

Análisis virtual de la gamitadera

Roberto Velázquez Cabrera*

Abstract

In this article is analyzed an extraordinary clay Mexican aerophone from the Olmec zone, using experimental replicas and digital spectrograms of its sounds.

Keywords: aerophone, Mexico, spectrogram, sound.

INTRODUCCIÓN

Este estudio es un ejemplo ilustrativo de acciones recomendadas en estudios anteriores del autor,^{1 y 2} para comprobar la efectividad y la relativa sencillez de una metodología propuesta, analizando casos específicos de aerófonos mexicanos relevantes. El caso seleccionado es un extraordinario aerófono de barro que se encuentra en exhibición en una vitrina de una sala del Museo de Antropología de Xalapa, Veracruz, mismo que ha sido designado como Gamitadera. El análisis es virtual porque se hace mediante réplicas experimentales como la mostrada en la figura 1, y la visualización de las frecuencias de los sonidos que pueden producir, utilizando espectrogramas digitales.



Fig. 1. Réplica de aerófono de barro quemado "Oaxaca" (11 cm de largo).

ANTECEDENTES

La información que se pudo obtener sobre la Gamitadera original es la siguiente:

Fue descubierta por el arqueólogo Marco Antonio Reyes López, exinvestigador del Instituto de Antropología de la Universidad de Veracruz, quien nos informó que fue recogida en un muestreo superficial de 1970, realizado en San Pedro, cabecera municipal de Soteapan. Los estratos inferiores de ese sitio son Olmecas, pero los objetos superficiales tienen influencia Teotihuacana de 600-900 d.c. Está elaborado con barro arenoso de esa zona situada al sur de la Ciudad de Veracruz, que cuando se quema es rojo, lo que indica que tiene mucho óxido de hierro. Se ignora su designación antigua. Su designación actual se relaciona con la costumbre de esa región de llamar gamitos a los venados con una mancha blanca en la frente o de cola blanca. Para los cazadores, gamitear significa hacer el sonido del animal pequeño para atraer al macho o hembra adultos para cazarlos. Dicen que el caribú de Canadá, mayor que el venado, emite un sonido parecido.

Los empleados del Museo de Antropología de Xalapa, que han escuchado los sonidos producidos por la Gamitadera original, dicen que se parecen al rugido del ocelote o jaguar o a los sonidos que producen las aves de rapiña como el búitre. A algunos se les enchina el cuero y se les paran los pelos, cuando escuchan sus sonidos. No se han encontrado fotografías, radiografías o sonidos grabados del instrumento. Parece que Antonio Zepeda grabó sus sonidos pero no se ha podido entrevistar ni localizar sus grabaciones. No ha sido analizado formalmente, ni desde el punto de vista de la organología ni de la acústica y no hay

*

Investigador en acústica, especialista en instrumentos prehispánicos de viento.

publicaciones disponibles sobre ese extraordinario aerófono. De la rica organología de esa zona, sólo se ha encontrado un estudio específico, que fue realizado desde el punto de vista musical: el de Charles Boiles,³ sobre la flauta cuádruple Tenennexpan, con fotos de Francisco Beverido.

El único documento público donde se hace referencia a ese aerófono es un artículo de Susan Rawcliffe,⁴ quien ha analizado flautas antiguas, y construido y tocado sus esculturas sonoras de cerámica por cerca de 25 años. En su artículo incluye un breve análisis sobre la Gamitadera, que ella llama "chamberduct flute". Comenta que tiene un tubo de salida situado alrededor del hoyo de salida, y el tubo resonador agregado tiene una larga apertura lateral para permitir variaciones limitadas de tono. En su opinión el sonido de este instrumento es extraordinario y variado. Incluye una descripción de los sonidos que es difícil de traducir con pocas palabras, mismo que a la letra dice: "from a raspy throat gurgle to a wrenching cry" dependiendo de las prácticas de construcción y desempeño. En su artículo incluyó un conjunto de dibujos con vistas de cortes de aerófonos (que ella llama flautas) de varios museos y colecciones, elaborado por el artista Jim Grant sobre la base de un cuidadoso análisis visual de los instrumentos realizado por ella misma y entre los que se contempla el de la Gamitadera. El dibujo de la Gamitadera (que no conocía) y los comentarios de Susan Rawcliffe, me motivaron para hacer el viaje a Xalapa.

Don Brígido Lara,⁵ quien es uno de los mejores escultores de réplicas de arte antiguo mexicano con cerca de 50 años de experiencia artesanal y que ahora trabaja en el Museo de Antropología de Xalapa, opinó que el barro utilizado en la Gamitadera original es del mismo lugar y similar al material que él usa. También mencionó que no es fácil la elaboración de réplicas que suenen bien.

ANÁLISIS.

Habiendo observado la Gamitadera original en su vitrina y con la ayuda del dibujo de Sisan Rawcliffe y de Don Brígido Lara se elaboró un boceto con la vista de un corte, que muestra su estructura y componentes interiores (figura 2).

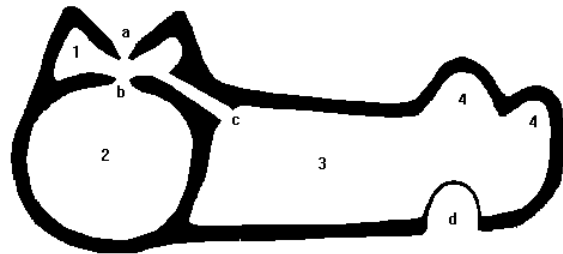


Fig. 2. Boceto de la vista lateral del corte de la Gamitadera.

Componentes:

1. Primer cámara resonadora en forma de dona aplanada en el centro.
2. Segunda cámara de forma globular. Resonadora principal o cámara de oscilación.
3. Tercer cámara resonadora de forma tubular.
4. Pequeños huecos.
 - a. Primer orificio central, de entrada de aire de soplado o insuflación.
 - b. Segundo orificio central, de entrada a la cámara resonadora globular.
 - c. Canal de salida hacia el tubo resonador.
 - d. Orificio de salida final.

Basándose en el boceto anterior, se elaboró un conjunto de réplicas (figura 3) utilizando varios tipos de barro, entre los que se incluyen los proporcionados por Brígido Lara y por Mario y Gregorio Cortés de Santo Cruz de Arriba, Texcoco del estado de México (ellos son los más

experimentados flauteros de barro), y uno de Oaxaca que se vende en la Ciudad de México. Los tres barros son muy buenos. Los dos primeros, son arenosos, excelentes para disminuir la posibilidad de cuarteaduras en piezas grandes. El último, es bueno para piezas pequeñas con detalles minuciosos y para obtener superficies pulidas o bruñidas.



Fig. 3. Réplicas de barro.

Las réplicas fueron hechas con la ayuda de moldes esféricos, para formar la cámara principal (2) y con ayuda de un carrizo y las manos se moldeó el tubo resonador. El resto se terminó con técnicas de pastillaje y pegado de las piezas. Con un palito redondo y picudo se perforaron y terminaron los hoyos. Se trató de obtener réplicas con pequeñas variaciones en su forma y dimensiones, para ver sus efectos.

La forma de generación de sus sonidos es similar a la de los de viento o “de fuelle de aire”, como los llama José Luis Franco,⁶ quien los analizó por más de 10 años. Él es uno de los pocos que han escrito sobre la rica organología de la Cultura Totonaca⁷ pero no incluyó en sus publicaciones a la

Gamitadera, posiblemente por su descubrimiento reciente. De acuerdo a su explicación (adaptada a éste aerófono), su funcionamiento sería:

La corriente de aire se introduce por el orificio de entrada (a) y se dirige al orificio de entrada (b) y a la cámara de oscilación.² En ella el aire se comprime hasta que llega el momento en que la presión dentro de ella es igual a la presión del aire que se está soplando, entonces ya no entra más aire a la cámara,² pero el aire que se está soplando jala más aire y llega el momento en que dentro de la cámara² hay menos presión que la del soplo; entonces entra más aire dentro de la cámara² hasta que vuelve a nivelarse la presión con el soplo. Este ciclo se repite indefinidamente produciéndose el sonido.

Lo anterior no es suficiente para explicar las diferencias en los sonidos producidos, entre los de la Gamitadera y los convencionales de fuelle de aire, ya que difieren notablemente. Tampoco incluye los otros elementos organológicos que se incluyen en el boceto. Faltaría explicar, al menos, el posible efecto de la primer cámara.¹ Es necesario hacer notar que las oscilaciones de ese muelle de aire tendrían que funcionar al mismo tiempo en una gama muy amplia de frecuencias, que superan al audible. Hasta que se disponga de la tecnología para simular y analizar en detalle el comportamiento dinámico en tres dimensiones del aire y las ondas sonoras de muy altas frecuencias en cámaras múltiples e irregulares, será posible conocer el posible funcionamiento detallado de aerófonos sonoros complejos como la Gamitadera.

Lo que se puede afirmar, es que el tubo resonador, es un amplificador de las frecuencias correspondientes a sus dimensiones internas. Como en la mayoría de los aerófonos con un hoyo de obturación (d), pueden variarse las frecuencias de los sonidos si se tapa parcialmente y/o se forma una

cámara adicional de salida con las manos. Si coinciden en una línea los hoyos (a), (c) y (d), se puede mejorar su sonoridad, y se facilita su ajuste con un palito desde el exterior.

También ayuda a generar mejor los sonidos, el aplanar un poco la parte superior de la esfera globular, alrededor de su hoyo de entrada. Por supuesto, se cumplen los principios generales de los resonadores: las frecuencias que más se amplifican son las que corresponden a las dimensiones de la cámara principal² y del tubo resonador.³ Si se incrementan sus dimensiones, bajan las frecuencias de los sonidos más fuertes y éstas se elevan cuando se disminuye el tamaño de sus cavidades internas.

Fue necesario elaborar varias réplicas para poder producir sonidos (audibles). Se tuvieron que “matar” varias replicas silenciosas antes de su posible nacimiento. Ángel Mendoza, quien me ha acompañado en estas experiencias, también elaboró dos réplicas que tocaban crudas, pero cuando se quemaron se quedaron casi mudas.

Se ha visto que es muy difícil lograr que produzcan sonidos fuertes y claros. Los elementos que afectan son: la distancia, alineación (de los centros) y dimensión de y entre el hoyo superior de insuflación (a), que debe ser de menor diámetro, y el hoyo (b) de la cámara resonadora esférica.¹ También influyen, en menor medida, las dimensiones, el acabado, la alineación y superficie del canal de salida (c) de las dos primera cámaras^{1 y 2} y el tubo resonador.³ Parece ser que las pequeñas cavidades⁴ de la parte terminal del tubo resonador³ no tienen mucha influencia en los sonidos producidos. Se probó que con los tres tipos de barro profesional utilizados, se pueden elaborar réplicas que “canten”, “hablen” o “lloren”. Se comprueba que cuando se logran obtener sonidos, éstos son extraordinarios y pueden variar, dependiendo de su estructura, dimensiones y forma de tocarse.

Este tipo de artefacto no se pueden catalogar como instrumento musical, porque no produce sonidos musicales. Aunque algunos investigadores, como Samuel Martí,⁸ han tratado de analizarlos y ajustarlos a criterios y conceptos musicales, como cuando dicen que están entonados en tal o cual nota musical.

Los sonidos de las réplicas se registraron con una computadora personal, con tarjeta de sonido (tipo soundblaster) y un micrófono. Las señales grabadas son muy cortas, de menos de un segundo de duración, mismas que se almacenaron en formato Wav. Este tipo de formato es el que usa el sistema Windows. Hay métodos para analizar señales en el tiempo, pero son muy complejos para propósito del trabajo.

A continuación se incluye una comparación visual de los espectrogramas de los sonidos de cinco de las réplicas elaboradas, para mostrar algunas de sus diferencias en componentes de frecuencias. Un espectrograma es una gráfica del espectro de potencia de los componentes de frecuencias de una señal, para diferentes tiempos. Los espectrogramas son útiles para analizar sonidos, como los de este caso, que tienen una combinación compleja de frecuencia e intensidades, dentro de rangos amplios de frecuencias. Existen analizadores de espectros pero son caros y no se han encontrado laboratorios que los tengan disponibles.

Por lo anterior, la última versión del programa “Gram” de Richard Horn, disponible en forma abierta y gratuita en Internet,⁹ fue utilizada para obtener los espectrogramas. Los espectrogramas que genera este programa se muestran en dos dimensiones: frecuencia (kHz) y tiempo (seg.). Los colores corresponden a los niveles relativos de amplitud de las señales (dB), que es la variable de la dimensión,³ en este caso se seleccionó una escala de -60 dB (figura 4):

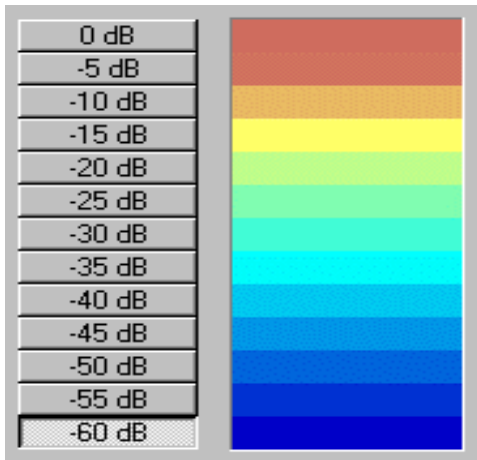


Fig. 4. Niveles de las señales (en dB)

En la parte superior de las gráficas (figura 5) se incluye la señal de las ondas en el tiempo, mismas que parecen manchas por sus componentes de frecuencias.

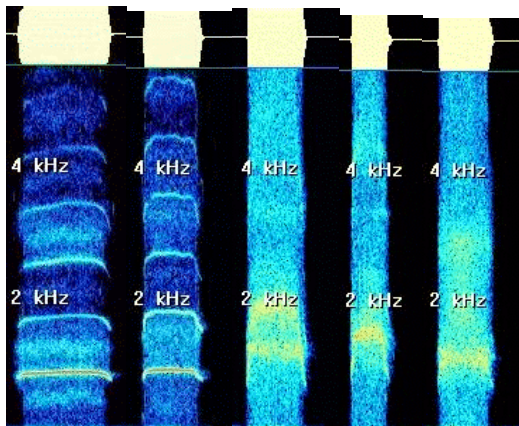


Fig. 5. Espectrogramas pegados de 5 réplicas

Se observa que todas las réplicas producen sonidos con frecuencias en rangos de cierta amplitud, con las crestas más fuertes entre 1-5 kHz. Las dos primeras producen adicionalmente notas con fundamentales y armónicas, determinadas en función al tamaño del tubo resonador. En las tres

finales, todas las frecuencias son de mayor amplitud y las componentes del ruido tienen rangos más amplios. Eso demuestra que con pequeñas variaciones de la estructura pueden generar sonidos diferentes, pero es posible elaborar grupos de réplicas que generen espectros de cierta semejanza.

Cada una de las señales anteriores se puede ver con más detalle. Por ejemplo, seleccionando la última señal de la figura 5 anterior se puede producir un espectrograma cambiando el color del fondo, la ventana de frecuencias o la tasa de muestreo (a 44.1 kHz), las escalas del tiempo y de la amplitud (en este caso a 30 dB) de la gráfica. Eso conduce a que se utilicen los colores de la parte superior de la figura 4, lo que hace que los niveles máximos se muestren ahora en colores rojo, naranja y amarillo del espectrograma de la figura 6.

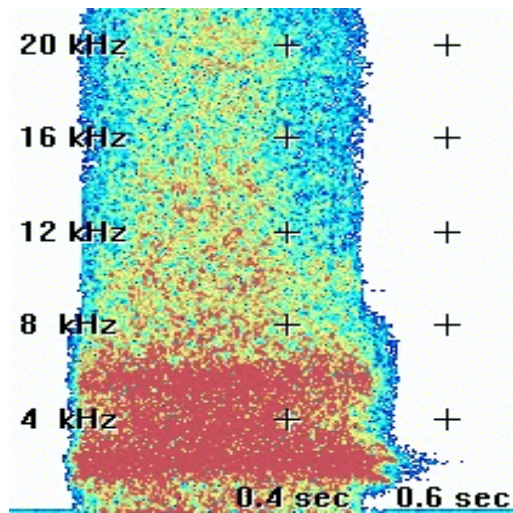


Fig. 6. Espectrograma de una réplica sonora

En esa figura 6 se muestra la causa de la sonoridad de la réplica, ya que incluye un rango amplio de señales de alta intensidad. La gama de frecuencias producidas rebasa la frecuencia máxima de los sonidos audibles por el ser humano (20 kHz).

Si embargo, las frecuencias mostradas arriba de 12 kHz son cuestionables, por las características del micrófono utilizado, ya que es uno común de capacitor para computadora personal.

Esa misma señal también se puede visualizar en sus 3 dimensiones (amplitud, frecuencia y tiempo), utilizando el programa para afinar instrumentos musicales Tunit,¹⁰ como se muestra en el espectrograma de la figura 7. En el espectrograma se puede ver que las frecuencias mínimas también rebasan (hacia abajo) al límite que puede oír el ser humano (20 Hz). Se nota que en todo el rango de frecuencias las señales son de magnitudes significativas. En las frecuencias bajas se producen batimientos.

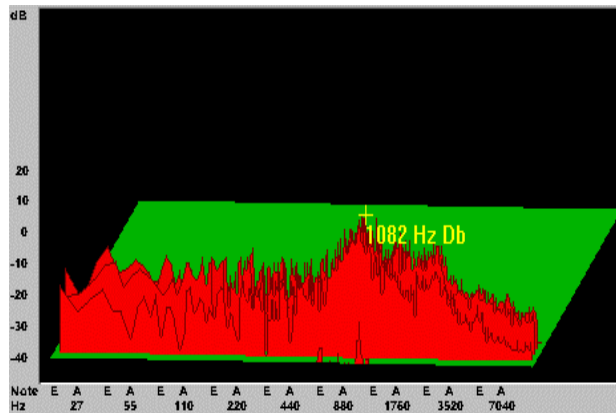


Fig. 7. Espectrograma en 3D de la réplica sonora.

La figura 8 muestra el espectro de potencia de la misma señal, obtenido con un programa "Sat32".¹¹ Como en este caso las coordenadas se dan en escalas lineales, se destacan la distribución de sus frecuencias y las señales de mayor amplitud. La mayor y más baja en cerca de 1 kHz es del tubo resonador mayor³ y las otras dos de menor amplitud

generadas por las dos primeras cámaras resonadoras.^{1 y 2}

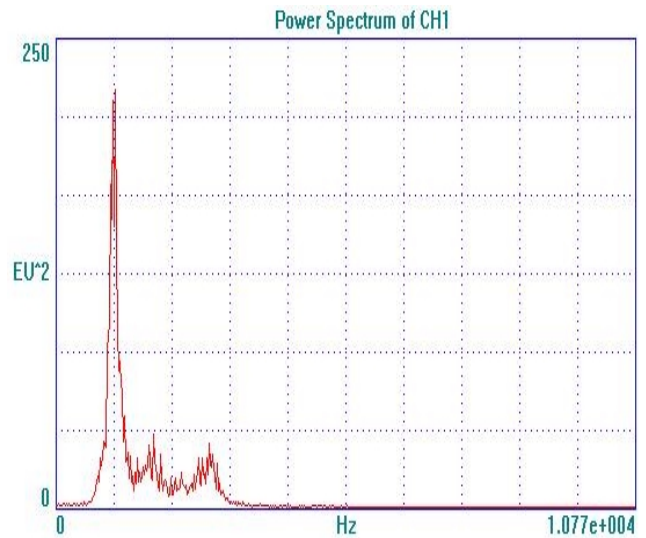


Fig. 8. Espectro de potencia de la misma señal.

CONCLUSIONES

El resultado comprueba que la metodología utilizada es efectiva para ayudar a encontrar y divulgar secretos de la rica organología mexicana, que fue desarrollada durante varios milenios y ha sido destruida, prohibida y olvidada desde hace cinco siglos. Sólo después de hacer análisis similares de cada tipo de aerófono mexicano relevante, se puede aspirar a hacer comparaciones y correlaciones entre ellos. La dificultad para hacer que suenen bien demuestra que los artesanos o sacerdotes que elaboraban estos extraordinarios artefactos eran muy hábiles, y requerían ser especialistas.

REFERENCIAS

1. Velázquez-Cabrera, Roberto, "Estudio de Aerófonos Mexicanos Usando Técnicas Artesanales y Computacionales. Polifonía Mexicana Virtual", Tesis de Maestría en Ciencias de la Computación, CIC, IPN, Mayo 2000.
(<http://www.geocities.com/rvelaz.geo/tesis/tesis5.doc>).
2. Velázquez-Cabrera, Roberto, "Análisis de Aerófonos Mexicanos", Ponencia presentada en el Congreso Internacional de Computación CIC-99, IPN, México, Nov. 17 de 1999.
(http://www.geocities.com/rvelaz.geo/tesis/c_cic_99.doc)
3. Boiles-Lafayette, Charles. "La flauta triple de Tenexpan". La palabra y el Hombre, II, Epoca 34, Revista de la Universidad Veracruzana, Abril-junio de 1965.
4. Raucliff, Susan. "Complex Acoustics in Pre-Columbian Flute Systems", Experimental Musical Instruments, Organology, Vol. III, #2, 1986 (Hay duda sobre los últimos 3 datos, ya que la copia que me mandó no tiene esos datos). Publicado también en el libro "Musical Repercussions of 1942: Encounters in Text and Performance", Smithsonian Institution Press, 1992.
5. Vacio, Minerva, "Brígido Lara, inventor del nuevo arte prehispánico", Arqueología Mexicana, Vol. IV, Núm. 21, Septiembre-octubre de 1996.
6. Franco, José Luis, "Flautas de Muelle de aire", Excelsior, México, 14 de octubre de 1962.
7. Franco, José-Luis, "Musical Instruments from Central Veracruz in Classic Times", Ancient Art of Veracruz, Exhibition Catalog of the Los Angeles County Museum of Natural History, 1971.
8. Martí, Samuel. "Instrumentos Musicales Precortesianos." INAH. 1968.
9. Horne, Richard, Spectrogram V 5.0.5, Freeware, Gram. Atentamente, ha autorizado a utilizar y mencionar su excelente programa en mis estudios.
<http://www.monumental.com/rshore/gram.html>
10. Volkmer, D., "TUNE!IT", (<http://www.zeta.org.au/~dvolkmer/tuneit.html>). Shareware. El programa se utilizó en el tiempo de prueba.
11. Liangson He, Signal Analyzer Toolkit V.2., Sat32. Usado en tiempo de pruebas, <http://www.userworld.com/users/hlingso/remote.htm>). Shareware.