

- 5. -
FLAUTAS

ARND ADJE BOTH

5.1 Flautas con tubo abierto

5.1.1 Flautas de piedra verde, Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur, Etapa constructiva VI, 1486-1502 d.C.)

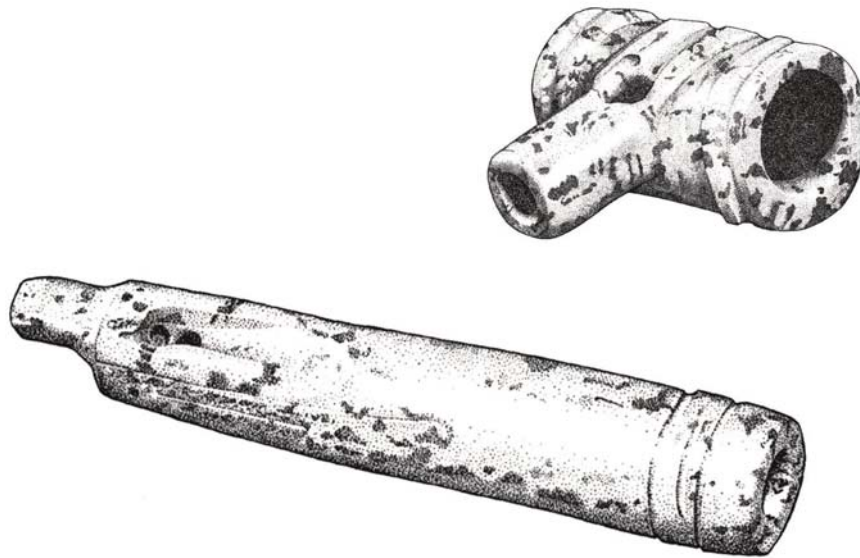


Figura 24. Flautas de piedra verde (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
Arriba: Tipo A, Elem. 176,; abajo: Tipo B-1.2, Elem. 247. Dibujo: Carolina Hohmann.

Las flautas de piedra verde rescatadas en la Ofrenda 78 del Templo Rojo Sur (Estructura F) representan hallazgos de alto valor, ya que se conocen muy pocos aerófonos mexicas tallados en piedra. En total, el conjunto está compuesto por cuatro flautas transversas y nueve flautas longitudinales, entre los últimos tres especímenes con orificios de digitación. Por su imperecedera materia prima, y el hecho de que no fueron fragmentadas ritualmente durante de su depósito, los artefactos sonoros se encuentran en un perfecto estado de conservación. A pesar de estas condiciones, no se logró hacer pruebas de sonido de cada instrumento. Se propone que esto se debe a que las flautas no se ejecutan "en seco" sino mojando su interior (véase Cap. 5.1.1.3).

Desafortunadamente, no existen datos pictográficos y, a excepción de dos términos en Nahuatl probablemente relacionados con los instrumentos – *quetzalchalchiuhtlapitzalli* y *chalchiuhhuilacapitzli*, que significan “flauta de piedra verde” y “flauta de piedra preciosa”, respectivamente, la información etnohistórica es prácticamente ausente.⁹⁴ En consecuencia, el contexto arqueológico de los aerófonos y su simbolismo instrumental, así como los efectos psicoacústicos generados por la interferencia de sus altas frecuencias, representan las fuentes más relevantes para una reconstrucción de su significado en la música ceremonial mexicana (véase Cap. 9.1 y 10).

5.1.1.1 Contexto arqueológico

La Ofrenda 78 consistía en una caja de sillares sin tapa, construida dentro de la plataforma del Templo Rojo Sur (Estructura F) localizado en el costado sureste del Templo Mayor contemporáneo con la Etapa constructiva VI (1486-1502 d.C.) (Fig. 4).⁹⁵ La caja, cuyas paredes interiores y piso estaban estucados y pintados en rojo, tenía 157 cm de longitud, 97 cm de anchura y 150 cm de profundidad. Tenía una laja saliente empotrada en el muro este formando un escalón para facilitar el acceso. El depósito muestra algunas particularidades, que han llegado a señalar como una “ofrenda única”,⁹⁶ aun se destaca una cierta semejanza con el Hallazgo No. XXVII del Templo Rojo Occidental (Estructura H) y, quizás, con la Ofrenda M del Templo Rojo Norte (Estructura C), sugiriendo un complejo de ofrendas relacionadas íntimamente con el culto mexicana de la música vinculado con los Templos Rojos (véase Cap. 4.1.1.2).

Olmedo Vera propuso que la ofrenda consistió de cuatro niveles de deposición.⁹⁷ Sobre el piso de la cista los mexicas colocaron una franja en una disposición este-oeste compuesta por peces y erizos de mar (Fig. 25, nivel 8 de la

⁹⁴ Los términos se mencionan en los Cantares Mexicanos (Schultze Jena 1957: 54-55, 144-145; Bierhorst 1985a: 164; 1985b: 348), desafortunadamente sin proporcionar información adicional relevante. El término *quetzalchalchiuhtlapitzalli* está compuesto de *tlapitzalli*, el término genérico para “flauta” (Molina 1992 Vol. II: fol. 132r.), y *quetzalchalchihuitl*, “piedra preciosa de color azul, o verde” (Molina 1992 Vol. II: fol. 89r.). El término *chalchiuhhuilacapitzli* está compuesto de *huilacapitzli*, otro término para “flauta” o “pifaro” (Molina 1992 Vol. II: fol. 157v.), y *chalchiuhuitl*, que significa “piedra preciosa” (Molina 1992 Vol. II: fol. 19r.).

⁹⁵ A continuación se refiere a la información del reporte semanal del trabajo de excavación redactado por Gómez Mont y López Luján (1981), la síntesis de López Luján (1993: 413-414), así como al estudio de Olmedo Vera (2002: 223-235).

⁹⁶ López Luján 1993: 413-414.

⁹⁷ Olmedo Vera 2002: 224.

excavación). En un área circular de aproximadamente 40 cm en el sector central colocaron un lecho de arena de mar y otros materiales del ambiente acuático, como conchas y caracoles. En el interior de la arena distribuyeron semillas carbonizadas no identificadas. Todas las oblacones de este primer nivel del depósito presentaron una pigmentación roja de hematita.

A continuación, colocaron dos grandes lajas de basalto en una disposición este-oeste, formando el segundo nivel de la ofrenda (Fig. 26, nivel 7 de la excavación). Las lajas representaron cuchillos de sacrificio personificados, cuya decoración policromada consistió en dos bandas en forma de moño y el rostro de *Xochipilli* en vista frontal con la boca "florida" abierta, indicando la posición de canto.⁹⁸ Entre las puntas de las lajas depositaron 19 cuchillos de sacrificio de pedernal con las puntas orientadas hacia el este. Dos cuchillos bifaciales de pedernal blanco que fueron pintados de rojo, dejando bandas semicirculares blancas mostrando una forma abstracta de la decoración de las lajas.⁹⁹

Las flautas de piedra fueron colocadas en el tercer nivel directamente encima de las lajas.¹⁰⁰ Formaron parte de un gran lote compuesto por objetos de piedra verde, concentrado al centro de la ofrenda (Figs. 28-31, niveles 3-5 de la excavación). Todas las flautas longitudinales (Tipos B; C; D) fueron depositadas en una fila en dirección norte-sur con la bocina apuntando hacia el oeste. La flauta del Tipo D fue colocada en la unión de las dos lajas, ocupando un lugar central de la ofrenda. A diferencia, las flautas transversas (Tipo A) fueron depositadas en pares encima de la laja norte y sur, respectivamente, así enmarcando la fila de las flautas con tubo recto en los extremos norte y sur. Además, en el sector central de la ofrenda depositaron sin orientación principal 40 representaciones votivas de instrumentos musicales en miniatura, en total 20 caparazones de tortuga (*ayotl*), diez tambores trípodes (*huehuetl*) y nueve xilófonos de lengüetas (*teponaztli*), así

⁹⁸ Olmedo Vera 2002: 103-118, Fotos 14-15. Lajas muy semejantes se rescataron en la Ofrenda M del Templo Rojo Norte (Olmedo Vera 2002: 236-237, Foto 142) y en las excavaciones de salvamento arqueológico realizados en el Palacio Nacional (Jiménez Badillo 2003: 96-97, Foto 5).

⁹⁹ Es de suponer que las grandes lajas y algunos de los cuchillos de pedernal representan piedras sonoras (litófonos), dado el caso que no únicamente presentan una alta sonoridad, sino también conservan un pulido marcando las zonas en donde se puede percudir logrando un mejor sonido. No obstante, queda la duda si se usaron estos objetos como instrumentos musicales ya que no se han encontrado objetos verificables como percutores y, a excepción de las representaciones de piedras sonoras dentro de las ofrendas de los Templos Rojos Sur y Occidental (Castañeda y Mendoza 1933: 215-217, Foto 87; Olmedo Vera 2002: 158, Foto 53), no existe información iconográfica y etnohistórica al respecto.

¹⁰⁰ Véase Olmedo Vera 2002: Fig. 29.

como un fragmento de alabastro (travertino) simulando a una flauta tubular.¹⁰¹ Uno de los objetos votivos que simulan a un *teponaztli* está ahuecado y presenta una tapa y dos pequeñas esferas de piedra en su interior, por lo cual se clasifica como una sonaja. Muestra un relieve representando a la diosa *Itzpapalotl* ("mariposa de obsidiana"), una advocación de la diosa madre relacionada con el inframundo y el *tamoanchan*, el mítico lugar de nacimiento.¹⁰²

El lote de objetos de piedra verde contenía, además, trece pendientes en forma de punta de flecha apuntando hacia el oeste, orejeras circulares, ocho esculturas antropomorfas de estilo mixteco representando a *Tlaloc* (penates *Tlaloc*), quince cetros serpentiformes (11 elementos colocados en dirección este-oeste al lado de las esculturas de *Tlaloc* y cuatro elementos colocados en dirección norte-sur), máscaras antropomorfas representando a *Tlaloc*, así como esculturas antropomorfas de personajes no identificados y tres esculturas zoomorfas representando a una rana estilizada, una serpiente enroscada y un ave con las alas extendidas.

Asociados a estos elementos distribuyeron 19 cascabeles de cobre formando tres agrupaciones depositadas sobre la laja norte, en la unión de las lajas y sobre la laja sur, así como un sartal compuesto por trece pendientes de caracoles marinos del género *Oliva* depositados en una disposición norte-sur. Además, en el mismo nivel dispersaron irregularmente copal y abundante material marino, como caracoles, conchas, peces y erizos de mar. En la parte central de la ofrenda, entre los dos cuchillos monumentales, fue colocado longitudinalmente un gran caracol del género *Xancus* y un cuchillo de sacrificio de pedernal, el cual cubría la flauta del Tipo D y los cascabeles de la agrupación central. Entre los últimos objetos de este nivel depositaron una gran cantidad de cuentas de piedra verde (400 elementos). Los dones mostraron una pigmentación roja de hematita, que cubrió la totalidad del área.

El cuarto nivel (Fig. 32, niveles 1 y 2 de la excavación) consistió casi exclusivamente en representaciones votivas de instrumentos musicales manufacturados en tezontle (piedra volcánica porosa), piedra basáltica y cerámica (tres raspadores de hueso, un caparazón de tortuga, tres xilófonos de lengüeta,

¹⁰¹ La representación de la flauta representa el único objeto del conjunto no tallado en piedra verde. Olmedo Vera (2002: 130, Foto 26) clasificó este objeto como la representación esquemática de un personaje con tocado, pero no hay duda de que representa la embocadura y la parte del tubo resonador de una flauta tubular.

¹⁰² Olmedo Vera 2002: 149-152, Foto 44, Figs. 24a-b. Véase Heyden 1974: 3.

una piedra sonora, tres sonajas de calabaza, cinco bastones de sonajas, tres timbales, tres flautas tubulares, tres trompetas cilíndricas, una trompeta-silbato), así como por artefactos sonoros de cerámica ritualmente fragmentados (un tambor cilíndrico y dos timbales efigie con el rostro de *Xochipilli* sobrepuesto en la olla). En el mismo nivel depositaron una máscara representando al rostro de *Xochipilli* con nariz prominente y un disco espiral con un lazo en el centro, así como la figura de una cinta enrollada con moño. Además, depositaron cuchillos de sacrificio, un cráneo y las falanges de un águila dorada (*Aquila chrysaetos*), placas del caparazón de un armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y los restos óseos de peces de piel áspera o espinosa. El material del cuarto nivel formaba un amontonamiento irregular en el sector norte de la ofrenda. Recargado sobre la pared norte colocaron una tercera laja simulando a un cuchillo de sacrificio monumental decorada con bandas semicirculares blancas sobre el fondo rojo. Finalmente, rellenaron la ofrenda con tierra y tezontle.

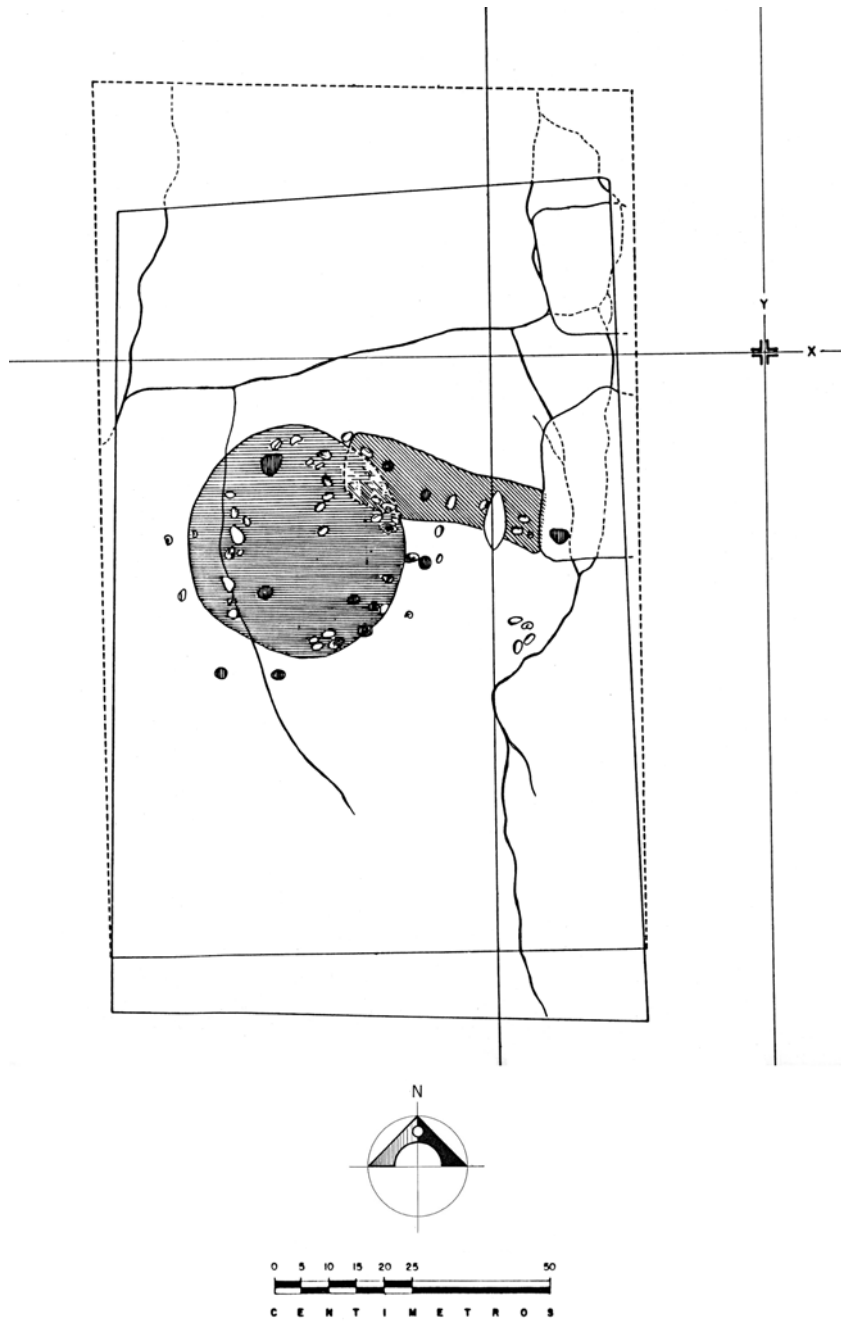


Figura 25. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 8 de la excavación.

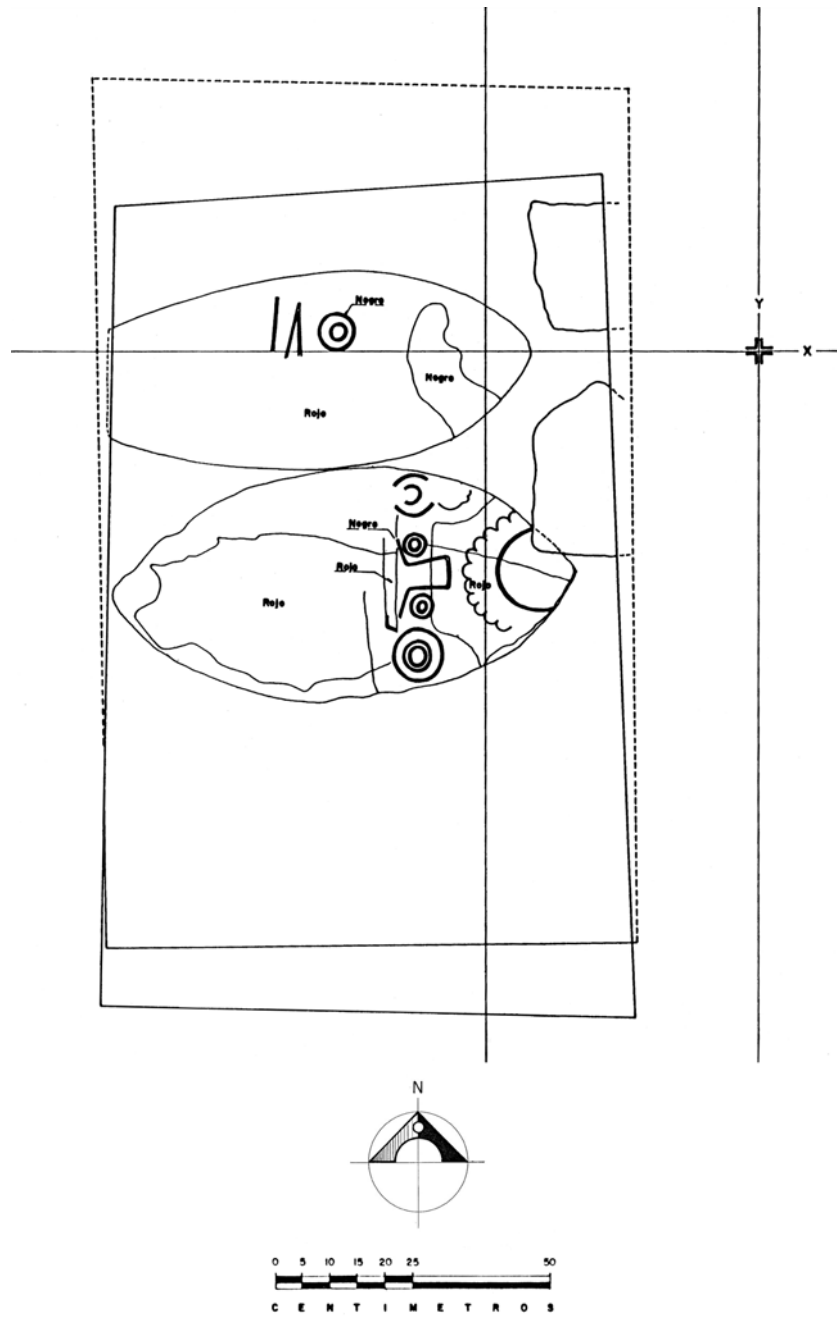


Figura 26. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 7 de la excavación.

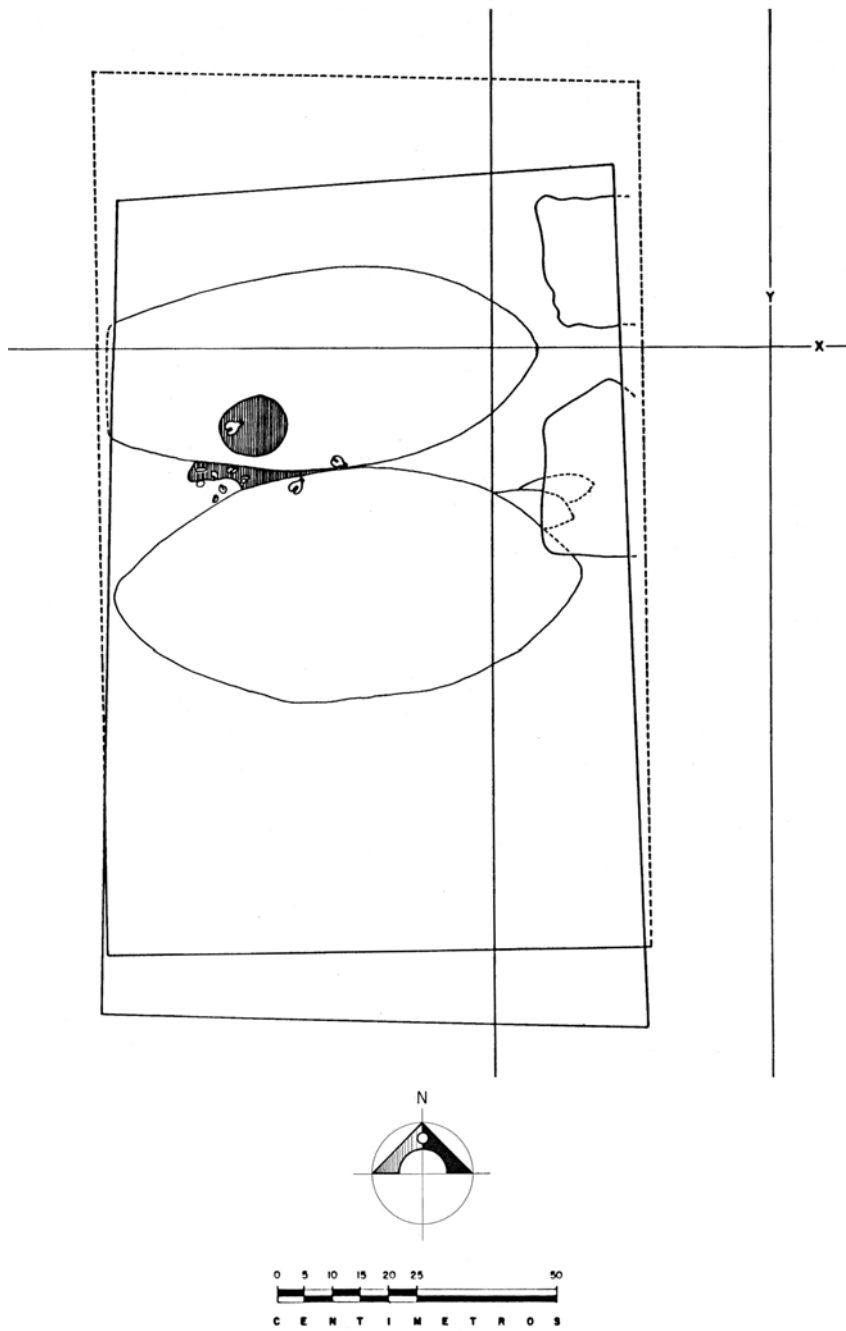


Figura 27. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 6 de la excavación.

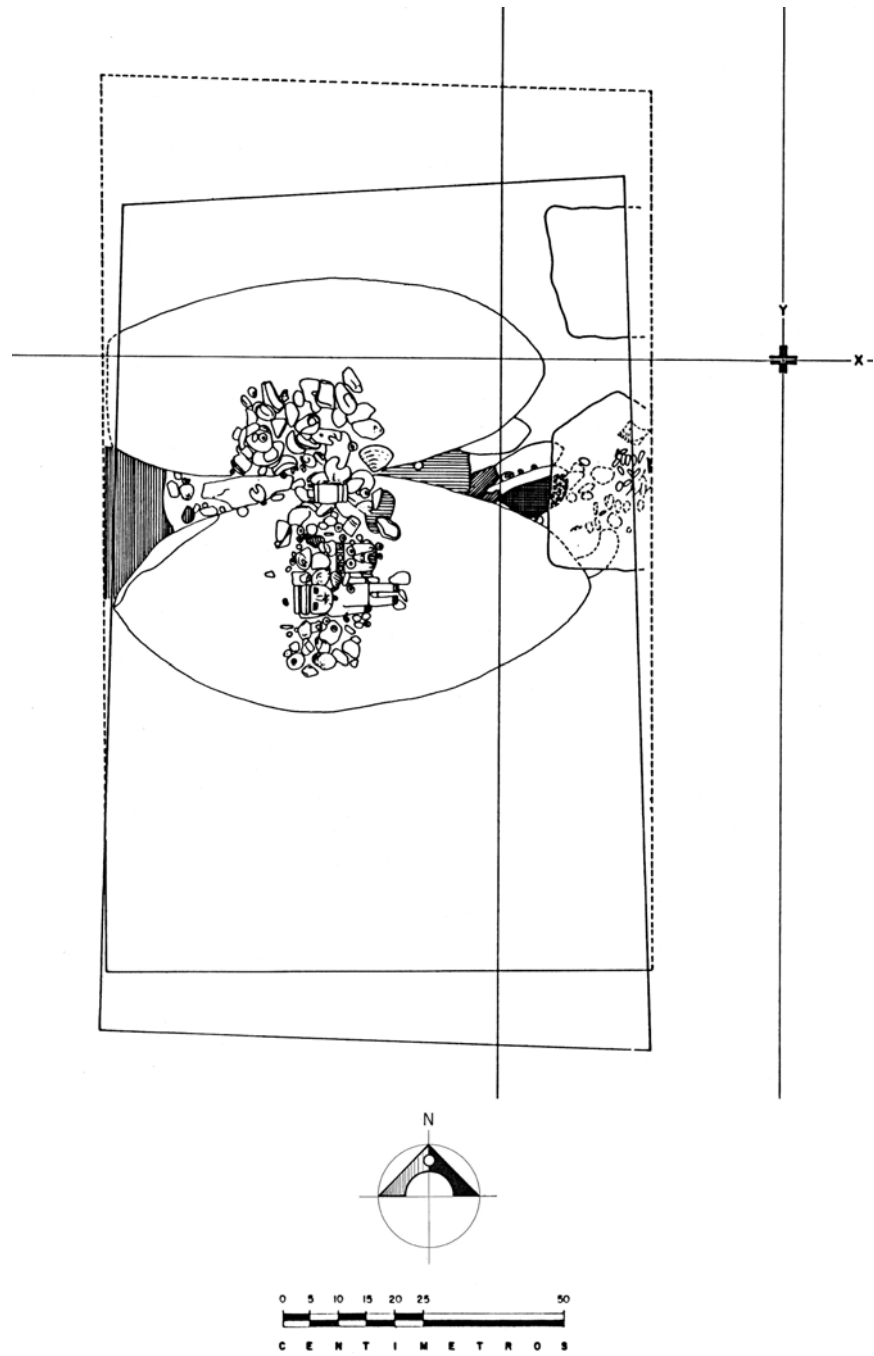


Figura 28. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 5 de la excavación.

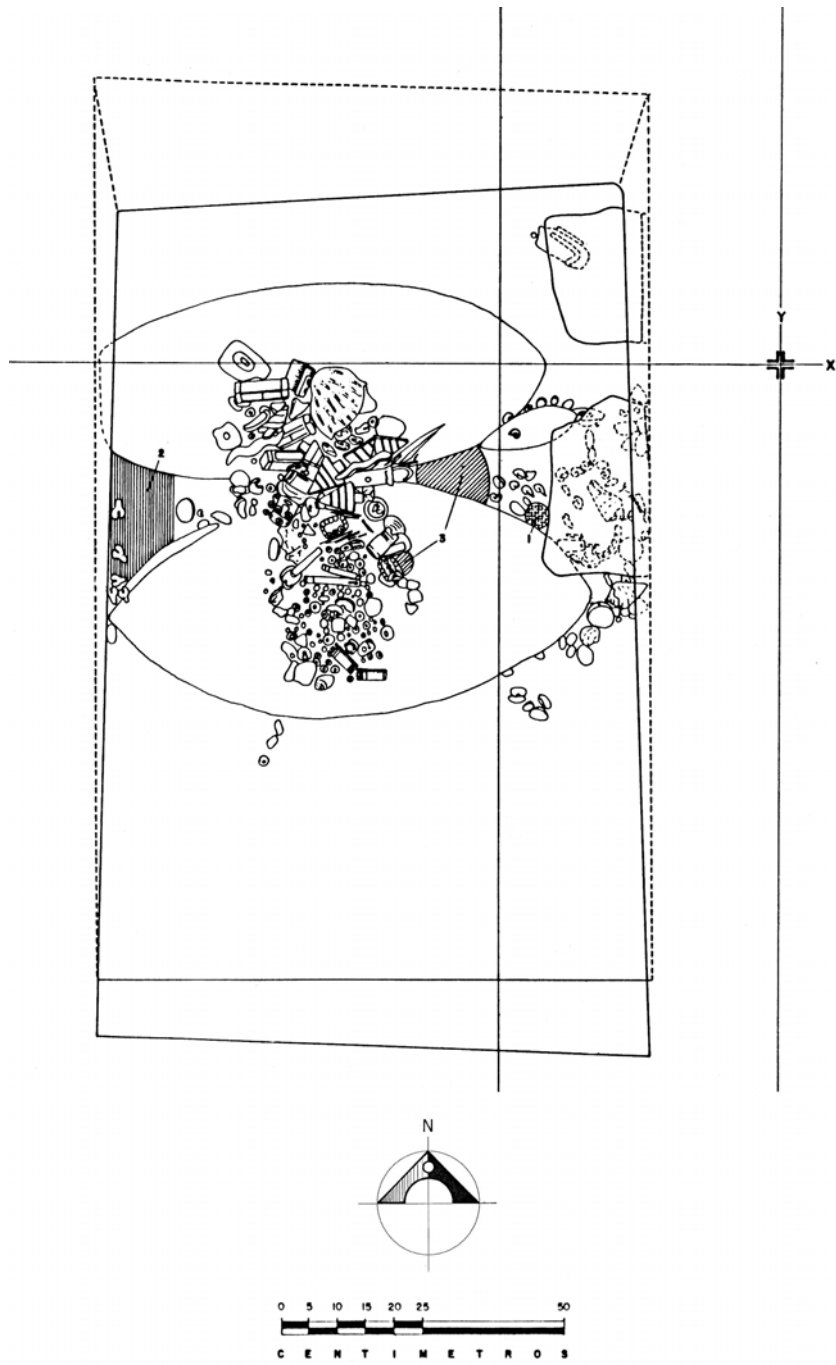


Figura 29. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 4 de la excavación.

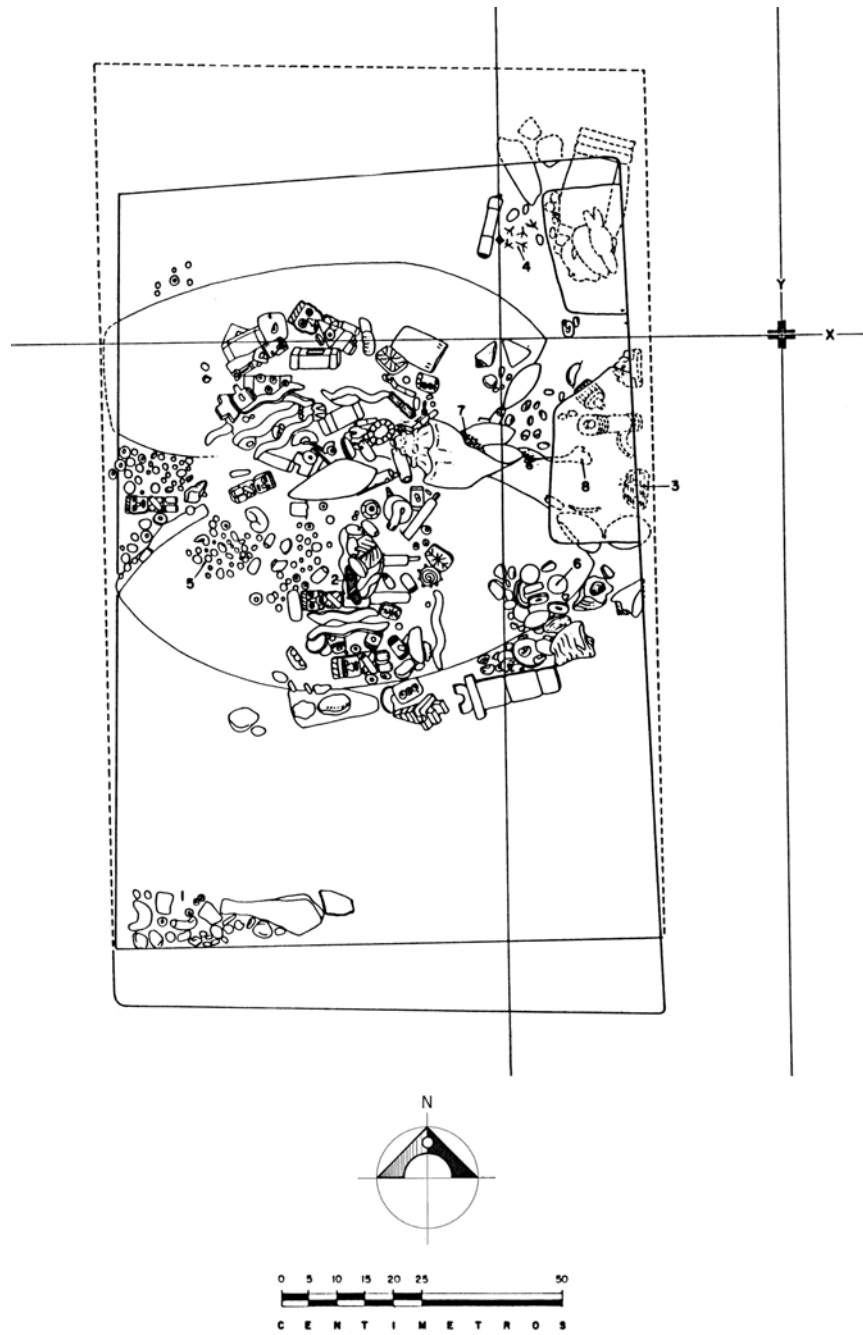


Figura 30. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 3 de la excavación.



Figura 31. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), nivel 5 de la excavación.
Foto: Salvador Guilliem Arroyo.



Figura 32. Ofrenda 78 (Templo Rojo Sur), niveles 1 y 2 de la excavación.
Foto: Salvador Guilliem Arroyo.

5.1.1.2 Análisis organológico

(I) Clasificación tipológica

Según la sistemática general de los instrumentos musicales se clasifican los aerófonos como "flautas con aeroducto externo y tubo resonador abierto" (código tipológico 421.211.1).¹⁰³ En cuatro instrumentos el eje del tubo resonador está alineado perpendicularmente con relación al del aeroducto tubular (Tipo A; Figs. 35-38) y en nueve instrumentos longitudinalmente (Tipos B-1.1; B-1.2; B-2.2; C; D; Figs. 39-47).¹⁰⁴ Las flautas traversas (Tipo A, Elem. 99; 130; 175; 176) y seis de las flautas longitudinales (Tipo B-1.1, Elem. 142; 248; Tipo B-1.2, Elem. 143; 198; 247; Tipo B-2.2, Elem. 112) se clasifican como "flautas con aeroducto externo y tubo abierto sin orificios de digitación" (código tipológico 421.211.11), aun cuando se tiene que constatar que el orificio para la salida del aire en el extremo distal del tubo puede funcionar a la vez como un orificio de digitación (véase Cap. 4.2.1.1.2). Tres flautas del conjunto presentan orificios de digitación. Dos de éstas poseen un orificio perforado en el lado posterior (Tipo C, Elem. 141; 249; Figs. 45-46) y una posee tres orificios en el lado anterior (Tipo D, Elem. 134; Fig. 47). Estas flautas se clasifican como "flautas con aeroducto externo y tubo abierto con orificios de digitación" (código tipológico 421.211.12).

(II) Material de manufactura

En el área mesoamericana se conocen muy pocos aerófonos hechos de materiales líticos. La materia prima de las flautas está clasificada como mármol verde,¹⁰⁵ una roca metamórfica de grano fino relativamente blanda (4,0 - 5,0 en la escala de Mohs).¹⁰⁶ Por medio de una observación macroscópica se detectó composiciones

¹⁰³ En estudios anteriores se clasificaron las flautas traversas como "silbatos" (Urueta Flores 1990: 110; Olmedo Vera 2002: 154). Según nuestra definición de un silbato como una "flauta globular sin orificios de digitación" (véase Cap. 4.2.1.1.3), se trata de un término organológicamente no apropiado.

¹⁰⁴ Las mayúsculas señalan los tipos morfo-organológicos y los numerales arábigos el tipo de ornamentación.

¹⁰⁵ Olmedo Vera 2002: 153-154. Según el análisis petrográfico a nivel microscópico en base a cinco esculturas de piedra verde (penates *Tlaloc*) de las ofrendas del Templo Mayor, los lapidarios emplearon un mármol compuesto por Dolomita y Tremolita y un mármol oficarbonizado compuesto por Dolomita, Calcita y Serpentina (Urueta Flores 1990: 80-84, 104).

¹⁰⁶ Según la escala de Friedrich Mohs, "1" corresponde al talco (esteatita) y "10" al diamante, la piedra más dura. A diferencia del mármol, la jadeita (6.5 - 7 Mohs) cuenta entre las rocas un poco más duras.

líticas detalladas por el color de la estructura básica y las inclusiones jaspeadas. Diez flautas del conjunto presentan el color gris verdoso con inclusiones de colores verde oscuro (Tipo A, Elem. 130; 175; 176; Tipo B-1.1, Elem. 142; 247; Tipo B-2.2, Elem. 112; Tipo C, Elem. 249; Tipo D, Elem. 134) o verde manzana (Tipo B-1.1, Elem. 248; Tipo B-1.2, Elem. 143). El mármol de las flautas más translúcidas presenta una estructura básica de color verde manzana con inclusiones de verde claro (Tipo A, Elem. 99; Tipo B-1.2, Elem. 198; Tipo C, Elem. 141).¹⁰⁷

Los yacimientos de mármol verde se encuentran en la región de la Mixteca Baja, ubicada en la parte suroeste del Estado de Puebla y noroeste del Estado de Oaxaca (Complejo Acatlán), en la parte central de Oaxaca (Complejo Oaxaqueño), así como en la región costera entre los Estados de Guerrero y Oaxaca (Complejo Xolapa).¹⁰⁸ Los yacimientos, así como la ornamentación indican una fabricación de las flautas en el área Mixteca. Esto se debe quizás a que los objetos lapidarios mixtecos eran usados como objetos tributarios o como obsequios lujosos enviados a Tenochtitlan.¹⁰⁹ No obstante, no se puede excluir la posibilidad que se enviaron piezas brutas de las minas oaxaqueñas a la urbe mexicana.

(III) Técnica de manufactura

La técnica de manufactura de las flautas de piedra es altamente sofisticada. Los instrumentos se manufacturaron en una pieza de piedra, básicamente por medio de tres perforaciones circulares que conforman (1) el aeroducto tubular, (2) el tubo resonador y (3) la boca sonora. En cuanto a la duración y el grado de dificultad de la manufactura de los objetos es difícil dar tiempos aproximados, debido a la falta de datos aproximados obtenidos por medio de una fabricación experimental con las herramientas autóctonas.

¹⁰⁷ En algunas de las piezas la luz refleja el color de las capas líticas más profundas dando un brillo que se asemeja mucho al de la jadeita pulida.

¹⁰⁸ Urueta Flores 1990: 83-84. Una asignación exacta de la procedencia de la materia prima esta pendiente.

¹⁰⁹ Véase Urueta Flores 1990: 44-56. Durante el reinado de Motecuhzoma I. (1440 – 1469 d.C.), los mexicas avanzaron hasta Oaxaca y avasallaron provincias tributarias mixtecas, como Coayxtlahuacan, en cual parte noroeste eran ubicados los yacimientos del mármol verde de la Mixteca Baja (Berdan et al. 1996: 281-282). La procedencia de las flautas trasversas de piedra verde guardadas en el *Ethnologisches Museum*, Berlín (véase Cap. 4.2.1.1.2), sugiere que los instrumentos fueron transportados pasando por Tlalmanalco, importante asentamiento de intercambio cultural entre la Mixteca y el altiplano central, ubicado en las faldas del volcán Popocatepetl.

Es de suponer que el ahuecamiento era efectuado por medio de un taladro compuesto por un arco perforador con carrizos, usando arena fina y agua para esmerilar. La perforación con carrizos muestra residuos de los núcleos restantes en el interior, mismos que después del ahuecamiento fueron quebradas cuidadosamente (Radiografías 1-2, Figs. 33-47). En la pared inferior de los tubos se observan escaloncillos circulares ubicados a distancias máximas de tres centímetros entre ellos, que indican el uso de tres o más carrizos. En las perforaciones se usaría sucesivamente un carrizo de diámetro ligeramente menor a medida que se profundiza la perforación. En dos flautas del Tipo B (Tipo B-1.1, Elem. 142; Tipo B-2.2, Elem. 112) los escaloncillos se encuentran notablemente acentuados (Figs. 39, 44). Las perforaciones más delgadas eran las del canal de insuflación (0.45 – 0.75 cm), de la boca sonora (0.5 – 0.7 cm) y de los orificios de digitación (0.5 – 0.75 cm), para las cuales se usaban carrizos delgados. El aeroducto de la flauta B 1.2, Elem. 143 muestra una perforación cónica, probablemente realizado usando un arco perforador con un taladro de flecha con punta de piedra más dura que el mármol verde, como pedernal (sílex).

En las flautas transversas (Tipo A) el canal de insuflación está ubicado a la mitad del tubo resonador en una posición de 90° al respecto del eje del tubo. A diferencia, en las flautas longitudinales (Tipos B; C; D) el canal de insuflación está ubicado siempre en una posición paralela al respecto del eje del tubo. La perforación para la boca sonora se realiza en una posición inclinada para facilitar la construcción del bisel. La perforación de los orificios de digitación de las flautas del Tipo C y D se realizó en una posición de 90° al respecto del eje del tubo resonador.

Después de terminar las perforaciones de la boca sonora, se afiló el bisel por medio de un tallado de la pared superior del tubo resonador. Además, en la boca sonora de cinco flautas se efectuaron retoques para optimizar la posición del bisel, como elaboraciones ovaladas (Tipo A, Elem. 175; Tipo B-1.1, Elem. 142; Tipo B-1.2, Elem. 247; Figs. 33, 39, 43), una muesca rectangular (Tipo B-1.2, Elem. 143; Fig. 44) y una muesca en forma irregular (Tipo B-1.1, Elem. 248; Fig. 40).

En el paso semifinal de la fabricación se redujo la superficie exterior del instrumento por medio de un tallado hasta un espesor mínimo de las paredes de aproximadamente 0.3 cm. En el lado posterior de algunas flautas (Tipo A, Elem. 130; Tipo B-1.2, Elem. 143, 198) daban una superficie aplanada. Los extremos distales de los tubos resonadores se ornamentaron por medio de incisiones, quizás utilizando una herramienta con una fina punta de pedernal. Finalmente aplicaron un pulido en toda la superficie exterior, probablemente por medio de una piel, hasta encontrar el brillo deseado.

(IV) Morfología

Tipo A

Las flautas transversas (Elem. 99; 130; 175; 176) miden entre 3.5 y 3.8 cm de largo (en el eje del tubo perpendicular), entre 3.5 y 4.4 cm de ancho (en el eje del aeroducto) y entre 1.8 y 2.3 cm de altura (véase Tabla 6; Radiografía 1, Figs. 33, 35-38). Las medidas de largo, ancho, la altura y el peso (entre 20 y 43.2 gr.) presentan divergencias, pero los factores críticos relativos a la altura del sonido, que son el diámetro del canal de insuflación, el diámetro de la boca sonora y el volumen del tubo resonador, exponen divergencias mínimas. Es decir, todas las flautas presentan medidas muy similares respecto al volumen del tubo resonador (entre 3.5 y 3.8 cm³), a pesar de las diferencias señaladas, sugiriendo una cierta norma estandarizada en la fabricación respecto a un cierto rango tonal deseado. Este dato indica que los lapidarios tomaron en consideración las dimensiones particulares que tienen influencia en la producción de una altura específica de la fundamental.¹¹⁰ Un aspecto morfológico interesante lo representa la ubicación del orificio de digitación lateral, que en tres de los especímenes está ubicada a la izquierda del eje del aeroducto (Elem. 99; 130; 175). A diferencia, en uno de los especímenes el orificio está ubicado a la derecha (Elem. 176).¹¹¹

Tipo B

Seis de las flautas longitudinales poseen el tubo recto abierto (Tipo B-1.1, Elem. 142; 248; Tipo B-1.2, Elem. 143; 198; 247; Tipo B-2.2, Elem. 112; Figs. 39-44). Como en las flautas transversas (Tipo A), el orificio distal puede a la vez servir para digitar. Del mismo modo se puede aplicar dos combinaciones de dedos, que posibilitan producir un tono bajo y un tono alto, más las microtonalidades en medio (véase Cap. 5.1.1.3). En comparación con las flautas del Tipo A, las medidas de las

¹¹⁰ Se puede llevar los instrumentos fácilmente a un estado de unisonancia tanto por medio del control de la fuerza de soplo, como por medio de la ejecución semiobturada del orificio distal. No obstante, es más bien probable que el objetivo no era generar un tono unísono, sino una producción intencional de interferencias ("batimientos") por medio de instrumentos que suenan casi iguales (véase Cap. 5.1.1.2).

¹¹¹ Este hecho sugiere la ejecución simultánea de dos instrumentos por parte de un flautista, sosteniendo una flauta con la mano derecha y otra con la mano izquierda, el uso de mano diestra o siniestra por dos músicos, o por el mismo músico en dos momentos del rito musical. Cabe mencionar que las flautas Elem. 175 y Elem. 176 son las de mejor sonido entre los instrumentos del conjunto, además de que fueron localizadas colocadas en par, una al lado de la otra (véase Cap. 5.1.1.3).

flautas del Tipo B presentan divergencias más grandes entre si, que resultan en diferentes tonos (Tabla 7).

La flauta más pequeña (Elem. 143) mide 8.1 cm de largo total (en el eje del tubo perpendicular) y pesa 20.8 gr. En cambio, la flauta más grande (Elem. 198) mide 12.35 cm de largo total y pesa 70.5 gr. Como en las flautas transversas, las divergencias mínimas exponen los factores críticos, o sea, el diámetro del canal de insuflación y el diámetro de la boca sonora. En cambio, las diferencias de longitud de las flautas provoca grandes divergencias en el volumen de los tubos resonadores, que se encuentran entre 3.6 cm³ (Elem. 143) y 9.4 cm³ (Elem. 198), resultando en frecuencias cada vez más bajas en tanto más volumen tiene el tubo resonador.¹¹² Un elemento morfológico notable lo constituye la perforación cónica del canal de insuflación de la flauta Tipo B-1.2, Elem. 143. Este elemento organológico provoca un aumento de la velocidad del aire de insuflación. El resultado es un reaccionamiento mayor del instrumento.

Tipo C

Dos de las flautas longitudinales (Elem. 141; 249) presentan una perforación adicional en el lado posterior del tubo, que sirve como orificio de digitación adicional (Radiografía 2, Figs. 34, 45-46). Dado que se perforó este orificio más cerca a la boquilla, es probable que se trate de un orificio asignado para el dedo pulgar. Cuando se obtura el orificio distal con el dedo índice de la otra mano, la flauta está soportada muy bien. Uno de los instrumentos (Elem. 249) mide en total 7.6 cm y representa una de las flautas más pequeñas del conjunto, mientras el otro instrumento (Elem. 141), que mide en total 13.7 cm, representa la flauta más larga del conjunto (Tabla 8). Usando el orificio distal como orificio de digitación, se puede ejecutar estos instrumentos con cuatro combinaciones de dedos, es decir, teóricamente es posible generar cuatro tonos y las microtonalidades en medio de la frecuencia fundamental más baja y alta (véase Cap. 5.1.1.3).

Tipo D

Una de las flautas longitudinales más grandes (Elem. 134) muestra tres agujeros de digitación equidistantes en el lado anterior del tubo (Fig. 47). La flauta mide

¹¹² Una diferencia de 2.6 cm³ entre las flautas Elem. 143 y Elem. 247 provoca una diferencia de una cuarta en la frecuencia (entre un Mi₆⁻²⁶ en la flauta Elem. 143 y un Sol₅⁻³¹ en la flauta Elem. 247), como se registró en la posición con el orificio distal obturado y baja presión de soplo (véase Cap. 5.1.3).

13.1 cm de largo y 4 cm de ancho (Tabla 9). En comparación con las demás flautas del conjunto, es la única flauta que presenta una campana moldeada "falsa" en la parte distal. Este elemento no tiene una función acústica, porque la cavidad interior del tubo resonador es cilíndrica como en todas las demás flautas del conjunto.

Es de suponer que las flautas tubulares de cerámica sirvieron de modelo para este instrumento. La única diferencia significativa es que la mayoría de las flautas mexicas de cerámica presentan un aeroducto de sección rectangular, un tubo resonador cónico y cuatro orificios de digitación. No obstante, no se puede excluir la posibilidad que se empleó el orificio distal como orificio de digitación, lo cual significa que teóricamente se pueden aplicar 16 digitaciones como en las flautas tubulares de cerámica con cuatro orificios de digitación. Desgraciadamente, no se logró sonar esta flauta (véase Cap. 5.1.1.3), que en el contexto de la ofrenda ocupó un lugar predominante (véase Cap. 5.1.1.1).

(V) Ornamentación

El tubo resonador de las flautas del Tipo A está adornado por una o dos líneas verticales incisas en cada uno de sus extremos. En las flautas del Tipo B, este elemento decorativo está aplicado únicamente en el extremo distal, a excepción de la flauta Tipo B-2.2 (Elem. 112) ornamentada con cuatro incisiones cónicas redondeadas y una banda de círculos dobles rodeando la parte distal del tubo (Fig. 44), así como la flauta Tipo D, Elem. 134, que presenta una campana "falsa" sin incisiones adicionales. Las incisiones al extremo distal del tubo de la flauta Tipo B-2.2, Elem. 112 simulan cuatro pétalos de flor y chalchihuites. Además, las flautas del Tipo B-1.2 (Elem. 143; 198; 247), B-2.2 (Elem. 112) y D (Elem. 134) presentan un altorrelieve en forma de "U" tallado alrededor de la boca sonora (Figs. 41-44, 47).



Radiografía 1.

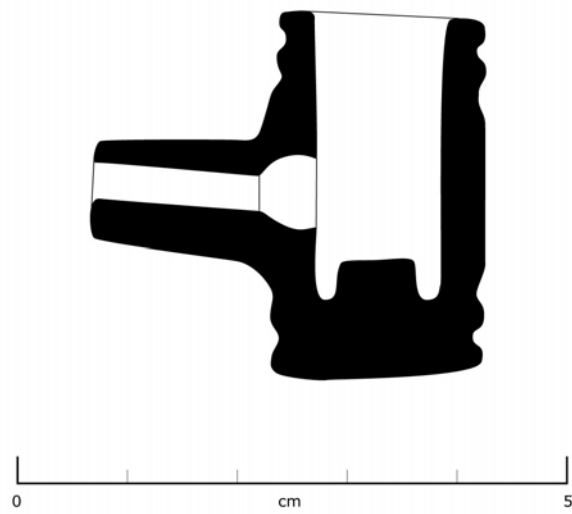
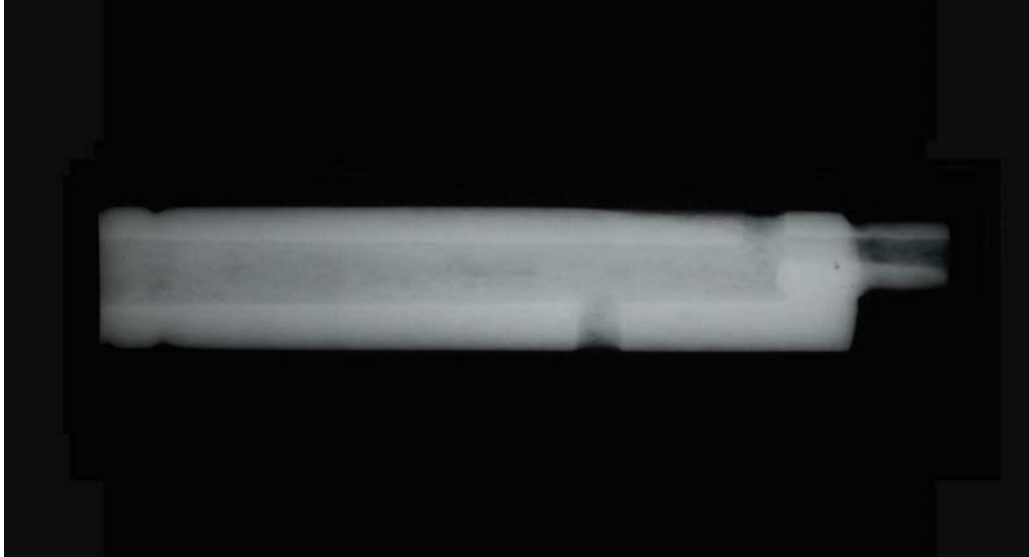


Figura 33. Sección de la flauta transversa de mármol verde Tipo A, Elem. 175 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.



Radiografía 2. No se muestra la parte distal de la flauta.

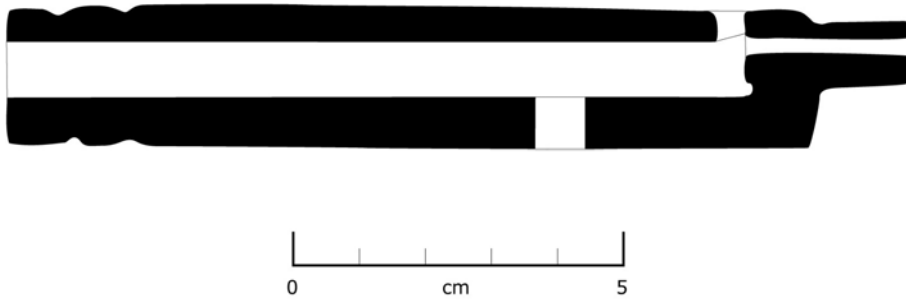


Figura 34. Sección de la flauta longitudinal de mármol verde Tipo C, Elem. 141 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.



Figura 35. Flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 99 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C.Koch.

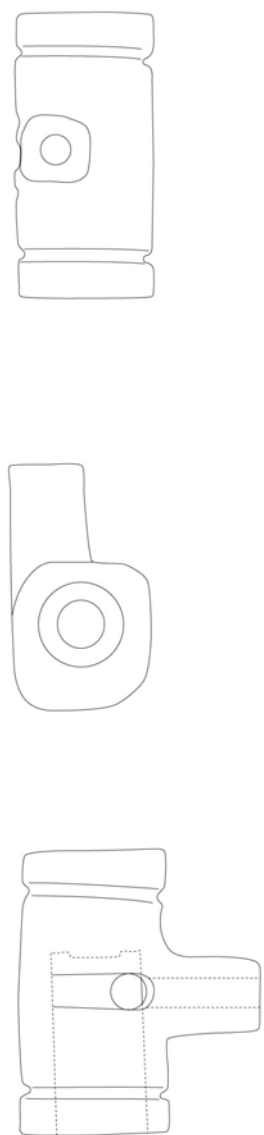


Figura 36. Flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 130 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C.Koch.

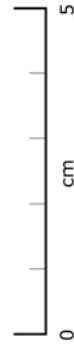


Figura 37. Flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 175 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C.Koch.

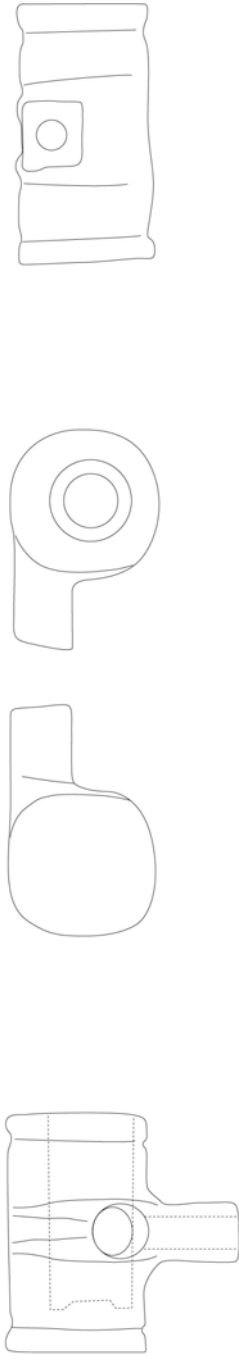


Figura 38. Flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 176 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C.Koch.

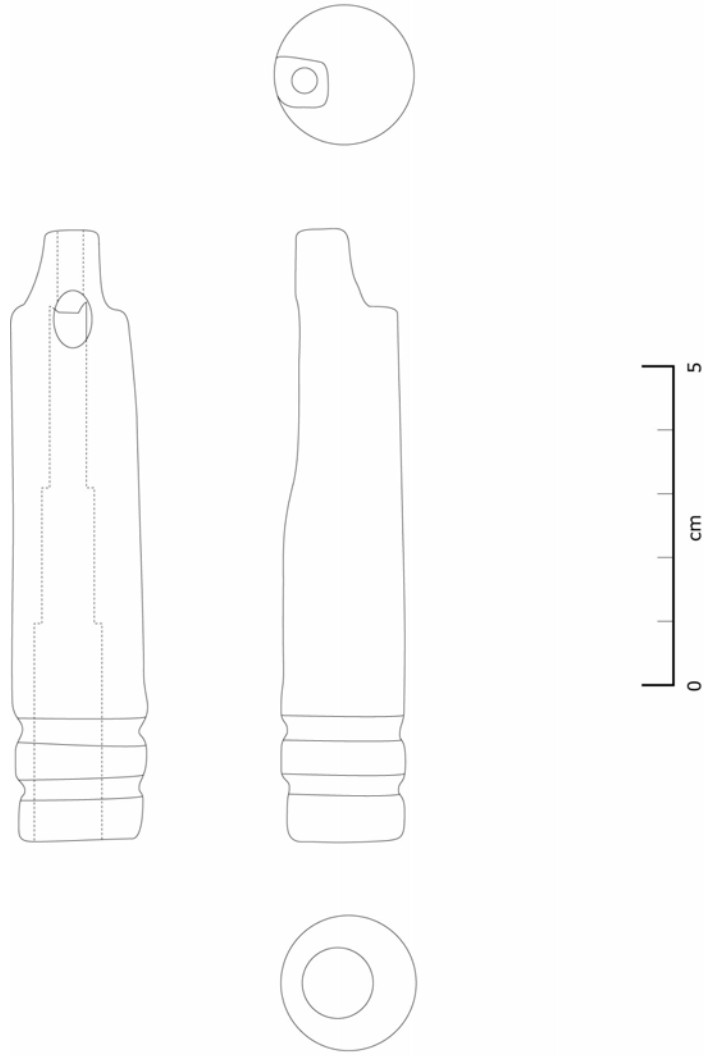


Figura 39. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.1, Elem. 142 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C.Koch.

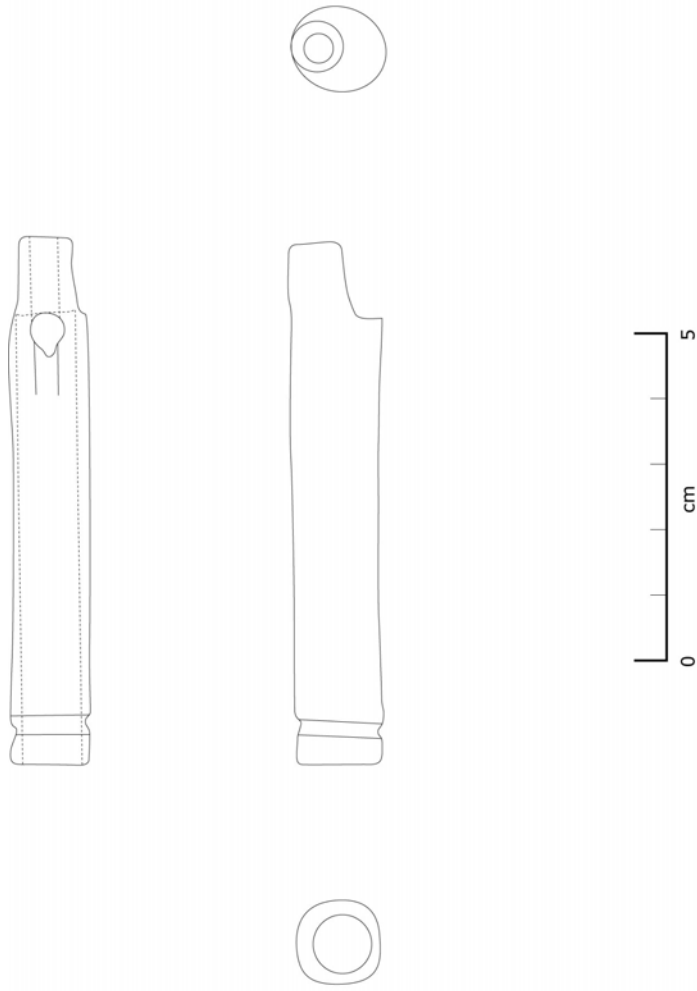


Figura 40. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.1, Elem. 248, Ofrenda 78, Templo Rojo Sur. Dibujo: C. Koch.

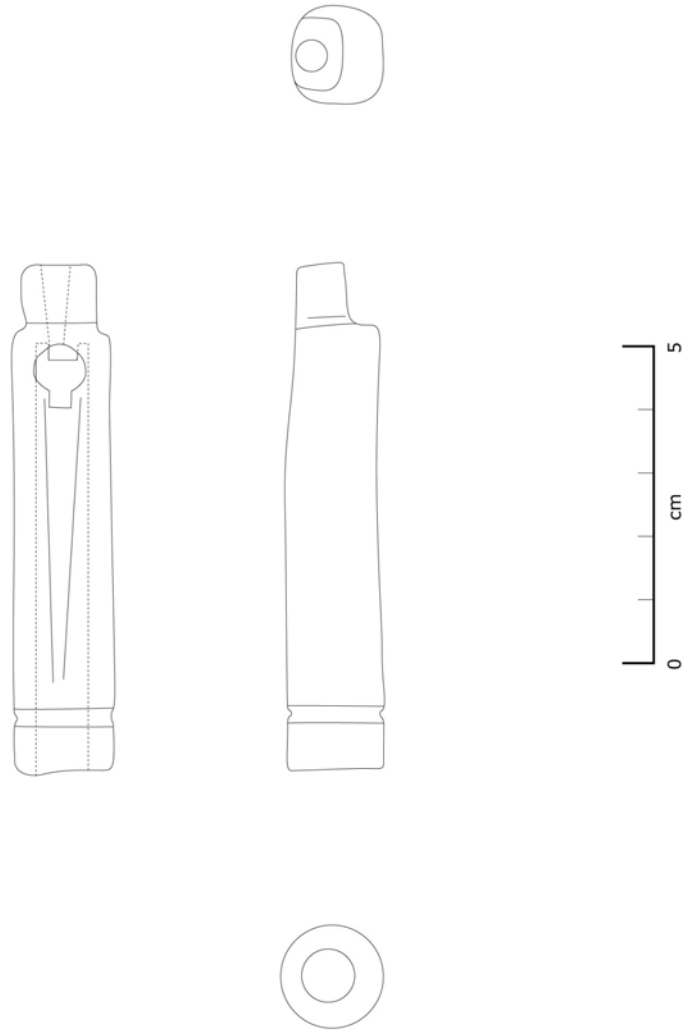


Figura 41. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 143 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

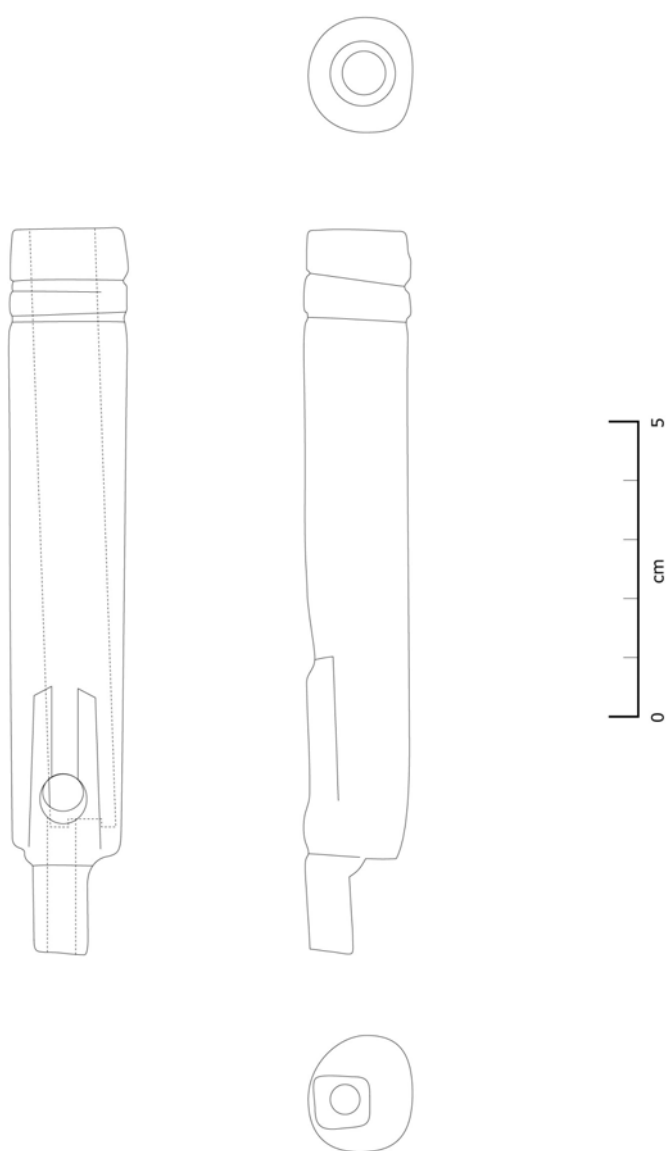


Figura 42. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 198 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

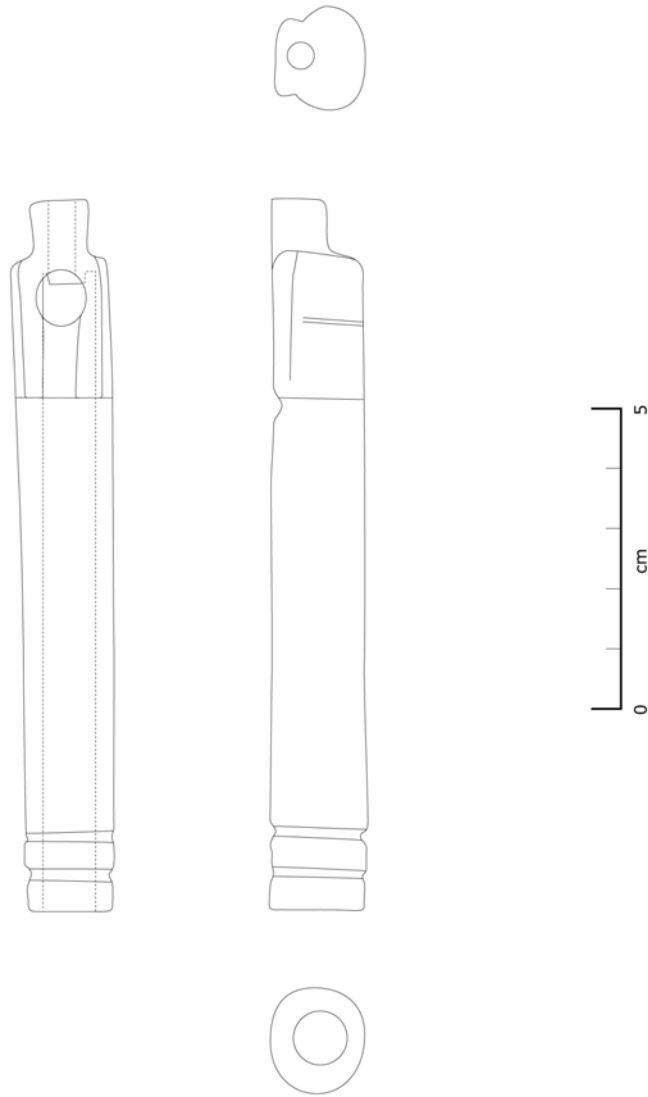


Figura 43. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 247 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

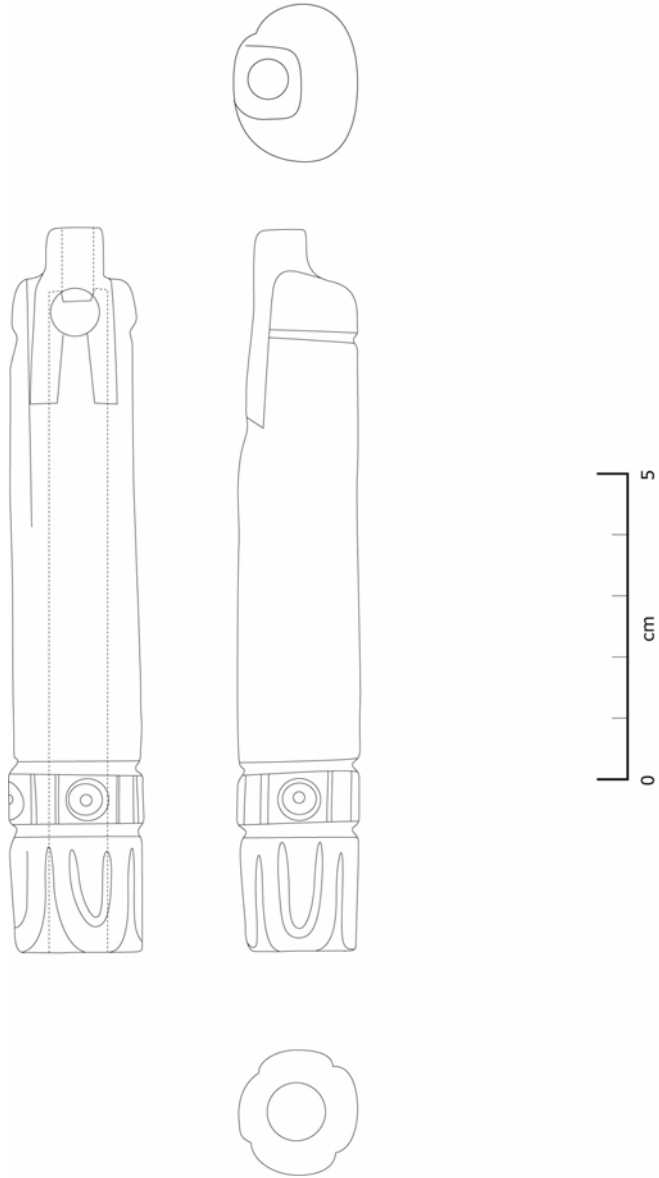


Figura 44. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-2.2, Elem. 112 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

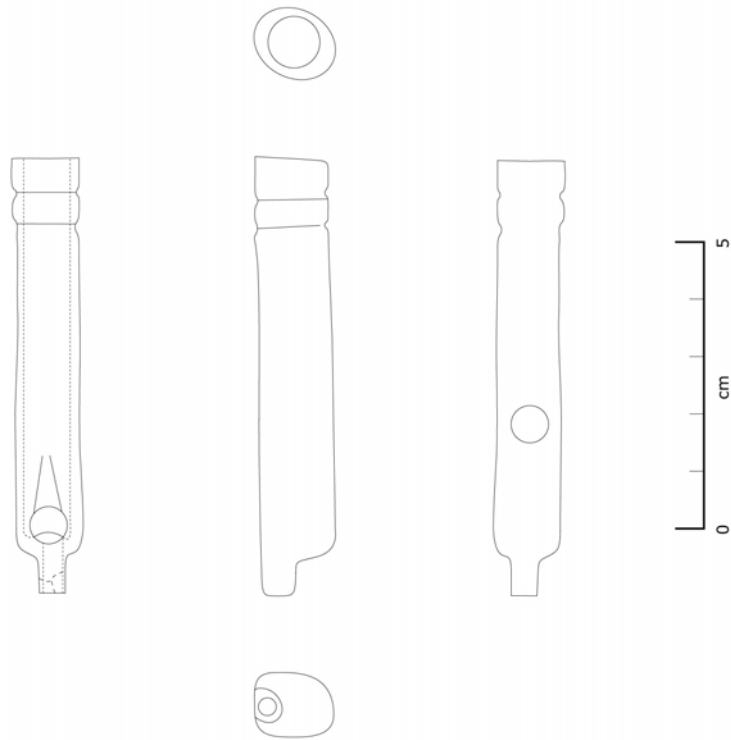


Figura 45. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo C, Elem. 249 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

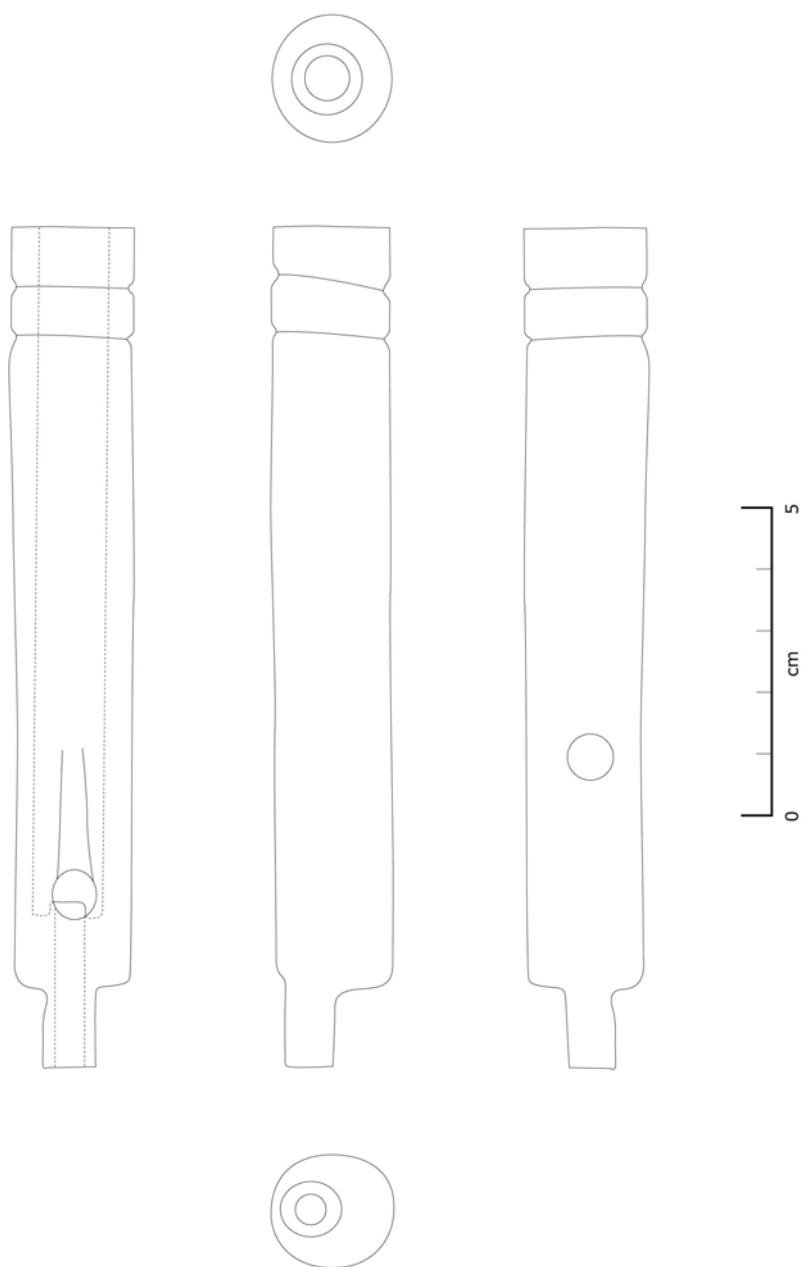


Figura 46. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo C, Elem. 141 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

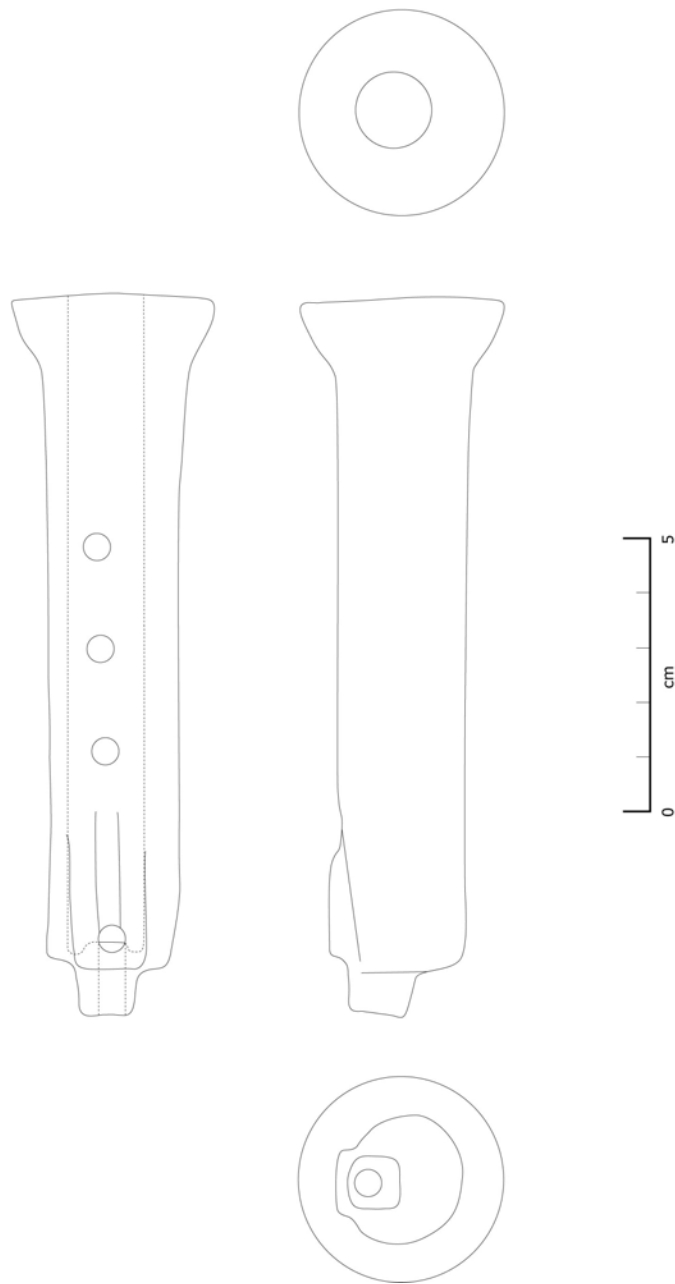


Figura 47. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo D, Elem. 134 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Dibujo: C. Koch.

Tipo	A	A	A	A
Elemento	99	130	175	176
largo total (tubo resonador)	3.95	4.4	3.4	3.7
ancho total	3.8	3.65	3.5	3.6
altura total	2.15	2.1	1.8	2.3
largo boquilla	1.3	1.4	1.5	1.3
ancho boquilla	0.9	1.2	1	0.85
altura boquilla	1.2	1.2	1	0.95
largo canal de insuflación	1.8	1.65	1.4	1.5
diámetro canal de insuflación	0.5	0.45	0.5	0.5
diámetro boca sonora	0.7	0.55	0.75 – 0.8 (ovalado)	0.7
largo tubo resonador	2.7	2.7	2.8	2.6
diámetro tubo resonador	1.35	1.3	1.3	1.35
diámetro residuo del núcleo restante de la perforación	0.8	0.75	0.75	0.7
largo residuo del núcleo restante	0.05	0.1	0.45	0.1
volumen tubo resonador (cm ³)	c. 3.8	c. 3.5	c. 3.6	c. 3.55
posición orificio para la salida de sonido	izquierda	izquierda	izquierda	derecha
distancia filo - orificio distal	2	2.2	1.6	1.8
peso (gr.)	40	43.2	20	35

Tabla 6. Flautas transversas de mármol verde del Tipo A (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
Mientras que no se indique de otra manera, todas las medidas aparecerán en cm.

Tipo	B-1.1	B-1.1	B-1.2	B-1.2	B-1.2	B-2.2
Elemento	142	248	143	198	247	112
largo total	9.65	8.1	8.1	12.35	10.9	10.9
ancho total	2.1	1.25	1.6	2	1.55	2
altura total	2	1.4	1.55	1.8	1.4	1.85
largo boquilla	1.23	1.15	1	1.5	0.85	0.7
ancho boquilla	0.7	0.85	1.35	0.8	0.9	0.8
altura boquilla	0.9	0.9	0.85	0.75	0.85	0.85
largo canal de insuflación	1.5	1.4	1.8	2.4	1.25	1.2
diámetro canal de insuflación	0.4	0.45	0.5 > 0.2 (cónico)	0.5	0.45	0.45
diámetro boca sonora	0.6 - 0.9 (ovalado)	0.5 - 0.75 (muesca)	0.65 - 1 (muesca)	0.7	0.65 - 0.7 (ovalado)	0.5
diámetro tubo resonador	1.1 > 0.6 (escalonado)	0.9	0.85	1.1	0.9	0.95 > 0.6 (escalonado)
largo tubo resonador	8.3	6.75	6.4	10	9.8	9.55
volumen tubo resonador (cm ³)	c. 4.4	c. 4.25	c. 3.6	c. 9.5	c. 6.2	c. 4.5
diámetro residuo del núcleo restante de la perforación	0.35	s/d	0.4	0.55	s/d	0.25
largo residuo del núcleo restante	0.15	s/d	0.05	0.15	s/d	0.3
distancia filo - orificio distal	7.8	6.25	5.9	9.3	8.95	9.4
peso (gr.)	57.8	20.8	34	70.5	40.3	65.3

Tabla 7. Flautas de mármol verde del Tipo B (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Mientras que no se indique de otra manera, todas las medidas aparecerán en cm.

Tipo	C	C
Elementos	141	249
largo total	13.7	7.6
ancho total	2.05	1.3
altura total	2.15	1.5
largo boquilla	1.25	0.6
ancho boquilla	0.75	0.65
altura boquilla	0.85	0.6
largo canal de insuflación	2.4	0.9
diámetro canal de insuflación	0.5 – 0.55	0.35
diámetro boca sonora	0.7 – 0.75 (ovalado)	0.65
diámetro tubo resonador	1.15	0.9
largo tubo resonador	11.35	6.5
volumen tubo (cm ³)	11.7	4.1
diámetro residuo del núcleo restante de la perforación	0.45	0.3
largo residuo del núcleo restante	0.2	0.1
diámetro orificio de digitación	0.75	0.65
distancia filo – orificio de digitación	1.9	1.55
distancia filo – orificio distal	9.35	7.15
peso (gr.)	100.5	23

Tabla 8. Flautas de mármol verde del Tipo C (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Mientras que no se indique de otra manera, todas las medidas aparecerán en cm.

Tipo	D
Elemento	134
largo total	13.1
ancho total	4
altura total	4
largo boquilla	0.8
ancho boquilla	1.15
altura boquilla	1.2
largo canal de insuflación	1.4
diámetro canal de insuflación	0.5
diámetro boca sonora	0.5
diámetro tubo	1.25
largo tubo	12
volumen tubo (cm ³)	c. 14.7
diámetro residuo del núcleo restante de la perforación	s/d
largo residuo del núcleo restante	s/d
distancia bisel - orificio de digitación no. 1	3.35
distancia bisel - orificio de digitación no. 2	5.4
distancia bisel - orificio de digitación no. 3	7.35
distancia orificio no. 1 - orificio no. 3	4
distancia bisel - orificio distal	12.3
diámetro orificios de digitación	0.5
peso (gr.)	s/d

Tabla 9. Flautas de mármol verde del Tipo D (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). Mientras que no se indique de otra manera, todas las medidas aparecerán en cm.

5.1.1.3 Análisis acústico

En un primer intento, muchas flautas del conjunto no generaron un sonido o no sonaban satisfactoriamente. Aun después de varios intentos en sesiones seguidas, cinco instrumentos (Tipo A, Elem. 130; Tipo B-1.1, Elem. 142; 248; Tipo B-1.2, Elem. 198; Tipo D, Elem. 134) quedaron mudos. Otras flautas, que a primera vista no sonaban, sorpresivamente generaron un sonido hasta después de varios minutos de intentos. Este fenómeno resulta muy curioso, tomando en consideración el gran conocimiento y la capacidad artesanal de los lapidarios que fabricaron estos aerófonos.

Se pueden discutir varias posibles explicaciones. Una posibilidad es que se ajustara el canal de insuflación y el filo de la boca sonora, quizás por medio de incrustaciones, hoy ya no existentes, en el interior del canal de insuflación. Desafortunadamente, esta posibilidad es imposible de comprobar porque no se detectan restos o huellas de otros materiales en el aeroducto. En este contexto, resulta notable que no se logró sonar dos flautas que muestran ajustes en la boca sonora supuestamente efectuados para mejorar la sonoridad (Tipo B-1.1, Elem. 142; 248). Por otra parte, otras flautas que muestran ajustes (Tipo A, Elem. 175; Tipo B-1.2, Elem. 143; 247) sonaban mejor. Es decir, los ajustes observados no explican satisfactoriamente porque las flautas suenan o no suenan, pero indudablemente comprueban que trataron de mejorar la función sonora de los instrumentos.

De esta observación se deduce la posibilidad que se trata de un conjunto de instrumentos musicales compuesto por una mezcla de elementos defectuosos o inacabados y elementos aptos para funcionar, como es el caso de las flautas tubulares de cerámica depositadas en la Cámara 3 del Templo Mayor (véase Cap. 5.3.1). No obstante, en contra de una interpretación similar para las flautas de la Ofrenda 78 es que algunos instrumentos aparentemente mudos sonaban después de varios minutos de intentos de un momento al otro. Notablemente, la sonoridad de los instrumentos se volvió más claro con el incremento del tiempo de operación.

Se propone que los causantes del efecto descrito son dos factores particulares del mecanismo sonoro. El primer factor está relacionado con el calentamiento rápido de las flautas, gracias a sus paredes finas, por medio del calor corporal del aliento y de las manos. Este calentamiento provoca que la piedra adquiera la temperatura del calor humano, de modo que dominan condiciones ideales para el entorno fisioacústico del mecanismo sonoro. El segundo factor es que el aumento de la temperatura dentro del aparato sonoro provoca que el aire de insuflación se condense y se deposite encima de las superficies interiores del canal de insuflación

y del tubo resonador. Sucesivamente, la humedad y el incremento de la temperatura del aire provocan el aumento de la velocidad del aire y las ondas sonoras en movimiento.¹¹³

El cambio de la condición aerodinámica dentro del tubo explica porque las flautas no sonaban hasta después de algunos minutos de estarlas excitando. Cabe mencionar, que el mismo efecto se puede producir por medio de otras técnicas, entre las cuales la más efectiva sea exponer los instrumentos a un baño de agua caliente antes de su ejecución.¹¹⁴ En consecuencia, es de suponer que los instrumentos fueron operados en un estado "mojado", técnica hasta la fecha no comprobada con las flautas de piedra mexicas.¹¹⁵ Es de suponer, que las flautas del conjunto que inicialmente quedaron mudas, sí suenan después del tratamiento con agua.

Probablemente, el efecto ya fue observado durante la manufactura y prueba de las flautas, que se calientan rápidamente debido a las perforaciones y tallados. En este proceso el agua jugaba un papel importante, tanto como medio para esmerilar con arena y para enfriar la materia prima, como en la limpieza de los residuos restantes. Por consiguiente, los lapidarios debieron ser los primeros que observaron el efecto durante el proceso de la manufactura y prueba sonora.

(I) Capacidad sonora

Las flautas examinadas producen sonidos muy agudos. Soplando con mucha presión, se generó sobreagudos muy altos que alcanzan una frecuencia fundamental de 4950 Hz, equivalente a un $Re\#_8^{-10}$ (en la flauta Tipo C, Elem. 249).¹¹⁶ Además, los sonidos son muy potentes y pueden ocasionar daños serios al oído, si la fuente de la señal se encuentra localizada a corta distancia.¹¹⁷

¹¹³ El aumento de temperatura del aire también aumenta la velocidad del sonido en el aire y afecta la altura de la frecuencia generada (Peter Holmes y Roberto Velázquez Cabrera, comunicación personal).

¹¹⁴ Los resultados podrían ser optimizados si se ejecutaran los instrumentos en un ambiente húmedo y caliente, como, por ejemplo, en un temazcal.


¹¹⁵ El mismo efecto fue observado en las flautas de piedra sudamericanas (antaras y pifilcas, las últimas con un solo tubo resonador cerrado, véase Pérez de Arce 2000). Después de dar un baño de agua a las piezas para pulir la superficie interior, las flautas que anteriormente no sonaban, de un momento al otro sí sonaban (Pérez de Arce, comunicación personal).

¹¹⁶ Las altas frecuencias se encuentran en el rango de mayor sensibilidad auditiva del ser humano (1 KHz - 4 KHz).


¹¹⁷ Entre los efectos menos graves observados durante el registro acústico se encontraban sensaciones de vértigo, las sorderas transitorias, un calor en el oído interior y un zumbido

Por lo general, las fundamentales (F_0) son muy anchas, es decir se componen por un grupo amplio de frecuencias dentro de un rango de aproximadamente 200 Hz (en el registro damos siempre el promedio aproximado). Según las combinaciones, que se componen de orificios obturados, semiobturados o desobturados, así como baja o alta presión de soplo, las flautas generan hasta tres armónicos fuertes y bien perceptibles. Además, el sonido se caracteriza por producir un ruido agregado en una ancha banda de frecuencia abajo y arriba de la fundamental entre 400 Hz y 16 KHz. Entre las flautas que suenan más claramente, este ruido es casi imperceptible, por la potencia de las fundamentales, pero los espectrogramas muestran que todavía queda en el fondo.

Resulta notable que en muchas flautas el sobreagudo de la última combinación (tubo abierto) es más bajo que el sobreagudo generado obturando el orificio distal. Esto contraviene al principio acústico que un tubo resonador abierto da un sonido más alto que el mismo tubo resonador cerrado. Al mismo tiempo, esta característica de las flautas de piedra demuestra nuevamente lo particular de los instrumentos musicales que forman parte de nuestra investigación.

Tipo A, Elem. 99 [grabación no. 1 


La flauta suena solamente con el orificio distal obturado y baja presión de soplo. El instrumento funciona en el primer intento, aunque observamos que cuando se calienta la flauta el sonido se vuelve más claro, una condición que se alcanza después de aproximadamente un minuto. Obturando la flauta y soplando suavemente, se generó una fundamental de 1690 Hz, equivalente a un Sol#₆⁺³⁰ (Tabla 10). En el espectrograma se muestra ruido agregado y los armónicos primero y segundo, de los cuales únicamente el primero tiene suficiente potencia para que el oído humano pueda percibirlo (Espectrograma 1). Soplando con más presión se generó solamente ruido.

Tipo A, Elem. 175 [grabación no. 2 


La flauta suena muy bien con ruido agregado, aunque en una posición generó únicamente ruido (orificio distal desobturado, baja presión). Las fundamentales registradas son: 1840 Hz, equivalente a un La#₆⁻²³, con un armónico fuerte (orificio distal obturado, baja presión); 2290 Hz, equivalente a un Re₇⁻⁴⁴, con tres armónicos fuertes (orificio distal obturado, sobreagudo); 3800 Hz, equivalente a un

alto. En algunos casos se presentaron otros efectos más problemáticos como las inflamaciones dolorosas en el oído y la boca que permanecieron durante varios días.

La $\#_7$ ⁺³³, con dos armónicos fuertes (orificio distal desobturado, sobreagudo) (Tabla 11; Espectrograma 2). El rango tonal de esta flauta está exactamente dentro de una octava entre un La $\#_6$ y un La $\#_7$.

Tipo A, Elem. 176 [grabación no. 3 

La flauta suena muy bien y genera muy poco ruido agregado. No obstante, en una posición generó únicamente ruido (orificio distal desobturado). Las fundamentales más altas fueron las que se generó por medio del orificio distal semiobturado. Las fundamentales registradas son: 1990 Hz, equivalente a un Si $_6$ ⁺¹³, con un armónico muy débil (orificio distal obturado, baja presión); 2100 Hz, equivalente a un Do $_7$ ⁺⁶, con dos armónicos, el primero fuerte (orificio distal obturado, mucha presión); 2770 Hz, equivalente a un Fa $_7$ ⁻¹⁵, con un armónico muy débil (orificio distal semiobturado, baja presión), 2990 Hz, equivalente a un Fa $\#_7$ ⁺¹⁸, con un armónico muy débil (orificio distal semiobturado, sobreagudo) (Tabla 12; Espectrograma 3). El rango tonal de la flauta está entre un Si $_6$ y un Fa $_7$, es decir abarca más de una octava.


Tipo B-1.2, Elem. 143 [grabación no. 4 

La flauta genera mucho ruido agregado. No suena cuando se desobtura el orificio distal y se sopla con baja presión (como las dos flautas Tipo A, Elem. 175 y Tipo B-I, Elem. 112). Las fundamentales son: 1300 Hz, equivalente a un Mi $_6$ ⁻²⁶, con un armónico fuerte (orificio distal obturado, baja presión); 4040 Hz, equivalente a un Si $_7$ ⁺³⁹, con un armónico fuerte (orificio distal obturado, sobreagudo); y 2690 Hz, equivalente a un Mi $_7$ ⁺³⁴, con tres armónicos, el primero muy fuerte (orificio distal desobturado, sobreagudo) (Tabla 13; Espectrograma 4). El rango tonal de la flauta está entre un Mi $_6$ y un Si $_7$, es decir abarca más de una octava.


Tipo B-1.2, Elem. 247 [grabación no. 5 

La flauta genera mucho ruido agregado. Obturando el orificio distal y soplando suavemente era difícil generar un sonido. No obstante, se registró una fundamental de 770 Hz, equivalente a un Sol $_5$ ⁻³¹, que era demasiado débil para generar armónicos. Las otras fundamentales son: 2640 Hz, equivalente a un Mi $_7$, con dos armónicos (orificio distal obturado, sobreagudo); 1800 Hz, equivalente a un La $_6$ ⁺³⁹ (orificio distal desobturado, baja presión) (Tabla 14; Espectrograma 5). El sobreagudo en la posición del orificio distal desobturado no sonaba hasta los dos primeros minutos del experimento. Se registró una frecuencia de 3430 Hz,


equivalente a un La_7^{-45} , con dos armónicos. El rango tonal de la flauta está entre un Sol_5 y un La_7 , es decir, abarca aproximadamente dos octavas.

Tipo B-2.2, Elem. 112 [grabación no. 6 

La flauta no sonaba bien hasta después de aproximadamente 8 minutos de intentos. No obstante, no se logró generar un tono mientras se desobturaba el orificio distal y soplabá con baja presión. Las fundamentales son: 770 Hz, equivalente a un Sol_5^{-31} , con tres armónicos débiles (orificio distal obturado, baja presión); 4300 Hz, equivalente a un Do_8^{+47} , con un armónico fuerte (orificio distal obturado, sobreagudo); 3340 Hz, equivalente a un $Sol\#_7^{+9}$, con dos armónicos (orificio distal desobturado, sobreagudo) (Tabla 15; Espectrograma 6). El rango tonal está entre un Sol_5 y un Do_8 , es decir abarca más de tres octavas.

Tipo C, Elem. 141 [grabación no. 7 

Desafortunadamente, en una posición de la flauta (orificio distal y orificio inferior desobturados) no se logró emitir un sonido. En otra posición (orificio distal desobturado, agujero inferior obturado) se registró inesperadamente un resultado equivalente, tanto con poca y con mucha presión de soplo. Las fundamentales registradas son: 730 Hz, equivalente a un $Fa\#_5^{-24}$, con un armónico (orificio distal y orificio inferior obturados, baja presión); 2100 Hz, equivalente a un Do_7^{+6} , con cinco armónicos, entre los cuales los dos primeros son fuertes (orificio distal y orificio inferior obturados, sobreagudo); 2800 Hz, equivalente a un Fa_7^{+4} (orificio distal desobturado y agujero inferior obturado, baja y alta presión); 2540 Hz, equivalente a un $Re\#_7^{+35}$, con un armónico fuerte (orificio distal obturado y orificio inferior desobturado, baja presión); 3900 Hz, equivalente a un Si_7^{-23} , con dos armónicos (orificio distal obturado y orificio inferior desobturado, sobreagudo) (Tabla 16; Espectrograma 7). Según este registro, el rango tonal de esta flauta está entre un $Fa\#_5$ y un Si_7 , es decir abarca más de dos octavas.

Tipo C, Elem. 249 [grabación no. 8 


La flauta sonaba después de aproximadamente un minuto de calentamiento. No obstante, no se logró emitir un sonido en todas las combinaciones. Fue difícil producir el sobreagudo desobturando el orificio distal y obturando el orificio inferior. Las otras dos combinaciones de dedos (orificio distal obturado y orificio inferior desobturado; ambos orificios desobturados) únicamente sonaban con mucha presión, generando en la última combinación mucho ruido agregado. Las



fundamentales son: 1160 Hz, equivalente a un Re_6^{-22} , con un armónico (orificio distal y orificio inferior obturados, baja presión); 3575 Hz, equivalente a un La_7^{+27} , con dos armónicos, entre los cuales el primero es fuerte (orificio distal y orificio inferior obturados, sobreagudo); 2335 Hz, equivalente a un Re_7^{-11} , con dos armónicos, entre los cuales el primero es fuerte (orificio distal desobturado y agujero inferior obturado, baja presión); 4525 Hz, equivalente a un $Do\#_8^{+35}$, con un armónico débil (orificio distal desobturado y agujero inferior obturado, sobreagudo); 4435 Hz, equivalente a un $Do\#_8$, con un armónico débil (orificio distal obturado y agujero inferior desobturado, sobreagudo); 4950 Hz, equivalente a un $Re\#_8^{-10}$ con un armónico fuerte (ambos orificios desobturados, sobreagudo) (Tabla 17; Espectrograma 8). Según este registro, el rango tonal de la flauta está entre el rango tonal de un Re_6 y un $Re\#_8$, es decir abarca aproximadamente dos octavas.




(II) Experimentaciones

Solos improvisados

[grabaciones no. 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; 14 ; 15 ; 16 

Observamos que fácilmente se puede variar la altura del sonido y generar microtonalidades por medio de una ligera desobturación del orificio distal, así como por un ligero cambio de la presión del aire de insuflación. En todas las flautas se nota el ruido agregado. Por medio de una rápida obturación y desobturación del orificio distal es posible generar efectos de trino. Con las flautas que en una u otra combinación únicamente producían ruido, se logró incluir este efecto, como en la flauta Tipo A, Elem. 99 [grabación no. 9 ].

En las flautas del Tipo C se registró un notable aumento de las posibilidades tonales con el uso del orificio de digitación inferior [grabaciones no. 15 ; 16 ]. Teóricamente se puede generar cuatro tonos más las microtonalidades. No obstante, era difícil ejecutar los instrumentos en el estado "seco" y únicamente en casos excepcionales se logró producir melodías.

Ejecución simultánea [grabaciones no. 17 ; 18 ; 19 

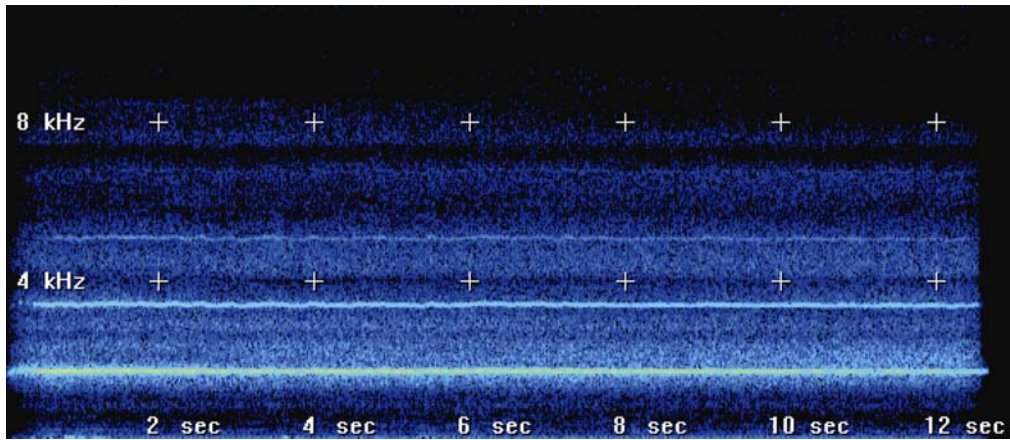
Tocando las flautas simultáneamente, se generó una serie de efectos psicoacústicos, los batimientos o "tonos de combinación" (*combination tones*).

Estos efectos se perciben en el oído interno cuando dos (o más) sonidos intensos de altas frecuencias y casi unísonos alcanzan la cóclea.¹¹⁸ En este momento se percibe un sonido adicional distorsionado, que es similar a un zumbido. Estos extraordinarios efectos auditivos no están presentes en el estímulo de los sonidos originales, sino aparecen como resultado de una distorsión no-lineal de la señal acústica en el oído, es decir, la cóclea produce una respuesta no-lineal o distorsionada. Como el único sistema involucrado es el oído y el cerebro, este sonido es ilocalizable, lo cual lo convierte en un fenómeno de percepción muy notable. Cuando tienen suficiente intensidad, es decir, cuando las frecuencias fundamentales y los armónicos tienen suficiente potencia, parecen girar alrededor de uno mismo. Cuando las frecuencias son muy altas, también se puede percibir sensaciones de sonidos graves similares al sonido de un timbal de agua.

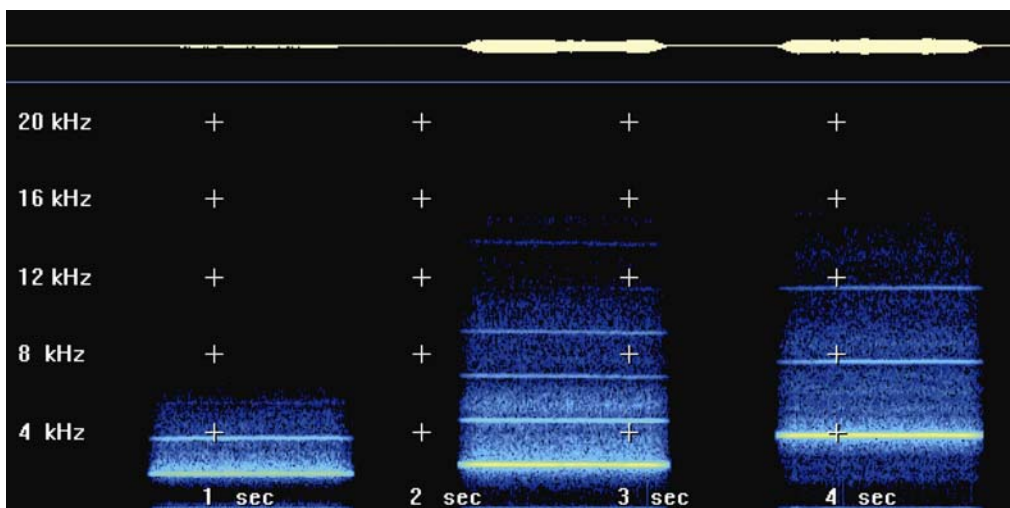
Ejecutando más de dos flautas simultáneamente, el efecto se vuelve más complejo y se amplifica. Se logró controlar los batimientos, en el sentido de mantenerlos durante unos segundos sin interrupción. Adicionalmente, encontramos que es posible "armonizar" los batimientos que generalmente se perciben desafinados.¹¹⁹ Cabe mencionar, que las flautas no representan instrumentos destinados para producir melodías elaboradas. A diferencia, su morfología particular muestra que estaban predestinadas para generar los efectos psicoacústicos.

¹¹⁸ Rossing 1990: 151-164; Maley 1990: 36.

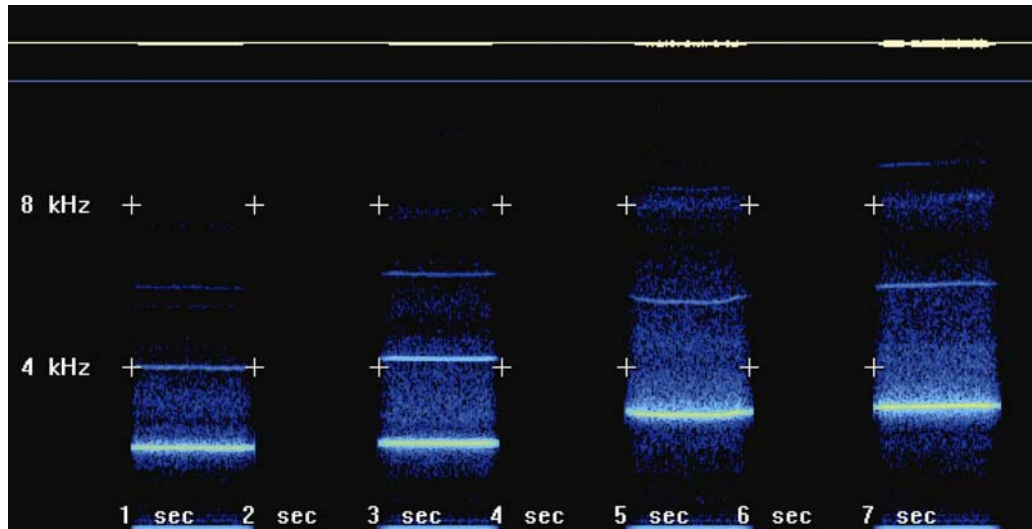
¹¹⁹ Cabe mencionar que el efecto psicoacústico al cerebro no ha sido investigado profundamente, específicamente en cuanto a las complejas señales generados por más de dos fuentes. En nosotros mismos, pudimos identificar una fuerte irritación que podría fácilmente conducir a un estado de trance.



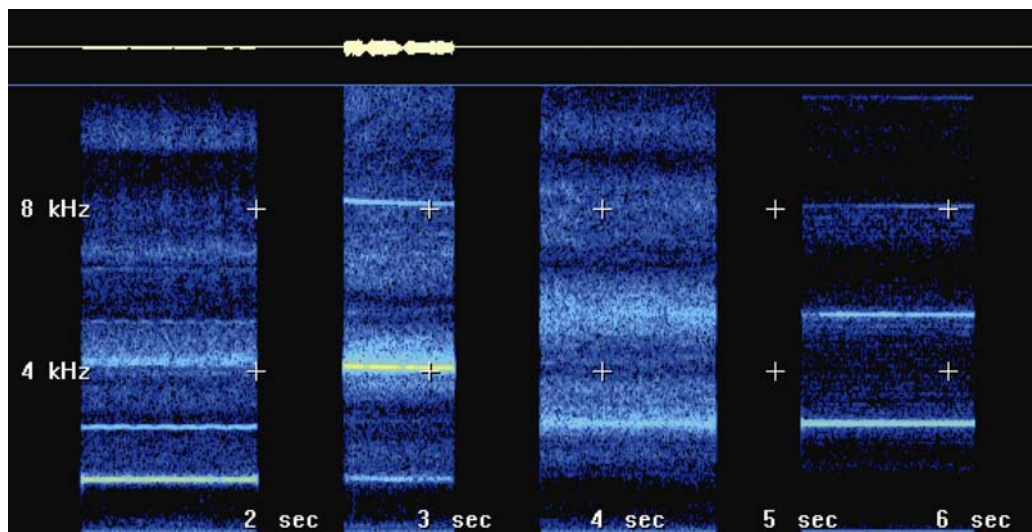
Espectrograma 1. Flauta traversa de mármol verde Tipo A, Elem. 99 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



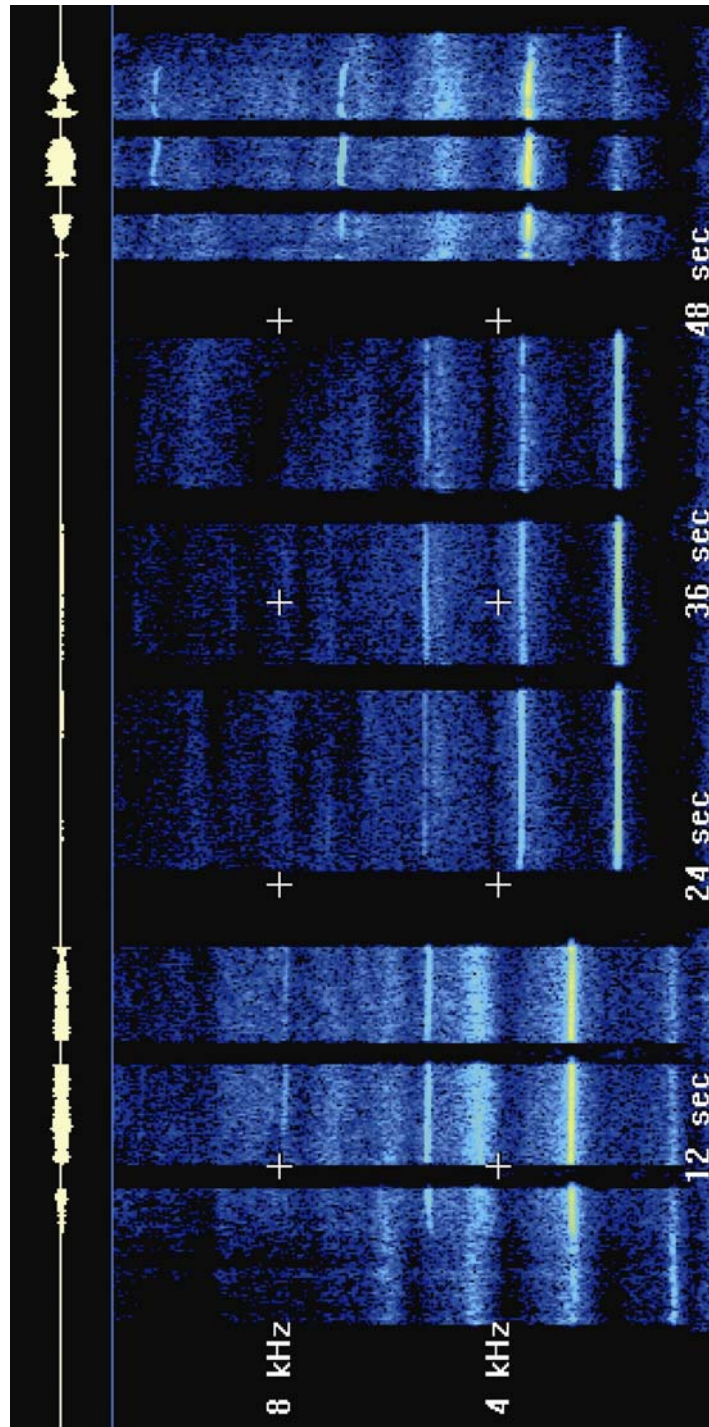
Espectrograma 2. Flauta traversa de mármol verde Tipo A, Elem. 175 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



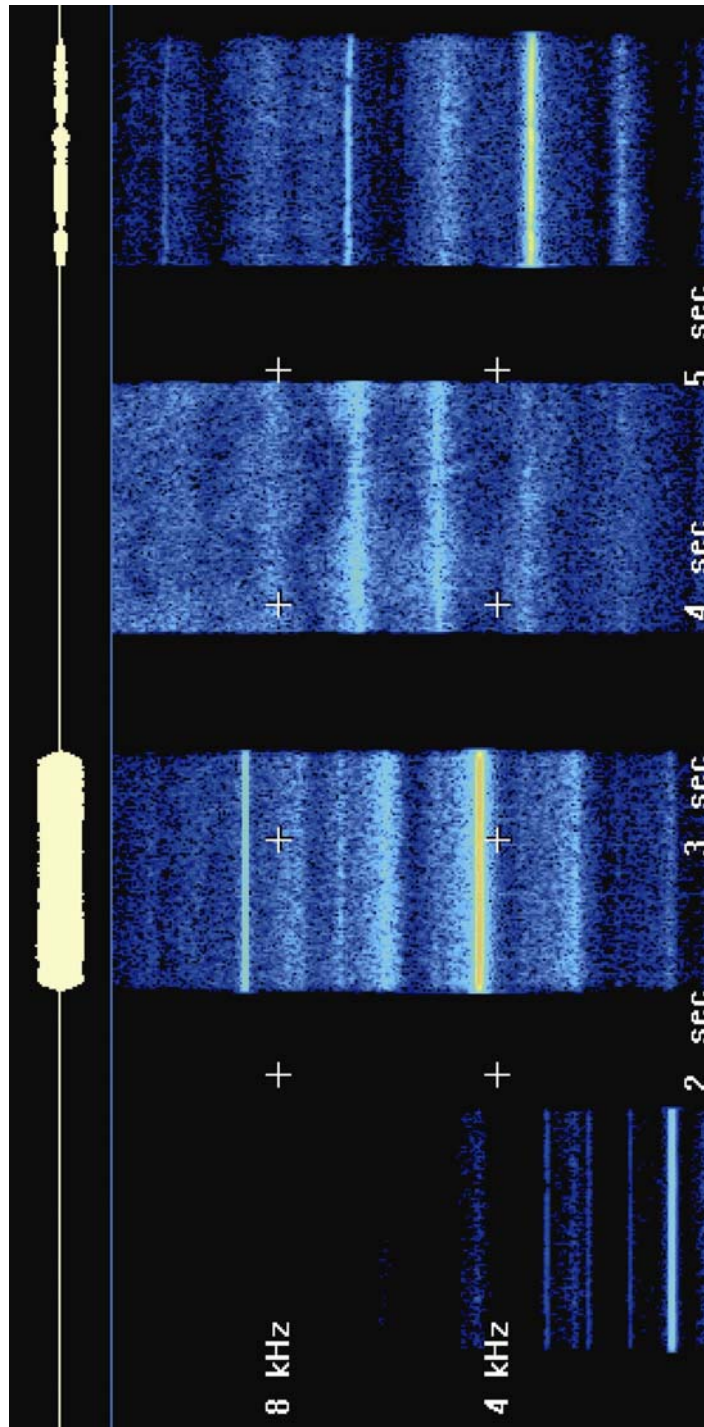
Espectrograma 3. Flauta transversa de mármol verde Tipo A, Elem. 176 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



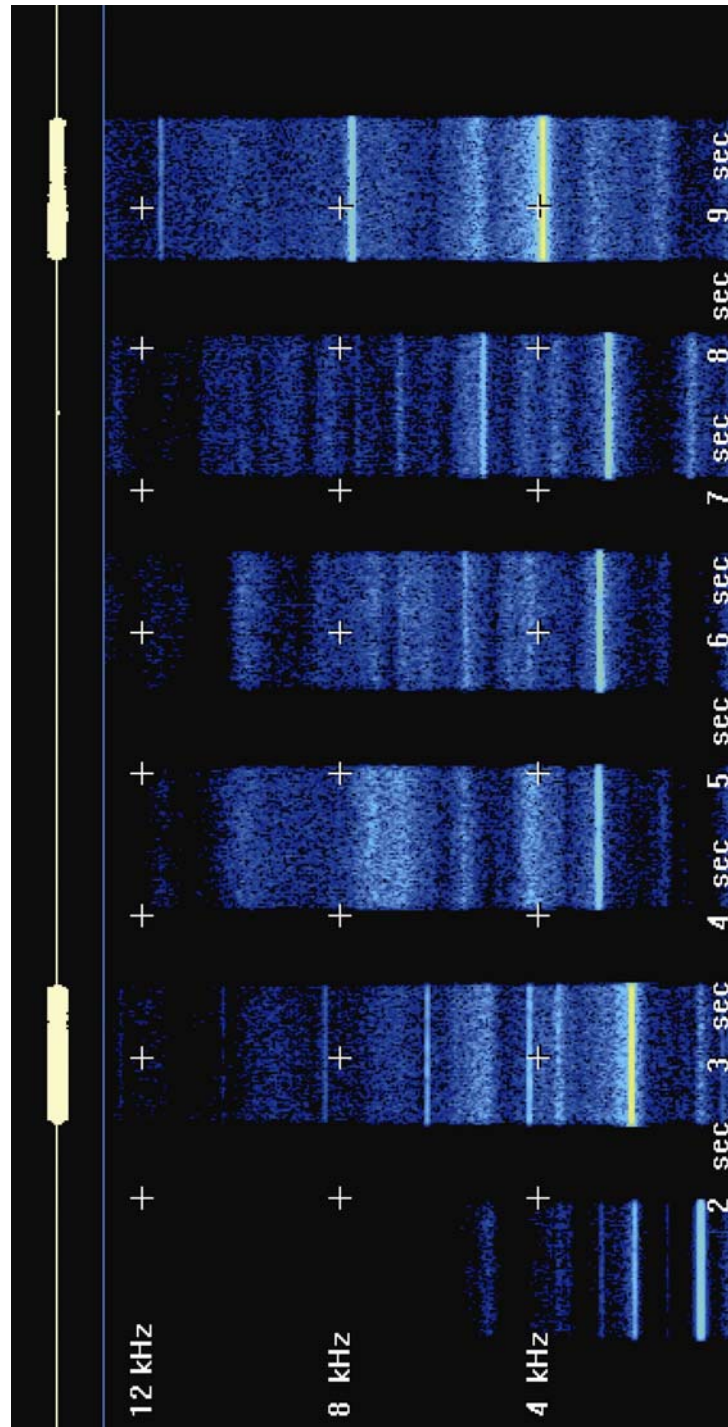
Espectrograma 4. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 143 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



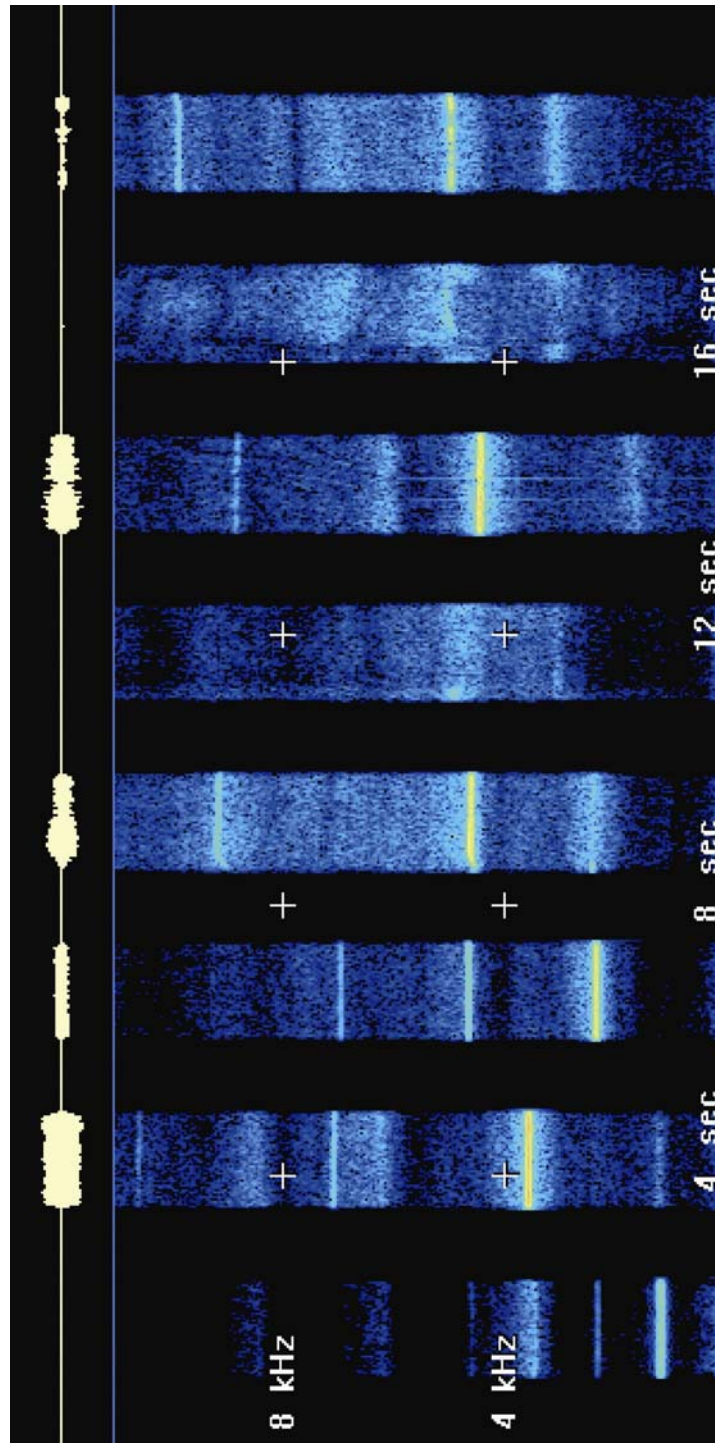
Espectrograma 5. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 247 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



Espectrograma 6. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-2.2, Elem. 112 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



Espectrograma 7. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo C, Elem. 141 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).



Espectrograma 8. Flauta longitudinal de mármol verde Tipo C, Elem. 249 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).

	1	Mi6	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do7	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	
2		o																				
1		●				+29.7 1690																

Tabla 10. Rango tonal de la flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 99 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur). La₄ = 440 Hz.

	1	Mi6	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do7	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	
2		o																				
1		●					-23 1840					-44.3 2290								+32.5 3800		

Tabla 11. Rango tonal de la flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 175 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
La₄ = 440 Hz. Valores rojos = sobreagudos.

	1	Mi6	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do7	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	
2		o													-14.8 2770	+17.5 2990						
1		●							+12.6 1990	+5.8 2100												

Tabla 12. Rango tonal de la flauta travesa de mármol verde Tipo A, Elem. 176 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
La₄ = 440 Hz. Valores rojos = sobreagudos.

	1	Mi6	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do7	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	
2		o																				
1		●												+34.4 2690							+38.5 4040	

Tabla 13. Rango tonal de la flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 143 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
La₄ = 440 Hz. Valores rojos = sobreagudos.

	1	Sol5	Sol6	Sol#	La	La#	Si	Do7	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do8	
2	O				+38.9 1800												-44.8 3430				
1	●	-31.2 770									0 2640										

Tabla 14. Rango tonal de la flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-1.2, Elem. 247 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
La_a = 440 Hz. Valores rojos = sobreagudos.

	1	Sol5	Sol6	Sol#	La	La#	Si	Do7	Do#	Re	Re#	Mi	Fa	Fa#	Sol	Sol#	La	La#	Si	Do8	
2	O																+9.1 3340				
1	●	-31.2 770																		+46.5 4300	

Tabla 15. Rango tonal de la flauta longitudinal de mármol verde Tipo B-2.2, Elem. 112 (Ofrenda 78, Templo Rojo Sur).
La_a = 440 Hz. Valores rojos = sobreagudos.

ARND ADJE BOTH