

LAS FLAUTAS DE CARAL-SUPE: APROXIMACIONES AL ESTUDIO ACÚSTICO-ARQUEOLÓGICO DEL CONJUNTO DE FLAUTAS MÁS ANTIGUO DE AMÉRICA*

*Ruth Shady Solís**
Martha Prado Ramírez**
Carlos Leyva Arroyo**
Jorge Moreno Ruiz***
Carlos Jiménez Dianderas***
Celso Limpe Quintanilla****

RESUMEN

Las 32 flautas traversas fueron encontradas en la Ciudad Sagrada de Caral-Supe. El conjunto fue hallado en el exterior de la plaza circular hundida de un complejo piramidal cuya antigüedad se calcula en 2500 años a.C. Las flautas están manufacturadas en huesos de pelícano y fueron encontradas en un contexto cultural cerrado. Por esta razón, su estudio permitirá conocer sus posibilidades musicales y el grado de conocimiento acústico alcanzado por tal sociedad.

CONTEXTO ARQUEOLÓGICO

La Ciudad Sagrada de Caral-Supe es el establecimiento más imponente del Perú durante el Arcaico

Tardío, por su extensión de más de 65 ha. y la diversidad en tamaño y calidad de las construcciones. Caral se halla a 182 km al norte de Lima, en el valle de Supe, territorio donde se formó el primer Estado peruano. En esta ciudad se erigieron, al menos, seis grandes volúmenes piramidales de hasta 18 m de altura, varias plazas, entre ellas, dos circulares hundidas, una correspondiente al anfiteatro con gradetría, templos y varias clases de conjuntos residenciales. El Estado de Supe alcanzó fuerte prestigio cultural, político y religioso en el área norcentral del Perú; y logró así, integrar por vez primera a la población de este amplio espacio, permitiendo el acceso a productos de las diversas regiones, desde el mar hasta la selva andina, y el intercambio entre culturas diversas.

EL HALLAZGO

El conjunto de flautas fue encontrado en la esquina suroeste del anfiteatro. El complejo arquitectónico está compuesto por una plaza circular hundida semejante a un anfiteatro, una pirámide con plataformas superpuestas en forma concéntrica, un pequeño templo redondo y otras estructuras (Fig. 1).

(*) Ponencia presentada al II Congreso Iberoamericano de Acústica, XXXI Congreso Nacional de Acústica -Tecnacústica 2000-, II Jornadas Iberoamericanas de Ultrasonidos, II Congreso Ibérico de Acústica y EAA SYMPOSIUM on Architectural Acoustics, desarrollados en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid del 16 al 20 de octubre del 2000.

(**) Museo de Arqueología y Antropología, UNMSM.

(***) Laboratorio de Acústica, Sección Física, Pontificia Universidad Católica del Perú.

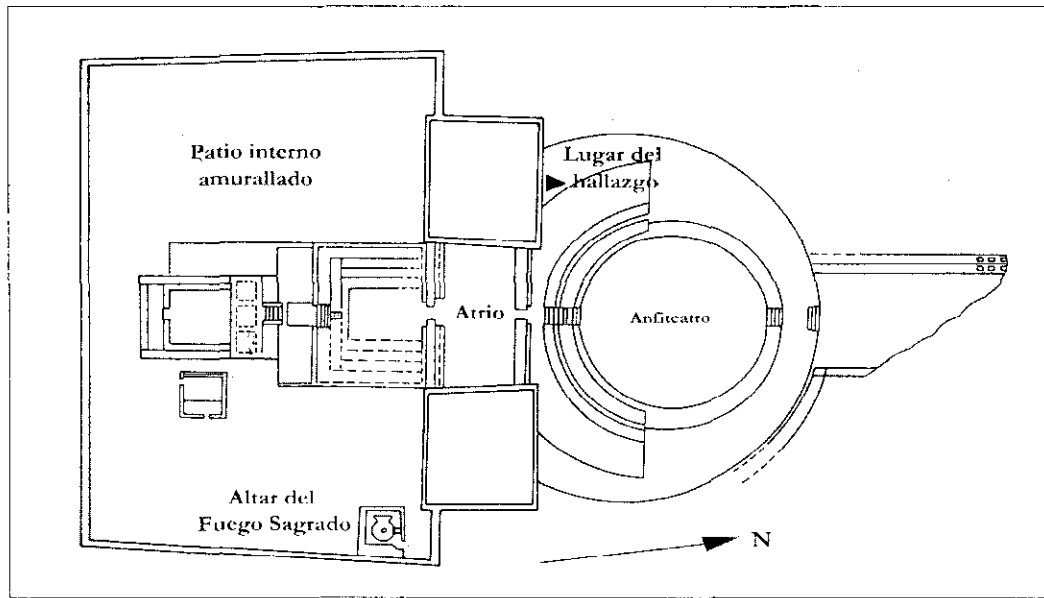


Figura 1. Ubicación de la zona de hallazgo en el Anfiteatro de la Ciudad Sagrada de Caral-Supe.

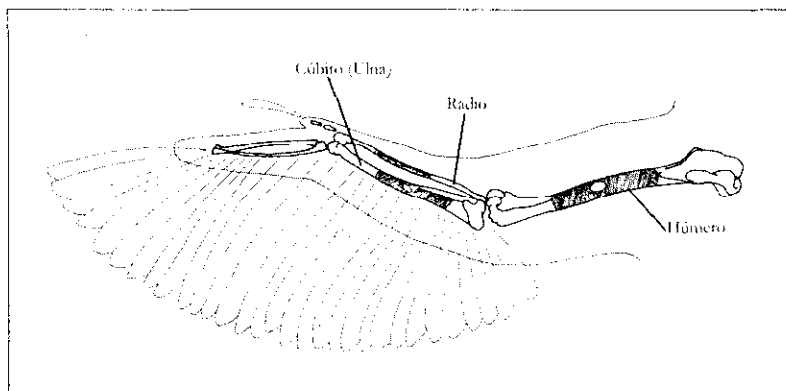


Figura 2. Estructura ósea del ala de pelicano (*Pelecanus thagus*) que muestra las partes con que fueron confeccionadas las flautas.

El grupo de instrumentos apareció cubierto de arena, acomodado sobre una piedra cortada, en un espacio delimitado por piedras cortadas, canto rodado y una especie de figura humana sin rostro, modelada con el mismo barro. Las flautas fueron depositadas siguiendo un determinado orden. Estuvieron estratificadas de acuerdo a las figuras incisas que decoran su superficie. Las primeras en aparecer fueron las flautas decoradas con monos y caras humanas, luego las aves y, finalmente, aparecieron las flautas sin decoración (llanas).

DESCRIPCIÓN DE LAS FLAUTAS

Los artefactos fueron confeccionados sobre huesos de ala de pelicano (*Pelecanus thagus*). Se han podido reconocer 15 húmeros, 9 ulnas (cúbitos) y 8 radios, lo que indicaría que se sacrificaron ocho aves como mínimo, si se considera la utilización de ambas extremidades del individuo (Fig. 2).

El conjunto fue encontrado en regular estado de conservación. Se tienen diez artefactos que presentan fisuras, siete incompletos (que carecen de algunos fragmentos) y quince completos. En el interior del hueso y al fondo de un orificio, aproximadamente en el centro de cada pieza, estaba un tabique de arcilla, adosado a las paredes interiores. En algunos ejemplares estos aditamentos se desprendieron o desintegraron durante el hallazgo o al efectuarse la limpieza de las piezas, debido a que la arcilla había perdido humedad (Tabla 1).

CONFECCIÓN

LOS RESTOS ÓSEOS

A partir de las dimensiones (espesor, longitud y diámetro) que presentan los instrumentos, se ha podido deducir que se seleccionaron especímenes de pelicanos jóvenes y bien alimentados. Los habitan-

Número de Flauta	Parte Ósea Utilizada	Longitud de flauta (cm)	Diámetros Extremo Izquierdo (Dh/Dv en cm)*	Diámetros Extremo Derecho (Dh/Dv en cm)*	Distancia del Extremo Izquierdo-Cresta del Tabique	Distancia del Extremo Derecho-Cresta del Tabique	Diámetro de Embocadura (Dh/Dv en cm)*
1	Húmero	16,7	1/1	1,3/1,4	9,0	7,6	1,2/1,6
2	Húmero	16,6	0,9/1,2	1,1/1,5	8,5	8,1	1,1/1,6
3	Húmero	16,4	0,8/1,1	1,2/1,3	---	---	1/1,5
4	Húmero	16,5	1,2/1,1	1,1/1,4	---	---	1,1/1,4
5	Ulna	16,2	0,9/1	0,9/1	---	---	1/1,5
6	Ulna	16,2	1,2/1,4	1,3/1,5	---	---	1/1,5
14	Húmero	16,5	1,4/1,1	0,6/1,1	7,9	8,6	1,1/1,4
15	Húmero	16,3	1,3/1,3	0,7/0,8	---	---	1/1,3
18	Húmero	16,4	1/0,9	1,5/1,1	7,8	8,7	1/1,4
20	Ulna	16,3	1/1,3	1/1	8,0	8,3	1/1,5
21	Húmero	14,0	1,1/1,3	0,9/1,4	---	---	1/1,4
22	Húmero	13,3	0,8/1	0,9/1,1	7,2	6,0	0,9/1,2
23	Húmero	13,4	0,8/1	1,3/1,2	6,1	7,4	1/1,2
27	Radio	12,6	0,6/0,6	0,9/0,6	6,3	6,2	0,7/0,8
31	Radio	11,6	0,6/0,8	0,5/0,6	---	---	0,6/0,8

* La relación (Dh/Dv) representa los diámetros horizontal (Dh) y vertical (Dv) de cada orificio central (embocadura) y de los extremos distales de las flautas.

Nota: Los elementos 7 a 13, 16 y 17, 19, 24 a 26, 28 a 30 y 32 no fueron analizados debido a su mal estado de conservación.

Tabla 1. Características físicas de las flautas de Caral-Supe.

tes de Caral-Supe eligieron estos materiales con la finalidad de fabricar un instrumento que produjera ciertos sonidos (para alcanzar ciertos tonos). Con este fin, cortaron los huesos con diferentes longitudes y buscaron la parte más idónea. Luego del corte de los huesos se procedió a hacer un orificio (embocadura) aproximadamente en el centro del instrumento. Este orificio presenta, básicamente, dos formas: una ovalada y otra rectangular. Para lograr una adecuada producción de sonidos se procedió a sellar con arcilla todos los agujeros que, por la conformación fisiológica, presentara el hueso. Experimentalmente se comprobó que los cúbitos y radios son lisos en el interior y pueden ser usados directamente; mientras los húmeros son cavernosos en el interior y requieren ser pulidos para eliminar las asperezas que puedan interferir en el flujo de aire.

LOS TABIQUES

El tabique de arcilla, adosado a las paredes interiores del hueso, presenta diferentes tamaños de acuerdo a las dimensiones del fondo del orificio que sirve de embocadura (Fig. 3). La características fundamentales de los tabiques son su dureza y consistencia. Se han determinado tres tamaños: grandes, medianos y pequeños, cuyos pesos promedio son 0,54 gr., 0,31 gr. y 0,15 gr.

Para formar el tabique se adosó al fondo del orificio de la embocadura, mediante presión, una pe-

queña masa de arcilla no cocida. El tabique es de forma triangular y de lados redondeados, su altura y el ancho de su base son variables. Para darle la forma requerida se utilizó, posiblemente, una varilla de origen vegetal a modo de paleta con la que se fue retirando el material excedente.

DECORACIÓN: LOS DIBUJOS INCISOS

Entre los diseños destacan, por su realismo y número de representaciones, las figuras de un mono y, asimismo, de aves con rasgos felinos o de simios. Se hallan también figuras de serpientes con rostros de ave o una cabeza bicéfala de ave y serpiente, y dos figuras antropomorfas. También se encontró un grupo de flautas sin decoración. La representación de una cara humana de perfil metida en una especie de malla sólo alcanza a ser vista en forma completa cuando se junta un par de flautas. Ambas fueron enterradas juntas en esa posición. Los diseños de las flautas muestran rasgos estilísticos propios de la tradición Chavín, de la costa y sierra norcentral; de verificarse su antigüedad, se constituirían en los más remotos exponentes del arte y de la ideología, que predominara en la mayor parte del territorio en los milenios siguientes.

Es pertinente mencionar que, además de las decoraciones incisas y en bajorrelieve, algunas flautas presentan posibles huellas de ataduras. Al respecto se ha planteado cuatro hipótesis (Fig. 4):

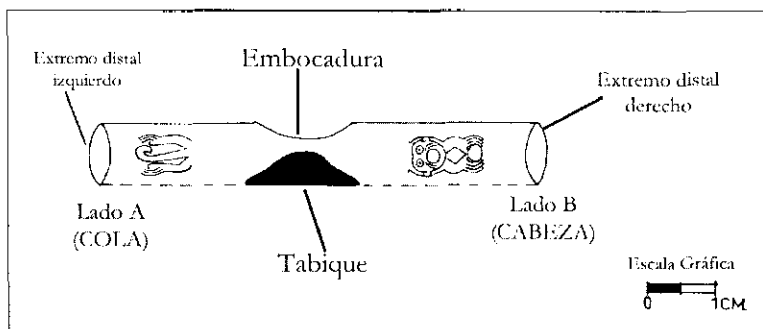


Figura 3. Vista esquemática de una flauta.

a) Que hayan servido para establecer la unión de dos músicos ejecutantes, cada uno de los cuales tocaba la flauta amarrada por un extremo y conectada a la otra por un cordel.

b) Que hayan servido como amarras con fines puramente ornamentales.

c) Que hayan sido usadas para ser colgadas del cuello del músico ejecutante.

d) Que hayan servido para mantener unidas dos piezas. Esta idea encuentra su refuerzo en las huellas que se pueden apreciar en los extremos distales de las piezas y a los costados de la embocadura. Debe tenerse en cuenta que al ser unidos ambos instrumentos con dos perfiles forman una cara.

ANÁLISIS ACÚSTICO

Tomando en consideración las características físicas de las flautas es posible pensar que se podrían

dar cuatro diferentes condiciones de digitación para su ejecución (Fig. 5, de arriba hacia abajo):

- Condición cerrado-cerrado (tipo C1): tapando ambos extremos de la flauta,
- Condición cerrado-abierto (tipo A1): tapando el extremo del semi-tubo izquierdo y dejando libre el extremo del semi-tubo derecho,
- Condición abierto-cerrado (tipo B1): tapando el extremo del semi-tubo derecho y dejando libre el extremo del semi-tubo izquierdo,
- Condición abierto-abierto (tipo C2): dejando libres ambos extremos del tubo.

Adicionalmente, se consideraron los tipos A2, B2 y C3 que corresponden a las mismas condicio-

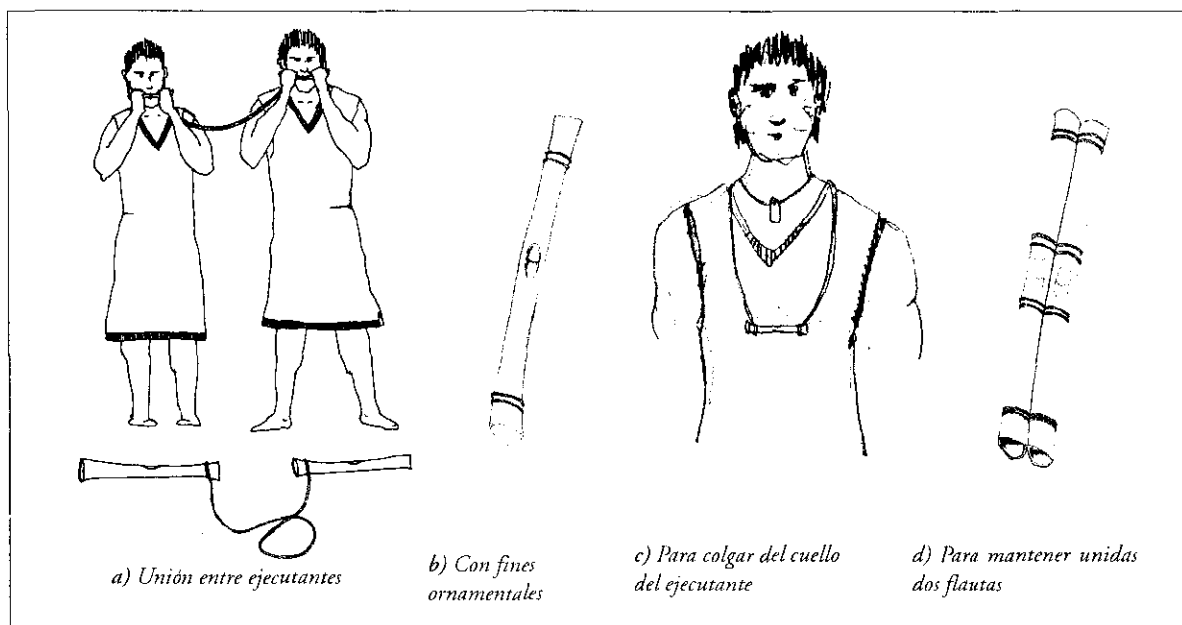


Figura 4. Representación gráfica de las formas de uso de las flautas, que se infieren a partir de las huellas dejadas por las ataduras.

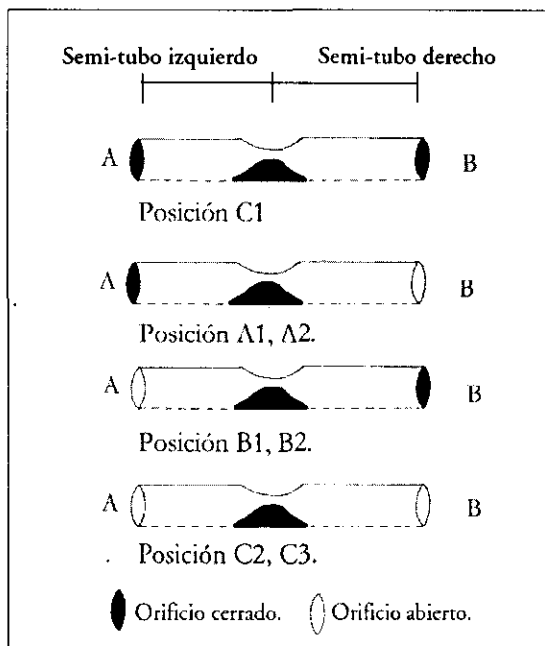


Figura 5. Condiciones de digitación para la ejecución de las flautas (posiciones básicas).

nes de digitación A1, B1 y C2 pero con una mayor velocidad en el flujo de aire.

Las Figs. 6 a 9 muestran espectros de algunas de las flautas originales evaluadas. En todos los casos se observa un pico secundario al lado del primer o segundo armónico, dependiendo cuál de ellos se está activando al ejecutar el instrumento. En muchos de los casos evaluados (15 flautas) se observa que estos picos secundarios acompañan a los armónicos de orden superior.

Se observó que al aumentar la velocidad del flujo de aire durante la ejecución era posible pasar del

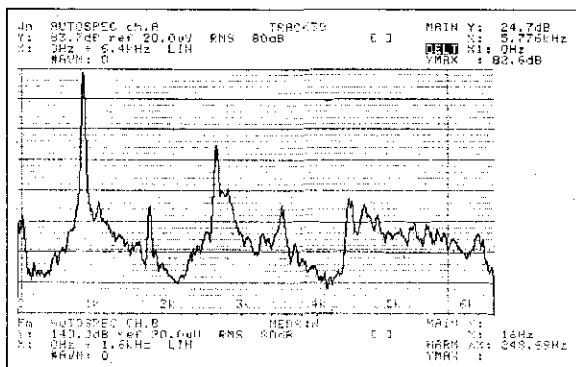


Figura 6. Análisis espectral de la Flauta N° 9, condición de digitación C1, 1ra. octava.

primer al segundo armónico, fenómeno que es conocido en los instrumentos de viento actuales. Al ejecutar el instrumento se pudo apreciar que en algunos casos existían pulsaciones. Con la finalidad de entender el comportamiento de las flautas, se procedió a construir un prototipo hecho de tubo de PVC con características similares a las originales.

ANÁLISIS DEL PROTOTIPO DE PVC

Para realizar mediciones acústicas sin dañar las flautas originales se construyó un prototipo de PVC con características físicas similares a la Flauta N° 5. El prototipo fue excitado empleando los diferentes tipos de digitación mostrados en la Fig. 5, mediante un flujo continuo de aire, cuya velocidad era posible variar de acuerdo al armónico que se deseaba reproducir. Se utilizó un probe microphone para sensar la presión sonora dentro del prototipo y un analizador de FFT de dos canales para el procesamiento de los datos medidos.

• Distribución de presión sonora. Las Figs. 10a y 10b muestran la distribución de presión sonora dentro del prototipo para el modo fundamental de la flauta y el segundo armónico respectivamente del espectro de frecuencia medido. Al observar la distribución de presión sonora y analizar el espectro de frecuencia del prototipo se determinaron dos posibilidades de comportamiento que concuerdan con mediciones realizadas. La primera opción sería considerar al tubo comportándose como un todo en su segundo armónico (para los casos 10a y 10b); la segunda opción consideraría la flauta como dos tubos acoplados activados en sus frecuencias fundamentales. Ambas posibilidades se considerarían como casos perturbados.

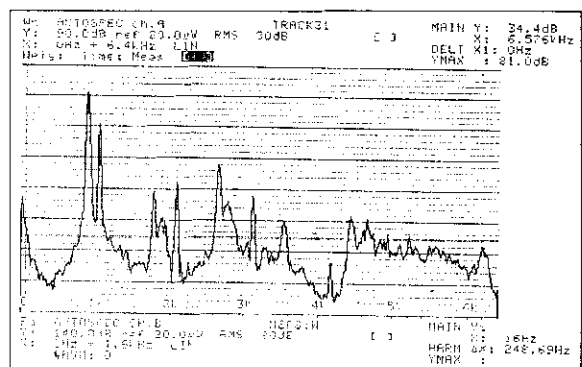


Figura 7. Análisis espectral de la Flauta N° 9, condición de digitación A1, 1ra. octava.

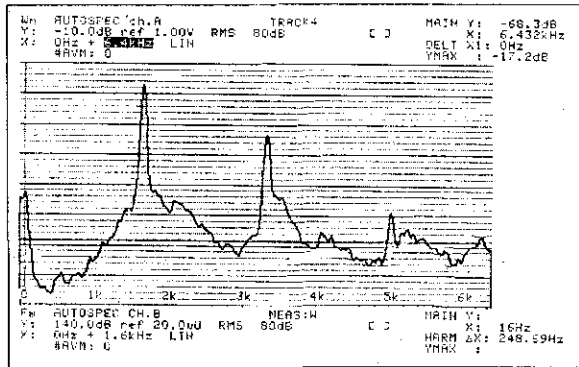


Figura 8. Análisis espectral de la Flauta N° 1, condición de digitación C2, 2da. octava.

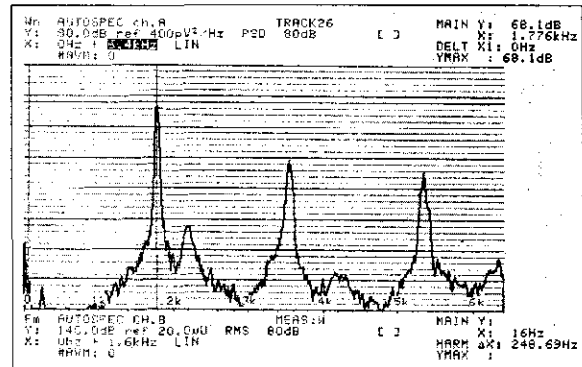


Figura 9. Análisis espectral de la Flauta N° 4, condición de digitación C2, 2da. octava.

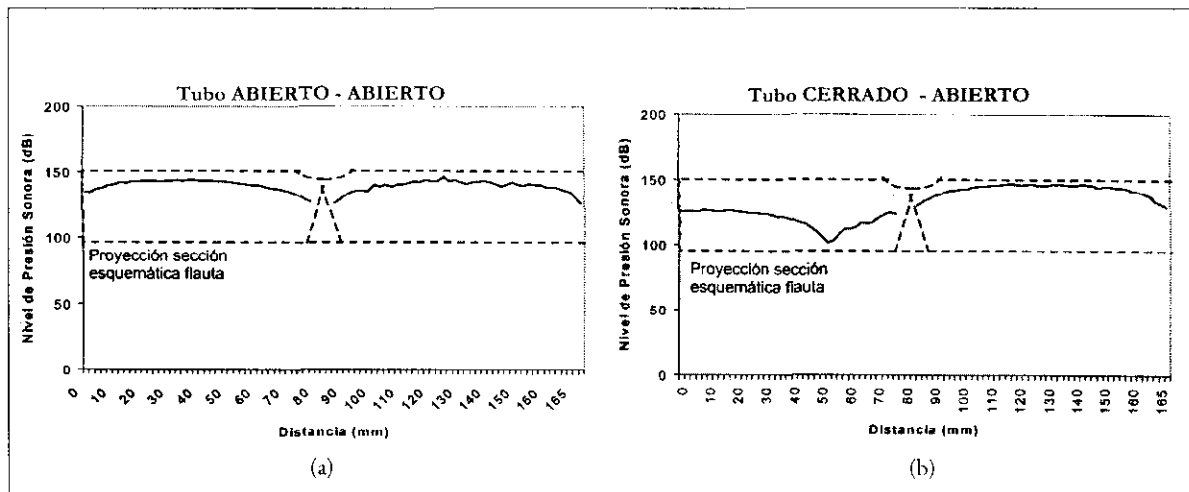


Figura 10. Distribución de presión sonora dentro de la flauta.

● **Análisis espectral.** Con la finalidad de verificar las posibilidades de comportamiento antes mencionadas, se procedió a realizar el análisis espectral del prototipo en tres tipos de digitación (véase Fig. 5): abierto-abierto (C2), cerrado-cerrado (C1) y cerrado-abierto (A1).

Se utilizó el instrumental descrito anteriormente. Se tomaron medidas en el interior del tubo en posiciones convenientes de ambos lados del tabique central con el prototipo, operando en condiciones normales. Asimismo, se efectuaron mediciones en ambos lados del tubo pero anulando la mitad opuesta de tubo, para lo cual se introducía un tapón hasta chocar con el tabique central. Las Figs. 11 y 12 muestran respectivamente el espectro para el tono fundamental medido en el semi-tubo derecho y el semi-tubo izquierdo cuando el prototipo está en condi-

ción de digitación abierto-abierto. Se observa claramente el acoplamiento entre ambos semi-tubos. En el dominio del tiempo se observó que existía una modulación entre ambas frecuencias. La Fig. 13 muestra la superposición de las mediciones individuales de los dos semi-tubos, siempre con el lado opuesto cerrado. Se puede ver que existe una correspondencia entre los picos de esta figura con los mostrados en las Figs. 11 y 12.

La Fig. 14 muestra en el dominio del tiempo la modulación correspondiente al espectro de la Fig. 16, la cual era audible con toda claridad. Las Figs. 15 y 16 muestran como en el caso anterior el acoplamiento existente para el tono fundamental del prototipo en condición de digitación cerrado-cerrado. En el caso de digitación abierto-cerrado, que también fue evaluado, el acoplamiento observado

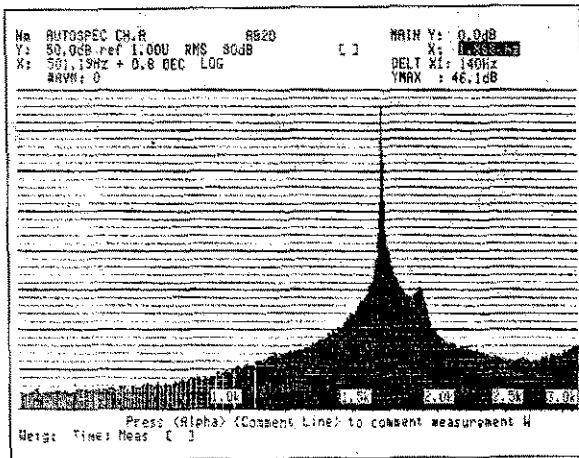


Figura 11. Espectro de frecuencia alrededor del tono fundamental. Condición C2, semi-tubo derecho.

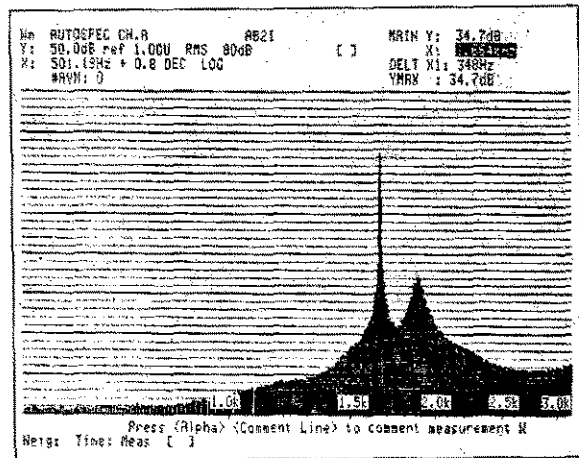


Figura 12. Espectro de frecuencia alrededor del tono fundamental. Condición C2, semi-tubo izquierdo.

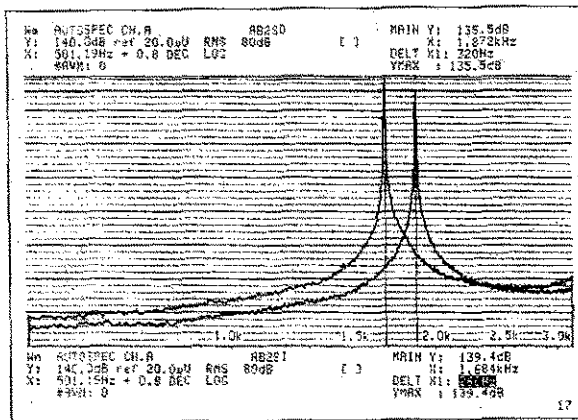


Figura 13. Superposición de espectros de semi-tubos derecho e izquierdo. Condición C2.

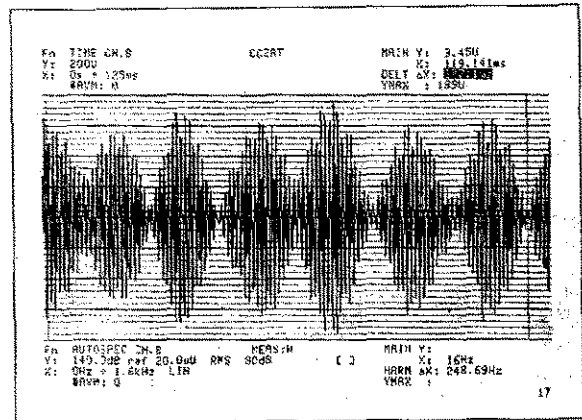


Figura 14. Espectro en el dominio del tiempo de la modulación entre ambos semi-tubos.

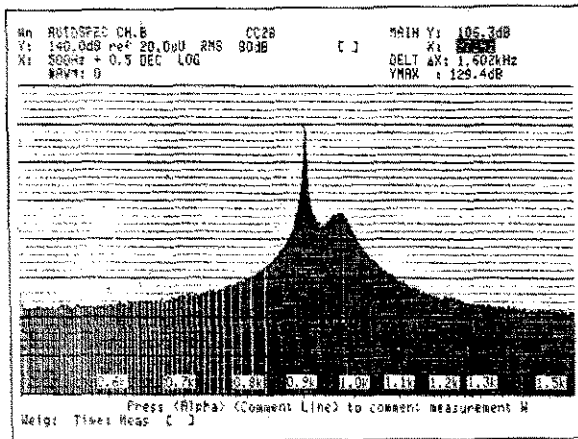


Figura 15. Espectro de frecuencia alrededor del tono fundamental. Condición C1, semi-tubo derecho.

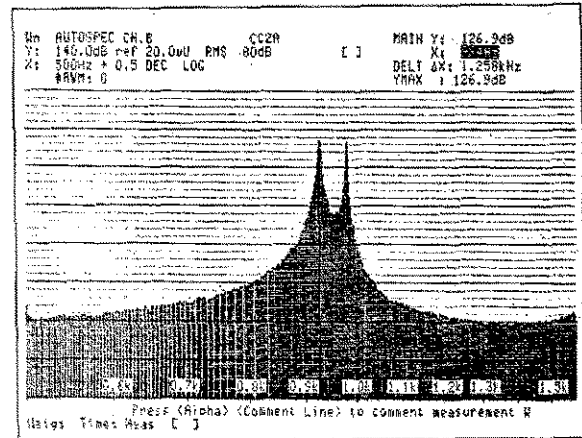


Figura 16. Espectro de frecuencia alrededor del tono fundamental. Condición C1, semi-tubo izquierdo.

Flauta N°5 (Ave-felino)			Flauta N°6 (Ave-felino)			Flauta N°15 (Mono)		
Condición de Digitación	Tono Fundamental (Hz)	Escala Temperada	Condición de Digitación	Tono Fundamental (Hz)	Escala Temperada	Condición de Digitación	Tono Fundamental (Hz)	Escala Temperada
C 1	880	A5	C 1	880	A5	C 1	928	A5/A5#
A 1	976	A5#/B5	A 1	896	A5/A5#	A 1	1020	B5/C6
B 1	944	A5#/B5	B 1	--	--	B 1	976	A5#/C6
C 2	1790	A6/A6#	C 2	1760	A6	C 2	1810	A6/A6#
A 2	1940	A6#/B6	A 2	1900	A6#/B6	A 2	1840	A6/A6#
B 2	--	--	B 2	1940	A6#/B6	B 2	2240	C7#/D7
C 3	--	--	C 3	2660	E7/F7	C 3	2740	E7/F7
a.			b.			c.		

Tabla 2. Relación de los tonos fundamentales de algunas flautas de Caral con la escala temperada europea.

fue muy débil, probablemente debido a la diferencia de niveles de presión sonora entre ambos semitubos, como se muestra en la Fig. 10 (aproximadamente 20dB).

ASPECTOS MUSICALES

CLASIFICACIÓN ORGANOLÓGICA

En la tipología propuesta por Erich Stockman y Oskar Elschek (Muriel, 1988: 75) se considera más precisa la clasificación de los instrumentos musicales de acuerdo a la forma de fabricación, en lugar de la forma de obtención de sonidos, debido a que hay múltiples posibilidades de ejecución en la mayoría de ellos; y no se conoce cómo se ejecutaba música en estos instrumentos. Entonces, de acuerdo a su morfología, las 32 piezas pueden ser consideradas como flautas tubulares horizontales o transversas.

ASPECTOS DE NOTACIÓN MUSICAL

La Tabla 2 muestra los tonos fundamentales de algunas de las flautas originales analizadas y su relación aproximada con la escala temperada.

COMENTARIOS

- Se ha observado una fuerte influencia de la carga reactiva debido a la impedancia de radiación; aún está en estudio cómo se distribuye la carga acústica de este tipo de flautas.

- Posteriores análisis acústicos permitirán determinar los patrones de radiación de las flautas bajo las diferentes condiciones de digitación y de velocidades de flujo de aire.

BIBLIOGRAFÍA

BOLAÑOS, César

Las antaras Nasca: historia y análisis. Lima: CONCYTEC.

LEYVA, Carlos

1999 «Apreciaciones Musicológicas Preliminares de las Flautas de Caral». En *Boletín del Museo de Arqueología y Antropología de la UNMSM*, año 2, N° 10, Lima, pp. 6.

MURIEL, Inés

1988 «Instrumentos Musicales Arqueológicos de Ecuador». En *Boletín de Música de Casa de las Américas*, N° 112-113, La Habana, pp. 72-101.

RAYLEIGH, J. W. S.

1945 *The Theory of Sound*. Volumen II, Dover Publications, New York.

SHADY, Ruth.

1997 *La Ciudad Sagrada de Caral-Supe en los Albores de la Civilización en el Perú*. Lima: UNMSM.

1999a «Las Flautas de Caral: el Conjunto Musical más Antiguo de América». En *Boletín del Museo de Arqueología y Antropología de la UNMSM*, año 2, N° 10, Lima, pp. 4-5.

1999b «Los Orígenes de la Civilización y la Formación del Estado en el Perú: Las Evidencias Arqueológicas de Caral-Supe (Primera Parte)». En *Boletín del Museo de Arqueología y Antropología de la UNMSM*, año 2, N°12, Lima, pp. 2-4.

2000 «Los Orígenes de la Civilización y la Formación del Estado en el Perú: Las Evidencias Arqueológicas de Caral-Supe (Segunda Parte)». En *Boletín del Museo de Arqueología y Antropología de la UNMSM*, año 3, N°2, Lima, pp. 2-7.