paralelamente y representémoslos por las líneas AA^1 y BB^1 .

Sea un haz monocromático de rayos X que incide con la dirección LM formando un ángulo θ con los planos atómicos. La línea LL^1 representa la cresta de las ondas que se aproximan. Esta cresta reacciona con los átomos del cristal y genera una radiación, cuya cresta a su vez, toma la dirección LMN . Otra onda producida de la misma manera, en otros átomos M^1 produce una



n = número entero
 λ = longitud de onda
 d = distancia interplanar
 $PM_2Q = n\lambda$
 $PM_2 = M_2Q = d \text{ sen } \theta$

∴ Ley de Bragg: $n\lambda = 2d \text{ sen } \theta$
 $d = \frac{n\lambda}{2 \text{ sen } \theta}$ (1)

Se deduce en función de los índices cristalográficos

$$\frac{1}{d} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (2)$$

Siendo a = lado del cubo elemental, h, k, l , los índices

Eliminando "d" entre (1) y (2), se tiene:

$$\text{sen}^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4a^2} (h^2 + k^2 + l^2)$$

$$\therefore \text{sen}^2 \theta = K (h^2 + k^2 + l^2)$$

radiación en la dirección $L_1M_1N_1$ y como las distancias LMN y $L_1M_1N_1$, son iguales, las ondas producidas en M y M_1 se refuerzan entre sí, y lo mismo con otros átomos del mismo plano, cuando los rayos incidentes y los generados por los átomos, forman igual ángulo con el plano atómico.

Ahora, la condición suficiente para que se refuercen los rayos reflejados por los planos sucesivos del cristal, es que la diferencia de la trayectoria sea igual a un número entero de longitud de onda.

En efecto, en la figura, la distancia PM_2Q reúne estas condiciones, y por construcción $PM_2 = M_2Q = d \text{ sen } \theta$. Tenemos:

n = Número entero 1.2.3. ... (orden de difracción).

λ = Longitud de onda.

d = Distancia interplanar.

$$PM_2Q = n\lambda.$$

$$PM_2 = M_2Q = d \text{ sen } \theta.$$

$$n\lambda = 2d \text{ sen } \theta = \text{Ley de Bragg.}$$

Si se hace girar el cristal, de manera de presentar a la radiación incidente, otros planos atómicos, van apareciendo las radiaciones de los órdenes 1.2.3. ... de intensidad determinadas y en ángulos invariables, fenómenos para cada sustancia.

De la ley de Bragg se deduce la distancia interplanar:

$$d = \frac{n\lambda}{2 \text{ sen } \theta}. \quad (1)$$

Y en función de los índices cristalográficos, para el primer orden de difracción, se tiene:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{a^2}{h^2 + k^2 + l^2} \quad (2)$$

Siendo el lado del cubo elemental a y los índices cristalográficos h, k, l .

Eliminando a d entre (1) y (2), se tiene:

$$\text{Sen}^2 \theta = \frac{2\lambda}{4a^2} (h^2 + k^2 + l^2).$$

$$\text{Sen}^2 \theta = K (h^2 + k^2 + l^2).$$