

## **LAS FLAUTAS DE CARAL-SUPE: APROXIMACIONES AL ESTUDIO ACUSTICO-ARQUEOLOGICO DEL CONJUNTO DE FLAUTAS MAS ANTIGUO DE AMERICA**

REFERENCIA PACS: 43.75.Ef

Shady Solís, Ruth <sup>1</sup>; Prado Ramírez, Martha <sup>1</sup>; Leyva Arroyo, Carlos <sup>1</sup>

Moreno Ruiz, Jorge N. <sup>2</sup>; Jiménez Dianderas, Carlos R. <sup>2</sup>; Llimpe Quintanilla, Celso E. <sup>2</sup>

1 Museo de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Av. Nicolás de Piérola N° 1222

Lima 1. Perú

Tel: 4278155

E-Mail: marqcecu@terra.com.pe; marqcecu@unmsm.edu.pe

2 Laboratorio de Acústica, Sección Física, Pontificia Universidad Católica del Perú

Av. Universitaria Cuadra 18 s/n

Lima 32. Perú

Tel: 4602870 (Anexo 239)

E-mail: jmoreno@pucp.edu.pe, cjimene@pucp.edu.pe, cllimpe@pucp.edu.pe

### **ABSTRACT**

Thirty-two flutes were found in the Sacred City of Caral-Supe. The group were discovered in the exterior of a circular plaza of a pyramidal complex (2500 b.C.). The flutes are done in pelican bone and were found in a closed cultural context. For this reason, the study will allow to know the musical possibilities of the instruments and the acoustical knowledge of that society.

### **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 es calculada en 2500 años a.C. Las flautas están manufacturadas en hueso de pelícano y fueron encontradas en un contexto cultural cerrado, es por eso que su estudio permitirá conocer sus posibilidades musicales y el grado de conocimientos acústicos alcanzados por tal sociedad.

### **CONTEXTO ARQUEOLOGICO**

La Ciudad Sagrada de Caral-Supe es el establecimiento más imponente del Perú durante el Arcaico Tardío, por su extensión de más de 50 ha y la diversidad en tamaño y calidad de las construcciones. Caral se halla a 182 km. al norte de Lima y fue aquí donde se formó el primer Estado peruano. Allí se erigieron al menos seis grandes volúmenes piramidales de hasta 30 m de altura, varias plazas, entre ellas dos circulares hundidas, una correspondiente al anfiteatro con gradería, templos y varias clases de conjuntos residenciales. El Estado de Supe alcanzó fuerte prestigio cultural, político y religioso en el Perú de entonces, logrando 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 sudoeste del anfiteatro. El complejo adosado a un conjunto 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 (Figura 1).

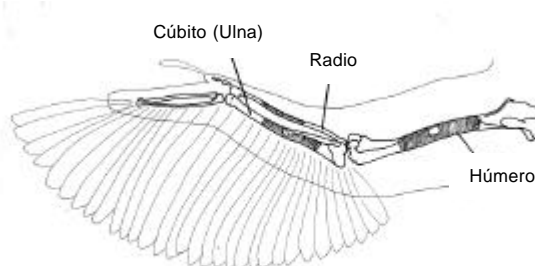
El conjunto, compuesto de 32 flautas, apareció cubierto de arena, acomodado sobre una piedra cortada, en un espacio delimitado por piedras cortadas, canto rodado y una especie de figura humana sin rostro, modelada con el mismo barro. El conjunto fue depositado siguiendo un determinado orden, estuvieron estratificadas por figuras incisas en 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 la base de huesos de ala de pelícano (*Pelicanus thagus*). Se han podido reconocer 15 húmeros, 9 ulnas (cúbitos) y 8 radios, lo que indicaría que se sacrificaron ocho aves, teniendo como condición la utilización de ambas extremidades del individuo (Figura 2).



**Fig. 1. Ubicación de la zona de hallazgo en el Anfiteatro de Caral**



**Fig. 2. Estructura ósea del ala de pelícano (*Pelicanus thagus*) que muestra las partes en las que fueron confeccionadas las flautas**

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. Al interior del hueso y al fondo de un orificio aproximadamente al centro de la pieza estaba adosado a las paredes interiores un tabique de arcilla. Estos aditamentos se desprendieron o desintegraron durante el hallazgo, al efectuarse la limpieza de las piezas, debido a que la arcilla había perdido humedad (Tabla 1).

**Tabla 1. Características Físicas de las Flautas de Caral**

Número de Flauta	Parte Osea 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 estado de conservación.

## CONFECCIÓN

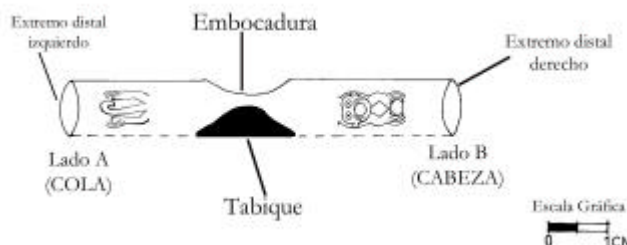
### Los restos óseos

A partir de las dimensiones (espesor, longitud y diámetro) que presentan los instrumentos se ha podido deducir que se seleccionaron especímenes jóvenes y bien alimentados. Los habitantes de Caral-Supe seleccionaron estos materiales con la finalidad de fabricar un instrumento que produjera ciertos sonidos (que alcanzara ciertos tonos), para lo cual cortaron los huesos con diferentes longitudes y buscaron la parte más idónea para sus fines. Luego del corte de los huesos se procedió a hacer un orificio (embocadura) aproximadamente al 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 su conformación fisiológica presenta el hueso. Experimentalmente se comprobó que los cúbitos y radios son lisos internamente y pueden ser usados directamente mientras los húmeros son cavernosos en su interior requiriendo ser pulidos para eliminar las asperezas que puedan interferir 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 (Figura 3). La característica fundamental de los tabiques es su dureza y consistencia. Se han determinado tres tamaños de tabiques: grandes, medianos y pequeños, cuyos pesos promedio son 0.54 gr., 0.31 gr. y 0.15 gr.

Para formar el tabique se colocó un trozo de masa de arcilla no cocida en el agujero y está adosado al fondo del orificio de la embocadura mediante presión. 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.



**Fig. 3. Vista esquemática de una flauta**

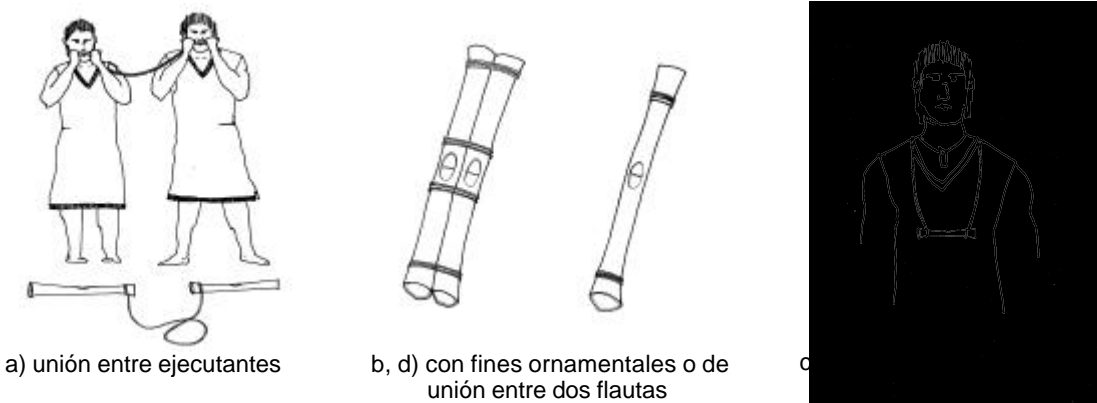
### Decoración: Los dibujos incisos

Entre los diseños destaca por su realismo y número de representaciones las figuras de un mono, de aves combinando sus rasgos con los de un felino o mono. Se hallan también figuras de serpientes con rostros de ave o una cabeza bicéfala de ave y serpiente, y dos figuras antropomorfas. También se encontraron un grupo de flautas sin decoración. La representación de una cara humana de perfil metida en una especie de malla sólo alcanza a verse completa cuando forman el par. Ambas flautas 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. Se ha planteado cuatro hipótesis al respecto (Figura 4):

- 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,
- 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 forman dos caras.



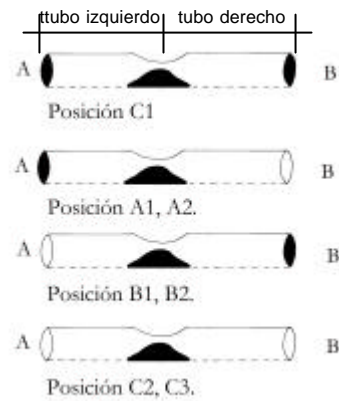
**Fig. 4. Representación gráfica de hipótesis de uso de huellas de ataduras**

**ANÁLISIS ACUSTICO**

Tomando en consideración las características físicas de las flautas, es posible pensar que se podrían dar cuatro diferentes condiciones de digitación para su ejecución (figura 5, de arriba hacia abajo):

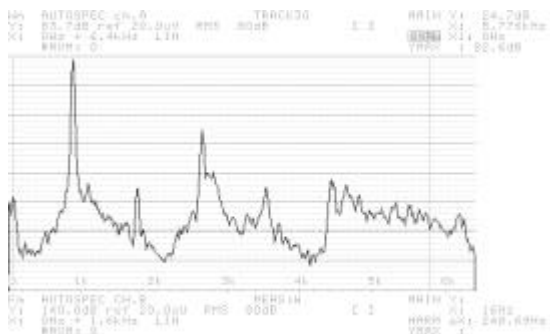
- Condición cerrado-cerrado (tipo C1): tapando ambos extremos de la flauta,
- Condición cerrado-abierto (tipo A1): tapando el extremo del semi-tubo izquierdo y dejando libre el extremo del semi-tubo derecho,
- Condición abierto-cerrado (tipo B1): tapando el extremo del semi-tubo derecho y dejando libre 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 condiciones de digitación A1, B1 y C2 pero con una mayor velocidad en el flujo de aire.

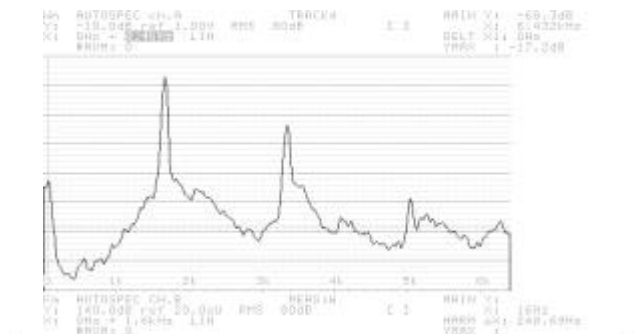


**Fig. 5. Condiciones de digitación para la ejecución de las flautas**

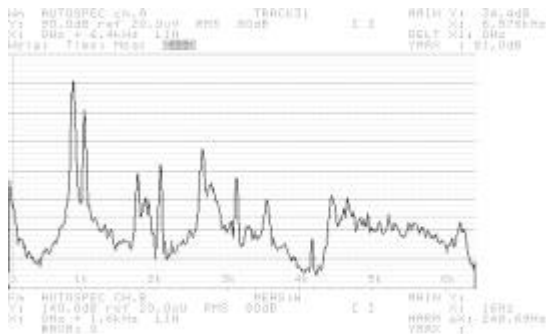
Las figuras 6 a 9 muestran espectros de algunas de las flautas originales evaluadas. En todos los casos se observa un pico secundario al lado del 1er o 2do armónico, dependiendo cual de ellas se esta activando al ejecutar el instrumento. En muchos de los casos evaluados (15 flautas) se observa que estos picos secundarios acompañan a los armónicos de orden superior.



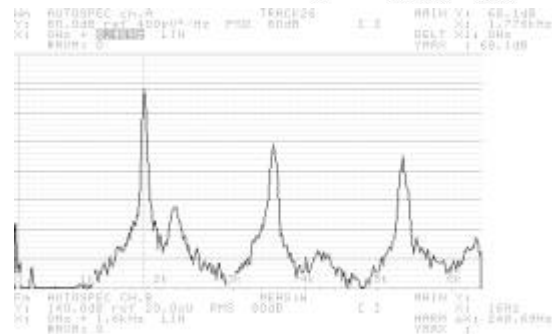
**Fig. 6. Análisis espectral de Flauta N°6, condición de digitación C1, 1ra octava**



**Fig. 8. Análisis espectral de Flauta N°6, condición de digitación C2, 1ra octava**



**Fig. 7. Análisis espectral de Flauta N°6, condición de digitación A1, 1ra octava**



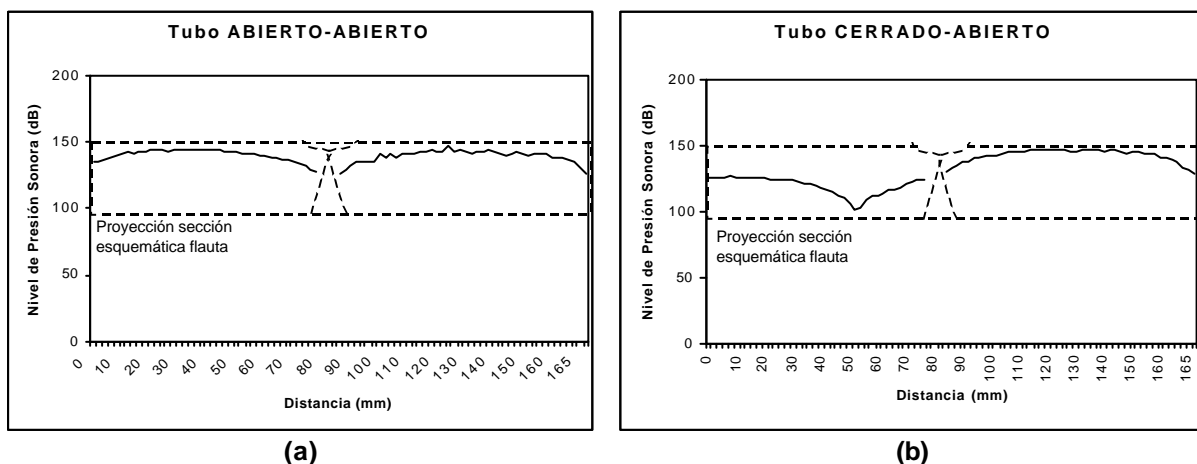
**Fig. 9. Análisis espectral de Flauta N°4, condición de digitación A2, 2da octava**

Se observó que al aumentar la velocidad de flujo de aire durante la ejecución era posible pasar del 1er al 2do 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**

Con la finalidad de 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 figura 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.

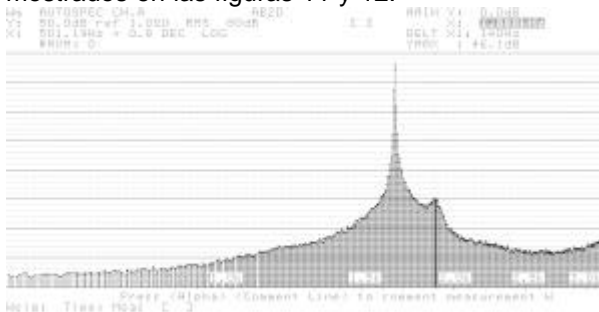
**Distribución de presión sonora.** Las figuras 10a y 10b muestran la distribución de presión sonora dentro del prototipo para el modo fundamental de la flauta y el segundo armónico respectivamente del espectro de frecuencia medido. Al observar la distribución de presión sonora y analizar el espectro 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 2do 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.



**(a) (b)**  
**Fig. 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 (ver figura 5): abierto-abierto (C2), cerrado-cerrado (C1) y cerrado-abierto (A1). A continuación se

presentan los resultados obtenidos. 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. Así mismo, se efectuaron mediciones en ambos lados del tubo pero anulando la mitad de tubo opuesta, para lo cual se introducía un tapón hasta chocar con el tabique central. Las figuras 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 esta en condición 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 figura 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 figuras 11 y 12.

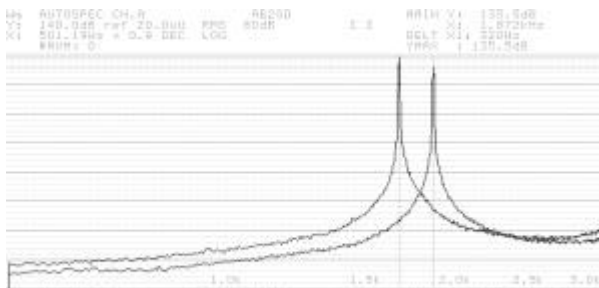


**Fig. 11. Espectro de frecuencia alrededor del tono fundamental, Condición C2, semi-tubo derecho**

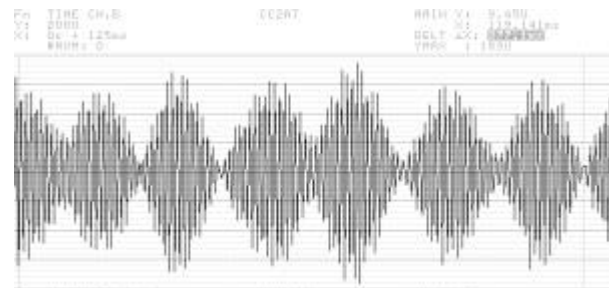


**Fig. 12. Espectro de frecuencia alrededor del tono fundamental, Condición C2, semi-tubo izquierdo**

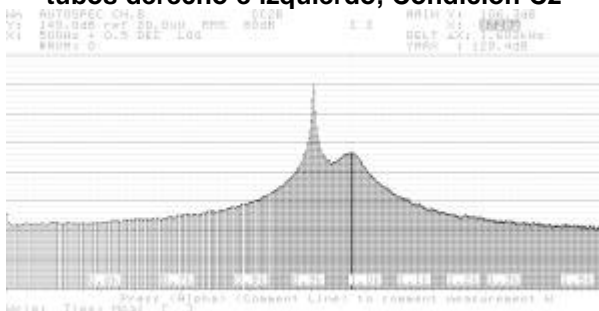
La figura 14 muestra en el dominio del tiempo la modulación correspondiente al espectro de la figura 16, la cual era audible con toda claridad. Las figuras 15 y 16 muestran como en el caso anterior el acoplamiento existente para el tono fundamental del prototipo en condición de digitación cerrado-cerrado. En el caso de digitación abierto-cerrado, que también fue evaluado, el acoplamiento observado fue muy débil, probablemente debido a la diferencia de niveles de presión sonora entre ambos semi-tubos, como se muestra en la figura 10 (aproximadamente 20dB).



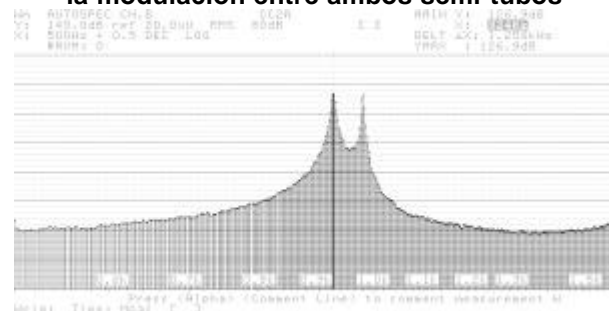
**Fig. 13. Superposición de espectros de semi-tubos derecho e izquierdo, Condición C2**



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



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



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

## ASPECTOS MUSICALES

### Clasificación organológica

En la tipología propuesta por Erich Stockman y Oskar Elschek en el año 1969, se considera más precisa la clasificación de los instrumentos musicales de acuerdo a la forma de fabricación, más que a la forma de obtención de sonidos, debido a que hay varias posibilidades de ejecución en la mayoría de ellos; y no se conoce como se ejecutaba música en estos instrumentos. Entonces, de acuerdo a su morfología las 32 piezas pueden ser consideradas como flautas tubulares horizontales o traversas.

### Aspectos de notación musical

Las siguientes tablas muestran los tonos fundamentales de algunas de las flautas originales analizadas y su relación aproximada con la escala temperada.

Flauta N°5 (Ave-felino)			Flauta N°6 (Ave-felino)			Flauta N°15 (Mono)		
Modo de Digitación	Tono fundamental (Hz)	Escala Temperada	Modo de Digitación	Tono fundamental (Hz)	Escala Temperada	Modo 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

### COMENTARIOS

- Se ha observado una fuerte influencia de la carga reactiva debido a la impedancia de radiación, aún esta 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.

### BIBLIOGRAFIA

- Bolaños, César. *Las antaras Nasca: historia y análisis*. Lima: CONCYTEC.
- Gruszczynska-Ziółkowska, Anna. "El poder del sonido". *El papel de las crónicas españolas en la musicología andina*. Ediciones Abya-Yala. Cayambe, Ecuador (1995).
- Rayleigh, J.W.S. *The Theory of Sound*. Volumen II, Dover Publications, New York (reimpresión 1945).
- Shady, Ruth. *La Ciudad Sagrada de Caral-Supe en los Albores de la Civilización en el Perú*. UNMSM, Lima, Perú (1997).
- 1999a «La Religión como forma de Cohesión Social y Manejo Político en los Albores de la Civilización en el Perú». En *Boletín del Museo de Arqueología y Antropología de la UNMSM*, año 2, nº 9, Lima, pp. 2-4.
- 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, nº12, Lima, pp. 2-4.
- 2000a «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, nº2, Lima, pp. 2-7.