

ARTEFACTOS SONOROS MAYAS¹

Roberto Velázquez Cabrera²

13.- EL NUEVO SOL (2040 – 2060 D.C.)

En aquel tiempo se alzará un nuevo Sol y llorarán al verlo los poderosos de la tierra; pues descenderá del cielo el Señor Eterno y desatará los lazos de nuestra carga, vendrá del monte el Señor Justiciero, cortará las garras del buitre y quemará a las zorras en sus guaridas de piedra. En aquel tiempo habrá grandes maestros, grandes sabios, grandes artistas, grandes naguales; se sentará el profeta en el trono y de muchas generaciones será su gobierno. Y se irán a tierras lejanas, al otro lado del mar, los que chupaban la sangre del humilde. En aquel tiempo se abrirán las puertas de oro y vendrá el pueblo para darse en matrimonio a la Casa de los Cuatro Rumbos.

Será el día de la Divinidad, el momento de hacer la ofrenda verdadera, la hora en que recordaremos, llorando, todo lo que te debemos, ¡oh Padre! En aquel tiempo llevaremos calzones blancos y mantas blancas, y vendrán las aves cantoras y los animales del monte para rendir homenaje en Chichén, pues amanece un nuevo día para nosotros. Así lo dijo, hace ya tiempo, el gran sacerdote *Chilam*: se salvará el katún y regresará la tierra, pues esta tierra volverá a nacer (profecía del *Chilam Balam* asignada e incluida a solicitud de los organizadores del evento).

Introducción y antecedentes

Recientemente, no he escrito ni presentado conferencias que cubran una gran cantidad de artefactos sonoros y, menos, de todos los de una cultura desaparecida como la maya, ya que con ese enfoque ni siquiera es posible mostrar bien los detalles de su caracterización y propiedades de ninguno, pero como se me asignaron los artefactos sonoros mayas, comento algo de ellos, con algunas aclaraciones y consideraciones generales necesarias, con tres ejemplos de resonadores importantes analizados.

Los antiguos mexicanos construían y utilizaban una gran cantidad y variedad de artefactos sonoros. Muy pocas de sus actividades importantes eran hechas en silencio, sin acompañamiento sonoro. En el pasado remoto, todos los poderes (civiles, religiosos y militares) utilizaban los sonidos en forma intensiva. Su “música”, no era como la actual, ya que se refería a todo el conocimiento que tenían y usaban en lo que veneraban y vivían. Los artefactos sonoros antiguos no eran instrumentos musicales en el sentido de la cultura actual, ya que tenían múltiples y diversos propósitos. Se utilizaban en todo tipo de eventos, ceremonias, fiestas y rituales, y en casi todo lo que hacían de valor, en otras actividades vitales y hasta en cotidianas.

¹ Conferencia incluida en el [programa](#) para la [23ª. Ofrenda del Día Mundial de Nuestra Madre Tierra](#). Cámara de Diputados. 30 de marzo de 2012. Conferencia para el Seminario del CIC del IPN. 13 de abril de 2012, con un agregado sobre modelamiento de sonoterapias.

² M. en C. Investigador independiente de aerófonos o resonadores mexicanos. Instituto Virtual de Investigación Tlapitzcalzin <http://www.tlapitzalli.com/>

Desgraciadamente, el conocimiento y uso preciso de ellos se perdió. Lo que aun existía de valor, cuando llegaron los invasores, fue destruido, prohibido y matado con la ayuda de los evangelizadores y los quemadores de códices. El conocimiento que subsistió de los artefactos sonoros antiguos y su función sustantiva original son sólo generalidades escritas por los cronistas, pero parece que actuaron casi como si fueran analfabetos en el tema sonoro. Posteriormente, los conquistados y colonizados nacionales se han encargado de rematar lo que logró sobrevivir. Lo sonoro que aún vive sincretizado, es lo que se incluye en algunas costumbres y fiestas folclóricas o religiosas, principalmente de algunas comunidades rurales. Desgraciadamente, ni siquiera han estudiado con mucha profundidad y formalidad los escasos artefactos sonoros etnológicos de origen antiguo que aun se utilizan, como las extraordinarias y singulares flauta pame³. y el *nakub* (teponaztli) y flauta tenek⁴.

La gran mayoría de los especialistas que han estudiado a nuestras culturas antiguas, han actuado como si fueran sordos, y creyendo que los pueblos antiguos también lo eran. Los enfoques traídos de fuera que se centran sólo en la cosmovisión, en lugar de la cosmopercepción, no han permitido ni analizar con profundidad los aspectos y elementos del conocimiento antiguo utilizado por todos los sentidos humanos, como el auditivo o sonoro.

En ese universo sonoro, como en el resto del conocimiento antiguo, el espíritu profundo de renacimiento de la profecía maya del **“Nuevo Sol”**, puede ser, cuando mucho, sólo un buen deseo o esperanza, pero imposible de cumplirse, si subsisten las políticas, las acciones y los programas que desde hace cinco siglos han sido impulsados y promovidos por todos los poderes, nacionales e internacionales.

Ni siquiera con programas educativos o de difusión, como los que se acostumbra prometer en épocas de campañas políticas y en sus anuncios electorales, ha sido posible renacer o revivir algo a fondo y amplio de lo antiguo que ha sido matado y rematado. Lo primero que habría que hacer es estudiar con profundidad lo que subsistió de la cultura y la tecnología antigua, en este caso la sonora maya. Inicialmente, habría que preparar a los **“grandes maestros, grandes sabios, grandes artistas, grandes naguales”** de la profecía maya del **“Nuevo Sol”**, para que sepan con profundidad de la cultura y tecnología perdida, y sea posible su enseñanza en programas educativos ambiciosos y amplios.

³ Velázquez 2005

⁴ Velázquez 2011

Desde hace una década, se han hecho peticiones al más alto nivel de nuestros Poderes Constitucionales del Ejecutivo⁵ y del Legislativo⁶ “**con objeto de establecer políticas para incluir programas efectivos para investigar, rescatar y promover la rica cultura y tecnología mexicanas, como la sonora**”, pero desgraciadamente, siguen siendo válidas. A la [última petición](#)⁷, del 12 de agosto de 2011, en la Presidencia de la República le asignaron una clave y fue turnada a CONACULTA, pero el organismo encargado de la cultura ha informado en su [respuesta oficial](#)⁸, que los instrumentos y artefactos sonoros mexicanos, incluyendo los que aun se usan en comunidades rurales como el [Nakub \(teponaztlí\) y la flauta tének](#), están fuera de sus atribuciones, lo que hasta se contrapone a las funciones asignadas en su Ley de creación. Es muy lamentable, que los que tienen atribuciones legales y disponen de recursos para ello, no se interesen en la investigación y el rescate de la desconocida cultura y tecnología sonora mexicana, que es rica y extraordinaria en la historia de la humanidad.

Por ello, aprovecho la oportunidad brindada, para volver a presentar la misma petición anteriormente señalada ante este importante foro en la Cámara de Diputados, ya que si no se establecen, al menos, ordenamientos Constitucionales en ese sentido, es imposible que se impulse en nuestra realidad, la profecía de renacimiento del espíritu profundo del **Nuevo Sol**. En la Creación de las Cosas del principio de la Épica Náhuatl⁹, se dice que un flautista y sus flautas fueron traídos de la **Casa del Sol**, para que pudiéramos disfrutar de la música.

Existen miles de artefactos sonoros antiguos recuperados, que escaparon a la destrucción de los invasores, porque estaban enterrados o depositados en tumbas y ofrendas del subsuelo, pero fueron, arrumbados o guardados en bodegas (que parecen tumbas modernas) y vitrinas de museos, exploraciones y colecciones nacionales y del extranjero. Esos bienes muebles arqueológicos podrían servir para explorar el rico campo sonoro antiguo, pero desgraciadamente nadie sabe siquiera cuantos son. Desde hace algunos años, varios investigadores, incluyendo algunos de origen extranjero, han tenido acceso a bienes arqueológicos de museos, como muchos de los mayas, pero aun no se conocen a fondo los detalles de sus resultados¹⁰, y los oficiales que han publicado tienen errores¹¹, aunque cualquier estudio que se publique de ellos es mejor que nada. Sobre música maya, en Internet solo se ha encontrado el

⁵ Velázquez 2002

⁶ Velázquez 2002b

⁷ Velázquez 2011b

⁸ Morales 2012. Dicen que le tocan al INAH, pero tampoco han estudiado a fondo ni los que aun se utilizan.

⁹ Ángel M. Garibay K. Épica Náhuatl. 1945. 8-1

¹⁰ Velázquez 2011d. De poco sirven los estudios, si no se publican ampliamente y abiertamente.

¹¹ Velázquez 2000

video de una charla sobre un estudio doctoral¹², y una tesis de MA¹³. Para mostrar la situación existente en la investigación científica sobre ese nuevo campo de estudio formal, basta mencionar que no se sabe de ningún artefacto sonoro, de los miles resguardados en los museos, que haya podido ser llevado a un laboratorio bien equipado, para que fuera analizado y caracterizado con profundidad.

No he podido examinar directamente muchos artefactos sonoros antiguos registrados, pero he analizado algunos resonadores o aerófonos antiguos relevantes con mis recursos escasos. También he estudiado virtualmente algunas de sus representaciones, con modelos experimentales de ellos, de los que he podido construir más de mil, para demostrar que aun sin tener acceso a los objetos originales, en algunos ha sido posible obtener información más relevante que la publicada por los que han podido examinar directamente los registrados. Los resultados de mis estudios, se han dado a conocer en algunos foros especializados nacionales y del extranjero, que se interesaron en ellos. En más de cien páginas con la lista de estudios de mi sitio de Internet pueden consultarse abiertamente los detalles de todos ellos. En una conferencia como esta, no puede exponerse todo lo encontrado, ni de uno sólo de ellos. Por ello, a continuación, se proporcionan comentarios de sólo tres casos de resonadores mayas relevantes, aunque se han estudiado otros como el del llamado Dios "L" de Palenque¹⁴, pero sus resultados no pueden incluirse aquí. En todos se utilizaron modelos experimentales, para poder analizar y mostrar hipótesis constructivas, funcionales, sonoras y del posible uso, porque su conocimiento antiguo se perdió, los originales analizados están rotos y no pueden modificarse físicamente. Los resonadores antiguos ni siquiera pudieron llevarse a un laboratorio, ni transportarse a una demostración o conferencia importante, como esta de la Cámara de Diputados, aunque algunos de museos han sido prestados para ser exhibidos visualmente hasta en el extranjero, sin información relevante o de fondo.

Aerófonos de Rancho Ina Xcaret, Quintana Roo¹⁵.

El objeto de ese trabajo fue analizar el lote de aerófonos de barro que fueron encontrados durante las exploraciones arqueológicas, dirigidas por Luis Alberto Martos López, investigador del INAH, en las ruinas del Grupo "P" de Xcaret, del Rancho Ina, situado a 7 km. de Playa del Carmen, en la costa oriental de Quintana Roo, México. Se encontraron en la Estructura P-II-sub, como caché, bajo un muro de ampliación que cubrió la escalinata noroeste. Se estima que la estructura pertenece al Clásico Temprano 250-300 d.C. Fue construido y habitado por antiguos pueblos mayas.

¹² Rodens 2005

¹³ Hideo 2005

¹⁴ Velázquez 2003b

¹⁵ Velázquez 2002

Los aerófonos de Rancho Ina no han sido analizados a fondo. La información sobre ellos es muy escasa. Lo único que se sabe es la localización exacta del lugar de su descubrimiento. Pudieron examinarse directamente y conocer sus características físicas en detalle. El análisis fue posible, porque los bienes sonoros de Rancho Ina aun estaban a cargo del arqueólogo responsable de la exploración y dio permiso para su estudio. Es el primero que se hace sobre resonadores de arcilla de las culturas antiguas del estado de Quintana Roo.

Deseaba mostrar, en otro caso real, que este tipo de análisis sonoro puede apoyar la elaboración de los informes de exploraciones arqueológicas que incluyen artefactos sonoros (aunque estén rotos o incompletos), y servir para conocer algo de la función sustantiva sonora que dio origen a su creación y utilización.

Los aerófonos del lote examinado son 3 y su forma escultórica es de ave. Eso puede indicar que a los maestros mayas de ese sitio les gustaban o apreciaban las aves como a muchos otros maestros del resto de Mesoamérica. Esos resonadores son los únicos que fueron encontrados durante las excavaciones realizadas en Rancho Ina. Dos son silbatos comunes con dos hoyos tonales y uno, fuera de serie, tiene un diseño similar a los tres aerófonos del sitio arqueológico de Ranas, Querétaro, que pueden simular cantos de pájaros y han sido llamados silbatos de cazuelita por Margarita Velasco, por la forma abierta de su resonador. Se han designado como silbatos de inclinación o labiales y su tipología sólo se ha encontrado en nuestro país.

En general, se concluyó que el diseño del silbato labial (Fig. 1) y los sonidos que pueden producir sus modelos experimentales, muestran un fino y singular desarrollo organológico sonoro y acústico de sus constructores y usuarios antiguos. No sólo permiten conocer más y engrandecer el concepto actual que se tiene de los antiguos mayas, pueden servir hasta para enriquecer el campo sonoro actual. Los silbatos de inclinación también han permitido mostrar que las culturas del México pretérito estaban más relacionadas culturalmente y tecnológicamente de lo que se reconoce. Maestros mayas de la costa oriental de Quintana Roo usaron tecnologías sonoras muy singulares, mismas que tres o seis siglos después aprovecharon y perfeccionaron los alejados serranos de Ranas, situado al norte de Mesoamérica, a más de 1,200 kilómetros de distancia lineal o a cerca de 1,800 kilómetros por las carreteras actuales, siendo las únicas piezas antiguas conocidas que fueron rescatadas de esa zona que muestra tecnología de origen maya.

En el México Antiguo había muchos resonadores de cerámica, pero muy pocos pueden generar sonidos de pájaros con la similitud que lo puede hacer el silbato labial de Rancho Ina y los de su tipo de Ranas. Lo que no puede saberse con certeza es el uso preciso de esos sonidos especiales, aunque pudieron ser utilizados para llamar o cazar

los pájaros, cantar con ellos, usarlos en fiestas simulado cantos de pájaros, para “platicar” con ellos o para comunicaciones y señales entre humanos.

Técnicamente, se ha demostrado que es posible empezar a conocer y caracterizar los bienes sonoros mexicanos, midiendo o estimando sus parámetros organológicos, así como determinando sus características, patrones y posibilidades sonoras en el espacio del tiempo y de las frecuencias. Sólo después de realizar análisis similares, aplicados a todos los artefactos relevantes recuperados, es posible pensar en poder clasificar y correlacionar formalmente, sistemáticamente y con profundidad el rico instrumental sonoro de las diversas culturas antiguas.

Se ha mostrado que los silbatos antiguos, aun con diseños sencillos, pueden generar un conjunto amplio y complejo de señales sonoras, si se acoplan a las posibilidades acústicas del tracto bucal del ser humano, y se excitan con fonemas fuertes y vocalizaciones. Fue necesario hacer un modelo experimental de silbato labial, para analizar sus sonidos, porque el original está roto. En el espectrograma (Fig. 2) se observan variaciones continuas en el tiempo de la altura de su frecuencia fundamental F0, con solo tapar y destapar gradualmente el obturador labial, pero en forma repetida y rápida (hasta de 10 o más veces por segundo)

Las variaciones de la F0 de los sonidos de un pájaro natural amarillo de la zona maya (*Dendroica petechia bryanti*), son muy similares a las del modelo experimental, en el tiempo y en el espacio de frecuencias (Fig. 3).

Tocando dos silbatos pueden producirse batimentos variables sónico e infrasónicos.

Ranas de Yaxchilán, Chiapas¹⁶.

El objetivo del estudio fue analizar ocho silbatos antiguos de cerámica, que fueron encontrados en el sitio arqueológico de Yaxchilán, Chiapas, en rellenos de los templos de su Pequeña Acrópolis o Acrópolis Oeste. Se estima que las estructuras del sitio pertenecen al período Clásico Tardío (650-800 D.C.). Los silbatos de Yaxchilán fueron descubiertos, por Daniel Juárez Cosío, durante excavaciones del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) realizadas de 1989 a 1991. El estudio de los silbatos, se hizo con su permiso. No habían sido analizados ni clasificados arqueológicamente y se encuentran almacenados en una caseta de resguardo en el sitio arqueológico de Cuicuilco, al sur de la Ciudad de México. El estudio realizado es el primer análisis de silbatos antiguos. Tres de ese lote tienen su cuerpo en forma de ranas (uno de ellos de

¹⁶ Velázquez 2003

muestra en la Fig.4.). No se sabe siquiera si los silbatos fueron contruidos en Yaxchilán, ni si existen otros resonadores de arcilla de esa comunidad antigua.

El caso analizado es relevante, porque los silbatos de arcilla son los más abundantes en exploraciones y descubrimientos de bienes arqueológicos sonoros, lo que indica que fueron muy utilizados en los tiempos remotos de las culturas antiguas, pero también son los menos analizados, divulgados y promovidos, a pesar de ser los menos complejos en su estructura organológica. Los arqueólogos y museógrafos los desprecian y los consideran objetos menores, cuando no son vistosos o ricos en su decoración o significado iconográfico, y los pocos que los han examinado directamente, también los desprecian, cuando no los estudian con la mayor profundidad posible.

Los silbatos de Yaxchilán más singulares, en forma de ranas, se analizaron con varias técnicas como las organológicas, acústicas y experimentales. Lo más relévate encontrado es que sus sonidos más complejos, no son musicales convencionales, en el sentido occidental, ya que pueden ser similares a los de las ranas de sus representaciones esculturales o iconográficas. Pueden producir batimentos variables y otros sonidos complejos, cuando se excitan con fonemas o vocalizaciones.

Se cree que sus sonidos pudieron usarse en rituales asociados a pedimentos de la lluvia, como las de *Chac*, porque los sonidos de las ranas naturales los producen solo cuando ellas quieren y no pueden cantar en rituales o ceremonias ruidosas con mucha gente. Hasta hace poco, en la zona maya se usaban sonidos de niños imitando a las ranas, en ceremonias para llamar la lluvia.

En la mitología antigua, las ranas se asocian a la venida de la lluvia y a la idea de nacimiento y fertilidad. En colecciones privadas y museos, se resguardan silbatos similares en forma de anuros, provenientes de otros sitios arqueológicos de la zona maya, de México, Guatemala y Honduras.

En el espectrograma, se muestran las frecuencias complejas y variables en alturas de dos sonidos del silbato C-381 de Yaxchilán, en forma de rana y que canta como rana natural (Fig. 5). Tocando varios silbatos al mismo tiempo, producen coros hermosos como los de las ranas naturales.

Trompetas mayas de los murales de Bonampak¹⁷.

Este ejercicio es un análisis virtual de las *Hom-Tahs* (trompetas, cornetas o bocinas de guaje) pintadas en el conocido Muro Norte, Cuarto 1, Estructura 1, de Bonampak, Chiapas, México (Fig. 6). Fue publicado en 2002. Por su importancia, se comenta con

¹⁷ Velázquez 2002b

mayor detalle, incluyendo algunos descubrimientos recientes. Los famosos y hermosos murales de Bonampak se consideran como uno de los redescubrimientos más importantes en la zona del México Antiguo, por parte de la cultura occidental, son los mejores y más ricos frescos de América y han sido estudiados desde el punto de vista de varias disciplinas como arqueología, epigrafía, iconografía, técnicas pictóricas, reconstrucción, estética, arquitectura, astronomía, etc., principalmente en las últimas décadas. La historia representada en los murales ya fue descifrada y sus eventos se inician el día 14 de diciembre de 790 d. C., más de seis siglos antes de Leonardo de Vinci, durante la llamada Edad Oscura de Europa. Los frescos fueron pintados al final del esplendor del reinado de Bonampak, en el periodo Clásico Tardío (800-850 d.C.). Los murales de Bonampak muestran la mejor representación gráfica del instrumental sonoro clásico Maya y de sus ejecutantes, que fueron el corazón de muchos eventos sociales y celebraciones públicas y combates. También existen diversas representaciones de artefactos sonoros en otros murales, códices, lienzos, piedras talladas, esculturas, figurillas y en muchos otros objetos de cerámica como los vasos circulares. El gran interés y principal foco de las investigaciones en el espacio visual, monumental y temporal de las culturas antiguas han impedido explorar el rico universo de sus sonidos. Muchos trabajos finos, difíciles y muy importantes fueron realizados en el último siglo con análisis visual como el desciframiento de la escritura Maya, del calendario y del sistema de numeración, pero el desciframiento del código sonoro Maya ha estado esperando a ser iniciado.

Algunos investigadores con educación musical occidental, dicen que es imposible saber algo de la música antigua, porque no se han encontrado sus partituras, como las que ellos utilizan para tocar los instrumentos musicales actuales, aunque hasta en los murales de Bonampak se observa que en las bandas mayas no se usaban las partituras, para tocar sus artefactos o instrumentos sonoros. Este documento demuestra que hasta las pinturas y dibujos con imágenes de trompetas antiguas desaparecidas pueden ser de utilidad para explorar y conocer algo de los desconocidos sonidos Mayas. Otros autores dicen que no pueden conocer las melodías y ritmos antiguos, pero parece que no se dan cuenta de que algunos artefactos sonoros mexicanos importantes y singulares, como las trompetas mayas, no son para producir esas formas funcionales musicales.

El trabajo de análisis de las trompetas mayas se basó en: un método sencillo que he aplicado previamente en otros estudios de resonadores Mexicanos; datos e información del mural y sus copias publicadas; estudios de trompetas antiguas similares de otras zonas; un modelo experimental; teoría de la voz; programas de computadora para la visualización de señales; metrología acústica; cálculos simples; algunos experimentos

sonoros; un escáner e; información de disciplinas, como de biología, sonoterapias, y de otros campos especializados.

En el primer trabajo realizado, fue necesario estimar las dimensiones aproximadas de las trompetas para poder hacer uso de modelos matemáticos y físicos experimentales. La literatura sobre los murales proporciona las dimensiones detalladas de la estructura 1 de Bonampak y de sus tres Cuartos, pero los de seres y objetos pintados en los muros no se proporcionan. Los seres humanos son las figuras más importantes y numerosas de los frescos de Bonampak, pero su información básica descriptiva no se encontró como su estatura real y sus instrumentos fueron ignorados o evadidos. Sin embargo, varias especialistas relacionadas con los murales y los mayas, proporcionaron datos que permitieron iniciar este ejercicio: los murales de Bonampak son 60% del tamaño natural (o un factor de 1.666), de Mary Miller; el tamaño de los personajes de los murales de los Cuartos 1, 2 y 3 son de 80 cm a 95 cm, de la Leticia Staines y; la estatura promedio de los hombres Mayas antiguos es 160 m, dato de Vera Tiesler.

Las imágenes usadas no son muy claras debido al deterioro de los frescos y el formato pequeño de las fotos disponibles de sus reproducciones no permite obtener sus dimensiones con exactitud.

En el primer ejercicio de modelado, la estatura promedio de los mayas de 160 cm se usó como referencia para estimar el tamaño de las trompetas, porque proviene de los esqueletos Mayas. Usando la primera reproducción de Mary Miller, cálculos simples de proporciones, un proyector o Photoshop, fue posible estimar las dimensiones de las trompetas. Por ejemplo, si la imagen proyectada se ajusta al tamaño de referencia del trompetero (160 cm), las dimensiones externas de las trompetas pueden obtenerse directamente de la imagen proyectada o con las dimensiones de las trompetas del mural multiplicadas por 1.8825 (160/85) que es el promedio de la estatura de los Mayas/el promedio del tamaño de los personajes de los murales. Considerando esos datos, el mural pudo ser pintado a la escala de 53.125 % (100/1.88) del tamaño natural y la longitud de las dos trompetas se estimó en 100-101 cm y 104-105 cm, incluyendo parte de las plumas de adorno.

Otro criterio para establecer hipótesis posibles es determinando el tamaño de la multitud de figuras a ser pintadas en los muros. Una escala muy fácil de usar por los muralistas mayas (o por cualquier otro pintor o dibujante) es de 50 %. Para esa escala la estatura real promedio de los personajes sería de 170 m (aunque especialistas han comentado que es muy alto). Los análisis anteriores dan una idea precisa del probable rango de mayor amplitud de la altura promedio de los hombres mayas pintados en el mural (160 m - 170 m), de la escala de los murales (53.2 % - 50.0 %) y del probable

rango del error en las estimaciones de las dimensiones de las trompetas. Para el estudio sonoro, el error máximo de las dimensiones no es muy importante, ya que afecta principalmente a la altura de sus frecuencias estimadas y generadas.

El diámetro interno de las trompetas es difícil de conocer con exactitud, pero se determinó como $d_1 = 3$ cm., similar al máximo diámetro de trompetas se Australia como el *didjeridu*, *didjeridoo* o *yidaki*, hecho de una rama de eucalipto ahuecado por termitas. Y el diámetro mayor $d_2 = 13$ cm (es el diámetro de la réplica disponible para hacer experimentos), pero es diferente en las dos trompetas y podría ser hasta 20 - 25 cm, si las trompetas fueran de un material delgado como guaje.

El Profesor Neville Fletcher encontró que el *didjeridu* puede modelarse (en acústica pasiva) como una trompeta cónica truncada de longitud L y proporcionó la expresión 1 aproximada para sus frecuencias, que puede aplicarse a las *Hom-Tahs*, porque su estructura morfológica es similar¹⁸:

$$f_n = (n - \frac{1}{2}) \frac{c}{4L'} \left\{ 1 + \left[1 + \frac{4(d_2 - d_1)}{\pi^2 d_1 (n - \frac{1}{2})^2} \right]^{1/2} \right\}. \quad (1)$$

Haciendo uso de la ecuación 1 y las dimensiones ideales de las trompetas es posible estimar sus frecuencias fundamentales f_1 en cerca de 144 Hz y 139 Hz, respectivamente. Para los que dicen que no es posible saber los sonidos que generaban en el pasado, la frecuencia fundamental calculada de los sonidos de la trompeta están entre la altura musical de C#3 + 5 cents y D2 - 34 cents, con la escala temperada con A4 = 440 Hz. Eso significa también que las trompetas no estaban afinadas o diseñadas para generar sonidos de una sólo frecuencia o una altura estándar, pero sí para producir batimentos. En varios artefactos sonoros antiguos analizados la altura exacta no era relevante, como sí era la relación entre los sonidos y la posibilidad de producir otros efectos como las microtonalidades, y en ocasiones poder ser afinados durante su operación. Si las dos trompetas eran tocadas juntas como se muestra en el mural, los batimentos o sonidos fantasmas resultantes podían estar en la banda de infrasonidos, de menos de 20 Hz: 144 Hz - 139 Hz = 5 Hz. Esa f_1 o F_0 corresponde a una frecuencia inducida en el cerebro del rango Theta (4-8 Hz), que corresponde a la relajación profunda o meditación, lo que es congruente con la representación del mural, que parece un intermedio relajado de la banda maya. En

¹⁸ Dónde: f_n = frecuencia del modo n (Hz), $L' = L + 0.3 * d_2$ (cm), c = velocidad del sonido en el aire (38000 cm/s, usado en otros estudios), d_1 = diámetro de la terminal menor (3 cm), d_2 = diámetro de la terminal mayor (13 cm) y L = longitud de las trompetas ($L_1 = 100$ cm y $L_2 = 104$ cm).

algunos casos, esa propiedad es una distinción de la música antigua, en relación con la música moderna, porque ahora normalmente los batimentos se prohíben y muy frecuentemente se les llama desarmonías. Estudios desde el punto de vista de la música occidental contemporánea menosprecian y no entienden/comprenden algunos instrumentos antiguos, cuando no están afinados, pero eso les impide reconocer los batimentos y otros efectos acústicos especiales como un objetivo probable de su diseño y uso.

Después de hacer una búsqueda por varios años, el objeto de material vegetal seleccionado para hacer la réplica experimental es un guaje maduro llamado *Lek* o *Home`* (en Maya), bule, calabazo o el fruto seco de la *Lagenaria siceraria*, familia *Cucurbitaceae*. La planta es trepadora y ha existido desde hace miles de años, y se ha usado para construir el acocote (*acocoti* en Náhuatl) para extraer el aguamiel del maguey para fermentarlo y producir el pulque mexicano, y para construir diversos recipientes o contenedores. Su fruto fue usado para manufacturar muchos instrumentos musicales: idiófonos, aerófonos, membranófonos, cordófonos, mixtos y otros como en tambores y para formar la cámara resonadora de otros artefactos. El guaje puede ser de dimensión, forma, color y peso similares a las dos trompetas mostradas en el mural del Muro Norte, Cuarto 1, y crece en todas las zonas del México antiguo. El material de las trompetas pintadas en el mural debió ser muy ligero, porque se ve que al ser tocadas son sostenidas fácilmente con las manos en el aire sin ningún otro soporte y pueden ser sostenidas cómodamente con una sola mano en procesiones como las del vaso K7613, incluyendo la más grande. Hay trompetas similares en otros materiales como el *yidaki* de madera de Australia, pero como en gran tamaño son pesadas, para ser tocadas mucho tiempo deben descansar en el suelo o en un soporte como una mesa. Algunos detalles no se consideraron en la réplica experimental como los del extremo mayor que parecen plumas, porque se muestran diferentes en las copias disponibles.

Las dimensiones de la réplica experimental (Fig. 7) de guaje son: $L = 100$ cm, $d1 = 3$ cm y $d2 = 13$ cm. Fue necesario eliminar las semillas internas y poner la trompeta en agua durante más de dos semanas con objeto de suavizar la cáscara de la superficie para rasparla con un cuchillo para eliminar la carnaza del interior, y finalmente dejarla en la luz del sol por varias horas para que se secase. El material final seco es duro, el grueso de la pared es delgado (3 mm), su superficie externa es lisa y la interna es rugosa. Su peso final es muy ligero (300 g). Eso significa que algunas trompetas como las comentadas por Landa y las del mural del Cuarto 3 y de otros vasos pudieron hacerse con madera ligera como las ramas del árbol trompeta, trompetero o *Cecropia peltata*. La curvatura de la réplica disponible es porque se cultivó en el suelo, pero no afecta mucho los sonidos como sucede con los instrumentos de viento de las bandas

de pueblos. La principal diferencia es la campana y su diámetro, lo que sí afecta los sonidos. Por esa razón y por las dimensiones estimadas el ejercicio es una primer aproximación y los resultados numéricos podrían no ser exactos, pero son útiles para obtener algunos atributos organológicos y acústicos. Si el tubo no es cónico, su modelo matemático es más complicado, pero podría modelarse en base a analogías eléctricas con líneas de transmisión disipativas.

La forma interna de la terminal de insuflación del *Hom-Tah* se desconoce, pero viendo las trompetas del mural parece que su forma es similar que la del *Yidaki*, que no tiene boquilla o cabuchón-filtro. Usualmente, la terminal de insuflación se cubre con una goma de resina o cera de abejas para mejorar el confort al tocarla y para lograr un buen acoplamiento con los labios del tocador. La terminal de soplado sin boquilla y su recubrimiento con cera de abejas parecen ser las principales características distintivas de esa clase de trompetas, que usualmente no tienen hoyos tonales.

La trompeta experimental puede generar fácilmente notas musicales con la frecuencia fundamental dentro de la banda de 141 Hz a 144 Hz (C#3 + 30 cents a D3 - 34 cents) si la presión del aire de excitación se cambia ligeramente. Esa presión del aire no se incluye en la ecuación 1. La nota alta es igual a la f_1 de L2 calculada con la ecuación 1 y la baja es cercana a la f_1 de L1. El rango de los sonidos generados de esos guajes muestra que no fueron diseñadas para tocar una sola nota. Es difícil encontrar dos guajes iguales en sus dimensiones. Aun con notas planas, los sonidos producidos son lúgubres y tristes como fue comentado por Landa, pero profundos como el bramido de un toro. Las frecuencias de los sonidos de estas trompetas son de mayor altura y diferentes a los de las mayas de guaje o madera, por ser de dimensiones menores y por excitarse con vibraciones de los labios más tensos.

Es posible ver los sonidos del modelo experimental en el dominio de la frecuencia usando programas para la visualización de señales. En el espectrograma de los sonidos del modelo (Fig. 8), se muestra la señal de un sonido pulsante con variaciones periódicas de amplitud y número de armónicas, que fue generado cambiando el volumen del tracto vocal elevando la lengua para disminuir el tracto en forma periódica. La fundamental es fuerte y hay muchas armónicas algunas con magnitud considerable (en dB) y frecuencias dentro de una banda ancha (Hz).

La señal compleja generada con sonidos vocalizados y ruido que parecen de otro mundo (Fig. 9). La señal muestra similitudes con las del habla y canto, pero se nota el reforzamiento de las armónicas, el filtrado de la señal y las grandes variaciones en la altura de los sonidos.

El rango seleccionado para las dimensiones de las trompetas es relevante, porque se probó que pueden producir sonidos en diversos tamaños. Es pertinente hacer notar que la frecuencia fundamental de las dos trompetas está dentro del rango de las frecuencias de vibración de las cuerdas de la laringe en los sonidos vocalizados de los hombres (80 Hz - 200 Hz), lo que podría ser la principal causa del tamaño seleccionado de las trompetas mayas. En otras palabras, esas dos trompetas del mural del Cuarto 1 y otras similares (entre 70 cm y 185 cm, si $L1 = 3$ cm y $L2 = 13$ cm) pudieron ser diseñadas y construidas para trabajar muy fácil y muy bien con la excitación vocal de los hombres, porque su resonancia se da en altura similar. Otra posible causa de las dimensiones seleccionadas es para facilitar la producción de batimentos de bajas frecuencias cuando eran tocadas en grupos. Las trompetas no pueden producir melodías, porque no tienen hoyos tonales, pero pueden ser usadas para hablar y cantar historias musicales. Se vio que la cubierta de cera de abejas facilita la vibración de los labios y la producción de sonidos en el primer modo de una manera muy fácil y con poca presión del aire de excitación y con los cachetes inflados y los labios flojos, flotados y unidos a la embocadura de cera. El primer modo de operación es el mejor para tocar la trompeta, si lo que se desea es producir notas largas.

Los modos superiores son difíciles de operar y en ese caso el sonido es fuerte y estridente pero corto, porque se requiere un mayor volumen de aire y presión debido a la mayor tensión de los labios. La altura de la fundamental medida del modo 2 es (C#4 + 30 cents) exactamente a una octava arriba de f_1 . La trompeta puede producir muchos sonidos, algunos muy complejos en componentes de frecuencia, timbre y ritmo. La cantidad y riqueza de los armónicos significa que los sonidos pueden ser impresionantes, aunque la altura de su fundamental no está en el rango de mayor sensibilidad de los seres humanos (1 KHz - 4 KHz), aunque algunos de sus armónicos superiores sí lo están.

Otra gran ventaja del uso de las réplicas experimentales es que con ellas es posible evaluar hipótesis:

La potencia acústica percibida de la trompeta indica que fue muy adecuada para ser usada en bandas mayas, como se muestra claramente en el mural, pero también pudo utilizarse en otra clase de ceremonias, en espacios abiertos y cerrados. En espacios cerrados, el efecto es muy impresionante. Por ejemplo, la trompeta se probó en el Observatorio de Xochicalco, Morelos y los efectos sonoros fueron impresionantes, como los esperados y el experimento fue exitoso, pero el guardia nos corrió del lugar, porque pudo escuchar los sonidos desde lejos.

Es difícil realizar experimentos acústicos en la Gran Plaza de Bonampak, en las condiciones originales (porque algunas estructuras restauradas ya no están completas

y hay muchos árboles y vegetación a sus alrededores y aun dentro de la explanada), para conocer el alcance que pudieron tener los sonidos de las trompetas tocadas en ese sitio. Sin embargo, en 2001 se probó la trompeta, silbatos y flautas en las plazas principales de Teotihuacán como las de las pirámides del Sol, de la Luna y de Quetzalcóatl. Los sonidos pudieron escucharse muy bien hasta una distancia de 250 m, lo que significa que esos instrumentos y plazas pueden funcionar acústicamente muy bien juntos. Desgraciadamente, en agosto de 2002, ya no fue posible realizar mediciones acústicas a los sonidos de la trompeta en las mismas plazas, y conocer el efecto de tocar la trompeta enfrente de las escaleras de las pirámides (un experimento que he recomendado realizar a los que estudian la acústica de espacios y edificios antiguos, además de usar sonidos de aplausos). Se me informó que está prohibido tocar instrumentos musicales en el sitio de Teotihuacán. El experimento se prohibió sin proporcionar una justificación técnica o legal. Sin embargo, para aprovechar el viaje se hicieron algunos experimentos de potencia acústica percibida en el campo abierto de la misma zona, con la ayuda de Gonzalo Sánchez. La trompeta puede escucharse muy bien hasta 270 m (300 pasos), aun si el tocador y el que escuchaba no estaban en una línea de vista, con árboles entre ellos. También, se probó la trompeta en una gruta larga (~ 40 - 50 m) en el subsuelo del Parque Tlalocan en el Barrio Purificación, cercano al oeste de Teotihuacán, con el permiso de su dueño Don Ponciano Álvarez, porque a él sí le gustó la trompeta de guaje y sus sonidos. Los sonidos pudieron transmitirse muy bien dentro de la gruta irregular y hasta en el exterior pudieron escuchar los sonidos del "inframundo", porque la gruta tiene un hoyo para ver la luz del Sol, como el observatorio de Zochicalco. Las trompetas Mayas pudieron ser muy efectivas para ser usadas en ceremonias en campos abiertos, y aun dentro en grutas y en cuevas largas, porque sus sonidos pueden transmitirse en espacios irregulares y los obstáculos naturales no detienen las ondas sonoras debido a su baja tesitura.

Los resultados de los ejercicios realizados indican que las trompetas pudieron escucharse muy bien en la Plaza Principal de Bonampak (~87 m x 110 m), si se tocaban fuera de la Estructura 1 o en cualquier otro lugar de la Acrópolis del sitio, aunque eso se podría probar experimentalmente, si es posible hacerlo.

Existen evidencias experimentales de que muchas otras plazas arqueológicas (como la de Monte Albán) fueron diseñadas muy bien acústicamente para transmitir los sonidos de artefactos sonoros antiguos y viceversa, los artefactos sonoros antiguos funcionan muy bien en espacios ceremoniales, aunque sus estructuras ya no estén en las condiciones originales.

Ya fue posible realizar experimentos con equipo de metrología acústica en el laboratorio de la ESIME del Instituto Politécnico Nacional (IPN), con la ayuda de Sergio Beristain. Utilizando la réplica experimental de la trompeta y un sonómetro, en un

primer experimento se encontró que el modo uno produce una presión sonora máxima de 108 dB a 1 m y 0 grados. Usando las ecuaciones 2 y 3 (en formato Excell) la potencia acústica radiada equivalente es de 0.8 Watts. En el modo 2 resultaron 102 dB y 0.2 Watts¹⁹.

Después de haber practicado más con la trompeta, se encontró que la potencia en el modo bajo es de 0.650 Watts a 90 grados y una potencia máxima de 2 Watts, en el frente. Se estima su potencia máxima promedio en 1 Watt. La fundamental se da en 139 - 143 Hz (C#3 + 5 cents-D3 - 46 cents) y se observó una gran cantidad de armónicas, hasta 30, mismas que tienen fluctuaciones de nivel y generan timbres diferentes, de acuerdo a la forma de excitación. La gráfica muestra la intensidad de las mayores armónicas en el modo bajo (Series 2 y 4) y en modo alto (Series 3 y 5). Lo más notable es que la mayor amplitud se produce con la excitación de baja presión del aire, lo que significa que en ese modo la trompeta opera con mayor y mejor rendimiento y efectividad sonora en cuanto a potencia y a duración, con la misma capacidad de insuflación y de volumen de aire pulmonar. Un afinador profesional de piano, escuchó ese sonido de la trompeta y confirmó audiblemente que la tecla 17 (negra) del piano, que había afinado, es la que produce la nota o tónica más cercana.

Como se esperaba, la potencia acústica radiada es considerable para escuchar los sonidos de la trompeta en espacios cerrados y abiertos y con buena respuesta en varios grados de dirección. Es difícil asegurar que esas trompetas pudieran ser usadas para comunicaciones o señales a largas distancias, si no se tocaban en grandes grupos o en modos superiores. Para ese propósito se requiere mayor potencia acústica radiada y/o altura (1-5 KHz). Sin embargo, la gran cantidad de armónicas superiores puede incidir en la percepción de los sonidos a distancias considerables.

El mural muestra que algunos instrumentos usados para tocar ritmos como el *Tunkul* o *Teponaztli* (en Náhuatl), tres *Boxel ac* (conchas de tortugas) y tres pares de *Zoots* (maracas) no están siendo tocadas, la mayoría de los danzantes-animales están sentados o descansando y el resto de *K'ayomm* (músicos/cantantes) y personajes de la ceremonia parecen estar muy relajados. Podría ser un interludio o un intermedio, pero con sonidos de las dos *Hom-Tahs*, dos pares de *Zoots* y el *Zacatán* tocado con poca potencia considerando las imágenes de las manos del tocador y que al mismo tiempo está platicando con otro *K'ayomm*. También, el silbato globular se opera con una sola mano y en una forma delicada y suave.

¹⁹ $I = + (10^{-12}) * 10^{(dB/10)}$ (2) y $W = 4 * PI() * I$ (3), donde, I = intensidad del sonido en W/m², DB = presión sonora del sonómetro en dB, PI = 3.1416... y W = potencia acústica radiada en Watts.

Las propiedades encontradas indican que muchas palabras y fonemas Mayas plosivos pueden ser hablados y cantados con sus trompetas en una forma impresionante. Los sonidos de animales, de la naturaleza y de otros seres de mundo (y del inframundo) Maya pudieron producirse muy bien por los trompeteros, además de los sonidos musicales planos. Los sonidos de las *Hom-Tahs* podrían estar relacionados con los de los animales que veneraban, porque en el mural se ve que hombre-langosta está escuchando o siguiendo los sonidos generados por las dos trompetas. El grupo de hombres-animal con penachos y máscaras indica que la música o los sonidos, las danzas y cantos pudieron haber estado relacionados con esos animales, como se usaba en muchas otras danzas con mascararas de tigres, víboras, venados, diablos pájaros, etc. Como toda esa gran variedad de sonidos ya se ha podido generar con el modelo experimental de las trompetas maya, se ha probado, al menos, que su hipótesis de uso antiguo es factible.

Conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

Los singulares estudios y descubrimientos sobre el *didjeridu* son útiles para analizar las *Hom-Tahs*. Es posible estudiar otras trompetas antiguas con métodos similares y sus atributos son aplicables a otras trompetas de los murales de Bonampak y de vasos Mayas. También, las técnicas de análisis de señales pueden ser útiles en esos casos.

Con un modelo matemático dinámico del sistema tracto vocal-trompeta es posible generar sonidos sintácticos para experimentación y aplicaciones múltiples. Como en procesamiento de voz hay voces sintetizadas, es posible crear una nueva disciplina llamada Sonidos antiguos sintácticos, aunque también pueden usarse en creaciones musicales, películas y documentales.

Parece que el *Yidaki*, las *Hom-Tahs* y otras trompetas similares fueron diseñadas para ser acopladas fácilmente con el mecanismo vocal de la gente y la altura de sus sonidos básicos. Estos casos vuelven a mostrar que hasta los artefactos sonoros considerados simples pueden producir un rango muy amplio de posibilidades acústicas, si se acoplan con el tracto humano y se tocan a la manera antigua de otros aerófonos mexicanos como las ranitas de barro de Yaxchilán y el silbato mágico olmeca de piedra negra (ilmenita) que tiene propiedades sonoras especiales. Hace algunos años, fueron encontrados en San Lorenzo, Tenochtitlán más de 4.5 ton o 140,000 piedritas similares multi-perforadas, pero la función las rocas negras y sus propiedades sonoras no son muy conocidas.

Las *Hom-tahs* podían haber producido señales complejas, algunas de ellas muy bien relacionadas con el entorno de la selva Maya, así como con el inframundo de su mitología, una característica y distinción de la música de las grandes culturas antiguas.

Con el auxilio de trompetas experimentales y equipo de metrología acústica pueden hacerse otras mediciones como impedancia, etc. para conocer más de sus características acústicas, así como hacer experimentos de audición con seres humanos.

Podrían analizarse otros instrumentos pintados en los murales, pero se requiere de una escala más precisa del mural o algún dato real de algo del sitio de lo que fue representado, como la estatura más precisa de los mayas o la altura de las escalinatas pintadas en los murales.

Los sonidos de las replicas experimentales sonoras o de sus modelos matemáticos podrían usarse para hacer más realistas las actuales representaciones visuales analógicas o digitales de los murales de Bonampak para hacer una mejor simulación de la historia de Bonampak y el entorno de sus eventos registrados, en museos virtuales, en representaciones y en dramas, actuaciones y danzas, porque es imposible imaginar los combates y las grandes ceremonias antiguas en silencio.

Existen una duda y curiosidad acerca de la posible relación entre los efectos de los infrasonidos que se perciben en la corteza del cerebro y la deformación especial oblicua y la geometría (en frente y la corteza) ampliamente practicada intencionalmente en el tiempo prehispánico por los mayas como se muestra en los murales de Bonampak y en diversas figuras grabadas en roca de esa zona. Podría crearse una línea de estudio para un nuevo campo de investigación ARQUEOLOGÍA DE LA GENTE (como lo llama Vera Tiesler), pero incluyendo la parte sonora.

Finamente, se abrió otro nuevo campo de investigación de Acústica Antigua, que incluyó las Primeras Sesiones sobre Instrumentos Sonoros Antiguos, los cuales ya se incluyeron en el programa de la Primera Reunión Panamericana/Ibérica de Acústica en tierra maya en 2002. Es la primera vez en la historia que los expertos internacionales de la acústica conocieron acerca de la organología sonora del México Antigo a través de una ventana muy estrecha de unas cuantas ponencias y sonidos de instrumentos antiguos y modelos experimentales como la trompeta de Bonampak²⁰ y de instrumentos similares de otras zonas. También se presentó el primer análisis formal de silbatos Mayas (Ranas de cerámica de Yaxchilán). Su Versión Popular se publicó en la Sala Mundial de Prensa de la Sociedad Acústica de América: Silbatos de Yaxchilán.

Después de ocho años, en 2010, en la misma zona maya, pudieron organizarse otras Sesiones Especiales sobre Acústica de Instrumentos Sonoros Antiguos.

Análisis adicionales realizados

²⁰ Velázquez 2002

Se encontró que las ramas de las *cecropiaceas* son adecuadas para hacer trompetas mayas de madera *Hom-Kooché*²¹.

También se construyó un modelo experimental de una rama hueca y guaje *Hom_Kooche_Tah*²²

Adicionalmente, se analizaron modelos experimentales de quiote de maguey *Incus_Utop_Chek*, aunque su morfología difiere un poco de las representadas en las pinturas²³.

Las trompetas mayas se usaron como ejemplo de lectura de iconografía sonora antigua²⁴.

Se dio a conocer un documento sobre Infrasonidos Mágicos Mexicanos que pueden producir varios resonadores mexicanos, como las trompetas mayas²⁵. Como los sonidos de las trompetas antiguas de otras culturas se usaban para producir efectos especiales en el auditorio, es interesante analizar los que pueden producir los sonidos de modelos de las trompetas mayas y, en particular, cuando se tocan varios de ellos al mismo tiempo para generar sonidos infrasónicos.

La Trompeta de los coras²⁶, hecha de guaje como las de los mayas, aun se usa en su zona del *Nayar*, pero no se ha estudiado y sólo se conoce de ella una foto (Fig. 10).

Con la estatura estimada de los trompeteros mayas (de 160 cm), los escalones de una reproducción abierta del mural de la pared norte del Cuarto 2 de la Estructura 1, pueden ser hasta de un poco más de 50 cm (53 cm). Esa altura se estimó en base a la distancia de la base a la altura de los mayas dividida entre tres, ya que su estatura es igual a la altura de tres escalones, que fueron pintados en la base de la escalinata a la derecha. Esa estimación es similar a la distancia desde la base del pie hasta un poco arriba de la rodilla del maya pintado en la quinta escalinata a la izquierda del mural. La escalinata más probable que pudo ser pintada es la inferior del frente de la Acrópolis, que se localiza hacia el suroeste desde la plaza principal, debido a que la altura estimada es similar a la que indica una foto de una pareja de turistas parados en esa misma escalinata, aunque la altura de los escalones no es constante.

²¹ Velázquez 2003d

²² Velázquez 2005b

²³ Velázquez 2005c

²⁴ Velázquez 2003c

²⁵ Velázquez 2008

²⁶ Velázquez 2011c

Mary Ellen Miller también opinó que esa escalinata es la que pudo ser pintada en el mural del Cuarto 2, principalmente porque: es una escalinata y no es una pirámide; coinciden en el número de escalones, que son 7; la profundidad de los escalones (90 cm) permite que los personajes estén parados y sentados sobre ellos, y; el largo de la escalinata (15 m), permite que quepan los personajes parados representados en la parte superior del mural. Con la longitud de la escalinata y por simples proporciones, puede estimarse que la altura de los escalones es similar a la estimada previamente en un poco más de 50 cm. La escala del mural (en por ciento) puede calcularse dividiendo la altura de la escalinata pintada en el mural multiplicado por 100 entre la altura de la escalinata de la estructura. Falta medir esas alturas, así como verificar el supuesto arqueológico de que las dimensiones actuales de la escalinata son iguales a las originales, aunque pueden obtenerse algunas estimaciones aproximadas.

Ya fue posible hacer otras estimaciones virtuales o indirectas de dimensiones de mayor detalle. Con una copia a escala adecuada de la reproducción publicada abiertamente del Mural del Cuarto 2, la altura aproximada de la escalinata pintada a la izquierda del mural es de 202 cm. No fue posible estimar bien la altura de los personajes para obtener su estatura, porque su cabeza está cubierta con turbantes o atavíos. La altura de los escalones sí pudo estimarse en la copia, por estar bien definida la base de su nivel con la franja roja pintada. De abajo hacia arriba, la altura de cada escalón es de: 32, 35, 33, 25, 28, 33 y 16 cm, lo que indica que no son de igual altura. Habría que medir esas alturas en el mural, para verificar si la copia es fiel.¹⁵

La propuesta del posible lugar de la escena del Cuarto 2 parece plausible y otra es que se hubiese realizado sobre los cuerpos escalonados del basamento de la acrópolis frente al Edificio de las Pinturas, pero que estos escalones son más altos (0.9-1.2 m). Es necesario medir la altura de la escalinata arqueológica, ya que resulta un factor de escala muy diferente de lo real estimado entre lo pintado ($300/202=1.48$), en relación al calculado anteriormente en base a la estatura promedio de los mayas y de sus figuras pintadas ($160/85=1.88$).

En el Cuarto 3 se pintaron otras escalinatas y su dibujo en perspectiva fue publicado, pero sin los datos numéricos de su altura y no he encontrado en el sitio una estructura piramidal similar, para poder determinar sus dimensiones y estimar con ellas la posible escala del mural. Considerando la altura de los personajes pintados en la base y el ancho de la puerta, la altura de los escalones pintados en el Cuarto 3 es menor que los representados en el Cuarto 2, y como el fondo de los personajes de la parte superior es de color azul, se deduce que no son del mismo lugar.

Aunque es necesario hacer mediciones y estimaciones más precisas de la escala de los murales, en forma aproximada ya es posible revivir y analizar modelos

experimentales de todas las trompetas que aparecen en la iconografía maya antigua. Por ejemplo, con base en a la estatura promedio estimada de los mayas, la longitud de la gran trompeta representada en el vaso K7613 es de 2.16 m. Con ese dato puede estimarse el resto de las dimensiones necesarias para modelarla físicamente y matemáticamente, con la finalidad de conocer los sonidos aproximados que puede producir y determinar los efectos en los humanos. Con su longitud, ya sabemos que su F0 puede ser menor a 100 Hz. También podrían modelarse y estudiarse otros artefactos sonoros mayas que aparecen pintados, sin que hayan sido analizados, pero eso requiere generar un proyecto mucho más amplio que el de las trompetas.

Sería interesante tocar el modelo de la trompeta en las plataformas de la acrópolis, para conocer su efecto sonoro en la Gran Plaza y para determinar el lugar de su mayor alcance en distancia, aunque las características y condiciones del sitio y sus estructuras no sean iguales a las antiguas. Los experimentos realizados indican que los sonidos de la trompeta pueden escucharse bien en toda la explanada de la Plaza y aun a mayor distancia, pero eso debe verificarse experimentalmente en el sitio. Ya hemos constatado que los sonidos de bajas frecuencias de la trompeta son difíciles de atenuar y pueden "saltar" los obstáculos interpuestos en una línea directa de vista, como la vegetación que queda de la selva maya. Adicionalmente, lo que resta de la estructura frontal de la Acrópolis aun puede tener un efecto reflejante hacia la Gran Plaza de los sonidos generados en sus plataformas o enfrente de ellas, como sucede en muchos anfiteatros antiguos y en las estructuras piramidales de otros sitios arqueológicos, aunque no se han encontrado publicaciones de experimentos acústicos realizados con sonidos de instrumentos ceremoniales mayas clásicos como las trompetas de Bonampak. Desde hace una década, he tocado algunos resonadores potentes enfrente de escalinatas como las de las pirámides de Teotihuacán y pueden producir ecos especiales.

Los experimentos acústicos que han realizado otros investigadores enfrente de anfiteatros o escalinatas de pirámides de sitios arqueológicos se han hecho con generadores de ruido electrónicos o con sonidos de aplausos. Uno de los primeros realizados en la zona maya fue publicado por David Lubman. Desde la primera presentación de su estudio, he recomendado que los experimentos acústicos también se hagan con sonidos de los artefactos sonoros que se utilizaban en esos espacios ceremoniales, como los representados en los murales de Bonampak.

Los 32 personajes pintados en la base del mural del Cuarto 1, incluyendo los trompeteros, también caben en la plataforma de las Estelas 2 y 3, pero como el fondo pintado es de color azul, sin mostrar estructuras detrás, es posible que el lugar de su representación haya sido en la Gran Plaza o en otra estructura con una plataforma superior plana. Por esa posibilidad, se sugiere realizar otro experimento con la

trompeta, para analizar esa hipótesis y conocer su efecto sonoro al tocarse también enfrente y al sur de la acrópolis. Mi hipótesis, basada en los experimentos anteriores, es que la trompeta puede escucharse bien en toda la plaza, cuando se toque en cualquier lugar de ella y, más aun, si aún existen estructuras que reflejen sus sonidos. Lo que falta determinar es el comportamiento auditivo real al escuchar los sonidos particulares de la trompeta en la Gran Plaza.

Es importante estimar una escala afinada de los murales de Bonampak , porque con ella es posible calcular con mayor precisión las dimensiones reales, no sólo de las trompetas y otros artefactos sonoros, pero de todo lo que fue pintado en los murales y en el resto de las representaciones de la iconografía realista maya, incluyendo las de los propios mayas.

En las tareas usuales de análisis de la iconografía antigua, como las de identificación de figuras y para formular propuestas de su significado (semiología) o para análisis estéticos visuales, como los de estilo, las dimensiones reales de los seres y objetos representados no son muy necesarias. Tal vez, por ello no se han interesado mucho en determinar las de los mayas y otras culturas antiguas, pero no pueden revivirse, conocerse y estudiarse los sonidos de los eventos representados en los murales de Bonampak si no se estima con cierta aproximación las dimensiones de los artefactos sonoros que los generaban. Creo que el trabajo científico empieza a distinguirse del empirismo, cuando se logra cuantificar, medir y caracterizar bien lo que se analiza.

El ejemplo realizado y descrito ya prueba que con el procedimiento, técnicas y método utilizado es posible analizar hasta virtualmente (o indirectamente, utilizando modelos experimentales y matemáticos) los resonadores mexicanos importantes y singulares como las trompetas mayas representadas en la iconografía, aun cuando hayan desaparecido de nuestro mundo, hace más de un milenio.

Lo mostrado también prueba que los modelos experimentales de resonadores antiguos pueden servir para analizar detalladamente hipótesis dimensionales, morfológicas, funcionales, operativas y de uso, mismas que no pueden estudiarse bien ni con el examen directo de los artefactos sonoros originales recuperados (por no poder modificarse ni llevarse a laboratorios o a sitios experimentales) o conocerse bien con la literatura existente sobre ellos.

El campo para la investigación y recreación, basado en diseños sonoros antiguos es infinito. Ya se han construido y probado resonadores que generan sonidos o ruidos extraordinarios que ni siquiera son conocidos.

En 2001, cuando publiqué los primeros resultados de las trompetas mayas de los murales de Bonampak, comenté una duda y curiosidad acerca de la posible relación

existente entre los efectos de los infrasonidos que se perciben en la corteza del cerebro y la deformación especial oblicua y la geometría (en la frente y la corteza cerebral). Podía existir algún efecto de la nueva forma craneana, en la capacidad de percibir esos sonidos fantasmas, porque su efecto eléctrico interno podría alterarse con la estructura modificada de la forma de la corteza, sobre todo, cuando se generan los batimentos binaurales especiales y complejos como los infrasónicos, que pueden producirse si algunos resonadores antiguos se tocan juntos al mismo tiempo. Se sabe que la zona de mayor intensidad de los efectos de energía de los batimentos ocurre precisamente en la zona de la corteza superior del cerebro.

Es interesante comentar que tanto la reformación craneana como la plasticidad neuronal, podían ocurrir en las épocas tempranas formativas cefaleas y cerebrales de los infantes, cuando existía mayor capacidad de su modelado craneal y estimulación neuronal.

Desde hace cinco siglos se nos ha impuesto todo lo producido o usado en el extranjero, como lo que han promovido, en mayor medida, en las últimas décadas, con ayuda de los conservadores y los colonizados, pero las puertas permanecen cerradas a la tecnología y cultura de valor nacional. Algunos, tal vez por desconocimiento, se oponen al estudio de la tecnología mexicana, pero ya he demostrado, que hasta con un sencillo silbato antiguo sin información, pueden originarse investigaciones o motivarse redescubrimientos de valor para la humanidad actual. Una figurilla de cuna con un silbato, que se exhibe en una vitrina del MNA²⁷, indica que sus sonidos pudieron utilizarse para propósitos de estimulación cerebral temprana, aprovechando la plasticidad neuronal, pero desgraciadamente en las consultas realizadas, ante los sectores de cultura, ciencia y tecnología, y hasta en algunas instituciones de investigación de salud mental y pediátrica, que han sido informados del estudio realizado, no se han encontrado investigadores o administradores que se interesen en estudiar el posible uso de los sonidos para mejorar el funcionamiento cerebral, ni siquiera de ellos o de sus hijos o para incrementar algo del 10% del cerebro que utilizamos en promedio.

Los países que inhiben o no fomentan la creatividad de utilidad, están condenados a la dependencia, el subdesarrollo y el consumismo de importaciones y no pueden superar sus problemas fundamentales o ni siquiera pueden generar patentes de valor social o económico. Sistemas sonoros antiguos han sido patentados y comercializados en el extranjero, como el Kazoo y el silbato ovejero. Existen otros sistemas sonoros mexicanos singulares que también podrían servir para registrar e industrializar patentes, pero no puedo describirlos con detalle en público, porque a algunos les gusta

²⁷ Velázquez 2012

plagiar descubrimientos de otros, como ya han hecho con algunos incluidos en mis documentos abiertos sobre resonadores mexicanos.

Si la cultura, la tecnología, la mejora cerebral y la generación de patentes no importan mucho, puede plantearse en general la idea de una posible mejora a un gran problema nacional e internacional concreto, que es muy importante en la actualidad y lo será en el futuro inmediato. Por una fracción muy pequeña del gasto de las guerras o de las luchas contra el problema de las drogas²⁸, podría plantearse y desarrollarse un proyecto de investigación, con objeto de analizar la factibilidad de sustituir una parte del consumo de drogas con el aprovechamiento de sonidos de resonadores mexicanos especiales que excitan las neuronas y que podrían inducir estados alterados de conciencia, como los generados por los alucinógenos, pero sin resultar daños colaterales físicos o mentales, y con la gran ventaja de utilizar materiales de la madre tierra, que aun abundan en nuestro país, como la arcilla.

Conferencia impartida en el Auditorio “A” de la Cámara de Diputados, el 30 de marzo de 2012.

Igualmente, a lo que sucedió en el sitio de Teotihuacán, desgraciadamente, el modelo experimental de la trompeta maya no pudo tocarse, porque informaron que “está prohibido tocar instrumentos musicales en ese auditorio”, sin un permiso oficial especial, aunque los asistentes querían escuchar sus sonidos en vivo. En el filtro de control de la Puerta 1 de la calle, ni siquiera me permitieron introducir la trompeta, y los organizadores del seminario tuvieron que hacer trámites oficiales, por cerca de dos horas, para introducirla al Auditorio y exhibirla, pero no lograron el permiso para tocarla, ni los demás modelos experimentales de silbatos de la conferencia. Eso indica las dificultades reales existentes para revivir los sonidos mexicanos, que fueron matados y siguen siendo rematados por administradores de nuestras instituciones.

Conferencia para el Seminario del Centro de Investigación en Computación del IPN, el 13 de marzo de 2012. Incluye un proyecto de [Sonoterapias](#).

Bibliografía (documentos electrónicos)

Velázquez Cabrera Roberto 2000
Análisis Virtual de Silbatos Mayas. Conferencia para el 7o. Congreso Mexicano de Acústica, Oaxtepec, Morelos
<http://www.tlapitzalli.com/rvelaz.geo/smayas1.html>

²⁸ Sólo el gasto militar de la guerra contra las drogas es mayor del 50 % del total mundial, estimado en más de \$1.5 billones (*trillions*) de dólares por año (\$1,500,000,000,000). Cifra en dólares de EUA a precios de 2009. SIPRI Yearbook 2010.

2001. Petición al Presidente Vicente Fox Quezada.
<http://www.tlapitzalli.com/curingurimx/VFOX.html>

2001b. Petición al Senado de la República
<http://www.tlapitzalli.com/curingurimx/senado.gif>

2002. Ranas de Barro de Yaxchilán, Chiapas. Conferencia para la Primera Sesión Sobre Acústica de Instrumentos Sonoros Antiguos de la 1ra Reunión Pan-Americana/Ibérica de Acústica, Cancún, 2-6 diciembre 2002.
<http://www.tlapitzalli.com/rvelaz.geo/frogs/ranas.html>

2002b. Análisis virtual de trompetas mayas de Bonampak. Caso 1 *Hom-Tahs* de Bonampak. Conferencia para la 1ra Reunión Pan-Americana/Ibérica de Acústica, Cancún, 2-6 diciembre 2002.
<http://www.tlapitzalli.com/rvelaz.geo/bonampak/lek.html>

2003. Aerófonos de Rancho Ina Xcaret, Quintana Roo.
<http://www.tlapitzalli.com/ehecatl92/ranchoina/rina.html>

2003b. ¿Aerófono del Dios L de Palenque?
<http://www.tlapitzalli.com/curingurimx/palenque/diosl.html>

2003c. ¿Como leer artefactos sonoros mayas? Un ejemplo de lectura: Trompetas Mayas. Conferencia para el Curso de Literatura y Redacción Básica. Centro de Investigación en Computación del IPN.
<http://www.tlapitzalli.com/curinguri/modelos/charla.html>

2003d. Análisis Virtual de Trompetas Mayas. Caso 2. Modelo en madera *Hom-Kooché*
<http://www.tlapitzalli.com/curinguri/modelos/kooche.html>

2005. Flauta pame *nipijiji* y flauta tenek *pakaab chul*. Flautas con membrana mirlitón.
<http://www.tlapitzalli.com/ehecatl92/pame/fpame.html>

2005b. Análisis Virtual de Trompetas Mayas. Caso 3. Modelo en madera y guaje *Hom-Kooché-Tah*.
http://www.tlapitzalli.com/curinguri/kooche_tah/kooche_tah.html

2005c. Análisis Virtual de Trompetas Mayas. Caso 4. Modelo de quiote de maguey *Insuc-Utop-Chek*.
<http://www.tlapitzalli.com/icusutopchek/quiote.html>

2008. Infrasonidos Mágicos Mexicanos. Conferencia para el Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente Muñiz.
http://www.tlapitzalli.com/iztaccihuatl08/infrasonidos/infrasonidos_mexicanos.html

2011. *Nakub* (teponaztli) y flauta tenek.
http://www.tlapitzalli.com/nuevos/tenek/Flauta_tenek.html

2011b. Petición al Presidente Lic. Felipe Calderón Hinojosa.
<http://www.tlapitzalli.com/FCALDERON.doc>

2011c. Trompeta de los coras.

<http://www.tlapitzalli.com/curinguri/coras/coras.html>

2011d. Comentarios sobre del las conferencias del 18 de octubre de 2011 del Coloquio "Arte y Antropología del Sonido en Mesoamérica" del MNA.

<http://www.tlapitzalli.com/curingurimx/comentarios/FZallaquet2.pdf>

2012. Cuna con silbato.

<http://www.tlapitzalli.com/nuevos/pdf/Cuna-silbato.pdf>

Morales, Miriam. 2012 . Oficio con respuesta oficial a la petición planteada al Presidente de la República.

<http://www.tlapitzalli.com/nuevos/pdf/DGCP00482012.jpg>

Hideo Bour, Cameron 2005

Ancient maya music with sound. MA thesis. Louisiana State University.

http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-11162005-171011/unrestricted/Bourg_thesis.pdf

Rodens, Vanessa. 2008. Video: Sonidos del pasado: investigaciones sobre la música maya. Universidad Francisco Marroquín. Guatemala.

http://200.0.176.35/gsm/index.php?title=Sonidos_del_pasado: investigaciones sobre la m%C3%BAsica_maya

Figuras



Fig. 1. Silbato roto C91-E100 de Rancho Ina.

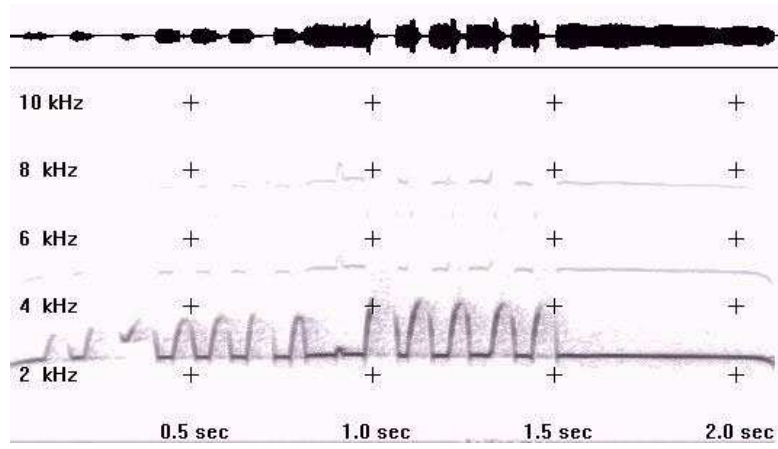


Fig. 2. Espectrograma de los sonidos de un modelo experimental del silbato labial

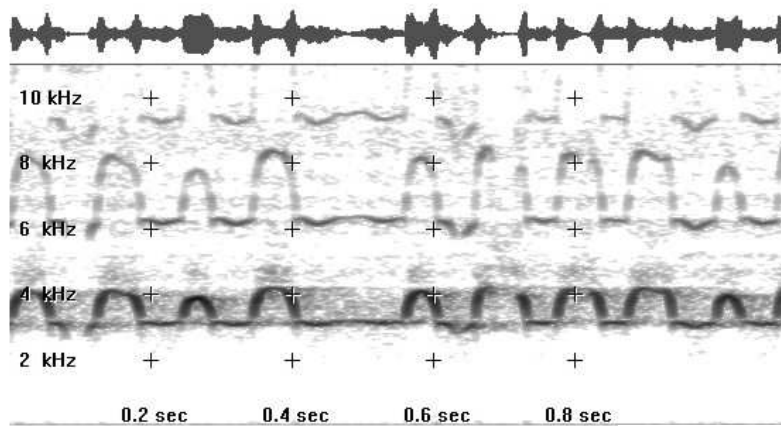


Fig. 3. Espectrograma de los sonidos del pájaro de la zona maya *Dendroica petechia bryanti*.



Fig. 4. Silbato doble de barro de Yaxchilán C-40.

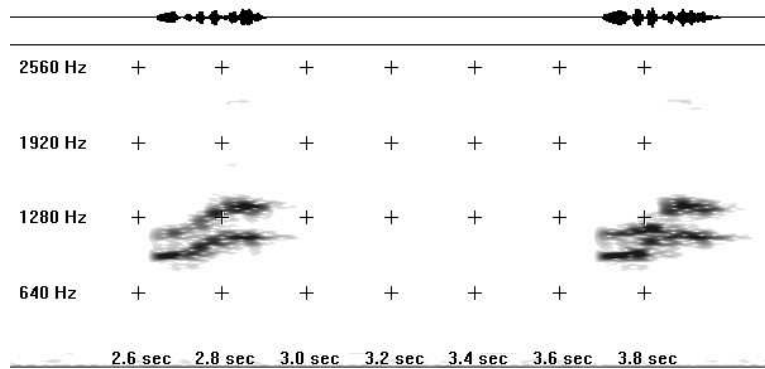


Fig. 5. Espectrograma de los sonidos de un silbato doble de Yaxchilán, que son similares a los de las ranas naturales.



Fig. 6. Trompetas de Bonampak. Foto del Proyecto Documental Bonampak. Universidad de Yale.



Fig. 7. Modelo experimental de la trompeta maya, hecha de guaje.

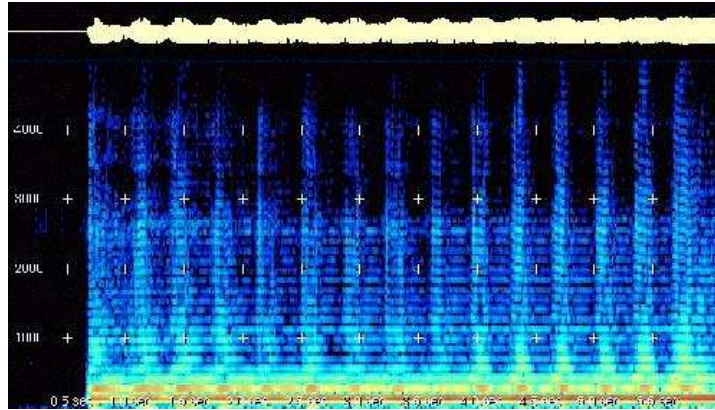


Fig.8. Frecuencias pulsantes de los sonidos del modelo experimental de la trompeta maya

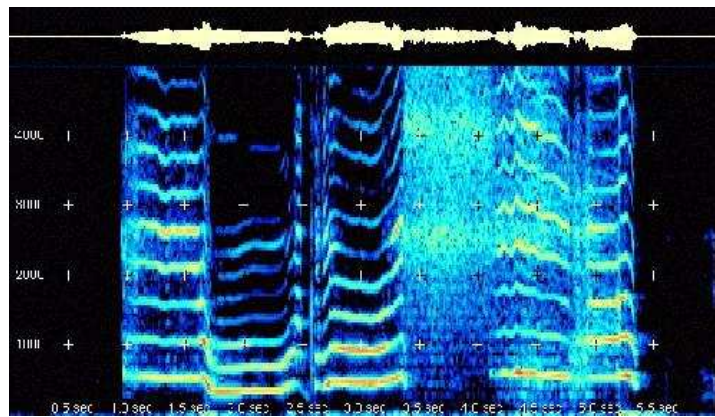


Fig. 9. Frecuencias de los sonidos complejos del modelo experimental de la trompeta maya



Fig. 10. Trompetero cora de Santa Teresa del Nayar. Foto de Raúl Barrera.